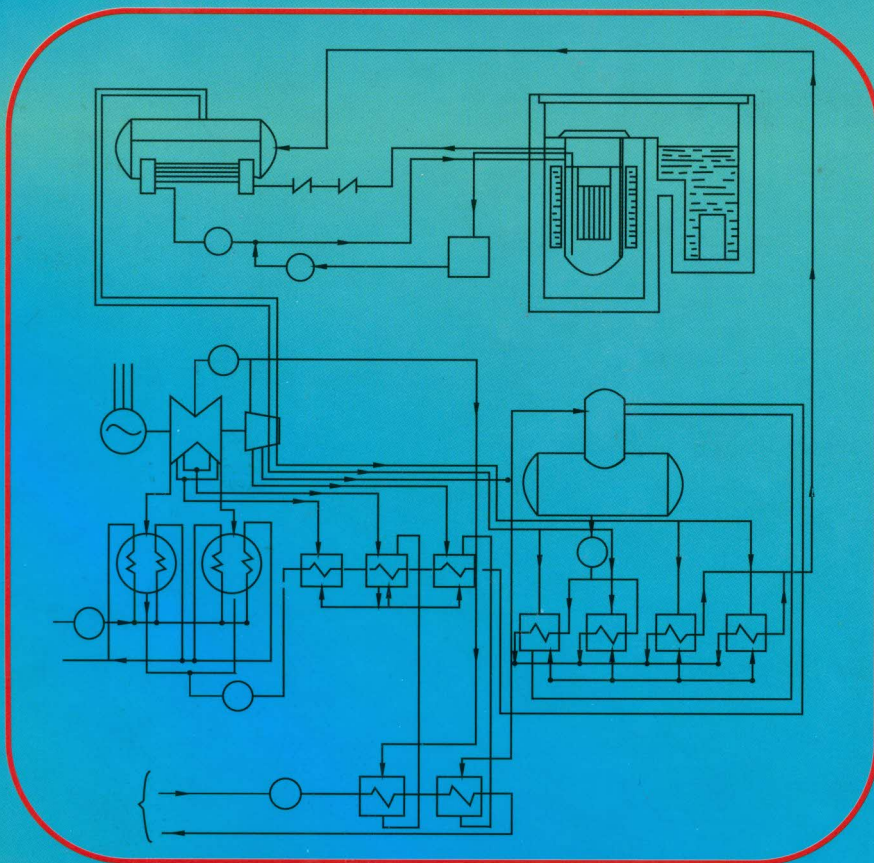




ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Г. ХОЖИН

ЭЛЕКТР СТАНЦИЯЛАРЫ МЕН ҚОСАЛҚЫ СТАНЦИЯЛАР



Алматы, 2014

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ**

Г.Хожин

ЭЛЕКТР СТАНЦИЯЛАРЫ МЕН ҚОСАЛҚЫ СТАНЦИЯЛАР

оқулық

Алматы, 2014

ӘОЖ 621.31(075.8)

КЖБ 31. 277 я 73

Х 67

Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің «Оқулық» республикалық ғылыми-практикалық орталығы бекіткен

Пікір жазғандар:

Алияров Б. Қ. – техника ғылымдарының докторы, ұлттық ғылымдар академиясының академигі, профессор;

Сағитов П. И. – техника ғылымдарының докторы, профессор;

Қожаспаев Н. Қ. – техника ғылымдарының докторы, Халықаралық электротехникалық ғылымдар академиясының академигі, профессор.

Х 67 Электр станциялары мен қосалқы станциялар: Оқулық /Хожин Г. – Алматы, 2014.– 452 б.

ISBN 978-601-7427-50-4

Оқулықта Электрэнергетиканың құрылымы. Электр станциялардың түрлері; Электр энергияны өндірудің технологиялық процесі; Электр қондырғылардың жүктемелері және жұмыс режімі; Станциялардағы негізгі электр жабдықтары; Тарату құрылғысының құралымы және электрлік сұлбалары; Қысқа тұйықталу тоқтарын есептеу; Дүниежүзі энергетикасының, ТМД-ы елдерінің және Қазақстан энергетикасының қазіргі жағдайы. Болашағы. Электр энергетикадағы нарықтық қатынастар. «Астана – Экспо - 2017»; Экология және энергетикадағы проблемалар; Электр энергияны өндірудің жаңа тәсілдері; Электр станциялары мен қосалқы станциялардың электржабдықтарының, жұмыс режімдерін өлшеу, басқару жүйелері; Электр тораптары элементтерінің бейтараптамаларының режімдері сияқты мәселелер қарастырылған.

Оқулықта **жаңартылған** және **толықтырылған** материалдар берілген. Бұл оқулық жоғары оқу орындарының 5В071800 – «Электрэнергетика» мамандығының барлық оқу түрінің студенттеріне (бакалаврларға, магистранттарға) арналған. Сонымен қатар колледжі оқушыларына, энергетика саласындағы мамандарға және жалпы оқырман қауымға пайдалы деп есептелінуде.

ӘОЖ 621.31(075.8)

КЖБ 31. 277 я 73

ISBN 978-601-7427-50-4

© Хожин Г., 2014

© ҚР Жоғары оқу орындарының қауымдастығы, 2014

АЛҒЫ СӨЗ

Бұл оқулық автордың көп жылдар бойы (50 жылдан астам) Алматы энергетика және байланыс университетінің «энергетика» соның ішінде «электроэнергетика» мамандықтары бойынша күндізгі және сырттай оқу бөлімдеріндегі студенттеріне оқылған дәрістердің, тәжірибелік және зертханалық сабақтардың, есептік-графикалық, курстық жұмыстардың және дипломдық жобалауды орындауға арналған әдістемелік нұсқаулардың негізінде жазылды.

Оқулықтың мазмұны Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің бекіткен жоспары бойынша, жоғары оқу орындарындағы энергетикалық мамандықтары үшін дайындалған Мемлекеттік стандартқа, типтік және жұмыс бағдарламаларына сәйкес.

Оқулықтың бірінші басылымы 13,2 баспа табақ болса, үшінші басылым 11 тараудан 28 баспа табақ болып толықтырылды, студенттерге есептік графикалық, курстық жұмыстарды және дипломдық жобаларды орындауға керекті анықтамалар берілді.

Оқулықта, төмендегідей мәліметтер қарастырылған: Электрэнергетиканың құрылымы, Энергетикалық ресурстар, Электр энергиясын өндіретін электр станциялардың түрлері, Негізгі түсініктемелер; Электр энергиясын өндірудің технологиялық процесі, Ерекшеліктері; Электр қондырғылардың жүктемелері және жұмыс режімі. Жалпы мәліметтер; Станциялардағы негізгі электр жабдықтары, аппараттары, ток өткізгіштері және оқшаулатқыштары, Қысқаша мәліметтер; Тарату құрылғысының құралымы және электр станциялардың, қосалқы станциялардың электрлік сұлбалары; Қысқа тұйықталу токтарын есептеу және электр аппараттарды, ток өткізгіштерді таңдау, Қысқа тұйықталу тоғының термиялық және электродинамикалық әрекеттері; Дүниежүзі энергетикасының, ТМД елдерінің және Қазақстан энергетикасының қазіргі жағдайы, Болашағы. Электроэнергетиканың дамуының негізгі болжамдары. Электр энергетикадағы нарықтық қатынастар. «Астана. Экспо-2017», қысқаша мәліметтер; Экология және энергетикадағы проблемалар, Энергетиканың экологиялық қауіпсіздігі. Электр станцияларды жобалаудың негізгі ұстанымдары; Электр энергияны өндірудің жаңа тәсілдері; Электр станциялары мен қосалқы станциялардың электржабдықтарының, аппараттарының жұмыс режімдерін өлшеу, бақылау, сигнализациялау және басқару жүйелері, Оның қоректену көздері. Өлшеуіштік сандық құралдарды пайдалану; Электр тораптары элементтерінің бейтараптамаларының режімдері, Бейтараптамалардың атқаратын нақты жұмыстары. Жерге қосу құрылғысы; Қосымша анықтамалар.

Сонымен қатар, келесідей **жанартылған** және **толықтырылған** материалдар берілген: Электрлік қосалқы станциялардың күштік трансформаторларының (автотрансформаторларының) жұмыс режімдері, Кернеудің деңгейін реттеу; Синхронды генераторлардың жұмыс режімдері; электр станциялардың және қосалқы станциялардың электрлік сұлбалары; Қысқа тұйықталу токтарын есептеу және электр аппараттарды, ток өткізгіштерді таңдау, Қысқа тұйықталу

тоғының термиялық және электродинамикалық әрекеттері. Қысқа тұйықталу тоғын анықтайтын есептер (мысалдар); «Астана. Экспо-2017» – Еліміздің ұлттық жобасы. Қазақстан Республикасының болашағы, Қысқаша мәліметтер; Электр станциялары мен қосалқы станциялардың электр жабдықтарының, аппараттарының жұмыс режимдерін басқаратын (өлшейтін) өлшеуіштік сандық құралдарды пайдалану; Электр тораптары элементтерінің бейтараптамаларының атқаратын нақты жұмыстары; есептеу графикалық жұмыстарды және курстық, дипломдық жұмыстарды орындауға керекті анықтамалар.

«Электр станциялары мен қосалқы станциялар» пәні студенттер және магистранттар үшін жоғары сапалы білім алудың және әрі қарай оқып үйренудің негізгі пәндерінің бірі болып табылады.

Оқулықтың соңында қосымша ретінде энергетикада жиі қолданылатын мемлекеттік шартты белгілер, электр аппараттарды және құрылғыларды таңдағанда ескерілетін факторлар, халықаралық өлшем бірлігінің жүйесі, турбогенераторлар мен гидрогенераторлардың және күштік трансформаторлардың (автотрансформаторлардың), өлшеуіштік трансформаторлардың техникалық деректері берілген.

Сонымен қатар, электр қондырғыларына керекті басқа да элементтердің көрсеткіштері берілген. Демек, студенттер есептеу графикалық жұмыстарды (ЕГЖ) және курстық, дипломдық жобаларды орындағанда осы оқулықты анықтама ретінде де пайдалануларына болады.

Бұл оқулық жоғарғы оқу орындарының 5B071800 – «Электроэнергетика» мамандығының барлық оқу түрінің студенттеріне (бакалаврларға, магистранттарға) арналған. Сонымен қатар, колледж оқушыларына, энергетика саласындағы мамандарға және жалпы оқырман қауымға пайдалы болар деп есептеймін.

Автор қолжазбаны ілтипатпен және тыңғылықты қарап, құнды ескертулер жасап пікір білдірген академик, ғылым докторы, профессор Н.Қ. Қожаспаевқа, ғылым докторы, профессор П.И. Сағитовқа, академик, ғылым докторы профессор Б.К. Алияровқа, АЭЖБУ-нің Ғылыми Кеңесі мүшелеріне және «Электр станциялары, тораптары және жүйелері» кафедра мүшелеріне ізгі ниетін білдіреді.

Осы оқулықтың мазмұны, көлемі туралы алдағы уақытта да айтылар пайдалы пікірлер мен ескертулерді автор ризашылықпен қабыл алады.

Автор

МАЗМҰНЫ

Алғы сөз	3
1-тарау. Электр энергетиканың құрылымы. Энергетикалық ресурстар. Электр энергияны өндіретін электр станциялардың түрлері. Негізгі түсініктемелер.....	9
1.1. Энергетика туралы негізгі анықтамалар	9
1.2. Жердің энергетикалық ресурстары. Оларды пайдалану.....	11
1.3. Қазақстанның және дүниежүзінің энергетикалық ресурстары. Түрлері. Олардың қоры. Жалпы мәліметтер.....	12
1.4. Электр станциялардың түрлері. Жұмыс істеу ұстанымы және құрылымдық сұлбалары. Жалпы түсініктемелер.....	19
1.5. Мемлекеттік аймақтық электр станциялары (МАЭС).....	21
1.6. Жылу электр орталықтары (ЖЭО).....	22
1.7. Отын. Олардың түрлері және оны жағу тәсілдері.....	22
1.8 Атом электр станциялары (АЭС).....	25
1.9. Су электр станциялары (СЭС)).....	26
1.10. Теңіз суының тасуы мен қайтуының энергиясын және толқын энергиясын пайдаланатын электр станциялар (ТСЭС)	29
1.11. Су аккумуляциялық электр станциялары (САЭС).....	31
1.12. Жер астындағы энергия көздерін пайдаланатын электр станциялары (ЖАЭС)	32
1.13. Күн сәулесінің энергиясын пайдаланатын электр станциялары (КСЭС)	33
1.14. Жел электр станциялары (ЖЭС)	35
1.15. Дизель электр станциялары (ДЭС)	37
1.16. Газ турбиналы электр станциясы (ГТЭС).....	37
1.17. Бу-газ турбиналы электр станциясы (БГТЭС).....	39
2-тарау. Электр энергияны өндірудің технологиялық процесі. Ерекшеліктері.....	40
2.1. Конденсациялық электр станциялары (КЭС). Технологиялық процесінің сұлбасы.....	40
2.2. Жылу электр орталықтары (ЖЭО). Технологиялық процесінің сұлбасы.	45
2.3. Атом электр станциялары. Технологиялық процесінің сұлбасы.....	48
2.4. Су электр станциялары. Технологиялық процесінің сұлбасы.....	54
2.5. Электр станциясының өзіндік мұқтаждығы. Олардың механизмдері және оларды электр энергиямен қамтамасыздандыру тәсілдері.....	55

2.6	Электрлік қосалқы станциялар. Олардың түрлері және негізгі ерекшеліктері. Электрлік қосалқы станциялардың күштік трансформаторларының жұмыс режимдері. Кернеудің деңгейін реттеу.....	59
2.7	Энергетикалық жүйе. Оның құндылығы.....	65
3-тарау. Электр қондырғылардың жүктемелері және жұмыс режимі.		
	Жалпы мәліметтер.....	68
3.1.	Жүктемелердің графиктері, оларды топтастыру, құру және пайдалану.	68
3.2.	Тұтынушылардың тәуліктік жүктемесінің графигі.....	69
3.3.	Қосалқы станциялардың, станциялардың және энергетикалық жүйелердің жүктемелерінің тәуліктік графигі.....	73
3.4.	Энергетикалық жүйенің станцияларының өзаралық жүктемелерін бөлу.....	76
3.5.	Жүктеменің жылдық ұзақтық графигі.....	78
3.6.	Жүктемелердің графиктері арқылы техникалық-экономикалық көрсеткіштерді анықтау.....	81
4-тарау. Станциялардағы негізгі электр жабдықтары, аппараттары, ток өткізгіштері және оқшаулатқыштары. Қысқаша мәліметтер.		
		83
4.1.	Станцияның негізгі электр жабдықтары.....	83
4.2.	Электр генераторлары. Жұмыс істеу ұстанымы. Құралымы.....	86
4.3.	Генераторларды қоздыру және салқындату жүйелері. Генераторлардың жұмыс режимдері	90
4.4.	Күштік трансформаторлар (автотрансформаторлар).....	99
4.5.	Күштік трансформатордың жүктелу қабілеттілігі.....	104
4.6.	Автотрансформаторлардың жұмыс режимі және құралымы. Ерекшеліктері.....	108
4.7.	Асинхронды электр қозғалтқыштары. Жұмыс істеу ұстанымы. Құралымы.....	113
4.8.	Синхронды компенсаторлар. Жалпы мәлімет.....	116
4.9.	Электр аппараттары. Түрлері. Ерекшеліктері.....	118
4.10.	Ток өткізгіштер және оқшаулатқыштар.....	151
5-тарау. Тарату құрылғысының құралымы және электр станциялардың, қосалқы станциялардың электрлік сұлбалары		
		161
5.1	Жалпы мәліметтер.....	161
5.2	Тарату құрылғысының түрлері және ерекшеліктері.....	161
5.3	Тарату құрылғыларын орналастыру.....	171
5.4	Электр станциялардың және қосалқы станциялардың электрлік сұлбаларын. Жалпы мәліметтер.....	176
6-тарау. Қысқа тұйықталу тоқтарын есептеу және электр аппараттарды, ток өткізгіштерді таңдау. Қысқа тұйықталу тоғының термиялық және электродинамикалық әрекеттері.		
		198

6.1 Жалпы түсініктер. Есептеу аймақтарын анықтау.....	198
6.2 Сұлба элементтерінің кедергісі және оларды базисті шарттарға келтіру.....	213
6.3 Электрлік сұлбаларды түрлендіру, кедергілердің қосындыларын және қысқа тұйықталу тоқтарын анықтау	219
6.4 Электр қозғалтқыштардың қоректендірілуін ескере отырып, қысқа тұйықталу тоқтарын анықтау.....	224
6.5 Қысқа тұйықталу тоқтарын анықтау әдістемелігі.....	225
6.6 Аппараттар мен электр қондырғылардың тоқ өткізгіштерін таңдау.....	264
7-тарау. Дүниежүзі энергетикасының, ТМД-ы елдерінің және Қазақстан энергетикасының қазіргі жағдайы. Болашағы. Электрэнергетиканың дамуының негізгі болжамдары. Электр энергетикадағы нарықтық қатынастар. «Астана ЭКСПО-2017». Қысқаша мәліметтер.	264
7.1 Энергия тасымалдаушыларды пайдаланудың құрылымы. Энергетиканың үш аспектісі.	264
7.2 Дүниежүзіндегі электрэнергетиканың дамуының негізгі болжамдары.	265
7.3 Тәуелсіз мемлекеттер достастығы елдерінің энергетикасы дамуының негізгі бағыттары.	266
7.4 ТМД-ның болашаққа арналған энергетикалық бағдарламасының негізгі қағидалары	268
7.5. Қазақстан энергетикасы. Тарихы. Қазіргі жағдайы. Болашағы.....	282
7.6 «Астана ЭКСПО – 2017» – Еліміздің ұлттық жобасы. Қазақстан Республикасының болашағы. Қысқаша мәлімет.....	289
8-тарау. Экология және энергетикадағы проблемалар. Энергетиканың экологиялық қауіпсіздігі. Электр станцияларды жобалаудың негізгі ұстанымдары.....	289
8.1 Энергетика және экология.....	289
8.2 Электр станцияларды жобалаудың негізгі ұстанымдары.....	292
8.3. Электрстанцияларының өзіндік мұқтаждықтарын қамтамасыздандыру жүйелерін жобалау	327
8.4 Электрлік қондырғылардың аппараттарын және тоқ өткізгіш бөліктерін жобалау. Жалпы түсініктемелер	346
9-тарау. Электр энергияны өндірудің жаңа тәсілдері	348
9.1 Электр энергияны өндірудің жаңа тәсілдерінің қажеттілігі.....	348
9.2 Энергияны магниттік гидродинамика әдісімен түрлендіру (МГД).....	348
9.3 Басқарылатын термоядролық реакция энергиясын пайдалану.....	351

10-тарау. Электр станциялары мен қосалқы станциялардың электр жабдықтарының, аппараттарының жұмыс режимдерін өлшеу, бақылау, сигнализациялау және басқару жүйелері. Оның қоректену көздері. Өлшеуіштік сандық құралдарды пайдалану.	354
11-тарау. Электр тораптары элементтерінің бейтараптамаларының режимдері. Бейтараптамалардың атқаратын нақты жұмыстары. Жерге қосу құрылғысы.....	395
Қосымша деректер.....	407
Әдебиеттер тізімі.....	450

1-тарау. ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКАНЫҢ ҚҰРЫЛЫМЫ. ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ РЕСУРСТАР. ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯНЫ ӨНДІРЕТІН ЭЛЕКТР СТАНЦИЯЛАРДЫҢ ТҮРЛЕРІ. НЕГІЗГІ ТҮСІНІКТЕМЕЛЕР.

1.1 Энергетика туралы негізгі анықтамалар

Энергетика (энергетика шаруашылығы) – қазіргі заманға байланысты кең мағынада қарағанда энергияның барлық түрлерін өндіру, жақсарту, қайта өңдеу, түрлендіру, тасымалдау, тарату және пайдалану мәселелерімен шұғылданатын халық шаруашылығының саласы [1,2].

Қазіргі уақытта энергияның жиі пайдаланылатын түрлері:

- жылу энергиясы;
- электр энергиясы.

Жылу энергиясы мен электр энергиясын өндіруді, түрлендіруді, тасымалдауды және пайдалануды зерттейтін саланы, сәйкесінше, жылу энергетикасы немесе электр энергетикасы деп атайды.

Будың энергиясын электр энергиясына айналдыратын қондырғы жылу электр станциясы деп аталады (ЖЭС). Бұл сала – жылу энергетикасы.

Су энергиясын алдымен механикалық энергияға, содан кейін электр энергиясына айналдыратын арнайы қондырғы – су электр станциясы (СЭС). Су энергиясын электр энергиясына түрлендіруді зерттейтін сала су энергетикасы деп аталады.

Атом энергетикасы (ядролық энергетика) – атом электр станциясы (АЭС), кейбір ауыр элементтер ядросының басқарылатын бөліну реакциясы кезінде туатын энергияны пайдаланып, электр энергиясын өндіреді. Бұл реакция кезінде энергетикалық реакторда жылу бөлініп шығады. Реактордың жылуы суды буға айналдырады, ал бу турбогенераторды іске қосады.

Жел энергиясын пайдаланатын электр станциясы (ЖелЭС) – жел энергиясын электр энергиясына түрлендіретін қондырғы. Бұл сала жел энергетикасы деп аталады.

Энергетикада негізінде қондырғының бес түрі пайдаланылады:

- 1) өндіруші – табиғи энергетикалық ресурстардың энергиясын электр энергиясына, жылу және механикалық энергияларына айналдырады;
- 2) түрлендіруші – энергия түрлерінің параметрлерін өзгертеді (кернеудің, тоқтың, қуаттың, т.б.);
- 3) энергияны тасымалдау және тарату (электрлік, жылу, мұнай, т.б.);
- 4) аккумуляциялау (электр және жылу аккумуляторлары, су аккумуляциялық электр станциялары, т.б.);
- 5) энергияны пайдалану (электр тұтынымы, электр жетегі, жарық шамдары, электр қозғалтқыштары, басқада жүктемелерді электрмен жабдықтау, т.б.).

Электроэнергетиканың өзінің ерекшеліктері бар, соның ішіндегі негізгілері:

- әмбебаптығы;
- қоғамның әрекет ісіне және адамның өміріне терең енуі;

– өндіру процесіне және адамдар өміріне энергияның түрлендіру және техниканы түбірімен өзгерту әсері; еңбекті электрмен қаруландырудың және өндіріс процестерін электрмен қамтамасыздандырудың нәтижесінде өнімділіктің өсуінің жоғарлауы; еңбектің және өмірдің ыңғайлы жағдайының өсуі;

– электр және жылу энергиясын пайдаланудың бір қалыпта еместігі (сағат, тәулік, апта, айлық, жыл бойынша);

– тұтынушыларды электрмен сенімді және үзіліссіз қамтамасыздандыру. Бұл үшін міндетті түрде резервтік қордың болуы;

– негізгі энергияны өндіру орталығы мен пайдалану ауданы аймақтардың және энергетикалық ресурстардың бір жерден шықпауы;

– энергияны өндірудегі және тасымалдаудағы өте жоғары дәрежеде шоғырланған күрделі және қымбат энергиялық жабдықтар мен ғимараттарды пайдалану.

«Электроэнергетика» пәні студенттерді болашақтағы мамандығымен – энергетикамен, оның қоғамдағы маңызымен, даму тарихымен және оның техникалық прогреске әсерімен таныстырады.

Бұл пән студенттерді барлық оқу мерзімінде энергетиканың әрбір саласымен таныстырады, олардың бір-бірімен байланысын түсіндіреді, энергетикалық жүйе және ондағы негізгі өндіру, тасымалдау, түрлендіру, тарату және пайдалану процестерімен таныстырады, энергетикалық қондырғылардың жұмыс істеу принциптерін, олардың құрылғыларын, қазіргі уақыттағы жағдайларын және келешекте дамуын көрсетеді.

Қазіргі заманда «энергетика» және «энергетикалық ғылым» түсініктемелерін шешілген, тұрақталған мәселе деуге болмайды.

Энергетикалық жүйе (ЭЖ) (энергетическая система) – үздіксіз электр және жылу энергияларын өндіру, түрлендіру және тарату процестері режимінің орталығымен, сонымен бірге осы режимді ортақ басқарылатындығымен анықталынатын және бір-бірімен қосылған электр станцияларының, электр және жылу тораптарының жиынтығы.

Электр станциясы (ЭС) (электростанция) – электр энергиясын немесе электр және жылу энергиясын бірге өндіруге арналған энергетикалық қондырғы.

Электрлік қосалқы станция (ЭҚС) (электрическая подстанция) – электр энергиясын түрлендіруге және таратуға арналған электр қондырғысы.

Электр желісі (ЭЖ) (электрическая линия) – электр энергиясын тұтынушыларға жеткізіп беруге арналған электрлік қондырғы.

Электр торабы (ЭТ) (электрическая сеть) – электр желісі мен қосалқы станциялардың жиынтығы.

Электрлік жүйе (электрическая система) – энергетикалық жүйенің бөлігі. Оған жылу торабы, су торабы немесе жылу энергиясын тұтынушылар кірмейді.

Электр қондырғысы (ЭК) (электроустановка) – бір-бірімен жалғастырылған, электр энергиясын өндіретін, түрлендіретін, жеткізіп беретін, тарататын, жинайтын немесе тұтынатын электр жабдықтарының жиынтығы.

Электр жабдығы (ЭЖБ) (электрооборудование) – бір нақты объектімен бірге қолдануға бейімделген арнайы қолданылатын электр техникалық құрылғы (бұйым).

Энергетиканың үш факторы. Қазіргі замандағы энергетика және оның болашақта дамуы үш факторларға байланысты. Олар техникалық, әлеуметтік-

саясат және биосфералық (экологиялық) аспектілер. Бұл жағдайлар бір-бірімен өте тығыз байланысты.

1.2 Жердің энергетикалық ресурстары. Оларды пайдалану

Энергия – табиғат құбылысының жалпыға ортақ негізі, адамдардың барлық іс-әрекеттерінің және мәдениеттерінің базасы. Энергияның төмендегідей түрлері өмірде пайдаланылады: химиялық, механикалық, электрлік, ядролық және т.б.

Энергетикалық ресурстардың өндірісте жиі пайдаланылатын негізгі түрлері: көмір, мұнай, газ және су энергиясы, күн сәулесінің энергиясы, желдің энергиясы, т.б.

Энергетикалық ресурстар шартты түрде екі топқа бөлінеді:

– үнемі жаңарып отыратын энергия көзі (судың және желдің энергиясы және т.б.);

– қайтадан жаңармайтын энергия көзі (көмір, газ және т.б.).

Табиғаттан тікелей шығарылатын энергияны – энергияның бірінші түрі деп атайды (отын энергиясы, су энергиясы, жел энергиясы, жер астындағы жылу энергиясы, ядролық энергия).

Энергияның бірінші түрі арнаулы қондырғыларымен түрлендіріліп – станцияларда энергияның екінші түрін алады (электр энергиясы, бу энергиясы, ыстық су энергиясы). Станциялар энергияның екінші түрін өндіргенде энергияның бірінші түрінің қайсысын қолданса соған байланысты аталады. Мысалы, жылу электр станциясы (ЖЭС) – жылу энергиясын (энергияның бірінші түрі) электр энергиясына түрлендіреді (энергияның екінші түрі); су электр станциялары (СЭС) – судың механикалық энергиясын (энергияның бірінші түрі) электр энергиясына түрлендіреді (энергияның екінші түрі); атом электр станциясы (АЭС) – атом энергиясын (энергияның бірінші түрі) электр энергиясына түрлендіреді; су тасқынының механикалық энергиясын (энергияның бірінші түрі) электр энергиясына түрлендіреді; су жинағыш құрылғының (су аккумуляциялау станциясы) механикалық энергиясын электр энергиясына түрлендіреді.

Энергияның қажетті түрін өндіру және ол энергиямен тұтынушыларды жабдықтау энергетикалық өндірістің процесінде шешіледі. Энергетикалық процесті бес стадияға шартты түрде бөлуге болады:

1) Энергетика қорларын алу және шоғырландыру; отынды өндіру және оны байыту, гидротехникалық ғимараттар арқылы судың тегеурінін көбейту, т.б.

2) Энергетика қорларын энергияны түрлендіретін қондырғыларға жеткізу. Энергетика қорларын құрылықта, суда әдейі арна арқылы немесе өткізгіш құбырлар арқылы тасымалдау.

3) Энергияның бірінші түрін, энергияның екінші түріне түрлендіру. Бұл жағдайда тұтынушыларға энергияны ыңғайлы түріне өзгертіп беру (электр энергиясы, жылу энергиясы).

4) Түрлендірілген энергияны жеткізу және бөлу.

5) Энергияны жеткізілген түрінде пайдалану. Сонымен қатар ол энергияны, энергияның екінші түріне өзгертіп тағы да пайдалану (механикалық энергия, жарық энергиясы, жылу энергиясы, т.б.)

1.3 Қазақстанның және дүниежүзінің энергетикалық ресурстары. Түрлері. Олардың қоры. Жалпы мәліметтер.

Түрлі энергия қорларын бір-бірімен салыстыру және олардың қосындысын шығару мақсатында шартты отын ұғымы кіргізіледі. Шартты отынның 1 кг жанғанда шығарылатын жылу энергиясының мөлшері 29330 кило-джоуль немесе 7000 килокалорияға немесе $8,12 \cdot 10^3$ кВт.сағ тең деп саналады ($1 \text{ т.ш.о} = 7 \cdot 10^6 \text{ ккал} = 29,33 \cdot 10^9 \text{ Дж} = 8,12 \cdot 10^3 \text{ кВт.сағ}$). Энергия пайдаланудың қарқыны туралы бірер жалпы мәлімет берелік. Соңғы 100 жыл ішінде дүниежүзінде пайдаланылған энергия мөлшері адамзат қоғамы құрылғаннан бергі пайдаланылған энергия мөлшерімен теңдесті, ал XX ғасырдың үшінші ширегінде энергия қолдану мөлшері жыл сайын 5 % қарқынмен өсіп келді. 1990 жылдың қарсаңында жер шарында 14 млрд. тонна шартты отынға тең энергия жұмсалса, оның 48 % – мұнай, 30 % – көмір, 19 % – табиғи газ, 3 % – су қуаты мен басқа қорлар. МИРЭК болжамы 2000 жылы 18 млрд. тн. шартты отынға тең энергия қажет болды деп санайды. Дүниежүзінің жан басына энергия шығыны 2,3 тн. шартты отын есебімен 3,5 тн. жетті. Энергия қорларының басым көпшілігі электр энергиясын өндіру үшін жұмсалмақ. 1.1-кестеде әртүрлі отынның энергетикалық сыйымдылығы көрсетілген.

1.1-кесте

Әртүрлі отынның энергетикалық сыйымдылығы.

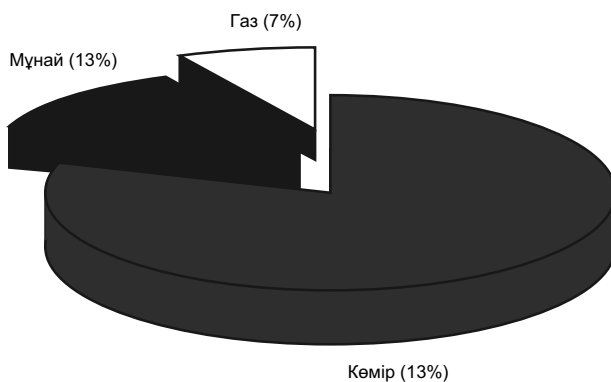
Отынның түрі	Шартты отын	Көмір (антрацит)	Ағаш отын (қырғак)	Мұнай	Газ (пропан)	Сутегі
1	2	3	4	5	6	7
Меншікті энергосыйымдылығы: 10^6 Дж/кг Ккал/кг	29,3 7000	33,5 8000	10,5 2500	41,9 10000	46,1 11000	12,06 28800

Көмір.

Көмір дүниежүзіндегі отын-энергетикалық балансында алатын маңызы өте үлкен. Себебі ол энергияның бірінші түрінің үштен бірін қамтамасыздандырады және оның шамамен 40 %-ы электр энергияны өндіруге пайдаланады.

Көмірдің дүниежүзіндегі геологиялық қоры шартты отын есебімен 12000 млрд. тн. Оның 6000 млрд.тн күмәнсіз анықталған қор. Көмірдің күмәнсіз анықталған ең көп қоры ТМД және АҚШ елдерінде. Ал біразы (едәуірі) Германияда, Англияда және Қытайда орналасқан. Қазіргі замандағы техника және технология, сол анықталған көмір қорының тек қана 50% өндіре алады.

Қазақстанда дүниежүзілік отын қорының 0,5%-ы шоғырланған, ол 30 млрд. тн. құрайды. Одан көмір үлесіне 80%, мұнай мен газ шығына 13%, табиғи және ілеспе газға 7% келеді, ол 1.1-суретте көрсетілген [3].



1.1-сурет. Қазақстанның органикалық отын қоры.

Отын-энергетикалық қорлары Қазақстан жерінде орналасуы біркелкі емес: көмірдің негізгі қорлары Қазақстанның Орталық және Солтүстік бөлігінде шоғырланған. Батыс алқап мұнай мен газдың айтарлықтай қорына ие. Оңтүстік Қазақстанда төменгі Іле ірі қоңыр көмір кені мен бірнеше ұсақ газ және көмір кендері бар.

Қазақстанда көмірдің дүниежүзілік өнеркәсіптік қорының 3 %-ы шоғырланған. Көмір өндіру көлемі бойынша Қазақстан дүние жүзінде 8-орын, ал ТМД елдерінің ішінде Ресей мен Украинадан кейін үшінші орынды алады [3].

Қазақстанда барлығы 100-ден артық көмір кендері ашылған, олардың геологиялық қоры 176,7 млрд.тн., бірақ жақсы зерттегендері 40-тай, олардың өнеркәсіптік қоры 34,1 млрд. т.

Солтүстік және Орталық Қазақстанда Қарағанды (9,3 млрд. т.), Торғай (5.3 млрд.т.) және Екібастұз (12,5 млрд. т.) ірі көмір алқаптары (бассейндері) орналасқан. Қазақстанның барлық көмірін екі түрге бөлуге болады: тас және қоңыр көмір.

Тас көмірлерге жататын көмірлердің ылғалды күлсіз массасының жоғары жану жылулығы 24000 кДж/кг-нан көп және ұшпа заттардың шығымы 9%-дан артық болады. Қоңыр көмір ылғалды күлсіз массасының 24000 кДж/кг-нан аз жоғары жану жылулығымен және жұмыстық ылғалдық 30-40% мөлшерімен сипатталады.

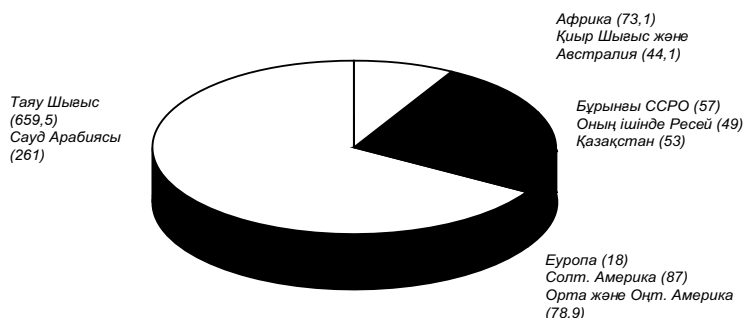
Тас көмір Қарағанды, Екібастұз, Кушекі кен орындарында шығарылады. Кокстенетін көмір тек Қарағанды кен орнында ғана шығарылады және оның үлесі, алқап бойынша өндірілген көмірдің 55 %-ын құрайды.

Қоңыр көмір көбінесе Солтүстік Қазақстанда негізінде Торғай және Майкүбі алқаптарында шоғырланған.

Көмір шығарудың жеңіл әдісі – шахтылар салмай, көмірді ашық тәсілмен шығару. Мұндай әдістер қазір Екібастұз, Торғай, Майкүбі және Шұбаркөл көмір алқаптарында қолданылады. Мамандардың есептеуі бойынша көмір қоры Қазақстанға 200 жылдан артық уақытқа жететін көрінеді [3].

Мұнай.

Пайдаланылатын алғашқы энергетикалық қордың негізгі түрінің біріне мұнай жатады. Өңделмеген мұнай қоры 1.2-суретте көрсетілген.



Мәліметтер млрд. баррелмен келтірілген

1.2-сурет. Өңделмеген мұнай қоры

Мұнайдың дүниежүзілік геологиялық қоры 200 млрд. т., ал оның 53 млрд.т. күмәнсіз анықталған қор. Қазіргі технология көмегімен шығаруға болатын мұнайдың дүниедегі ресми қоры бұлай таралады [3]:

- өңделмеген мұнайдың 66%-ы Таяу Шығыс пен Араб шығанағының бес елінде (Сауд Арабиясы, Кувейт, Абу-Даби, Ирак және Иран). Қазіргі өндіру деңгейі бойынша қор 100 жылдан артық уақытқа жетеді;

- Латын Америкасы дүниежүзілік қордың 12%-на ие және Венесуэла қор өндіру қатынасы 70 жыл;

- Бұрынғы КСРО үлесіне дүниежүзілік қордың 5,6%-ы келген, оның көбі (84%) Ресейде шоғырланған.

Қазақстанда дүниежүзілік қордың 1,6%-ы (2,2 млн. т. мұнай) бар, қор өндіру қатынасы 31 жыл.

АҚШ-та дүниежүзілік қордың 3,0%-ы бар және қор өндіру қатынасы 10 жыл.

Өндірістік мұнай қоры, негізінде Қазақстанның Батыс аймағында шоғырланған (Атырау, Маңғыстау, Ақтөбе, Орал).

Қалған аймақтардың ішінде, мұнай тек қана Орталық Қазақстанда бар (Құмкөл кен орны).

Болашақта Республикада мұнай мен газдың шығарылуы Теңіз бен Қарашығанақ кен орындарында болады және олар жаңартылған техникамен жабдықталынады.

Қазақстанда өңделмеген мұнайды өндіріске және тұрмысқа керекті түрде қайтадан өңдейтін үш завод (Атырау, Шымкент, Павлодар) бар. Олар қазіргі заманның жаңа техникаларымен және технологияларымен жабдықталған.

Қазіргі кезде мұнайды болашақта көмір немесе басқа мол көзді органикалық отын түрлерінен өндіру технологиясы қолға алынууда.

Табиғи газ

Дүниежүзіндегі табиғи газдың геологиялық қоры шамамен 140-170 трлн.м³.

Қазіргі уақытта шығарылатын табиғи газдың 3-5%-ы ғана қайтадан өңделіп химиялық шикі заттар алынады.

Ірі табиғи газдың орналасқан жерлері:

АҚШ – 27,5 %; Орта және Таяу Шығыстар – 20,6%; Африка – 15%, Ресей және ТМД – 14,4%.

Болашақта Батыс Қазақстанда қуатты мұнайхимия дамыту көзделіп отыр. Атырау химзаводы, Ақтаудағы пластмасса зауыты және Жаңа Өзен қаласындағы Қазақ газ зауыты соның негізі бола алады [3].

Газдандырудың бірінші жылдарында республикада өз газ отыны болмады. 1965 жылдан бастап Қазақстан табиғи газ шығарып және сұйытылған газ өндіре бастады. Басты орында – Қарашығанақ газшықтық (газоконденсатный) кен орны. Соңғы мәліметтер бойынша, шығарылған табиғи газ қоры шамамен 1300 млрд. м³, шық пен мұнай. 820 млн. тн-дан артық. Кен орны 1984 жылдан пайдаланылады. Тек бір кен орны бойынша осындай қоры болса да, Қазақстан басқа республикалардан мұнай өнімдері мен газдың көп бөлігін сатып алады.

Қазақстан газ тасымалдау жүйесіне келесі газ құбырлары кіреді: «Орта Азия Орталық», «Мақат – Солтүстік Кавказ», «Өзен – Жетібай – Ақтау», «Орынбор – Новопеков», «Бұхара – Орал», «Газли – Шымкент – Бішкек – Алматы».

Газ құбырларының жиынтық ұзындығы 10 мың км-дей. Газ тасымалдануын 27 сығымдағыш (компрессор) станциялары қамтамасыз етеді, ондағы газ айдайтын қондырғылардың жалпы қуаты шамамен 2,4 млн. кВт.

Қазақстан тұтынушылары газды 85 газ тарататын станса және сиымдылығы 4 млрд. м³ екі жерасты газ қоймалары: «Бозой», «Ақыртөбе» арқылы алады.

Батыс облыстар арқылы өтетін «Орта Азия – Орталық», «Бұқара – Орал», «Орынбор – Новопеков», «Окарем – Бейнеу», «Мақат – Солтүстік Кавказ» газ құбырлары облыс орталықтары Ақтау, Атырау, Орал қалаларын және бірқатар ел мекендерін газдандыруға жағдай туғызды. Екінші газ тұтынатын алқап – оңтүстік алқабы: Шымкент, Жамбыл және Алматы облыстары газды Орта Азия республикаларынан алады.

Солтүстік Шығыс және Орталық аймақтарда газдандыру мәселесі әлі тиімді шешімін таппай тұр. Қазіргі кезде «Қарашығанақ» газын Республиканың бұл аймақтарына жеткізу үшін газ құбырларының мүмкін жобалары қарастырылуда.

Су энергетикалық қорлары

Дүниежүзінде су энергиясының шамамен 32900 ТВт. сағ/жылға деп есептелінеді. Бұл энергияның 25%-ы ғана өндірісте және тұрмыста пайдаланады (техника және үнемділік мәселелеріне байланысты). Осы мәлімет дүниежүзіндегі барлық электрстанциялардың жыл сайын өндіретін электр энергиясының деңгейінен 2 есе артық екендігін көрсетеді. Ең ірі су қорлары АҚШ-та, Ресейде, Канада да орналасқан. Сонымен қатар Қытай мен Индияда жеткілікті.

Қазақстанның теориялық су энергия қоры 163 млрд. кВт. сағ. пайдалануға техникалық мүмкіндік қоры 62 млрд. кВт. сағ. ал меңгеруге экономикалық тиімді қоры 27 млрд. кВт. сағ. деп бағаланады.

Қазақстанның су энергетикалық қорлары Шығыс және Оңтүстік Шығыс алқаптарында шоғырланған.

Ертіс өзені оң жағындағы тармақтары Бұқтарма, Ұба, Үлбе және т.б. барлығы қосыла Шығыс Қазақстан су торабын құрайды. Осы өзендер негізінде Қазақстанның ірі су электр станциялары: Бұқтарма (675 МВт), Шульба (702 МВт), станциялары салынды.

Шығыс Қазақстан өзендерінің мүмкін жиынтық қоры 42,7 млрд. кВт. сағ., іс жүзінде қолдануға экономиканың тиімді 17,2 млрд. кВт. сағ.

Оңтүстік Шығыс Қазақстан өзендері: Іле, Шарын, Шелек, Қаратал, Көксу, Тентек, Қарғос, Текес, Талғар, үлкен және кіші Алматы, Үсек, Ақсу және Лепсі.

Іле өзенінде Қапшағай СЭС-ы (364 МВт) салынған, ал үлкен және кіші Алматы өзендерінде СЭС-ның каскады істейді (жалпы қуаты 47 МВт).

Оңтүстік Қазақстандағы өзендер: Сырдарья, Талас және Шу.

Бұл алқаптың мүмкін су энергетикалық жиынтық қоры 23,2 млрд. кВт. сағ. деп анықталған, одан Сырдарья өзенінің үлесіне 43% немесе 10 млрд. кВт. сағ. келеді.

Бірақ Оңтүстік Қазақстандағы су қоры негізінен егін суаруға және сумен қамдауға пайдаланады (республика аумағында энергетикалық маңызы аз).

Солтүстік және Орталық Қазақстанда су энергетикалық қоры ең аз деңгейде: 3 млрд. кВт. сағ. немесе Республиканың мүмкін су энергетикалық қорының 1,7%-ы.

Солтүстік және Орталық Қазақстан су қорлары: Есіл өзені, Торғай үстіртінің өзендер тобы және Теңіз бен Қасор көлдері.

Бұл аймақта су қорының энергетикалық мүмкіншілігі төмен болғандықтан, ол жерлерде тек кіші қуатты СЭС-нің салуға болады.

Батыс Қазақстанда Каспий теңізіне құятын Орал, Өзен, Ембі және басқада өзендер бар, олардың су энергетикалық мүмкіншілігі 2,8 млрд. кВт. сағ. деп бағаланады. Бұл өзендердің суы негізінде өнеркәсіптік сумен қамдауға, суаруға, балық өсіруге және кемемен жүруге пайдаланылады.

Қазіргі уақыттағы Қазақстандағы СЭС-ның жалпы қуаты шамамен 2230, 30 МВт, олар жылына 8,00 млрд.кВт.сағ. артық электр энергия өндіреді.

2010-2015 жылдарға дейін Шарын өзенінде, Мойнақ СЭС-ның (300 МВт) және Іле өзенінде Кербұлақ СЭС-ның (50 МВт) (Қапшағай СЭС-ның қарсыреттегіш ретінде пайдаланылады) жоспарланып салынууда. Бұл СЭС-лары Оңтүстік және Оңтүстік Шығыс Қазақстандағы электр энергия тапшылығын шешуге көмектеседі.

Теңіз суының тасқыны мен қайтуының энергиясы және су толқынының энергиясы

Баршаға белгілі теңіз суының тасқыны мен қайтуы – аймен күннің жерге тигізетін (оның ішінде су сферасына мұхит пен теңізге) әсерінен, сонымен қатар Жер-Ай және Жер-Күн жүйесінің айналу нәтижесінде пайда болатын орталықтан тепкіш күштің ықпалы деп табылады [3,4].

Қазіргі уақытта дүниежүзінде су тасқыны энергиясын пайдаланатын бірнеше электр станциялар салынған. Бірақ ондай салынған іске қосылатын электр станциялардың олардың қымбаттылығына және жұмыс режимінің [электр қуатын оқтын-оқтын (пульстік) ретпен береді] қиындылығына байланысты.

Дүниежүзінде теңіз суының тасқыны мен қайтуы энергиясын және су толқынының энергиясын пайдаланудың жолдары, әдістері жан-жақты іздестірілуде, зерттелуде.

Атом энергиясы

Атом электр станцияларында (АЭС) кейбір ауыр элементтер ядросын нейтрондық сәуле түсіру арқылы жарып, ыдыратқанда туатын энергияны немесе термоядролық реакциялар энергиясын пайдаланады [3,4].

АЭС-да табиғи энергия көзі ретінде уран-235 және тағы сол сияқты элементтердің атомдық ядроларындағы элементтер бөлшектерінің өзара байланыс энергиясын пайдаланады.

Қазіргі заманда ғылыми қызметкерлер және инженерлер бақыланатын термоядролық синтез негізінде энергияның жаңа түрін жасаумен шұғылдануда.

Бұл жағдайда теңіз суындағы сутегінің изотоптарын пайдаланады. Осы термоядролық реакция (бір өлшемге) ретінде бөлінетін энергияның саны уран мен плутоний ыдырағанда бөлінетін энергиядан әлдеқайда көп. 1 кг газ тәрізді дейтерийді синтездегендегі бөлінетін энергияның саны 10 мың тонна көмірді жаққандағы бөлінетін энергияға теңбе-тең. Сонымен қатар, маңызды мәселе, ол термоядролық синтез жасағанда радиоактивтік қалдық болмайды деп есептелінеді.

Энергетиканың басқада қорлары

Дүниежүзінде энергияның басқа түрлерінің қорлары өте зор. Күн сәулесінің қуатын игеру қолға алынуда. Сутегінен химиялық реакция арқылы алынатын электр энергиясының өндірістік көздері қарастырылуда. Жел қуатын пайдалану істерінде біршама жүргізілуде.

Дүниежүзіндегі жел энергиясы 175-219 мың ТВт. сағ./жылына деп есептелінеді. Жел энергиясының электрлік қуаты (20-25) 10^9 кВт-ға дейін жетеді. Бұл дегеніміз дүниежүзіндегі энергия қосындысының шығынынан 2,7 есе артық. Бірақ, сол жоғарыда көрсетілген энергия қорының тек қана 5%-ы ұтымды түрде пайдалануы мүмкін. Ал қазіргі заманда ол энергия көзін пайдалану пайызы одан да төмен.

Кейбір өндірістері дамыған елдерде, жел энергиясымен бірге біріктірілген қондырғыларды қашықтықтағы аймақтарды электрмен қамтамасыздандыруға пайдаланады. Германияда жел энергетикалық қондырғысының қуаты 12 ГВт-ға жетті.

Қазақстан жерінде жер энергия қоры үлкен. Оның мүмкіншілігі қазіргі энергия тұтынудан 100 еседей артады [3].

Жоңғар қақпасындағы жел энергиясының қоры ең үлкені (17000 кВт.сағ/м²). Басқа аудандардан Ерейментау – 3700 кВт.сағ/м² (Ақмола облысы), Форт-Шевченко – 4300 кВт.сағ/м² (Каспий теңізінің жағалауы), Қордай – 4000 кВт.сағ/м² (Жамбыл ауданы) және басқа да аудандарды айрықша айтуға болады.

Жоңғар қақпасы үшін жел энергия қондырғыларын (ЖЭҚ) пайдаланғанда өндіруге болатын электр қуаты мөлшері бойынша есептеледі. Жоңғар қақпасы дегеніміз тауаралық аңғар: ұзындығы 20 км, ені 10-15 км. Желдің ең үлкен жылдамдығы 40-60 м/с болады. Бұл ауданда қуаты 100-250 кВт (желдоңғалақ диаметрі 25 м) ЖЭҚ-ның 11000-ын орналастыруға болады. Бір мұндай қондырғы шамамен 6000 мың кВт. сағ электр энергия өндіре алады [3].

Күн сәулесінің энергиясы

Ең қуатты энергияның көзі күн сәулесінің энергиясы, күн сәулесінің толық қуаты $4 \cdot 10^4$ млрд.кВт болып есептеледі [4,5]. Жер бетіне жыл сайын $1,56 \cdot 10^{18}$ кВт. сағ күн сәулесінің энергиясы беріледі. Жер бетінің күн сәулесіне тік орналасқан әрбір шаршы метріне 0,35 кВт, ал жалпы жер бетіне 1,4 кВт күн радиация түсетіндігі анықталған. Әрине, бұл келтірілген сандар күн сәулесінің энергиясын пайдалануды зерттеудің қажеттігін дәлелдейді.

Күн энергиясын пайдаланудағы проблемалардың бірі – ол күн энергиясының ең көбі жазда болды және ал тұтынушылардың энергияны қыстың күндері көп пайдалануы.

Жер астындағы ыстық су және басқада энергия көздері

Жер астындағы энергия көздері (орысша – геотермия) – ыстық су, гейзерлер және т.б., электр станцияларында электр энергиясын өндіру үшін пайдаланады [3,4]. Бұл энергияның түрі таусылмайды және ол қордың болашағы өте зор деп есептеледі. Жер астындағы жылу энергиясы жердің бетіне тұрақты түрде шығарылып тұрады, ал оның жер астындағы көлемі радиоактивтік элементтердің ыдырауының нәтижесінде толықтырылып тұрады.

Жер астындағы ыстық су энергиясы ғимараттарды жылытуға және ыстық сумен қамтамасыздандыру үшін пайдаланады. Әсіресе, Исландия (Рейкьявик), Австралия, Жаңа Зеландия және Италия елдерінде.

Қазіргі уақытта, Қазақстанда жер астындағы қайнар су көздерінің табылуына байланысты соңғы кезде геотермия электр станциялары жобалануы, салу және пайдалану мәселелері қолға алынып жатыр.

Алайда, өкінішке орай, техниканың және технологияның қазіргі дамуы сатысында жер астындағы ыстық су және гейзерлерді пайдалану мардымсыз.

Өсімдіктердің биологиялық энергиясы

Қазіргі заманда өсімдіктердің биологиялық энергиясынан электрлік энергияны өндіру үшін арнайы жасанды энергетикалық плантациялар қарастырылуда. Мамандардың есептеуі бойынша 100 МВт жылу қуатын алу үшін жер көлемі 50 м² жасанды энергетикалық плантацияның керектігі анықталуда.

Дүниежүзіндегі ормандардың фотосинтездік өнімдері 50 МВт деп есептелінуде, ол шамамен қазіргі замандағы мұнайды және газды өндіру көлемінен 10 есе артық екендігі анықталуда. Егерде биологиялық энергиядан шығарылған отынның құны 25 долл/т болса, ол қазіргі уақыттағы дүниежүзілік мұнайдың құнынан төмен.

Сутегінің химиялық энергиясы

Дүниежүзінде сутегінің қоры сарқылмайтын байлық. Ол аймақтардың орналасу жеріне байланысты емес. Оны бірнеше рет қайталап пайдалануға болады. Ол судың құрамынан алынады. Қоршаған ортаны ластамайды.

Сутегі сақтауға, тасымалдауға және бөлуге өте ыңғайлы.

Қазіргі уақытта Қазақстан сутегінің химиялық энергиясын электр энергиясына түрлендіруде ғылыми-зерттеу жұмыстарын жүргізуде.

1.4 Электр станциялардың түрлері. Жұмыс істеу ұстанымы және құрылымдық сұлбалары. Жалпы түсініктемелер.

Электр станциялары энергетикалық кәсіпорындарында, табиғи энергия көздерін электр немесе жылу энергиясына түрлендіреді. Жылу станцияларында, әдетте табиғи энергия көздері ретінде қолданылатын көмір, газ, мұнай, шымтезек, жанармайдың потенциалдық энергиялары, бу ағынының жоғары температуралы және жоғары қысымды кинетикалық энергияларына, одан соң бу турбинасының механикалық энергиясына, ақырында, синхронды генераторлар арқылы электр энергиясына түрленеді.

Электр станцияларында өндірілетін электр энергиясы өндіріліп, тұтынушылар арасында таратылады және оны қашық аралықтарға жеткізу электр желісі мен электр қосалқы станциялары арқылы іске асады.

Табиғи энергия көздерінің қолдануына байланысты станциялар бірнеше түрге (шартты түрде) бөлінеді. Соның ішінде негізгілері:

- а) конденсациялық бу турбиналы – КЭС;
- б) бу турбиналы жылу электр орталықтары – ЖЭО (ТЭЦ);
- в) газтурбиналық және бу-газдық қондырғылар – (ГТЭС, БГТЭС);
- г) атом электрстанциялары – АЭС;
- д) жер астындағы энергия көздерін пайдаланатын геотермалды станциялар;
- е) су энергиясын пайдаланатын электр станциялары (СЭС – ГЭС);
- ж) күн сәулесінің энергиясын пайдаланатын (КСЭС) электр станциялары болып бөлінеді.

Дүниежүзілік тәжірибе бойынша өндірілетін электр энергия ЖЭО (ТЭЦ), КЭС, АЭС типті жылу электр станцияларына (СЭС – ГЭС) және су электр станцияларына келеді және оның көптеген үлесі КЭС және ЖЭО типті бу турбиналы станцияларында өндіріледі.

Энергетиканың негізгі бағыты жоғары қуатты станцияларды салумен негізделген. ТМД елдерінде жылу станцияларында қуаты 150 МВт-тан 1200 МВт-қа дейін 400 энергоблок жұмыс істейді, атом электр станцияларында – 1000 және 1500 МВт энергоблоктары, су электр станцияларында - 600 және 640 МВт энергоблоктары жұмыс істейді.

Қазіргі уақытта энергетика үлкен құрылымдық түрлендіруден және энергетика дамуының шарттарының өзгеруінен өтуде. Қазақстанда, Екібастұзда өндірілетін көмір қоры есебінен, көмір өндіруінің өсуі жоспарлануда.

Төменгі сортты көмірлердің негізінде тек Қазақстанда ғана емес, сонымен қатар көршілес елдердің қажеттіліктерін қамтамасыздандыратын электрстанциялардың үлкен кешендері құрылуда.

Бүгінгі күні Қазақстан энергетикасын басқару құрылымы нарықтық экономикаға байланысты бірнеше рет өзгерді. Айталық, АҚ «KEGOG» Қазақстан электр желілерін (110-1150 кВ тораптарын) басқарады. Ал бірнеше электр станциялары: Екібастұз ГРЭС-і, Қарағанды ГРЭС-2, Қарағанды ТЭЦ-2. Жамбыл ГРЭС-і және т.б. жекешелендірілді. Алдағы уақытта да еліміздің энергетикасын

халық шаруашылығында, тұрмыста тиімді және үнемді пайдалану үшін оның құрылымының өзгеруі ықтимал.

Электр станциялары – электр энергиясының фабрикалары болып табылады, бірақ, электр станцияларының ерекшелігі сол өндірілген электр энергияны жинауға (сақтауға) болмайды (1,2,3,4).

Электр станциялар тұтынушылар үшін электр энергиясын өндіреді, ал электр энергиясына деген мұқтаждық, уақыт өткен сайын өзгеріп отыр, осыған орай электр станцияларының қуаттылығы да өзгеріп отырады.

Кез келген тұтынушыны электр энергиясымен қамтамасыз ету үшін әрбір электр станцияда өзіндік энергия қоры болуы керек.

Тұтынушылар қаншалықты көп болса, электр станцияларының жүктемесі соншалықты аз мөлшерде өзгеріп, олардың жабдықтарымен жұмыс істеуі соғұрлым жеңілденеді. Міне, сондықтан да көбінесе ірі электр станциялары салынады немесе электр станцияларды біртұтас жүйеде жұмыс істейтін энергетикалық жүйелермен біріктіріледі.

Электр энергиясының басқа энергия түрлерімен салыстырғанда бірқатар артықшылықтары бар: тұтынушылардың мұқтаждықтарына байланысты қуатының ваттық үлесі ондаған (өте кішкентай лампалар) және жүздеген меговатқа (рудатермиялық пештер, прокат станоктары, электролиз ванналары және басқалар) дейін өзгере алады. Электр энергиясының тағы бір ерекшелігі – оны кез келген қашықтыққа жеткізуге болады.

Электр энергиясын салатын орынды таңдағанда энергияның бастапқы көздеріне немесе механикалық энергия көздеріне (өзен суының тасқыны, сарқырама, асу және т.б.) назар аударған жөн.

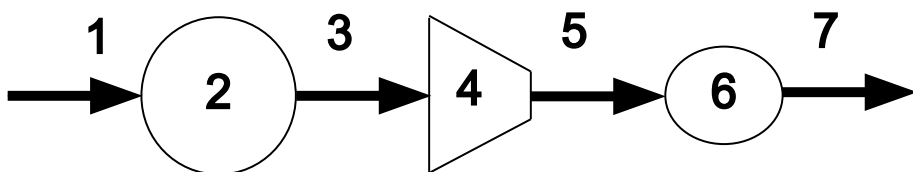
Жоғарыда аталған электр станциялары туралы қысқаша мәліметтер келтірейік.

Жылу электр станциялары (ЖЭС). Бұлар органикалық отынның химиялық энергиясын пайдаланады (1.3-сурет). Отынның жану энергиясы су, бу және газ түріндегі заттарға беріледі. Бұл заттарды жылу алмастырғыш жүйелерінде аралық дене деп атайды. Аралық денеге жылуын берген түтін мұржа (труба) арқылы атмосфераға шығарылып тасталады. Қыздырылған аралық дене жылу жеткізуші ретінде тұтынушыларға жіберіліп, жылуын бергеннен кейін жылу алмастырғышқа қайтарылады да процесс қайталанып, үздіксіз жүріп отырады. Міне, осылай жылу энергиясы өндіріледі. Ал электр энергиясын өндіргенде қыздырылған аралық дене жұмыс өндіргіш ретінде қозғалтқыштарға жіберіліп, механикалық жұмыс атқарылып болған соң шыққан жүйесіне қайтып келеді.

Қозғалтқыштарға тіркелген электр генераторларында (1.3-сурет) механикалық энергия электр энергиясына айналады [2.3]. Жылу электр станцияларының (шартты түрде) екі түрі бар:

1. Конденсациялық электр станциялары (КЭС) немесе мемлекеттік аймақтық электр станциялары (МАЭС, орысша ГРЭС).

2. Жылу электр орталықтары (ЖЭО-орысша ТЭЦ).



1.3-сурет. Отынның химиялық энергиясын түрлендіру

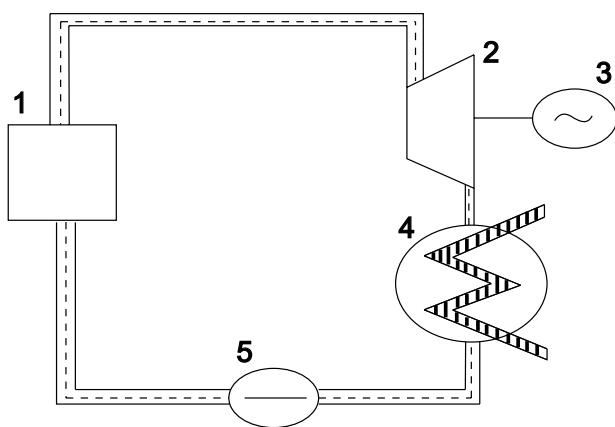
1. Отынның химиялық энергиясы. 2. Бу қазаны. 3. Будың жылу энергиясы. 4. Бу турбинасы. 5. Механикалық энергия. 6. Электр генераторы. 7. Электрлік энергия.

1.5 Мемлекеттік аймақтық электр станциялары (МАЭС)

Мемлекеттік аймақтық электр станциялары (МАЭС) еліміздің біраз ауқымын электрмен қамтамасыз ету үшін пайдаланылады. МАЭС-та өндірілген электр энергияны кернеуі 110-1150 кВ электр желілерімен энергетикалық жүйеге немесе тұтынушыларға жеткізеді. 1.4-суретте конденсациялық электр станциясының жалпы құрылымдық сұлбасы көрсетілген.

МАЭС бастапқы энергетика қоры бар жерге, әсіресе көмір өндірісі жанына салынады. МАЭС-ның жеке қуаты өте жоғары. Мысалы, Екібастұздағы 1-МАЭС-ның қуаты 4000 МВт. Үкімет жоспары бойынша Екібастұздағы электр станцияларының (барлығы 4) жалпы қуаты 16000000 кВт болу керек.

Міне бұл электр станциялары (МАЭС-КЭС) электр өнімінің нағыз қайнар көздері болып есептеледі. МАЭС-ның пайдалы әсер коэффициенті 40 шамасында, себебі турбиналарды айналдырған бу тікелей салқындатқышқа (конденсаторға) бағытталады да, жылу энергиясының шығыны жылу электр орталықтарымен салыстырғанда едәуір көбірек болады.



1.4-сурет. Конденсациялық электр станциясының жалпы құрылымдық сұлбасы

1. Бу генераторы. 2. Бу турбинасы. 3. Электр генераторы. 4. Салқындатқыш (конденсатор). 5. Сорғы.

Бу — ; салқындатқыш су — н.в..

1.6 Жылу электр орталықтары (ЖЭО)

Тұтынушыларға жылу мен электр энергиясын беретін жылу электр станциялары – жылу электр орталықтары деп аталады (ЖЭО). Жылу энергиясы ыстық су түрінде жылыту процестерінде пайдаланылса, төменгі потенциалды бу түрінде өнеркәсіпте және басқа салаларда қолданылады. Энергияның екі түрін бірден шығаратын осындай орталықтар басқа жылу электр станцияларынан әлдеқайда ұтымды [1,2,3].

Жылуды құбырлар арқылы 30-50 км қашықтықтағы тұтынушыларға жеткізуге болады [4,5].

ЖЭО-да электр энергиясы 6-24 кВ желі арқылы жергілікті тұтынушыларға, ал қалған энергия кернеуі 35-220 кВ желімен энергетикалық жүйеге немесе қашықтықтағы тұтынушыларға беріледі.

1.5-суретте жылу электр орталықтарының жалпы құрылымдық сұлбасы берілген.

Жылу энергиясын толық пайдалану арқасында ЖЭО-ның пайдалы әсер коэффициенті 60-65%-ға жақын, яғни жоғары көрсеткішке таяу.

1.7 Отын. Олардың түрлері және оны жағу тәсілдері

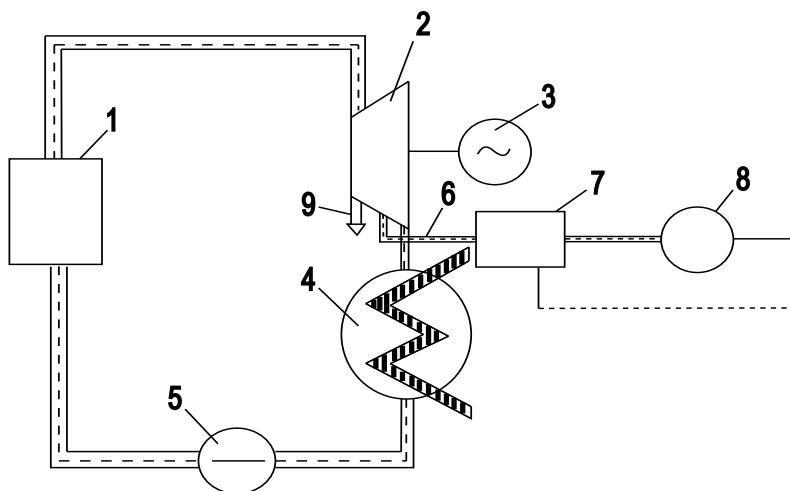
Электр станциясының (КЭС, ЖЭО) отыны үш түрлі агрегаттық күйде болады: қатты, сұйық, газ түрінде.

Қатты отын сан алуан түрлі болып келеді. Оның ішінде: ағаш, сабан, ауыл шаруашылығының қалдықтары, шымтезек, жаңғыш тақта тас, қоңыр көмір, тас көмір, антрацит және басқалары бар.

Қоңыр көмір, тас көмір және антрациттің қорлары орасан зор, олардың негізінде қуатты электр станцияларын салуға болады. Тас көмірдің қызуы аса жоғары – 3500-ден 7500 ккал/кг-ға дейін жетеді. Міне, осындай қасиеттеріне қарай көмір – электр станцияның негізгі қатты отыны болып саналады.

Қуаттылығы бір миллион киловатт қазіргі жылу электр станциясының тәуліктік отын жұмсауы – табиғи тас көмірдің 10 мың тоннасына шақ келеді. Көмірдің осындай орасан зор мөлшері (5 ауыр жүк тиеген темір жол составы) кәдімгі бірнеше гектар жерді қажет еткен болар еді. Сондықтан, көмір жағудың қарқынды жетілдірілген әдістері қажет.

Көмір кесектері қаншалықты ұсақ болса, оның ауамен жанасу беті соншалықты үлкен болып, ол тез жанып кетеді. Бұл ретте, қазанның кішкентай оттығында көмірдің біраз мөлшерін жаға отырып, үлкен мөлшеріндегі энергия берілісін алуға болады.



1.5-сурет. Жылу электр орталықтарының жалпы құрылымдық сұлбасы
 1 – бу генераторы. 2 – бу турбины. 3 – электр генераторы. 4 – салқындатқыш (конденсатор). 5 – сорғы. 6 – жылу жүйесіне жіберілетін бу. 7 – жылу желісінің бойлері. 8 – жылу желісінің насосы. 9 – өндіріс қажетіне жіберілетін бу.

Тозаң түріндегі көмірді жағу үшін мына шарттарды орындау қажет:

1. Көмірді майдалап, тозаңға айналдыру;
2. Тозанды жағу алдында ауаны жылыту;
3. Отынды алдын ала құрғату;
4. Тозаң түріндегі отын мен ауаны бір уақытта форсункада жақсылап араластыру;
5. Жану аймағында температураны бір қалыпты ұстау;
6. Жанған өнімдерді үнемі шығарып отыру: түтіндік газ, күл және шлак.

Шар түріндегі аралық бункерлері бар барабанды диірмендерде тозаң дайындау әдісі кеңінен таралған (1.6-сурет).

Сұйық отын. Электр станцияларында сұйық отын ретінде мазут, дымқыл мұнай (сирек) қолданылады.

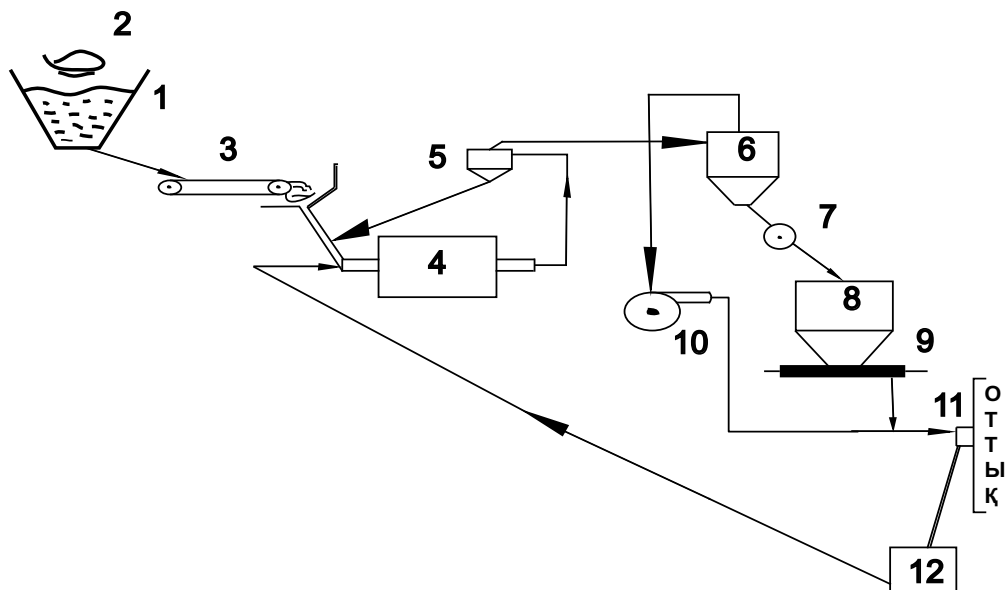
Дымқыл мұнайдан жеңіл фракцияларды: бензин, керосин, лигроин, соляр майын және басқа да моторлы отын деп аталатын, яғни автомобиль, трактор және дизель қозғалтқыштарының жұмыстарына пайдаланылатын мазут алынады. Мазуттың «10» және «40» маркалы түрі бар, олар бір-бірінен ылғал және күл құрамына байланысты ажыратылады. Мазуттың жылу шығару мүмкіндігі өте жоғары: 1 кг мазуттан 9420-дан 9850 ккал-ға дейін жылу бөлінеді.

Мазут оттыққа форсункалар арқылы беріліп, ыстық ауаның көмегімен тозаңға айналдырылып жағылады. Мазуттың тұтану температурасы көмір тозаңымен салыстырғанда анағұрлым төмен, сондықтан мазут форсункаларын жағу оңай. Тозанды көмір оттығының көмегімен жағады. Қыс кезінде темір жол цистерналарынан мазутты алу кезінде біраз қиыншылықтар кездеседі, ол шайыр (смола) тәрізді күйде болады, сондықтан оны бумен жылытып алуға тура келеді.

Газ отыны. Электр станцияларында газ отын ретінде көбінесе пропан және

бутан газдарының қоспасы – табиғи газды қолданады. Табиғи газдың құрамы: метан CH_4 60-80%, сутек H_2 10-30%, басқа көміртекттер 4-16%-ді құрайды. Газдың жану жылуы 7000-15000 ккал/м³.

Газды пайдалану арқасында тазалықты қамтамасыз етіп, электр станцияларындағы қуаттылықты оңай меңгеруге болады. Газ шілтерлерге газбен бірге қажетті мөлшерде газды жағу үшін ауа енгізіледі. Қазандардың пайдалы әсер коэффициентін арттыру мақсатында шілтерлерге беретін ауа жылытылады. Қазандарда отынның барлық түрлерін жағу кезінде енгізілетін ауа мөлшері химиялық реакциялар бойынша есептелінеді, бұл оттықтағы отынның толығымен жанып кетуін қамтамасыз етеді. Отынның химиялық тұрғыдан жанбай қалуын болдырмау үшін, оттыққа енгізілетін ауа мөлшері белгіленген ауа мөлшерінен 1-5%-ға артығырақ алынады.



1.6-сурет. Тозаң дайындау сұлбасы

1 – ылғал (өңделмеген) көмірі бар бункер. 2 – қоймадан көмір тасып тұратын ленталы транспортер. 3 – көмірді диірменде пластикалы сіңіргіш. 4 – шар тәрізді барабан диірмен. 5 – тозаң сеператоры. Сеператорда ауаның үйірілуіне байланысты, үлкен кесекті көмір тозаңынан айырылып, қайтадан диірменге бағытталады. Тоzaң құбырлардың бойымен циклонға 6 келіп түседі. 6 – циклон тозаңды ауадан айыру қызметін атқарады. Тоzaңның 90%-ға дейінгі мөлшері үйіріліп барып, конус тәрізді бөлікке барып тұнады, ал тозаңдатылған ауадан ауа желдеткіш 10 арқылы сорылып алып, шілтерге (горелка) беріледі. 7 – мигалка тозаңды порциялап аралық бункерге жеткізіп тұратын құрылғы. 8 – дайын тозаңның аралық бункері; 9 – тозаңды бункерден 8 форсункаға жеткізіп тұратын шынекті сіңіргіш; 10 – тозаңдатылған ауаны циклоннан 6 сорып алатын және сіңіргіштен 9 тозаңды қазан форсункаларына жіберетін желдеткіш; 11 – тозаңды үйіру арқылы ыстық ауамен араластыратын және ыстық қоспаны қазан оттығына жіберетін тозаңды көмір форсунка; 12 – 400°C-дейінгі ыстық ауа коллекторы.

Ыстық ауа диірменге (4) келіп түсіп, көмірді құрғатып, тозанды сеператорға (5) және циклонға (6) жөнелтеді. Коллектордан ыстық ауа форсункаға (11) түсіп, желдеткіштен (10) келетін ауамен бірге қазан оттығындағы тозанды жағуға жұмсалады.

Электр станцияларында орта есеппен алғанда отынға кететін шығынның меншікті салмағы барлық шығындардың 75%-ын құрайды, сондықтан отынды үнемдеу және оның 1 кВт-сағ үлесті шығынын азайту – еліміздің экономикасына көп жеңілдіктер әкеледі.

1.8 Атом электр станциялары (АЭС)

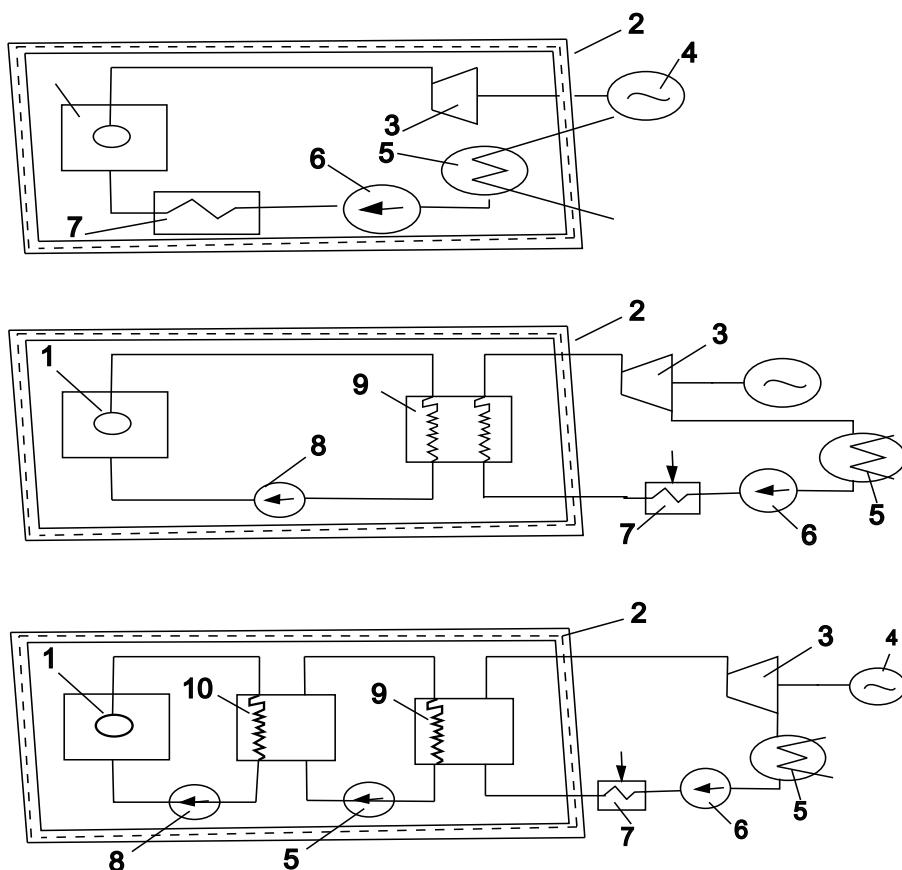
Атом электр станцияларында (АЭС) кейбір ауыр элементтердің ядросын нейтрондық, сәуле түсіру арқылы жарып, ыдыратқанда туатын энергияны немесе термоядролық реакциялар энергиясын пайдаланады [1, 2, 3, 4].

Қазіргі АЭС-терде табиғи энергия көзі ретінде уран – 235-ті және элементтердің ядроларының бөліну кезіндегі энергиясы пайдаланылады. Бұл энергия бастапқыда ядро бөлінгенде олардың сынықтарының кинетикалық энергиясы түрінде туады. Содан кейін кинетикалық энергияның басым көпшілігі жылуға айналады да, қалғаны жан-жаққа шашыраған электромагниттік және корпускалалық сәулелермен бірге жоғалады. Жылу энергиясы реактордың жылу алмастырғыш жүйелерінде алынып, жылу электр станцияларындағыдай механикалық энергияға және одан әрі электр энергиясына айналдырылады. Осыған сәйкес атом электр станцияларын жылу электр станцияларының бір түрі деп те қарауға болады. Бұл аталған электр станцияларындағы (ЖЭС, АЭС) бу-қазан агрегаты, бу немесе газ турбинасы және электр генераторлары сияқты негізгі элементтері бірдей. Әрине, АЭС-тердегі ядролық отындардың жылу бөлгіштік қабілеті кәдімгі органикалық отындардан бірнеше есе артық.

Реакторда бөлінетін жылу турбинаға бір контурлы, екі контурлы немесе үш контурлы сұлбамен берілуі мүмкін (1.7-сурет).

ТМД-да қазірдің өзінде өте қуатты АЭС-ы жұмыс істейді. Мысалы: Запорож АЭС-ының қуаты – 4000 МВт, Курск АЭС-ының қуаты – 4000 МВт, Ленинград АЭС-ы – 4000 МВт, Балаков АЭС-ы – 3000 МВт, Калинин АЭС-ы – 2000 МВт. т.б. [1,2]. Қазақстанда Ақтау қаласында едәуір қуаты бар АЭС тұрғызылған, ол электр энергиясын берумен қоса Каспий теңізінің ащы суын ішімдік суға айналдыруға арналған. Ол АЭС 2003 жылдан істемейді.

1986-1988 жылдары КСРО-дағы атом электр станцияларының қуаты 7,3 млн. кВт-қа өсті, ал электр энергиясын өндіру 1985 жылмен салыстырғанда шамамен 1,3 есе артты (АЭС-ның барлығында өндірілген электр энергиясы 215 млрд. кВт-сағат). Дегенмен, Чернобыль АЭС-да (1986 ж.) болған апат, барлық атом электр станцияларының дамуына жалпы көзқарасты өзгертті. Сол себептен бүкіл дүниежүзінде АЭС-ның дамуы туралы мәселелер орасан зор ұқыптылықпен қаралуда.



1.7-сурет. Атом электр станциясының жалпы құрылымдық сұлбасы
а, б, в – бір немесе екі, үш контурлы сұлбалар

- 1 – бірінші биологиялық қорғанысы бар реактор. 2 – екінші биологиялық қорғаныс.
3 – турбина. 4 – электр генераторы. 5 – бу немесе газ салқындатқыш. 6 – сорғы немесе компенсатор. 7 – регенативтік жылу алмастырғыш. 8 – айналма сорғы.
9 – бу генераторы. 10 – аралық жылу алмастырғыш.

1.9 Су электр станциялары (СЭС)

Су тасқынының механикалық энергиясын электр энергиясына түрлендіретін электр станциясы – су электр станциясы деп аталады [1,2,3,4,5]. Олар су энергиясы көздеріне жақын жерлерде өзендерде, теңіз жағалауларының маңайына салынады.

Су электр станциясының жұмысы гидравлика және гидродинамика заңдарына негізделген (6).

Су электр станциясының қуаты төмен қарай аққан су тасқынының секундтық шығынына және жоғарғы су қоймасы мен төменгі қойманың су деңгейінің қашықтығына, яғни судың қысымына байланысты (1.8; 1.9, 1.10-суреттер).

Судың қысымын көбейту үшін жасанды гидротехникалық ғимараттар салынады. Жазық жердегі өзен суының қысымы бөгеттермен (плотина), ал таулы жерде әдейі айналдыра салынған арнамен (каналмен) көбейтіледі. Таулы жердегі мұндай каналды деривациялық канал деп атайды 1.8-сурет.

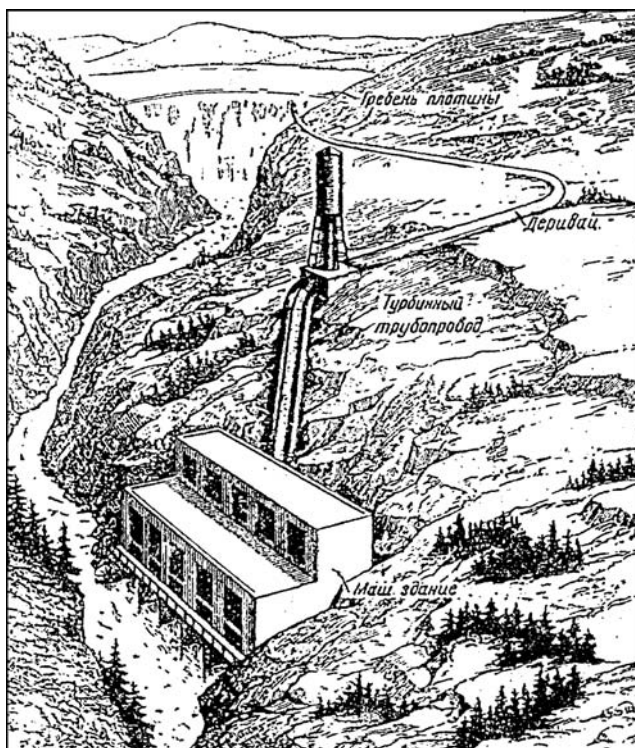
Тегіс жерде плотинамен салынатын су электр станциясының негізінен екі түрі бар:

1. Өзеннің арнасына салынады (орысша-русловая ГЭС).
2. Станция үйі плотинаның қасында салынады (орысша-плотинная ГЭС).

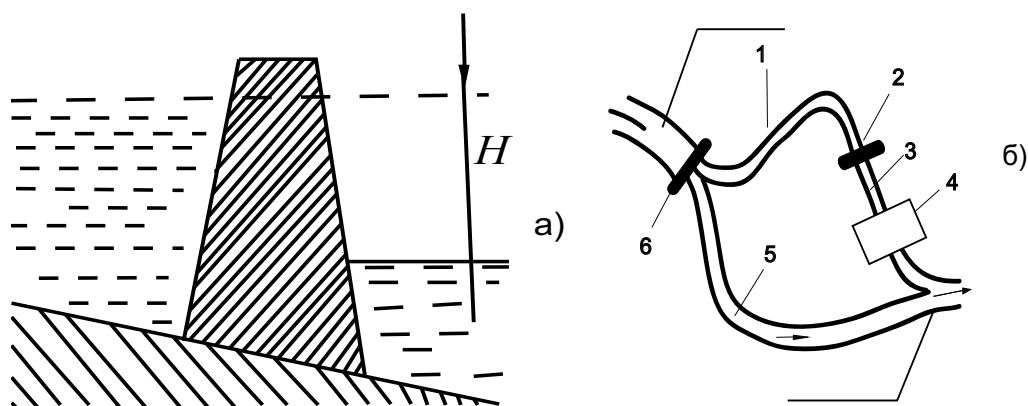
Өзеннің арнасына салынатын су электр станциясының жоғары және төменгі су қоймасы деңгейінің қашықтығы 25-30 метрден аспайды (1.10-сурет), ал станциялардың үйі плотинаның қасында салынса 30-35 метрге дейін жетеді [1,2,3].

Су электр станциясының ерекшеліктері:

1. Су қоры бар және құрылсқа қолайлы жерде салынады. Әдетте, СЭС-ның салынған жері тұтынушылардың орналасқан жеріне сәйкес келмейді.
2. Өндірілген электр энергиясының айтарлықтай бөлігіне жоғары кернеулі (110-500 кВ) электр желісіне береді.
3. Ерікті графикпен жұмыс істейді.
4. Жоғары маневрлі станцияға жатады. Себебі, гидротрубинаны жұмысқа қосу және электр жүктемесін алу небәрі 3-5 минутқа созылады.
5. Пайдалы әсер коэффициенті жоғары ($\eta = 0,85$).



1.8-сурет. Деривациялық су электр станциясының жалпы сұлбасы

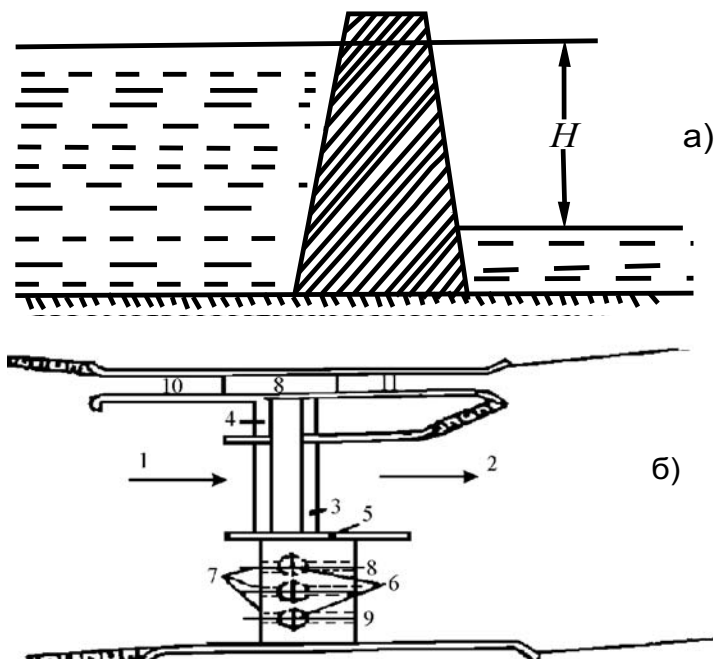


1.9-сурет Су қысымын жасау сұлбасы

а) бөгет арқылы; б) деривациялық канал арқылы.

1 – канал. 2 – қысым тудызатын бассейні. 3 – турбинаға су жеткізетін құбыр.

4 – СЭС үйі. 5 – өзен арнасы. 6 – бөгет.



1.10-сурет. Өзеннің арнасына салынатын су электр станциясының сұлбасы

а) қысым тудыратын сұлба. б) су торабының сұлбалық жоспары.

1 – судың жоғарғы деңгейі. 2 – судың төменгі деңгейі. 3 – бөгет. 4 – бетоннан жасалған біртұтас плотина. 5 – станция үйі. 6 – су турбиналары.

7 – турбиналарға су жеткізетін тесіктер. 8 – турбинадан шығатын суларды қашықтыққа жеткізетін трубалар. 9 – бір камералы шлюз. 10 – кеме жүретін жоғарғы канал. 11 – кеме жүретін төменгі канал.

1.10. Теңіздің суының тасуы мен қайтуының энергиясын және толқын энергиясын пайдаланатын электр станциялар (ТСЭС)

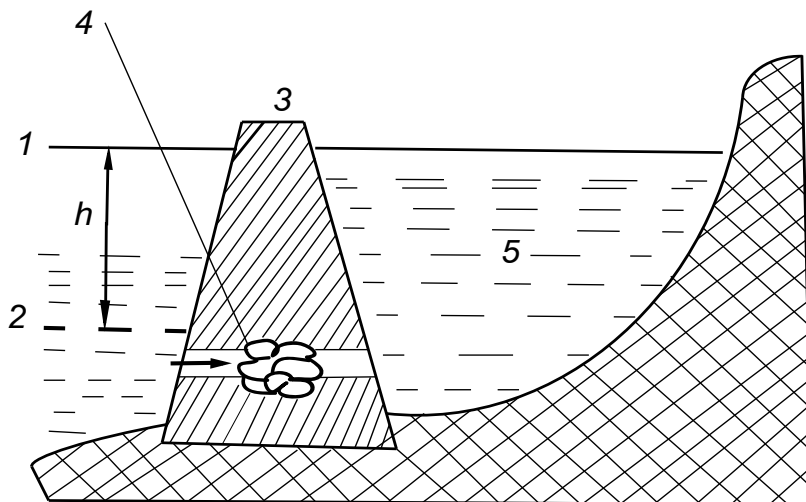
Өздеріңізге белгілі теңіз суының тасуы мен қайтуы ай мен күннің жерге тигізетін әсерінен, сонымен қатар Жер-Ай және Жер-Күн жүйесінің айналу нәтижесінде пайда болатын орталықтан тепкіш күштің ықпалынан болады [4,5,6]. Осыған байланысты теңіздің тасуы мен қайтуы кезінде судың деңгейі әр жерде әр түрлі болады. Мысалы: Атлантика мұхитының Канада жағалауында толқынның биіктігі 18 м, Ла-Маншта – 15 м. Охот теңізінде – 13 м, ал Ақ теңізде 10 метрге жететіндігі анықталды. Толқын электр станцияларын салу үшін судың деңгейі 10 метрден кем болмауы керек [4,5,6].

Дүниежүзінде барлығы 30-ға жуық толқын электр станцияларын салатын мүмкіндік бар. Әзірге толқын электр станциялары энергетикада елеулі орын ала алмай отыр.

Теңіздің суының тасуы мен қайтуының энергиясын пайдаланатын электр станциясының құрылысының қарапайым сұлбасы 1.11-суретте көрсетілген.

ТЭС-ның гидротурбогенераторы плотинаның өзінде орналасқан (1.11-сурет). Ол гидрогенератор «қайтымды» жұмыс істейді, яғни суды оңнан солға, немесе солдан оңға қарай өткізе алады. Дегенмен, мұндай толқын электр станциясының экономикалық көрсеткіштері жоғары емес.

Дүниежүзінде жұмыс істеп немесе салынып жатқан толқын электр станциялары мыналар: 1966 жылы Францияда салынған Ранс толқын электр станциясының қуаты 240 МВт (24х10 МВт); АҚШ-та қуаты (100х10 МВт); Англияда – 7260 МВт (220х33 МВт) толқын электр станциялары салынууда.



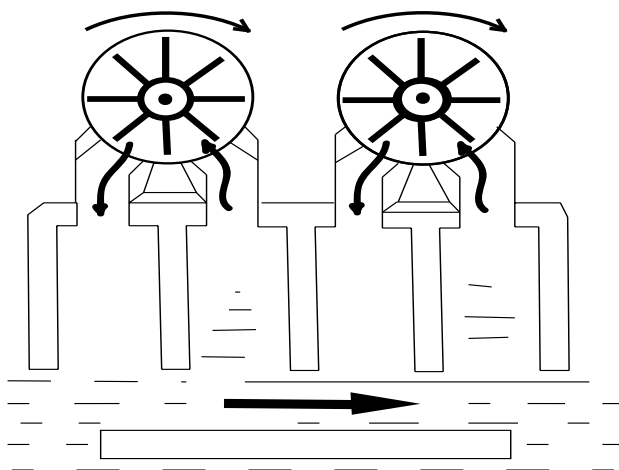
1.11-сурет. Теңіздің суының тасуы мен қайтуының энергиясын пайдаланатын электр станциясы құрылысының сұлбасы

1 – судың ең жоғарғы деңгейі. 2 – судың ең төменгі деңгейі. 3 – бөгет. 4 – қайтымды гидрогенератор. 5 – бассейн.

1968 жылы Мурманск қаласына жақын Баренцов теңізінің жағалауында Кислогуб ТЭС-ы іске қосылды. Оның қуаты 800 кВт (2х400 кВт) [16]. Электр энергиясын өндіру үшін мұхиттың толқын энергиясын да пайдалануға болады. Толқындар орасан мол энергия көзі болып табылады. Дүниежүзілік мұхит толқынының энергиясы шамамен 2.7 млрд. кВт-қа тең деп есептеледі. Бұл жер шарында пайдаланылатын барлық энергияның шамамен 30%-на жуығы. Толқындардың энергиясының шамасы теңіз бетінің күйіне байланысты болады. Мұхит толқынының энергиясы желдің энергиясына байланысты. Жел үдеген сайын толқындар биікке көтеріліп, екпіні күшейе түседі де, энергияның шамасы көбейеді. Егер толқынның биіктігі екі есе өссе, оның энергия мөлшері 4 есе артады [6].

1.12-суретте теңіз толқынының энергиясын пайдаланатын ауа қозғалтқышының сұлбасы келтірілген. Осы суретте әдейі жасалған қондырғылардың жұмыс ұстанымы көрсетілген. Бұл құрылғы суда қалқып жүретін төңкерілген жәшік сияқты (платформа) жасалынады. Платформаның астыңғы бөліктері ауамен толтырылған секцияларға бөлінген. Бұл секциялар машинаның цилиндрі тәрізді қызмет атқарады да, ал су толқыны поршені ретінде жұмыс істейді. Су толқыны платформаның астынан өткенде секциялардағы ауа қысымы толқынның ағынына (күшіне) байланысты бірде артады, бірде кемиді. Ауа қысымы көп секциядан қысымы аз секцияға қозғалып ауысып отырады. Ауаның қозғалу жолына ауа турбинасы орнатылады. Ал ауа турбинасы электр генераторымен білік (вал) арқылы қосылған. (КЭС, ЖЭО, АЭС немесе СЭС-ның турбиналары мен электр генераторлары сияқты қосылған). Көрсетілген қондырғы су толқыны энергиясын электр энергиясына айналдырады.

Дүниежүзінде теңіз суының тасуы мен қайтуының энергиясын және толқын энергиясын пайдаланудың жолдары, әдістері жан-жақты іздестіріліп, зерттелуде.



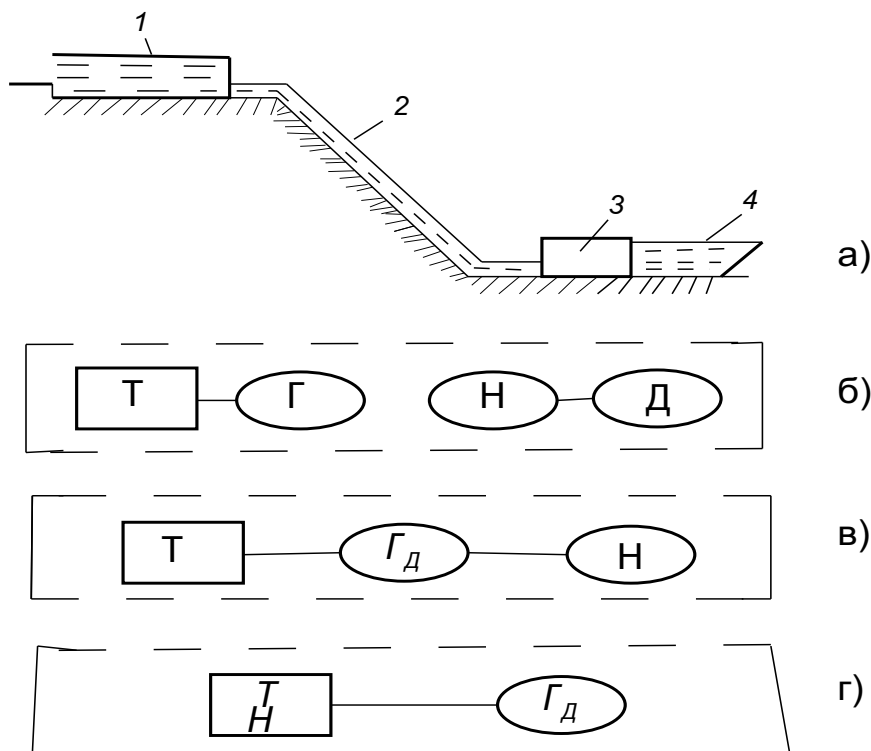
1.12-сурет. Теңіз толқынының энергиясын пайдаланатын ауа қозғалтқышының қарапайым сұлбасы

1 – Теңіз толқынының қозғалу бағыты. 2 – Ауа турбиналары. 3 – Платформа

1.11 Су аккумуляциялық электр станциялары (САЭС)

Су аккумуляциялық электр станциялары (ГАЭС) кем дегенде екі бассейнді су қоймасының су энергиясын пайдаланылатын станция [1,3,4,5].

Су аккумуляциялық электр станцияларының (САЭС) жұмысының ұстанымдық сұлбасы 1.13-суретте көрсетілген.



1.13-сурет. Су аккумуляциялық электр станциясының ұстанымдық сұлбасы

а) станция сұлбасы; б) төрт машиналы станция агрегаттары; в) үш машиналы станция агрегаттары; г) екі машиналы станция агрегаттары. 1 – жоғарғы бассейн. 2 – су торабы. 3 – станция үйі. 4 – төменгі бассейн. Т – турбина; Г – генератор; Н – сорғы; Д – қозғалтқыш

Электрэнергетика жүйесі жұмысында қарбалас кезең болғанда, САЭС-ның электр машинасы генератор режимінде жұмыс істейді де, осы жүйедегі қарбаласты тез уақыттың ішінде (шамамен 1-2 мин) қалыпқа түсіреді. Ал, егерде электр жүйесінде жүктеме аз болса, бұл электр станциясының машиналары сорғы режиміне көшеді. Сөйтіп жоғарғы бассейнді (1) сумен толтырады да, келесі генератор режимінде жұмыс істеуге дайын тұрады. Нәтижесінде жылу электр станциясы мен атом электр станциясының экономикалық тиімділігі артады.

Дүниежүзінде барлығы 150 САЭС жұмыс істейді. Су аккумуляциялық электр станцияларын Австралияда, Швейцарияда, Англияда, Жапонияда, АҚШ-та,

Бразилияда, Чилиде, Колумбияда, Испанияда, Францияда, Швецияда, ФРГ-да және Канадада тиімді қолданады.

ТМД-да қуаты 225 МВт Киев САЭС-ы. Ленинград және Жигулевск САЭС-ы тиянақты жұмыс істейді.

Су аккумуляциялық электр станциясының пайдалы әсер коэффициенті $\eta=0,7-0,75$ тең және станциялардың осындай түрін салуға жұмсалатын қаржы шартты түрде аз [6].

Міне, су аккумуляциялық электр станцияларының осы келтірілген артықшылықтары оларды салуды көбейту керек екендігін анықтайды.

1.12 Жер астындағы энергия көздерін пайдаланатын электр станциялары (ЖАЭС)

Жер астындағы энергия көздері (орысша-геотермия) – ыстық су, гейзерлер және т.б. электр энергиясын өндіру үшін пайдаланылады [2,3,4,5]. Мамандардың зерттеуі бойынша таяу арада жер асты энергия көздерін пайдалану өсе бастайтын болады. Бір шаршы километр жер қойнауында 3-5 километр тереңдікке жіберген суық су 1 градусқа ысыса, 10 миллиард джоуль жылу бөлініп шығады [5,6]. Бұл мың тонна мазутты жаққанмен бірдей. Жер қойнауының температурасы әрбір 30 метрге тереңдеген сайын бір градусқа өсіп отырады. Бұл аса көп емес сияқты, бірақ 3 километр тереңдіктегі температурада (100°C) су қайнатуға болатындығы, ал 11 километр тереңдікке (327°C) қорғасын балқитындығы, 60 километр тереңдікке температура 1800°C -қа жететіндігі және онда платина (1773°C) балқитындығы мәлім. Осыған орай кез келген жерде тіпті мәңгі тоң аймақтарда да жердің ішкі жылуын пайдалануға болады (3,4,5).

Геотермиялық электр көздерінің едәуір болашағы бар екендігі соңғы жылдарда анықталып отыр. Жер астындағы жылы суды электр энергиясын өндіруге де, жылумен жабдықтауға да және жасанды суық су алу үшін де қолдануға болады.

Қазірдің өзінде жер шарында тұрақты жұмыс істеп тұрған бірнеше геотермиялық станциялар бар: Италияда жалпы қуаты 420 МВт, Жаңа Зеландияда – 200 МВт, Жапонияда – 168 МВт, АҚШ-та – 500 МВт, Мексикада – 80 МВт энергетика көздері пайдаланылуда [2,3,4].

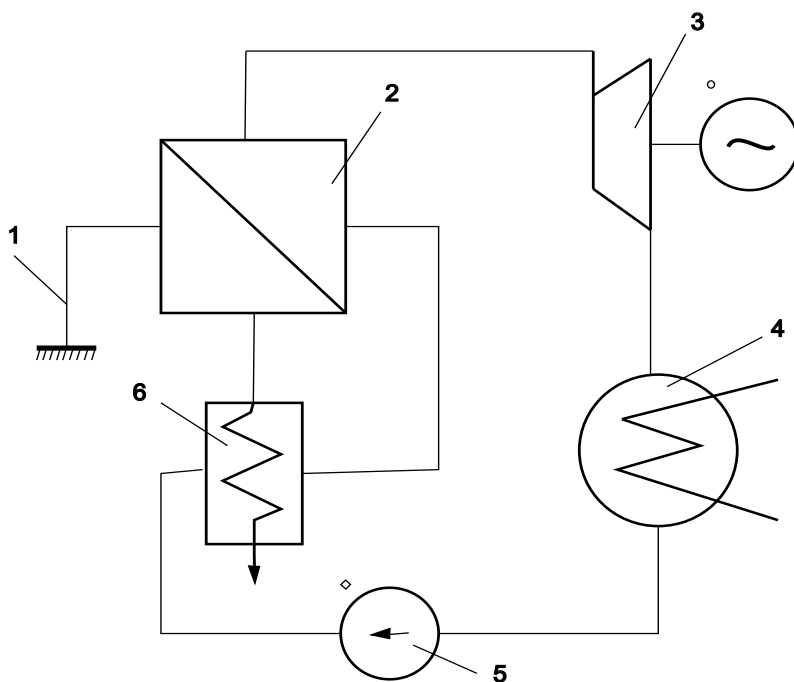
1966 жылы Камчаткада Паужетск геотермиялық станциясы іске қосылды. Оның алғашқы қуаты 5 МВт болса, қазір 25 МВт-тық агрегаттар іске қосылмақ.

1.14-суретте геотермиялық электр станциясының құрылымдық сұлбасы берілген.

Қазір Махачкала маңында өндіріске зор пайдасын тигізіп отырған әрі құбырлы жүйе арқылы жылу тарататын геотермиялық қондырғы жұмыс істейді.

Сонымен қатар жер астындағы энергия көздерін Қазақстанда, Грузияда, Шығыс Сібірде, Дағыстанда, Курил аралдарында және т.б. жерлерде пайдалануда.

Алайда, техниканың қазіргі даму сатысында жер астындағы энергия көздерін толық пайдалану мардымсыз.



1.14-сурет. Геотермиялық электр станцияның құрылымдық сұлбасы
 1 – скважина. 2 – буды түрлендіретін құрылғы. 3 – турбина. 4 – салқындатқыш
 (конденсатор). 5 – сорғы. 6 – жылу алмастырғыш.

1.13 Күн сәулесінің энергиясын пайдаланатын электр станциялары (КСЭС)

Ең қуатты энергия көзі – күн энергиясы. Күн сәулесінің толық қуаты 4,10 млрд. кВт болып есептеледі. Жер бетінің күн сәулесіне тік орналасқан әрбір шаршы метріне 0,35 кВт, ал жалпы жер бетіне 1,4 кВт күн сәулесінің радиациясы түсетіндігі анықталған (6). Әрине, бұл келтірілген цифрлар күн энергиясын пайдалануды зерттеудің қажеттігін дәлелдейді. Дүниежүзінде күн энергиясын электр энергиясына түрлендірудің бірнеше бағыты зерттеліп отыр [3,4].

Олар:

1. Термодинамикалық цикл арқылы күн энергиясын электр энергиясына айналдыру.

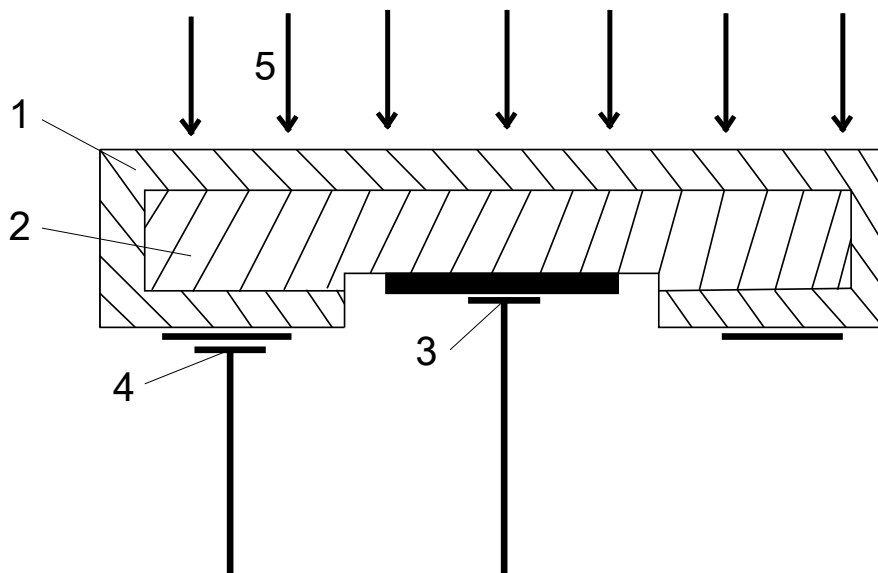
2. Фотоэлектрлік әдісті қолдану.

3. Жартылай өткізгішті генераторларды пайдалану.

1.15-суретте күн батареясы элементінің сұлбасы көрсетілген.

Күн батареясының қуаты ондаған немесе жүздеген киловатқа жетеді. Оның пайдалы әсер коэффициенті 25% да, бағасы жоғары. Сондықтан күн батареясын пайдаланып, күн энергиясын электр энергиясына айналдыру, әзірге өндірісте көп қолданылмайды.

Ал, күн энергиясын жартылай өткізгішті генераторларды қолданып, электр энергиясына түрлендіру дамымай отыр. Олардың пайдалы әсер коэффициенті 6-12 пайыздан аспайды.



1.15-сурет. Күн батареясы элементінің сұлбасы

Беттік қабат: өткізгіштігі p-типті кремний. 2 – Өткізгіштігі p-типті монокристалдық кремний. 3,4 – электродтар.

Сонымен, алдағы уақытта күн энергиясын электр энергиясына түрлендірудің ең тиімді әдісі – термодинамикалық цикл тәсілі.

1.16-суретте күн энергиясын электр энергиясына термодинамикалық цикл тәсілмен түрлендіру қондырғысының сұлбасы берілген.

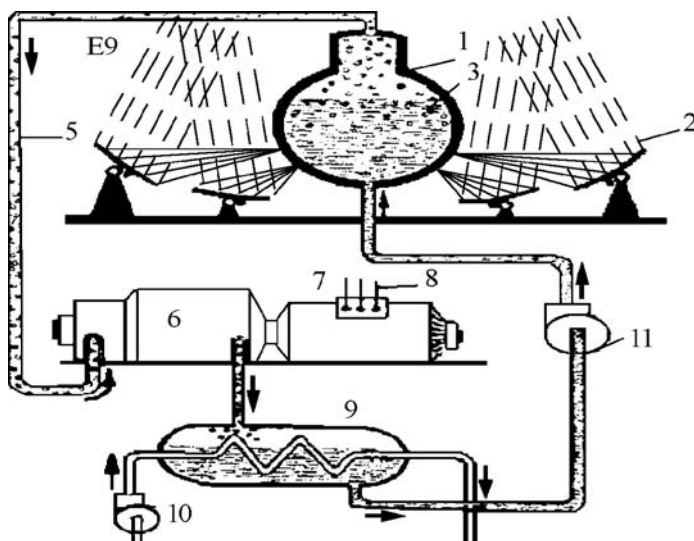
Бұл қондырғының жұмыс ұстанымы мынадай: Биік мұнарға сумен толтырылған күн қазаны (1) қондырылған. Мұнараның жанына көптеген сәуле жинақтағыш айналар (2) орналастырылған. Ол айналар жинақталған күн сәулесін қазанға бағыттайды да қазандағы суды (3) қыздырады. Су буға (4) айналады. Содан кейін бу құбырлармен (5) бу турбинасына беріледі. Ақырында бу турбинасымен (6) білікті қосылған электр генераторы (7) электр энергияны өндіреді (КЭС, ЖЭО, АЭС, СЭС-ты сияқты). Әзірге, осындай қондырғылардың пайдалы әсер коэффициенті төмен және анықталған бағасы жоғары.

1985 жылы Қырымда (Алуштада) қуаты 5 МВт күн электр станциясы салынды. Сонымен қатар Украинада, Қазақстанда және Орта Азияда күн энергиясын тиімді пайдалану мақсатында бір қатар жұмыс жүргізілуде.

Францияда, АҚШ-та, ФРГ-де, Египетте, Жапонияда, Индияда және т.б. елдерде күн энергиясын пайдалану ынтамен зерттелуде.

Бірақ адамзат қауымы әзір бұл керемет табиғат күшін толығынан пайдалану мүмкіндігін жасай алмай келеді. Ең қуатты энергия көзі – Күннің арзан энергиясы халық шаруашылығында толық пайдаланылмай отыр. Ол космос кемелерін, жердің

жасанды спутниктерін, теледидар станцияларын энергиямен жабдықтау үшін ғана оқта-текте пайдалана бастады. Кейбір аудандарда (аймақтарда) су жылыту және термогенераторлары үшін күн сәулесінің қондырғыларын орнату қолға алынды. Дегенмен, олардың қуаты әлі де тым аз және пайдалы әсер коэффициенті өте төмен. Сондықтан Күн энергиясын өнеркәсіпте қолдану мүмкіндігі өз дәрежесінде емес.



1.16-сурет. Күн энергиясын электр энергиясына термодинамикалық цикл тәсілімен түрлендіру қондырғысының сұлбасы

1 – күн қазаны. 2 – күн сәулесін шоғырландыратын айналар (гелиокон-центратор). 3 – су. 4 – бу. 5 – бу құбыры. 6 – бу турбины. 7 – электр генераторы. 8 – электр өткізгіштер. 9 – бу салқындатқыш (конденсатор). 10 – салқындататын су сорғысы. 11 – су сорғысы.

1.14 Жел электр станциялары (ЖЭС)

Жел электр станциялары – ауа массасының қозғалыс энергиясын пайдаланады.

Жел электр станцияларының қуаты шамамен 100-400 кВт. Қазіргі уақытта өндірісте қуатты жел агрегаттары дайындалуда. Мұндай қондырғылар ауыл шаруашылығында, шалғай аудандарда, метеорологиялық станцияларда және басқа да шаруашылықта пайдаланылады.

Жел энергиясын қолдану оның жылдамдығына және бағытына байланысты [2,3,6]. Мысалы, желдің жылдамдығы 5-8 м/с-та қалыпты, 14 м/с-та күшті жел, 20-25 м/с-та құйын, ал жылдамдығы 30 м/с асатын жел дауыл деп есептелінеді. Кейбір уақыттарда желдің екпіні 100 м/с жететіндігі байқалды [3,4].

Ғалымдардың зерттеулерінің нәтижесінде бір шаршы километр желдің бетінен шамамен қуаты 250-750 кВт электр энергиясын алуға болатындығы анықталды. Ол жылына 2,19-6,57 млн. кВт-сағ электр энергияны өндіргенмен тең. Теориялық тұрғыдан қарағанда жылына 18.000 млрд кВт-сағат электр энергиясы өндірілуі мүмкін.

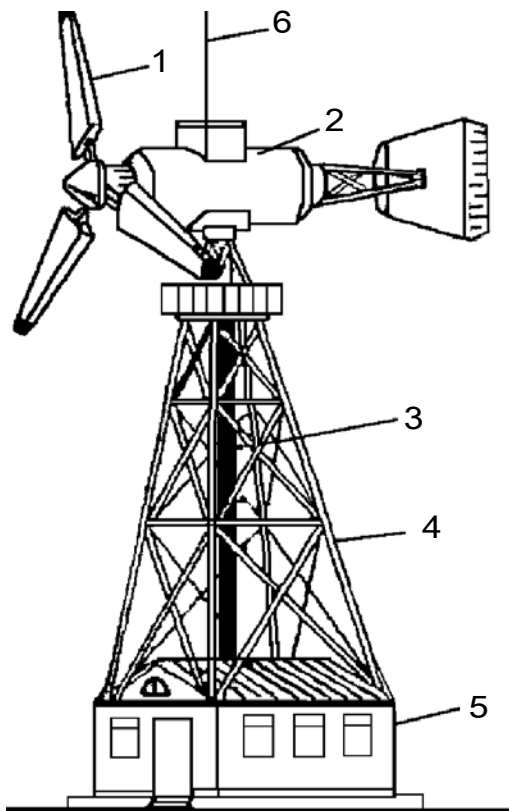
1931 жылы Қырымда қуаты 100 кВт-тық жел электр станциясы салынды (3,6). Ол электр энергиясын Севастополь электрэнергетикалық жүйесіне берді.

Ресейде «Циклон» атты ғылыми-өндіріс бірлестігі жел энергиясын электр энергиясына түрлендіру мақсатында жұмыс істейді. Сонымен қатар Ресейде, Украинада, Прибалтикада және Қазақстанда осы проблема туралы нақтылы жұмыс жүргізілуде.

1989 жылы Қазақстанның Семей облысында қуаты 12 кВт-тық үш жел энергетикалық қондырғылары іске қосылды. Қызылорда облысында 150 жел энергетикалық агрегаттарын қондыру жұмысы басталды. Қазіргі кезде Талдықорған облысында жел энергетикалық қондырғыларын іске қосу жұмысы жүргізілуде.

1.17-суретте жел агрегатының жалпы сұлбасы келтірілген [3,4].

АҚШ, Дания, Жапония, Испания елдері жел энергиясын электр энергиясына түрлендіру жөнінде көптеген ғылыми-зерттеу жұмысын іске асыруда. Жел күшін пайдаланатын электр станциялары сан жағынан аз, қуаты да нашар және олардың жұмыс істеуі ауа райына тікелей байланысты. Сондықтан жел электр станцияларын кейбір арнаулы қажеттерге ғана қолдануға болады.

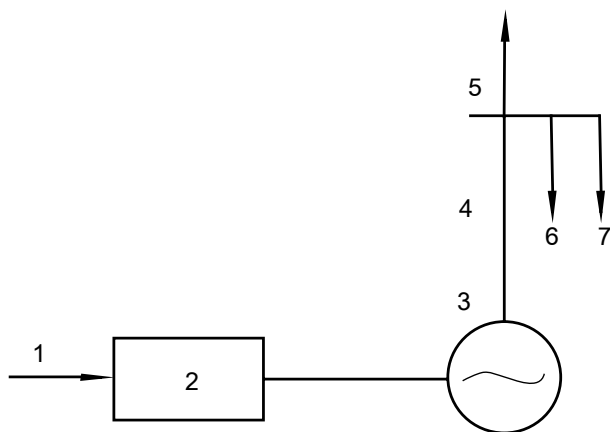


1.17-сурет. Жел агрегатының жалпы сұлбасы.

1 – жел қалақшалары. 2 – электр генераторы. 3 – тоқ өткізгіш (кабелі). 4 – биік мұнара.
5 – электр энергиясын тарататын үй. 6 – найзағай қайтарғыш.

1.15 Дизель электр станциялары (ДЭС)

Дизель электр станциялары сұйық мұнай отынмен жұмыс істейді. 1.17-суретте дизель электр станциясының ұстанымдық сұлбасы берілген [2,3,4].



1.18-сурет. Дизель электр станциясының ұстанымдық сұлбасы.

1 – қарамай (мазут). 2 – іштен жану двигателі. 3 – электр генераторы. 4 – кабель. 5 – электр энергиясын тарататын құрылғы. 6 – станциялардың өзіндік мұқтажына керекті электр энергиясы. 7 – жергілікті өнеркәсіпке, өндіріске жіберілетін электр энергиясы. 8 – қашықтықтағы тұтынушыларға берілетін электр энергиясы.

Оның негізгі элементі – дизель-генератор. Жалпы қуаты шамамен 40-650 кВт-қа жетеді. Дизель-генератор басты екі жабдықтан тұрады: дизель (2) және айналмалы тоқтың генераторы (3). Жұмыс істеу принципі төмендегідей: іштен жану двигателі (дизель) мазутпен (1) жұмыс істейді. Дизель мен генератор бір-бірімен білік арқылы қосылған. Сондықтан дизель (2) жұмыс істесе, генератор да (3) жұмыс істейді. Нәтижесінде генератордың статор орамында электр энергиясы пайда болады. (Электрмагниттік индукция заңы бойынша немесе бұл заң М.Фарадей заңы деп аталады). Ол энергия статор орамасына әдейі қосылған кабельмен (4) электр энергиясын тарататын құрылғыға (5) жеткізіледі. Одан кейін электр энергиясы тұтынушыларға беріледі.

Дизель электр станциялары ауыл шаруашылығында және шалғай аудандарда кең түрде пайдаланады. Сонымен қатар, дизель-генератор қуатты мемлекеттік аймақтық электр станцияларында және атом электр станцияларында апат болғанда резервтік энергия көзі ретінде қолданылады.

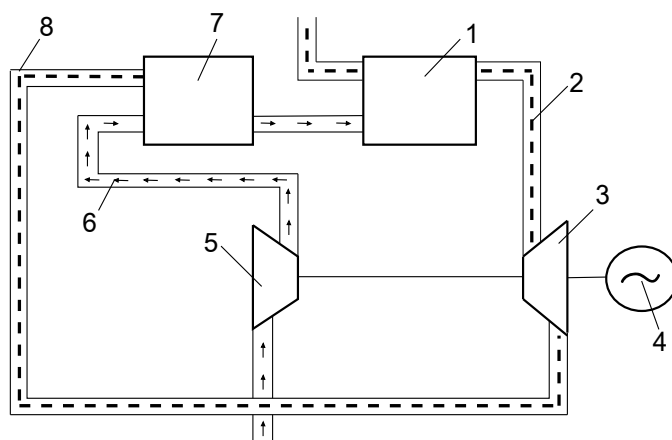
1.16 Газ турбиналы электр станциясы (ГТЭС)

Газ турбиналы электр станциясының негізгі бөлігі – газ турбина қондырғылары. Мұндай қондырғылар жұмыс істеу үшін отын (сұйық немесе газ) мен ауа қоспасы

немесе алдын ала қыздырылған ауа пайдаланылады. Алдын ала қыздырылған ауаның температурасы және қысымы жоғары болу керек. Газ турбинасы газдың жылу энергиясын турбина роторының кинетикалық энергиясына айналдырады [2,3,6].

Ротор дегеніміз турбинаның бірнеше қалақшалар орнатылған айналмалы бөлігі. Сонымен газ турбинасында отынның энергиясы механикалық энергияға айналады.

Қарапайым газ турбина қондырғысының жұмыс істеу сұлбасы 1.19-суретте көрсетілген. Жану камерасына (1) сұйық немесе газ тәрізді отын және ауа беріледі. Жану камерасында дайындалған, жоғары температуралы және қысымы үлкен газ (2) турбина (3) роторының қалақшаларына беріледі. Осы газ ротордың қалақшаларына үлкен қысым түсіреді де, турбинаның роторын жылдам айналдырады. Турбинаға (3) электр тоғының генераторы (4) жалғасады. Турбина білігінің айналу жылдамдығы минутына 3000 айналымға жетеді. Сондай жылдамдықпен турбинаға қосылған электргенератор (4) және компрессор (5) айналады. Ақырында электр магниттік индукция заңы бойынша статордың орамында электр қозғаушы күш пайда болады (КЭС, АЭС, СЭС-ғы сияқты).



1.19-сурет. Газ турбиалы станцияның ұстанымдық сұлбасы.

// /// - отын; ### - ауа; ●●● - жану өнімі (продукты сгорания).

1 – жану камерасы. 2 – қысымы және температурасы жоғары газ. 3 – газ турбинасы.

4 – электр генераторы. 5 – компрессор. 6 – белгілі қысымы бар ауа. 7 – ауаны (газды) жылытатын құрылғы (генератор).

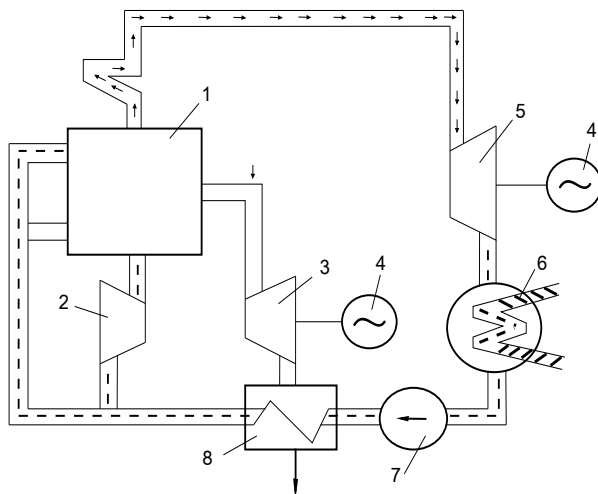
Айта кететін бір мәселе компрессор (5) ауаны (6) белгілі бір қысыммен жану камерасына (1) беру керек. Бұл қысымы бар ауа (6) турбинадан жұмыс атқарып шыққан газ бен (8) алдымен қыздырылады да, содан кейін жану камерасына беріледі. Нәтижесінде отынның жану тиімділігі артады да, газ турбиналық қондырғының пайдалы әсер коэффициенті көбейеді. Қазіргі уақытта қуаты 25-100 МВт газ турбиналары электр станцияларында пайдаланады. Осындай электр станциясының пайдалы әсер коэффициенті 29-34 пайызға жетеді.

Газ турбиалы электр станциясы – жоғары маневрлі (1-2 минутта жұмысқа қосылады). Қазіргі энергетикалық жүйеде ол көбіне резервтегі энергия көзі ретінде қолданылады.

1.17 Бу-газ турбиналы электр станциясы (БГТЭС)

Газ турбинасының экономикалық тиімділігін арттыру үшін әдейі бу-газ турбиналары қолданылады. Бу-газ қондырғылары жұмыс істеу үшін екі энергия көзі- бу және газ пайдаланылады. Бу-газ қондырғыларының ұстанымдық сұлбасы 1.20-суретте көрсетілген. Бұл қондырғы былайша жұмыс істейді: Бу-газ турбиналарында отын бу генераторының (1) отын жағатын жерінде жағылады да, бу генераторында пайдаланылған бу, бу турбинасына (5) жеткізіледі.

600-750°C дейін салқындатылған газ бу генераторынан газ турбинасына (3) енеді. Сонымен бу-газ қондырғыларында екі электр генераторы (4) жұмыс істейді: біреуі бу турбинасымен (5), екіншісі газ турбинасымен (3) білік арқылы қосылған. Бу немесе газ турбинасы жұмыс істегенде электр генераторы да (4) іске қосылады. Әрі қарай электр энергиясын өндіру процесі КЭС пен АЭС-ы сияқты жүреді. Газ турбинасының қуаты бу турбинасының қуатымен салыстырғанда 20 пайыздан аспауы керек. Газ (3) және бу турбинасынан (5) жұмыс атқарып шыққан газ, суды бу генераторына (1) жеткізбей тұрып, алдымен осы суды қыздыруға пайдаланады.



1.20-сурет. Бу-газ қондырғыларының ұстанымдық сұлбасы.

// // // - ауа; /-/-/-/ - газ; х х х - салқындатқыш су.

1 – бу генераторы. 2 – компрессор. 3 – газ турбинасы. 4 – электр генераторы. 5 – бу турбинасы. 6 – салқындатқыш (конденсатор). 7 – сорғы. 8 – экономайзер.

Ақырғы нәтижесінде бу-газ қондырғыларының отын шығыны азайып, ал пайдалы әсер коэффициенті 44 пайызға жетеді.

Бу-газ қондырғылары басқа түрдегі сұлбамен де жұмыс істей алады, яғни газ турбинасында жұмыс атқарып шыққан газ бу қазанына берілуі мүмкін. Бұл жағдайда газ турбинасы бу күші қондырғыларының бір бөлігі болып есептелінеді.

Газ турбинасының жану камерасында 30-40 пайызға дейін отын жағылады да, ал қалған отын бу генераторына беріледі. Қазіргі уақытта қуаты 200-250 МВт бу-газ қондырғылары электр станцияларында қолданылады.

2-тарау. ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯНЫ ӨНДІРУДІҢ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ПРОЦЕСІ. ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

2.1 Конденсациялық электр станциялары (КЭС). Технологиялық процесінің сұлбасы

Қазіргі энергетикада жылу электр станциялары маңызды рөл атқарады. Олар конденсациялық және жылу электр орталықтары болып екіге бөлінеді.

Жылу электр станцияларының екі түрінде де отын ретінде түрлі маркалы көмір, оның ішінде: мазут, шымтезек, тақта тас немесе газ қолданылады. Көмірмен жұмыс істейтін станциялардың үлес саны әлдеқайда зор, өйткені онда көбінесе металлургия мен химия өнеркәсіптерінде қолданылмайтын қоңыр көмірдің төмен бағалы сорттары жағылады.

Мұнай шығаратын өнеркәсіптің қарқындап өсуі мен қуатты газ кен орындарын іске қосудың арқасында соңғы кезде көптеген жылу станциялары мазут пен газды пайдаланады.

Тозаң түріндегі отынды пайдаланатын жылу конденсациялық станциясының (2.1-сурет) жұмысын қарастырайық. Мұндай отынды қолданудың мынадай ерекшелігі бар: көмірді алдын ала үгітіп, тозаңға айналдыру – отынның толығымен жанып кетуін қамтамасыз етеді.

Жылу конденсациялық электр станцияларының негізгі өндірістік цехтарына мыналар жатады: отын беру, тозаң дайындайтын құрылғы, қазан цехы, машина залы, электр энергиясын тарату құрылғылары. Әр цехта тиісті агрегаттар мен электр жетекпен жабдықталған механизмдер орналасқан. Негізгі цехтардың түрлі өндірістік механизмдерін қозғалысқа келтіретін электр қозғалтқыштардың көпшілігі өзінің мұқтаждарын өтейтін шаруашылыққа жатады, бұдан басқа қосымша цехтар мен құрылғылар, мысалы, компрессорлық қондырғылар, аккумулятор батареялары, май шаруашылығы және т.б. жатады.

Жылу электр станциясының технологиялық процесінің сұлбасындағы бес циклды атап өтуге болады: отын, ауа, су, бу және электр энергиясы.

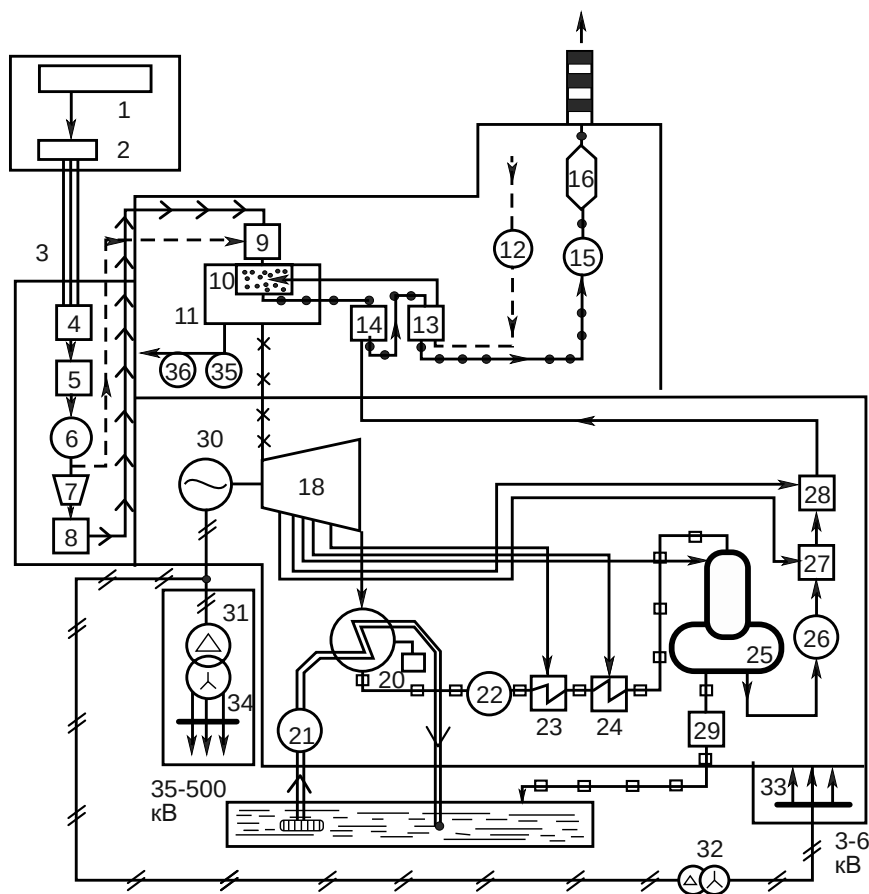
Алғашқы үшеуі шикізатқа жатады, ал одан ақырғы өнім – электр энергиясы шығады. Конденсациялық станцияда бу – өндірістің аралық өнімі болып саналады [3.7].

Енді осы циклдарды жеке-жеке қарастырамыз.

Отын. Отын қоймасы қойма еніне тең аралықты және рельс бойымен жүретін көпірлік көмір тиектерімен жабдықталған. Кейде олардың орнына бекіткіш лебедкалар (шығырлар) қолданылды, олар көмірді сақталатын орнынан керегінше алып, уатқышқа 2 салып, көмір жіберетін 3 ленталы транспортерлерге тиейді. Уатқыш көмірді белгілі бір мөлшерге дейін уактайды.

Көмір уакталғаннан кейін 3 көлбеу жабық эстакадалар арқылы көмір 4 бункеріне түседі. Отын жіберу ленталық тарнспортерлердің “жібі” арқылы жүзеге асырылады. Өңделмеген көмір бункерлерінен отын диірмендерге 5 түсіп, тозаңға

айналады. Тозаң диірмен желдеткіші 6 арқылы арнайы құрылғыларға-циклондарға 7 түсіп тұнады, ал одан көмір бункерлерінің арасында орналасқан тозаң бункерлеріне 8 келіп түседі. Әдетте бұл этапта көмір тозаңы бумен құрғатылады.



2.1-сурет. Конденсациялық электр станциясының технологиялық процесінің сұлбасы
 >>>> – отын; ---- – ауа; ●●●● – түтін газдары; х х х х – ащы бу;
 – бу бөлу және пайдаланылған бу; ===== – айнымалы салқындатқыш су; ————
 салқындатылған бу (конденсат); || || – үстеме су; ○○○○ – – қоректенетін су; ///
 // – өндірілген электр энергиясы.

1 – отынды сақтайтын орын; 2 – уатқыш; 3 – ленталы транспортер; 4 – шикі көмір бункері; 5 – диірмен; 6 – диірмен желдеткіші; 7 – циклон; 8 – тозаң бункері; 9 – тозаңмен қоректендіргіш; 10 – қазанның оттығы; 11 – қазан; 12 – үрлегіш желдеткіш; 13 – ауа жылытқыш; 14 – су экономайзері; 15 – түтін сорғыш; 16 – күл ұстағыш; 17 – түтін мұржасы; 18 – бу турбинасы; 19 – конденсатор; 20 – эжектор; 21 – айнымалы сорғыш; 22 – конденсаттық сорғыш; 23, 24 – төменгі қысымды су қыздырғыш; 25 – деаэратор; 26 – қазанды қоректендіру сорғышы; 27, 28 – жоғары қысымды су қыздырғыш; 29 – химиялық су тазалатқыш; 30 – электр генераторы; 32 – өзіндік мұқтаждық трансформаторы; 33 – тарату құрылғысы; 34 – жоғары кернеудегі тарату құрылғысы; 35 – эжекторлық сорғы; 36 – дымқыл күлді қашықтыққа жеткізетін жуып шаятын сорғы.

Тозаң бункерінен (8) тозаң бұралмалы шнек – транспортермен қазанның (11) оттық құрылғысына (10) беріледі де, тозаң коректендіргіші арқылы жанарғыға (шілтерге) үрленеді. Тозанды нәрлендірушіге қажетті ауа диірмен желдеткіштерінің ауа жүйесінен алынады.

Шлак пен күл қазан астында орналасқан күл бункеріне төгіледі, одан эжектор сорғысы 35 арқылы шығарылып, құбырлар мен ашық каналдарда жуғыш сорғының 36 көмегімен күл үйіндісіне апарылады.

Ауа. Отынның толығымен жанып кетуі үшін, оған үрлегіш желдеткіштердің (12) көмегімен берілетін оттегі қажет. Оттыққа түспес бұрын ауа жылытылады. Бұл мақсатта шығатын түтіннің жылуы қолданылады. Әуелі 600°C температуралы бұл газдар су экономайзері 14 арқылы өтіп (су циклын қара), ал одан 3500-4000°C шамасындағы жеткілікті жоғары температура алып, ауа жылытқышқа 13 келіп түседі. Ауа жылытқыш бір-біріне параллель бірнеше каналдарға бөлінген, онда ауа мен газ жылу беруді жақсарту мақсатында бір-біріне қарсы қозғалады. Ауа жылытқыштан кейін, 120⁰-150⁰C температурадағы газ күл ұстағыш 16 арқылы өтіп, түтін шығатын мұржаға 17 қарай жылжиды. Газ түтін шығатын мұржадан табиғи күш әсерімен жылжиды, мұнда түтін шығатын мұржаның қажетті биіктікте болуы керек және тарту күші қосымша түрде түтін сорғылармен 15, яғни қажетті сирету тудыратын желдеткіштермен қамтамасыз етіледі.

Бұ. Қазіргі электр станцияларында бу қазанының екі – барабанды және тура ағынды түрі қолданылады. Бірінші типті қазандарда судың булану процесі қазанның оттығына (10) тік орналасқан құбырларда өтеді. Құбырдың төменгі жағында олар екі коллекторға бірігіп, ал жоғарыда көлденең орналасқан барабанға кіреді.

Барабандағы су деңгейі шамамен оның ортасына дейін келеді, барабанның жоғары бөлігі бу жинағыш ретінде қолданылады. Мұнан соң бу жылытқыштар арқылы өтіп, құрғатылып, турбинаға (18) келіп түседі. Барабанды қазандардың бу өнімділігі шамамен 400 т/сағ.

Тура ағынды қазандардың бу жинағыш қондырғысы болмайды, қазан жұмыс істеген кезде бу шиыршық (спираль) түрінде салынған бу жылытқыштан өтіп, турбинаға қарай жылжиды. Мұндай қазанға су келмей қалған жағдайда, жоғары температуралы оттық зонасында орналасқан құбырлардың төменгі қабаттары жанып кетеді. Міне, сондықтан бу турбины жетекті жабдықтау сорғыларын қолдану көзделіп отыр.

Тура ағынды қазандар 600-ден 3000 т/сағ дейінгі бу өнімділігін пайдалану тұрғысында салынған. Әдетте, оның әрқайсысы тікелей турбинамен жалғасып және генератормен бірлесіп, біртұтас жүйе құрайды.

Бу турбина сатылары арқылы фундамент ішінде орналасқан конденсаторға 19 келіп түседі.

Мұнда бу конденсаторды айналмалы сумен салқындату арқылы қоюланып, конденсатқа, яғни қазандарды жабдықтауға қолданылатын химиялық таза суға айналады.

“Конденсациялық” деген атаудың өзі электр станцияларына мынадан келді: пайдаланылған бу толығымен пайдаланылатын суды жылытуға қолданылатын, турбинадан бөлініп шыққан бу мөлшерін санамағанда, конденсаторда салқындатылады.

Қазіргі қазандарда қысым 100-ден 170 ат дейін, ал температурасы 530-600°C дейінгі бу қолданылады.

Конденсаторда бу эжектор (20) арқылы 0,03-0,04 ат дейін сұйытылады.

Алайда, пайдаланылған буда жылуы әлі де көп, ал жылу шығыны жоғары болғандықтан, мұндай станциялардың пайдалы әсер коэффициенті 40-42%-дан аспайды. Бұл әрине отынның жылу шығару мүмкіндігінің үштен-бірінен көбінің жұмсалмайтынын көрсетеді. Бірақ конденсациялық станциялар 4000 МВт және одан да жоғары қуатқа арналып салынуы мүмкін, бұл күрделі шығындарды күрт төмендетіп, электр энергиясының төменгі құнын қамтамасыз етеді.

Су. Су айналымы төртке бөлінеді:

а) конденсатордағы буды салқындататын айналмалы су суаттан сорғылар 21 арқылы алынып, конденсаторға құйылады. Конденсатордан айналма су тоғанға қайтадан өздігінен ағады. Станцияның қуаттылығына қарай, тоғанның да салқындату беті тиісті көлемде болғаны дұрыс.

Конденсат конденсатордан конденсат сорғылары (22) арқылы тартып шығарылып, төмен қысымдағы жылытқыштардан (23), (24) өтіп, деаэраторға (25) келіп түседі;

б) суаттан алынған үстеме (қосымша) су химиялық су тазалағыштан (29) өтіп, булану нәтижесінде жоғалтқан шығындарды толтыратын конденсатқа қосылып, деаэраторға түседі.

“Деаэратор” атауы мынаны көрсетеді, пайдаланылатын судағы еріген ауа оттегінен ажырайды. Суды жылытып, оттекті шығарамыз, олай болмаған жағдайда қазан металының мүжілуіне әкеліп соғады;

в) конденсат пен қосымша судан қазанға қажетті пайдаланатын су аламыз. Ол қазанға жабдықтау сорғылары (26) арқылы құйылады. Әуелі су жоғары қысымды (27), (28) жылытқыштар арқылы өтіп, экономайзерге 14 түседі, мұнда ол қазандағы су температурасына жуық температураға дейін жылытылады, онан соң пайдаланатын су қазанға құйылады. Турбиналардың түрлі сатыларынан бөлініп шығатын бу, ол жылу күші қондырғысының пайдалы істер коэффициентінің әжептеуір артуын қамтамасыз етеді.

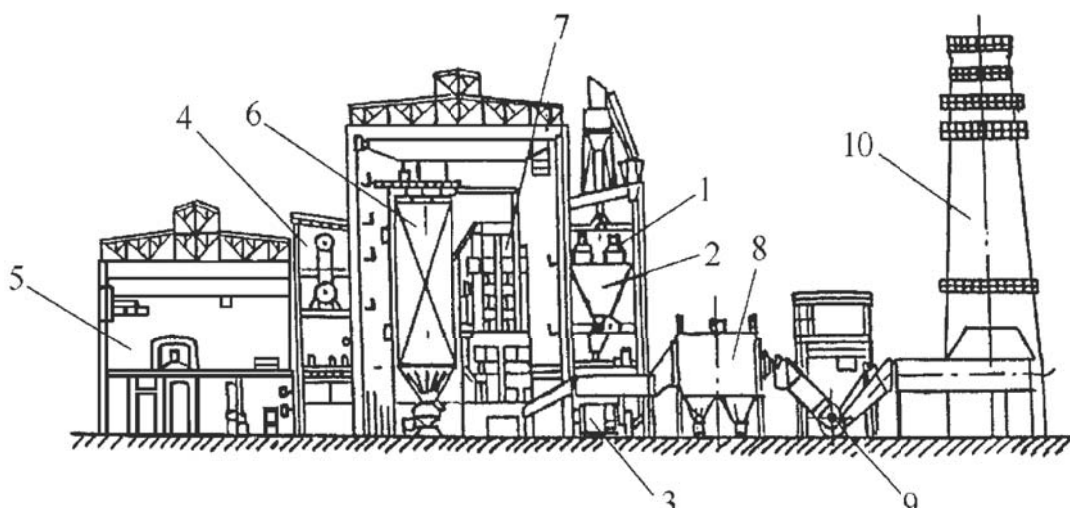
Электр энергиясы. Турбинамен бір білікте синхронды генератор (30) орналасқан. Осындай станциялар әдетте отын шығарылатын жерлерде, электр энергиясын тікелей пайдаланатын тұтынушылардан алыста салынады. Аса қуатты мұндай станцияларды салуда тиісті су ресурстары, яғни бөгет құрылысы арқылы салынатын, қажетті мөлшердегі суы бар өзендер мен суаттар қажет.

Сондықтан конденсациялық станцияларының генераторлары жоғарылатқыш трансформаторлы (31) шығырларға (блок) қосылып, өндірілетін энергия 350-500 кВ жоғары кернеулі жүйенің электр желісі арқылы беріледі.

Станцияның электр энергиясы кернеуіне байланысты ондаған, жүздеген және мыңдаған километрдегі төмендеткіш трансформаторлы қосалқы станцияларға беріледі.

Аймақтық электр станциялар трансформаторлардан (32) қажетті электр энергиясын алып, шиналармен тармақтану түрінде жалғасады. Трансформатордың екінші жағы 3-6 кВ-тық 33 таратушы қондырғының жинақтаушы шиналарына қосылып, электр энергиясы электр қозғалтқыштарына және басқа да тұтынушыларға беріледі.

2.2-суретте қазіргі қуатты жылу электр станциясының бас корпусының көлденең қимасы көрсетілген.



2.2-сурет. Конденсациялық электр станциясының бас корпусының көлденең қимасы
1 – отын беру құрылғысы. 2 – бункер. 3 – тозаң дайындайтын құрылғы. 4 – деаэратор бөлімі. 5 – машина залы. 6 – қазан. 7 – ауа жылытқыш. 8 – күл ұстағыш. 9 – түтін сорғысы. 10 – түтін мұржасы.

Деаэратор машина залы мен қазан цехының арасында орналасқан. Бункерлі галерея мен тозаң даярлайтын құрылғы қазан цехының оң жағынан қабысады. Күл ұстағыштар мен түтін сорғылар бас корпус пен түтін шығатын мұржа арасынан сыртқа шығарылады.

Әр төрт қазанға биіктігі 1206 метр мұржа орнату қарастырылады.

Міне, бұл электр станциялары (МАЭС-КЭС) электр өнімінің нағыз қайнар көздері болып есептеледі (2.1-сурет). МАЭС пайдалы әсер коэффициенті 40% шамасында, себебі турбиналарды айналдырған бу тікелей салқындатқышқа (конденсаторға) бағытталады да, жылу энергиясының шығыны жылу электр орталықтарымен салыстырғанда едәуір көбірек түседі.

Конденсациялық электр станциялардың ерекшеліктері:

1. Мүмкіндігінше, отын кең орны бар жерге салынады.
2. Өндірілген электр энергиясының басым көпшілік бөлігі кернеуі 110-1150 кВ электр желісіне беріледі.
3. Электр энергиясын өндіру графигімен жұмыс істейді.
4. Төменгі маневрлі станция. Себебі турбинаны салқын күйінен жұмысқа қосу үшін және тиісті электрлі жүкті алу 3-10 сағатқа созылады.
5. Пайдалы әсер коэффициенті шартты түрде төмен $\eta = 30 \div 40\%$

2.2 Жылу электр орталықтары (ЖЭО). Технологиялық процесінің сұлбасы

Жылу электр орталықтары тұтынушыларды тек электр энергиясымен ғана емес, сонымен қатар бу түріндегі жылумен немесе ыстық сумен қамтамасыз етеді.

Осы мақсатта сатыаралық турбиналардан алынатын, пайдаланатын суды регенеративті түрде жылытатын будың бөлінуінен басқа будың тағы да екі түрлі бөлінуі жүзеге асырылады: бірі – 7-10 атм. және одан да жоғары қысымдағы бумен өндірісті қамсыздандырса, ал екіншісі – 1,2 атм. қысымдағы бу тұрғын үйлерді жылумен қамтамасыз етеді.

Мұның өзі екі түрлі мақсатты көздейді: біріншіден, қысымы 100-ден 10 атм-ға төмендегеннен кейін де әрі қарай бу ұтымды пайдаланылады, бұл ретте цехтардағы және үй жылыту жүйесіндегі тиімсіз ұсақ қазандардан бас тартуға тура келеді; екіншіден, конденсаторға пайдаланылған будың аз ғана бөлігі түсіп, айналмалы су мен жылу шығыны күрт төмендейді.

Осының нәтижесінде жылу электр орталықтарының жалпы пайдалы әсер коэффициенті 60%-ға дейін артады, яғни ең үлкен деген конденсациялық станциялардың пайдалы әсер коэффициентімен салыстырғанда 1,5 есе көп.

Алайда, жылу электр орталықтары тұтынуға жақын жерлерде, көбінесе қалада немесе өндірістік кәсіпорын орталығында орналасуы керек, өйткені ЖЭО-нан 4-6 км радиусты бумен қамтамасыз ету аса тиімді, сөйтіп, жергілікті тұтынушылар 6-10 кВ электр энергиясымен қамтамасыз етіледі. Мұның өзі қағида бойынша жылу электр орталықтарының 200-300 МВт-қа дейінгі қуаттылығын шектейді. Яғни қуатты жылу электр орталықтары тұтынушылардың саны аса үлкен болған жағдайда ғана салынады.

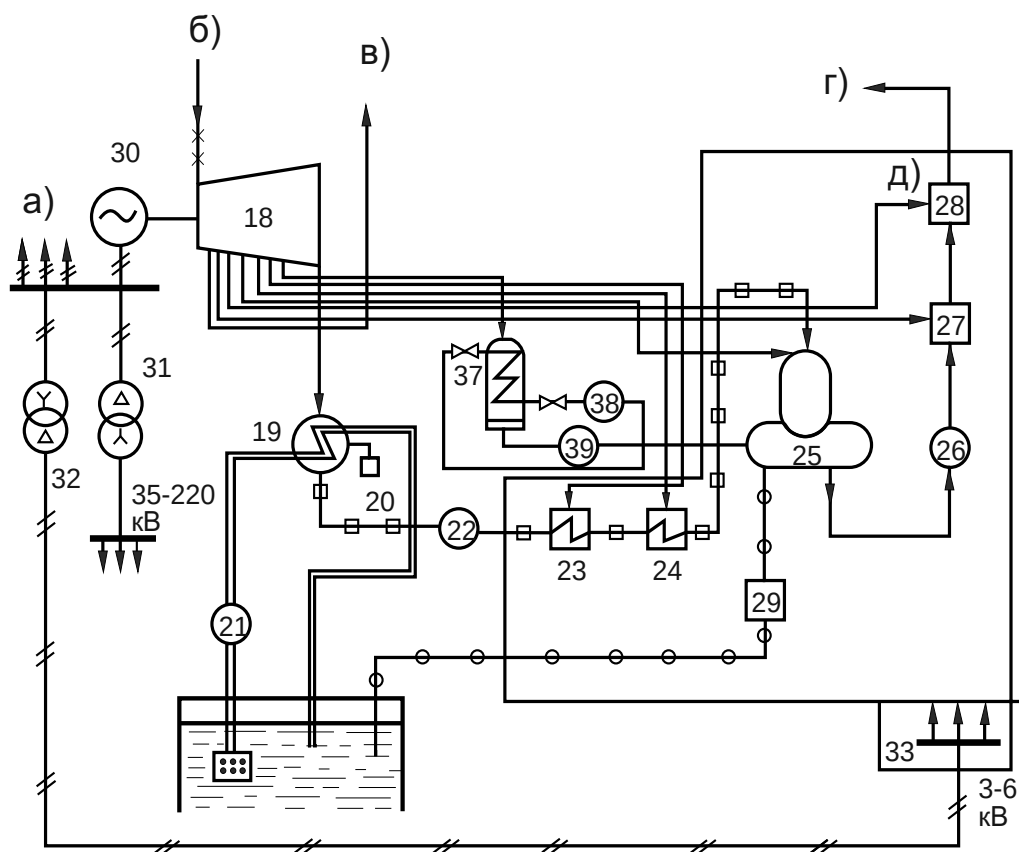
Мұндай станцияларда да жоғарыда айтылып кеткен бес цикл орындалады, отын және ауа циклдары аудандық электр станцияларының комплекстерімен бірдей. Ал қалған үш циклдың айырмашылықтары (2.3-суреттегідей) .

Бу. Жоғарыда айтылғандай, жылу электр орталықтарында будың бөлінуінің арнаулы екі түрі бар. Өнеркәсіптік бөліну кезінде бу тікелей өндіріске түседі. Жылумен қамтамасыз ету жүйесіндегі бөлінген бу жылытқыштарда, бойлерде (37) пайдаланылады, онда жылыту жүйесін ыстық су үнемі жылытып отырады да, белгіленген жүйеде тармақты сорғылармен (38) өтеді.

Су. Айналмалы су, конденсат, үстеме және пайдалынатын су – осы төрт ағын аудандық электр станцияларының ағындарымен бірдей.

Мынаны айта кеткен орынды: өзен немесе тоғаннан алшақта орналасқан қалалық жылу электр орталықтарында айналмалы суды салқындату градирни арқылы, яғни мұнара түрінде салынған құрылыстар арқылы жүзеге асырылады. Су градирниге беріліп, одан төмен қарай сорғалап ағып, салқындатылады.

Жылу электр орталықтарының жоғарыда айтылған тасқындарына жылумен қамтамасыз ету жүйесінің айналмалы ыстық суы мен конденсат қосылады, бу конденсат бойлерде түзіліп, бойлердің конденсат сорғылары (39) арқылы деаэраторға түседі.



2.3-сурет. Жылу электр орталығының технологиялық процесінің ұстанымдық сұлбасы

а) жергілікті тұтынушыларға берілетін электр энергиясы; б) қазаннан турбинаға жеткізілетін бу; г) экономайзер мен қазанға берілетін қоректендіру суы; в) өндіріске жіберілетін бу; д) деаэратор бөлімі;

18 – турбина, 19 – конденсатор; 20 – эжектор; 21 – айнымалы сорғы;

22 – конденсаттық сорғы; 23, 24 – төменгі қысымды су қыздырғыш; 25 – деаэратор;

26 – қазанды қоректендіретін сорғы; 27, 28 – жоғары қысымды су қыздырғыш;

30 – электр генераторы; 31 – жоғарлатқыш трансформатор; 32 – өзіндік мұқтаждық трансформаторы; 33 – өзіндік мұқтаждық тарату құрылғысы; 34 – жоғары кернеудегі тарату құрылғы; 37 – жылыту жүйесінің бойлері; 38 – тораптық сорғы; 39 – бойлердің конденсаттық сорғысы.

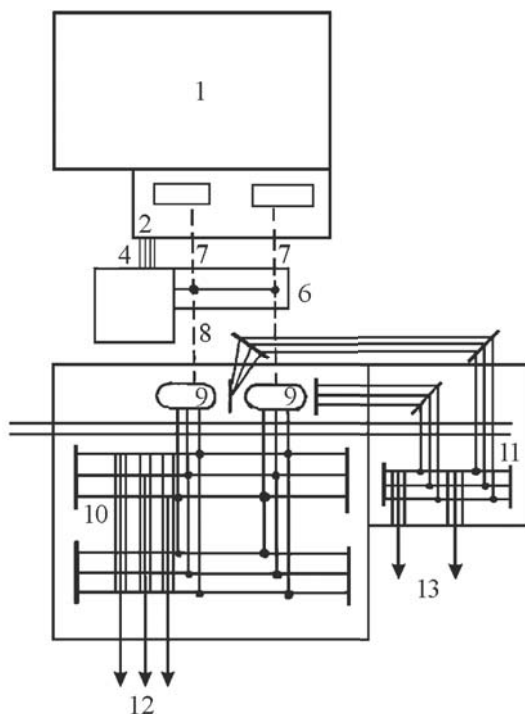
Осы сұлбада көрсетілмеген цифрлардың мағынасына КЭС-тың технологиялық процесінің сұлбасындағы белгілерге қарасаңыз, түсінесіз.

Электр энергиясы. Жылу электр орталықтарының генераторы жергілікті тұтынушылардың 6-10 кВ кернеулі генераторына, яғни өндірістік кәсіпорындар мен трансформаторлық қондырғыларды қамтамасыз етуге арналған кабельдер тарайтын, жинақтаушы шиналарға тікелей қосылады. Сонымен, әр жылу электр

орталығына жинақтаушы шиналар қажет, өйткені олар станцияның өзіндік трансформаторларын (32) жабдықтайды.

Сонымен қатар, жылу электр орталықтары басқа да станциялармен немесе энергия жүйесімен өзара қуат алмасу мақсатында байланысады. Тұтынушылармен алынатын бу әр уақыт бірлігінде міндетті түрде өз жұмысын атқаруы керек, яғни белгілі бір қуат өндірілуі керек. Бұл ретте, жылу және электр энергиясын тұтынушылардың арасында идеал баланстың болуы мүмкін емес және де бұл жағдайда негізгі анықтауыш ретінде жылу тұтынуы алынатын болғандықтан, түрлі уақыт кезеңінде жүйеге берілетін не одан алынатын артық немесе кем электр қуаты алынады.

Сондықтан жылу электр орталықтарында 6-10 кВ кернеуі генератор шиналарын 35-220 кВ-тан жоғары кернеулі генератор шиналарымен байланыстарытын бір немесе екі байланыс трансформаторлары 31 орнатылады, одан электр берілісінің көмегімен осы жылу электр орталығының энергия жүйесімен байланысы жүзеге асырылады.



2.4-сурет. Жылу электр орталығының негізгі құрылыстарын орналастыру сұлбасы
 1 – қазан ңехы. 2 – машина залы. 3 – турбогенераторлар. 4 – Өту көпірі. 5 – негізгі басқару қалқаны. 6 – 6-10 кВ тарату құрылғы үйі. 7 – 6-10 кВ ТҚ шиналары мен генераторларды қосатын ток өткізгіштер. 8 – 6-10 кВ ТҚ мен трансформаторларды қосатын ток өткізгіш. 9 – күштік трансформаторлары. 10 – 110 кВ АТҚ. 11 – 35 кВ АТҚ. 12, 13 – электр беріліс желілері.

Жылу электр орталығының негізгі құрылыстарын біріктіру.

2.4-суретте үлгі ретінде жылу электр орталығының негізгі құрылыстарының

құрастырылуы көрсетілген. Мұнда, бас корпустан 37-35 м қашықтықта кернеуі 6-10 кВ генераторлы жабық құрылғысы, ал бас басқару қалқаны оған жанаса орналасқан. Одан 10 м қашықтықта өту көпірімен белгіленген жоғарылатқыш трансформаторлары бар бір немесе екі ашық тарату құрылғылары орналасқан. Негізінен алғанда, біріктіру ұстанымы аудандық электр станцияларындағыдай.

Негізгі құрылыстарды біріктірудің нақты жоспары әрине, жергілікті жағдайларға, станцияның қуаттылығына қарай алуан түрлі болып келеді.

Жылу энергиясын толық пайдалану арқасында ЖЭО-ның пайдалы әсер коэффициенті 60-65%-ке жақын, яғни қазіргі техника дәрежесінде ең жоғарғы көрсеткішке таяу.

Жылу электр орталықтарының ерекшеліктері:

1. Жылу энергиясын тұтынушыларға жақын салады.
2. Әдетте әкелінген отынмен жұмыс істейді.
3. Өндірілген электр энергиясының айтарлықтай бөлігін жергілікті тұтынушыларға таратады.
4. Негізгі жылу энергиясын өндіру графигімен жұмыс істейді.
5. Төменгі манервлі станция (КЭС сияқты).
6. Басқа электр станциялармен салыстырғанда пайдалы әсер коэффициенті шартты түрде жоғары ($\eta=0,6\div0,65\%$).

2.3 Атом электр станциялары. Технологиялық процесінің сұлбасы.

Д. И. Менделеев жасап шығарған элементтердің периодтық жүйесі материяны оқып-білудегі бірінші кезенді аяқтайды. Оның негізіне түрлі материя түрлерінен тұратын жай бөлшектер мен атомдар жайындағы түсінік кіреді [3,7].

Атом гректің бөлінбейтін деген сөзінен шыққан деп болжаған. Қазіргі физика атом жөніндегі бұрынғы түсінікке түбірлі өзгерістер енгізді, теориялық және эксперименттік зерттеулер атомның құрамында ондаған жай бөлшектердің бар екенін дәлелдеді. Оған мыналар жатады: оң зарядты атом ядросын құрайтын біршама ауыр протондар және электр зарядтары мүлде жоқ нейтрондар.

Жеңіл бөлшектерге мыналар жатады: теріс зарядты электрондар, позитрондар, нейтрино және басқалары. Аралық типті бөлшектер де орын алады.

Атомдағы барлық бөлшектер ішкі аралық күш арқылы ұсталынып тұрады. Мұндай күштердің болуына қарамастан, кейбір радиоактивті элементтерде (уран, торий, плутоний) ядроның өздігінен баяу ыдырауы жүреді, ол бөлшек ядросынан шығатын сәулелерге ұласады, оларды шартты түрде α , β және γ – сәулеленулері деп атайды.

Басқа атомдардың ядролары олардың сыртқы бөлшектерін атқылау нәтижесінде ыдырайды, мысалға белгілі жылдамдықтағы нейтрондар немесе протондарды алуға болады.

Ядро ыдыраған кезде, ішкі ядролық күштер босайды, мұның өзі көп мөлшерде жылу шығаруға ұласады. Атомдық салмағы 235, 1 кг уран атомдары ыдырағанда

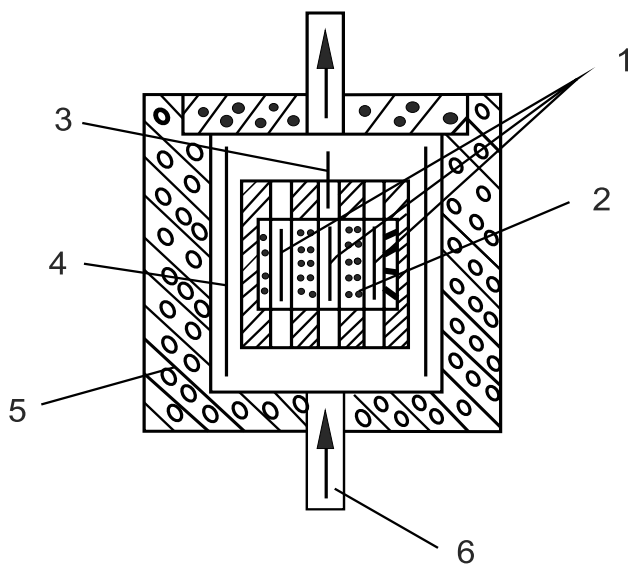
жылу энергиясының электр энергиясына айналуы нәтижесінде 25 млн. кВт·сағ электр энергиясын алуға болатындығы белгілі болды, ал синтездеу арқылы 1 кг сутегі ыдыраса 180 млн. кВт·сағ энергия бөлінеді [7].

Сөйтіп, атом ішіндегі энергия, энергияның сарқылмас қоры болып саналады. Дүниежүзіндегі алғашқы қуаты 5000 кВт атом электр станциясы бұрынғы Совет Одағында 1954 жылы іске қосылды.

Уран қазаны немесе реактор атом электр станциясының негізгі агрегаты болып саналады.

Қазіргі кезде реакторлардың көптеген құралымдары зерттеліп жасалынды. Алғашқы атом электр станциясында графитті су реакторы қондырылды (2,5-сурет).

Отын ретінде 1 радиоактивті заттардың стерженьдері, мысалы, уран U^{235} қолданылады. Радиоактивті ыдырау кезінде орасан зор жылдамдықпен нейтрондар бөлініп шығады да, олар уранның көршілес атомдарын атқылап, жаңа нейтрондардың бөлініп шығуына ықпал жасайды (2.6-сурет). Міне осының нәтижесінде басқарылатын тізбекті реакция пайда болады. Алғашқы жағдайда нейтрондардың қозғалу жолына баяулатқыштар қойылады.



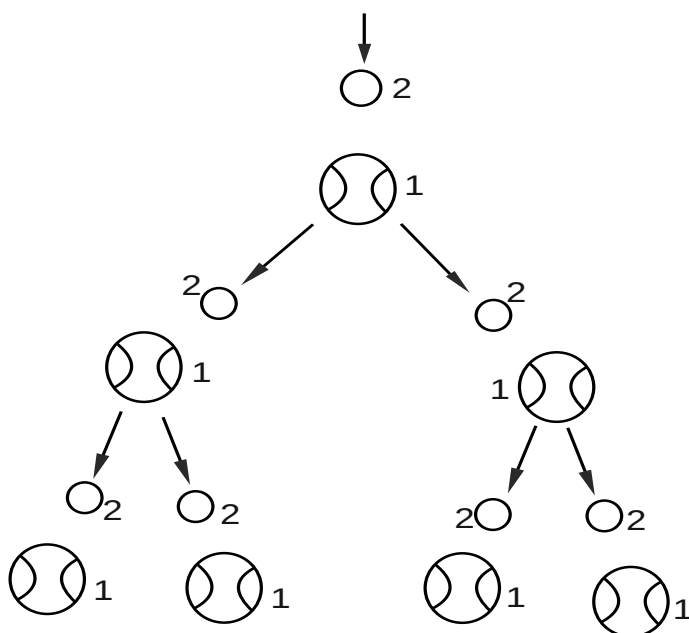
2.5-сурет. Графитті су реакторы құрамының сұлбасы

1 – ядролық шикізат. 2 – графит. 3 – реттеуші стержень. 4 – шағылдырғыш.

5 – биологиялық қорған (бетон). 6 – жылу тасушы.

Ауыр судың құрамына сутектің екі атомының орнына сутектің екі изотопы кіреді. Элементтерде ядроларының құрамындағы протондар саны бірдей болып, ал нейтрондар саны әр түрлі болса, бұл элементтер изотоптар деп аталады. Мысалы, сутек ядросы (H) бір протоннан тұрады.

Сутектің бірінші изотопының ядросы (протий) бір протоннан және электроннан тұрса, сутектің екінші изотопының ядросы (дейтерий) бір протоннан және бір нейтроннан тұрады, дейтерий ауыр судың химиялық формуласына кіреді. Үшінші изотоп – тритий, ол бір протон және нейтроннан тұрады.



2.6-сурет. Нейтрондардың әсерінен уранның тізбекті реакциясының бөліну сұлбасы.
1 – Уран ядролары. 2 – Нейтрондар.

Бұл ретте баяулатқыш ретінде 2 графит, кәдімгі су, ауыр су және басқа заттар қолданылады.

Қазіргі кезде ауыр су баяулатқыш ретінде сирек қолданылады, өйткені оны алуға көп шығын жұмсалады. Ауыр судың 1 тоннасын электролиз немесе химиялық әдіспен алу үшін 30-40 т. су жұмсалады.

Баяулатқышта нейтрондар жылдамдығы кемиді, бұл ретте, энергетикалық атом қондырғыларында қолданылатын жылудың орасан зор мөлшері бөлініп шығатынын айта кеткен орынды. Жылу тасушы ретінде су немесе сұйық металл алынады. Электрондардың бөліну процесін реттеу үшін бордан, кадмийден және нейтрондарды қарқынды түрде сіңіретін басқа да материалдардан жасалынатын реттеуші стержень (3) қолданылады.

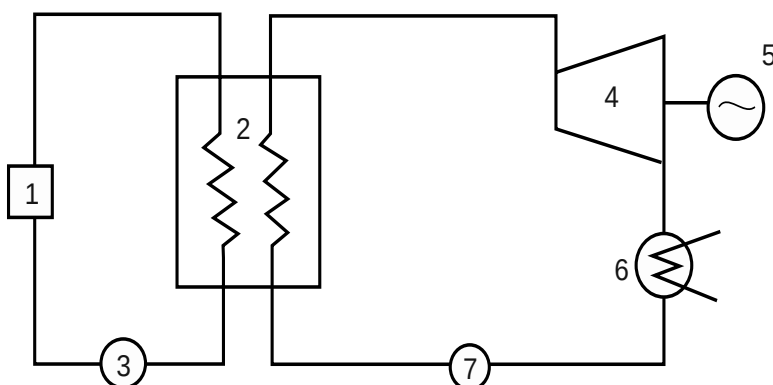
Бұл стержень арқылы ядролық процесті бәсеңдетіп немесе күшейтуге болады.

Нейтрондар қазаннан шығып кетпес үшін қазанның ішкі жақтары шағылдырғышпен (4) қапталады.

Шағылдырғыштар баяулатқыш қасиеттері бар материалдардан мысалы, графиттен, бериллий тотығынан және т.б. жасалады.

Жұмыскерлерді адам өміріне қауіпті сәуледен сақтау үшін реактор барлық жағынан қорғасын табағы түріндегі биологиялық қорғаныспен, қалың бетон плиталарымен (5), сонымен қатар су жейдесімен қапталады. Жылу тасушы (6) ретінде су алынады.

Атом энергетикалық қондырғысының негізгі сұлбасы 2,7-суретте берілген.



2.7-сурет. Атом электр станциясының ұстанымдық сұлбасы

*1 – реактор. 2 – жылу алмастырғыш. 3 – негізгі айналма насос. 4 – турбина.
5 – электр генераторы. 6 – салқындатқыш (конденсатор). 7 – қоректендіру сорғысы.*

1 санымен реактор белгіленген, онда отын ретінде уранның изотоптары $^{235}_{92}\text{U}$; $^{233}_{92}\text{U}$ сонымен қатар, плутоний $^{239}_{92}\text{Pu}$ қолданылады. Бастапқы элементтермен салыстырғанда изотоптардың радиоактивтігі анағұрлым жоғары.

Реакторда жылытылған су сорғы (3) арқылы жылу алмастырғышқа (2) құйылады. Бұл биологиялық тұрғыдан қауіпті радиоактивті су, ол қондырғының бірінші контурына жатады. Қазіргі қондырғылардың бірінші контурындағы су 250°C -та, 100 ат. қысымында болады. Бұл ретте судың қайнап кетпеуін қадағалау қажет. Жылу алмастырғыштағы бастапқы су екінші контурлы радиоактивтігі жоқ суды жылытып, буға айналдырады, ол 30-35 ат қысымды электр генераторын (5) айналдыратын турбинаға (4) келіп түседі. Пайдаланылған бу конденсаторға (6) қарай жылжиды. Конденсат сорғы (7) арқылы қайтадан жылу алмастырғышқа жіберіледі. Бірінші радиоактивті контурдың барлық агрегаттары адамдардан оқшауландырылып, дистанциялық және автоматты түрде басқарылады.

Қазіргі ірі электр станцияларында графитті су реакторларының орнына біршама қуаттылығы аз су реакторлары қолданылады, мұнда кәдімгі су шапшаң нейтрондардың баяулатқышы болып саналады.

2.8-суретте қуаты 210 МВт атом электр станциясының негізгі технологиялық сұлбасы бейнеленген. Бірінші кезекті қондырғы қуаты 210 МВт блоктан тұрады, оған бір реактор, әрқайсысы 70 МВт алты генератор кіреді. Сөйтіп, әр екі бу генераторы бір турбинаны жабдықтайды. Турбиналар – бір білікті, екі цилиндрлі; төменгі қысымның бір бөлігі – екі конденсаторлы, екі тасқынды болып келеді.

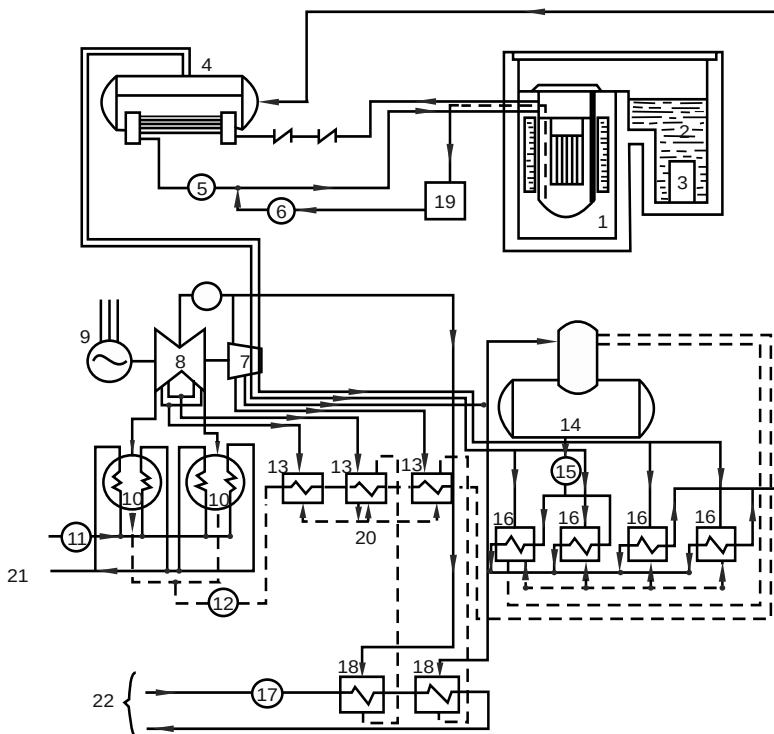
Бірінші контурға реактор (1) және бассейн (2) жатады, бассейнде жарты жыл бойында ядролық жанғыш заттардың пайдаланылған стерженьдері сақталады. Осы мақсатта бұл стерженьдер арнайы кассеталарға (3) бекітіліп, мұнан соң оларды өңдеу үшін арнайы зауыттарға жібереді. Бірінші контурға мыналар жатады: бу генераторлары (4), негізгі айналма насостар (5), жылытқыш насостар (6), арнаулы

химиялық су әдісімен тазалау және көрсетілген құрылғыларды байланыстырып тұратын құбырлар.

Реактордың биологиялық қорғаны оларды қоршаған бетон плиталардан, болат табактар мен су жейдесінен тұрады.

Бірінші контурдағы су тұйықталған циклде реактор мен бу генераторы (қазан) арасында айналады, қазаннан шығатын бу турбинаға (7) келіп түседі.

Пайдаланылған бу айналма насос (11) арқылы айналмалы сумен салқындатылған екі конденсаторға келіп түседі. Екінші контурға насоспен (12) берілетін конденсат кіреді, ол төменгі қысымдағы (13) қайта қыздырғыш (жылтқыш) арқылы деаэраторға (14) беріледі. Мұнан соң екінші контурлы су пайдалану насосы (15) арқылы жоғары қысымды жылытқыштардан 16 өтіп, бу генераторына келіп түседі.



2.8-сурет. Қуаты 210 МВт блокты атом электр станциясында энергияны өндірудің технологиялық сұлбасы (реактор су – сулы)

1 – Реактор. 2 – Пайдаланылған стерженьдерді сақтайтын бассейн. 3 – Арнайы кассеталар. 4 – Бу генераторы. 5 – Негізгі айналма сорғысы. 6 – Бірінші контурды қоректендіру сорғысы 7 – Турбинаның жоғары қысымды бөлігі. 8 – Турбинаның төменгі қысымды бөлігі 9 – Электр генераторы. 10 – Салқындатқыш. 11 – Салқындатқыш судың айналма сорғысы. 12 – турбинаның салқындатқыш сорғысы. 13 – төменгі қысымды су жылытқышы. 14 – деаэратор. 15 – қоректендіру сорғысы. 16 – жоғары қысымды су жылытқышы. 17 – жылу жүйесіндегі сорғы. 18 – бойлер. 19 – химиялық тәсілмен суды тазалау құрылғысы. 20 – конденсат суы. 21 – салқындатқыш айналма су. 22 – жылу желісі (торабы).

Сұлбада турбинаның екі бөлігінен шығатын будың сұрыпталу қатары көрсетілген, ол төменгі және жоғары қысымды жылытқыштар мен жылыту жүйесі бойлеріндегі пайдаланатын суды жылытуға арналған.

Жылытқыштар мен бойлер конденсаты әуелі анағұрлым төмен температуралы жылытқыштарға, сонан соң 2.8-суретте үзік сызықпен көрсетілгендей деаэраторға келіп түседі.

Тармақты сорғылар (17) жылумен қамтамасыз ету жүйесіндегі ыстық судың айналымын жүзеге асырады.

Бірінші контурдың зиянды радиоактивтігін арттыратын коррозия өнімдерінен реакторды тазалау мақсатында су жылу таратушы химиялық – су әдісімен үздіксіз тазалау (19) процесіне ұштастырылып, жабдықтаушы сорғы (6) арқылы реакторға түседі.

Атом электр станциясында электр энергиясын өндіру жылу электр станцияларының сұлбаларымен бірдей дерлік.

Экономикалық көрсеткіштері жағынан атом электр станциялары жылу электр станцияларына қарағанда біршама төмен; алайда оларды жергілікті отын ресурстарымен жабдықтай алмайтын жерлерде салғанда, атом электр станциясындағы 1 кВт·сағ энергия құны ЖЭС-тің құнынан артық емес.

Атом электр станцияларының өзіндік мұқтаждары жұмыс барысында асқан сенімділікті талап етеді. Міне, сондықтан көпшілік мақұлдаған жылу электр станцияларының өзіндік мұқтаж қондырғылары резервтеуден басқа, атом электр станцияларында резервті (сенімділік) дизель – генератор қондырғылары, ол кәдімгі өзіндік мұқтажды қамсыздандыру жүйесін шапшаң түрде қосуға қол жеткізбеген жағдайда іске қосылады. Сонымен қатар, атом электр станцияларында аккумулятор батареясын орнату ісі қарастырылады, ал ірі атом электр станцияларында тұрақты ток қозғалтқыштары бар өзіндік мұқтаждың жауапты тұтынушыларын жабдықтайтын екі батареяны қою ісі жүзеге асырылады.

Атом электр станцияларының бірінші контурының өзіндік мұқтаждар қондырғыларының ерекшеліктері – атом электр станциясы технологиялық процесінің қарастырылған сұлбаларынан айқын көрінеді.

Ал, екінші контур бөлігінде өзіндік мұқтаждар кәдімгі отынды қолданып, жұмыс істейтін жылу электр станцияларының механизмдерімен бірдей.

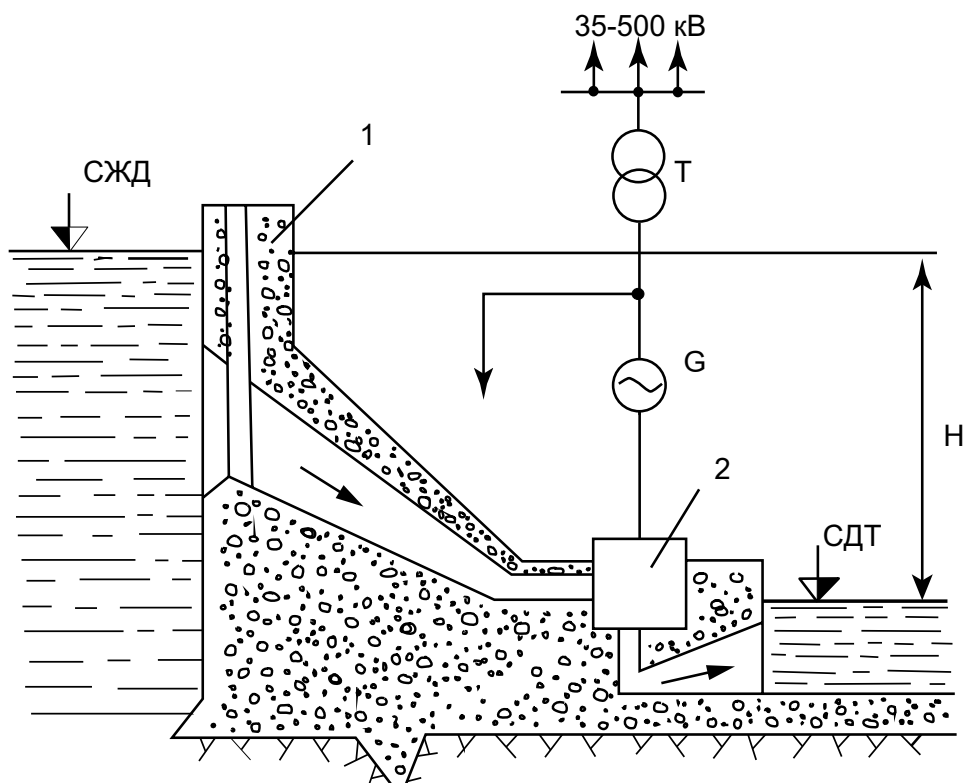
Атом электр станцияларының ерекшеліктері:

1. Географиялық кез келген жерде, соның ішінде таулы жерде де салынады.
2. Сыртқы қатардағы факторлардан тәуелсіз. Өзіндік режімі автономиялы.
3. Отынның шығыны аз мөлшерде.
4. Тұтынушылардың ерікті графигімен жұмыс істеуі мүмкін.
5. Режімнің өзгеруіне сезімтал, әсіресе АЭС-ның реакторы жылдам нейтронмен жұмыс істейтін болса.
6. Атмосфераны бәсеңдеу ластайды, радиоактивтік газдары мен аэрозоли шамалы, санитарлық мөлшерден (нормадан) асып түспейді. Осы тұрғыдан қарағанда, АЭС-ы, ЖЭС-нан көбірек таза болып шығуы мүмкін.

2.4 Су электр станциялары. Технологиялық процесінің сұлбасы

Су электр станциясы судың механикалық энергиясын электр энергиясына түрлендіретін қондырғылар болып табылады (2.9-сурет).

Гидротурбиналар су электр станцияларында электр генераторларының бастапқы қозғалтқыштары болып саналады, онда судың потенциалды және кинетикалық энергиялары генераторларды айналдыруға қолданылатын механикалық энергия ретінде қолданылады.



2.9-сурет. Су электр станциясында электр энергиясын өндірудің технологиялық сұлбасы
1 – бөгет. 2 – су турбины. СЖД – судың жоғары деңгейі; СДТ – судың төменгі деңгейі; H – су қысымының биіктігі

Гидротурбинаның қуаты (оның білігіндегі пайдалы қуаттылық) гидротурбина арқылы өтетін су мөлшері мен қысым шамасына байланысты (2,7):

$$P_r = 1000 \cdot Q \cdot H \cdot \eta_c \cdot \eta_T \text{ кГМ/с}, \quad (2.1)$$

мұнда, Q – турбина арқылы өтетін су мөлшері, м³/с;

H – су қысымының шамасы (құлдырай ағу биіктігі), м;

η_c – су беріп тұратын құрылғылардың пайдалы әсер коэффициенті;

η_T – гидротурбинаның пайдалы әсер коэффициенті (0,88-0,94 орта және үлкен қуатты гидротурбиналарға арналған);

1 кВт-102 кгм/с екені белгілі, сондықтан генератор қысқыштарының қуаттылығы

$$P_{\Gamma} = \frac{1000 \cdot Q \cdot H}{102} \cdot \eta_c \cdot \eta_T \cdot \eta_{\Gamma} \approx 9,81 \cdot Q \cdot H \cdot \eta \text{ кВт}, \quad (2.2)$$

мұнда, η_{Γ} – гидрогенератордың пайдалы әсер коэффициенті (0,95-0,98 орта және үлкен қуатты гидрогенераторға арналған).

η_c , η_T , η_{Γ} – су электр станцияларының пайдалы әсер коэффициенттері (қазіргі электр станцияларының мәнділігі 0,85-0,86 дейін жетеді).

2.2-формуладан мынадай қорытынды шығаруға болады: су электр станциясының қуаттылығы белгілі бір су шығыны Q мен қысым шамасы H бойынша анықталады: бұл шамалар неғұрлым көп болса, станция агрегаттарының қуаттылығы соғұрлым көп болады (2.9-сурет).

Су электр станцияларының халық шаруашылығындағы мәні мынада:

1. Су электр станциялары мәңгі және үздіксіз жаңаланып отыратын су ағыстарының энергетикалық ресурстарын пайдаланып, халық шаруашылығының басқа да мұқтаждарын өтеу мақсатында отынды үнемдейді.

2. Су электр станциялары еңбектің жоғары өнімділігін қамтамасыз етеді.

3. Су электр станциялары арзан электр энергиясын береді, бұл әрине олардың жоғары экономикалық нәтижелігін көрсетеді.

4. Су электр станциялары энергожүйелердің сенімділігі мен жылдамдығын арттырады.

5. Су электр станцияларының су қоймалары су ресурстарын комплексті түрде пайдалануға мүмкіндік береді.

Қазақстанның ең ірі гидроэнергетикалық объектілері:

1. Жоғары Ертіс өзеніндегі Өскемен су электр станциясы – 332 МВт (4 агрегат).
2. Жоғары Ертіс өзеніндегі Бұқтарма су электр станциясы – 675 МВт (9 агрегат).
3. Іле өзеніндегі Қапшағай су электр станциясы – 434 МВт (4 агрегат).
4. Сырдария өзеніндегі Шардара су электр станциясы – 100 МВт.
5. Ульба өзеніндегі Ульба су электр станциясы (1937 ж. салынды) – 27,6 МВт.
6. Алматы каскадты су электр станциясы – 47 МВт (10 ГЭС ішіндегі).
7. Лениногор каскадты су электр станциясы (Ульба, Хориузов, Тишинск).
8. Шульба су электр станциясы – 702 МВт (6 агрегат×117 МВт).
9. Шарын өзеніндегі Мойнақ су электр станциясы (2 агрегат 150 МВт).

2.5 Электр станциясының өзіндік мұқтаждығы. Олардың механизмдері және оларды электр энергиямен қамтамасыздандыру тәсілдері

Әрбір өндіріс электр энергиясын қажет етеді, сондай-ақ электр станцияларында электр энергиясын өндіру үшін де электр энергиясы жұмсалады. Электр энергиясын

бұлайша тұтынуды электр станциясының өзіндік мұқтаждығы деп атайды (1, 2, 3, 7). Оның электр энергиясына деген өзіндік қажеттілігі көптеген факторларға: отын түріне, бу қысымына, турбина түріне және оның қуатына, қоректендіру сорғылары жетегінің түріне, т.б. байланысты және мұның өзі жалпы өндірілетін электр энергиясының 4-10%-ы болады.

Электр станциясының жұмыс машиналары және олардың электр қозғалтқыштары екі бөліктен тұрады, 2.1-кесте (1,2,7).

Келтірілген кестеден жұмыс машиналарының көпшілігі сорғылар, желдеткіштер, компрессорлар екендігін аңғарамыз. Осы типтегі машиналарды қозғалысқа келтіру үшін электр қозғалтқыштарының қуаты бірыңғай формуламен анықталады:

$$P = \frac{Q \cdot H \cdot K}{102 \cdot \eta \cdot \eta_{ж}} \text{ кВт}, \quad (2.3)$$

мұндағы, Q – машиналардың өнімділігі, м³/с;

H – су бағанасындағы қысым, компрессорлар үшін ақырғы қысым, кг/см; K – электр двигательдері үшін (1,2-ден 1,1-ге дейін) қуат қорының коэффициенті;

η – насостың, компрессордың, желдеткіштің пайдалы әсер коэффициенті;

$\eta_{ж}$ – электр жетегінің тиісті машиналардағы пайдалы әсер коэффициенті.

Электр станцияларында машиналарды қозғалысқа келтіру үшін электр қозғалтқыштарының қуаты 8000 киловатқа дейін, қоректендіргіш сорғыларда бірнеше ватт-қа дейін ауытқиды.

Механиканың белгілі формуласы бойынша станциялардың күллі блок механизмдеріндегі қозғалтқыштарының және барлық станцияның тұтынатын қуаты есептелінеді. Қуаты 200 кВт және одан да жоғары электр қозғалтқыштары 6 кВ жұмыстық кернеуде, ал қуаты 200 кВт және одан төмен қозғалтқыштары 380 В кернеуде жұмыс жасайды.

2.1-кесте.

Электр станциясының жұмыс машиналары

Электр энергияны тікелей өндіруді қамтамасыз ететін жұмыс машиналары	Электр энергияны өндіруге тікелей байланысы жоқ жалпы станцияда қолданылатын жұмыс машиналары.
1. Көмірді ұнтақтайтын диірмен	1. Отын шаруашылығындағы крандар, транспортерлер, ұсақтағыштар.
2. Диірмен желдеткіші.	2. Су, күл шығаратын сорғылар.
3. Суланған көмірмен қоректендіруші.	3. Су әзірлейтін жүйедегі сорғылар.
4. Тозаңмен қоректендіруші.	4. Қазандағы, машина залындағы және басқа да цехтардағы көтергіш крандар.
5. Ауа үрлейтін желдеткіш	5. Шаруашылықты сумен қамтамасыз ететін сорғылар.
6. Түтін сорғысы	6. Өртті сөндіруге керекті сорғылар
7. Қоректендіруші сорғы.	7. Сантехника жүйесіндегі желдеткіш сорғылар.

8. Циркуляциялық сорғы.	8. Компрессорлар.
9. Конденсаттық сорғы.	9. Су тегі өндіретін электролиз қондырғылары.
10. Бойлер сорғысы.	10. Аккумулятор батареяларын зарядтайтын қондырғылар.
11. Турбиналар мен генераторларды майлайтын май сорғылары.	11. Өрт сөндіретін сорғылар.
12. Турбина қуатын реттейтін сервомотор сорғылары.	12. Жөндеу-механикалық цехтары, станоктар мен дәнекерлеу аппараттарының электр жетегі.
13. Білікті бұратын құрылғы (орысша-валоповоротные устройства)	13. Электр цехы
14. Генераторлар мен трансформатордың салқындату жүйелерінің сорғылары мен желдеткіштері.	14. Жөндеу құрылыс цехы және т.б.
15. Электр станциясының негізгі цехтарындағы жұмыстық жарық.	
16. Автоматика, телемеханика, сигнализация мен байланыс жүйесіндегі тұтынушылар.	

Электр қозғалтқыштарын, қыздырғыштар мен жарық беру қондырғыларын қоректендіруге жұмсалатын электр энергиясы, генератор кернеуінің шинасына (2.10-суреттегі 1-позиция) немесе генератор ұштығына (2.10-суреттегі 2,3-позиция) қосылған блокты трансформатордан алынады. Әдетте 6 кВ, 380 В кернеуде жұмыс істейтін қозғалтқыштарды қоректендіру үшін кернеуді 6 кВ-тан 0,4 кВ-қа төмендететін екінші сатыдағы трансформаторлардан станцияға энергия беріледі (2.10-суреттің 3-позициясы).

Өзінде пайдаланылатын трансформатор блогының қуаты келесідей формула бойынша анықталады:

$$S = \frac{\Sigma P \cdot K_3 \cdot K_0}{\cos \varphi \cdot \eta} \text{ кВ} \cdot \text{А}, \quad (2.4)$$

мұндағы, ΣP – осы трансформаторға қосылған блок пен станцияның барлық қозғалтқыштарының қуаты;

K_3 – қозғалтқышқа түсетін қуаттың орташа есеппен алынған коэффициенті, $K_3 < 1$;

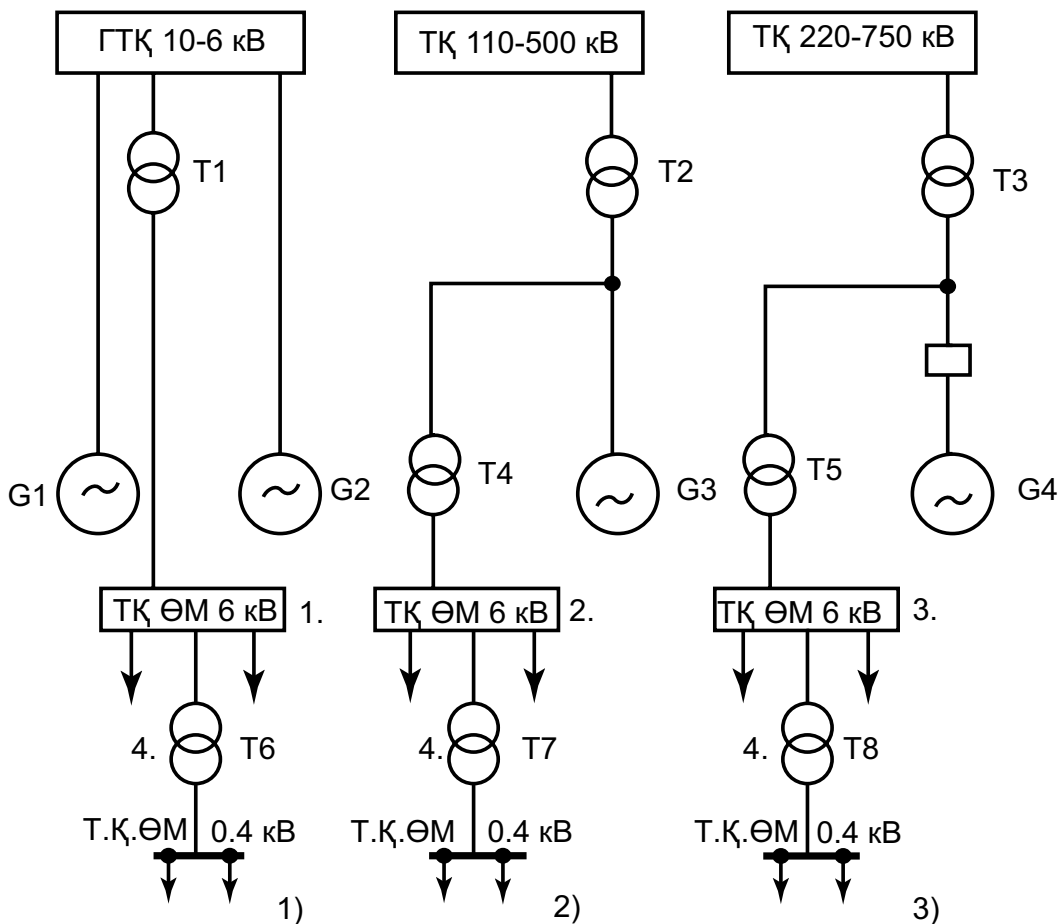
K_0 – қозғалтқыштардың уақыт бойынша бір мезетте жұмыс істеуінің орташа есеппен алынған коэффициенті, $K < 1$;

η – осы трансформаторды қоректендіретін электр желісінің пайдалы әсер коэффициенті, $\eta < 1$.

Трансформатор қуатын осы формула бойынша анықтағаннан кейін қозғалтқыштарды қысқа уақытқа қоректендіру арқылы өздігінен жүргізіп байқайды.

Электр станцияларының басымдық қозғалтқыштары – қысқа тұйықталатын роторы бар асинхронды қозғалтқыштар. Энергияны беру аралығындағы үзілісте олар айналасын төмендетеді. Егер үзіліс уақыты секундқа жетпесе айналыстың бәсеңдеуі шамалы болады, ал кернеуді қайтадан бергенде ток соққысы шамалы болады.

Егер кернеуді беру аралығындағы үзіліс ұзақ болса, онда ток соққысы трансформатордың екінші жағындағы кернеуді бәсеңдетеді. Кернеу өте көп төмендегенде қозғалтқыштардың іске қосылу моменті жойылып, қозғалтқыш “алынбайды”.



2.10-сурет. Электр станцияларының өзіндік мұқтажығын электр энергиямен қамтамасыз етудің құрылымдық сұлбасы

ГТҚ 10 – 6 кВ. 2. ТҚ 110 – 500 кВ. 3. ТҚ 220 – 750 кВ.

Өз мұқтажы үшін пайдаланылатын блокты трансформаторлармен қоса резервті трансформаторлар да орнатылады, ал бұлар блоктан емес, электр станциясының жоғары кернеулі шинасынан қоректенеді. Бұл трансформаторлар блокты іске қосқанда, блок генераторы әлі жұмыс істемей тұрғанда, сондай-ақ блок трансформаторына ревизия жүргізгенде немесе апаттық жағдайда қажет.

Электр станциясының өзіне қажетті қуатты жұмыс істеп тұрған блокты электр энергиясымен қамтамасыз етеді. Егер электр станциясы нөлден іске қосылса, жұмыс істейтін ешқандай агрегаты болмаса, мұндай жағдайда өз мұқтажына қажетті энергияны энергетикалық жүйедегі жоғары вольтты желіден алады. Егер жүйе мен желі арасында байланыс болмаса, онда электр станциясының бірінші агрегаты энергопоездан берілуі мүмкін.

Энергопоезд дегеніміз доңғалақтарға орнатылған жылжымалы электр станциясы, ол темір жоларқылы локомотивпен жеткізіледі. Энергопоезда қуаты 1-ден 10 МВт-қа дейінгі дизельді немесе бу турбиналы қондырғылар бар. Электропоезд электр станцияларын салу кезінде құрылысты энергия және жарықпен қамтамасыз етеді. Кейбір жағдайда энергияны өз мұқтажына, бірінші агрегатты іске қосу үшін пайдалану қажет болғанда, электр станцияларында дизельді немесе локомобильді қондырғылар орнатылады.

2.6 Электрлік қосалқы станциялар. Олардың түрлері және негізгі ерекшеліктері. Электрлік қосалқы станциялардың күштік трансформаторларының жұмыс режимдері. Кернеудің деңгейін реттеу.

2.6.1 Жалпы мәліметтер

Қосалқы станция (подстанция) дегеніміз электр энергиясын тиімді пайдалану немесе оны түрлендіруге арналған электр қондырғы [1, 2, 4, 12].

Мұнда электр желісінің кернеуін төмендетуге арналған төмендеткіш қосалқы станциялар қарастырылады. Мұндай қосалқы станциялар мынадай бөліктерден тұрады:

- 1) Бір немесе бірнеше трансформаторлар (автотрансформаторлар).
- 2) Жоғары кернеулі таратқыш.
- 3) Төмендетілген кернеулі (орташа және төмен) таратқыш.
- 4) Қосалқы құрылғы.

Кейбір қосалқы станцияларда синхронды компенсаторлар, статикалық конденсаторлар немесе шунттаушы реакторлар орнатылған. Әдетте олар жоғары кернеуді жіктеумен шектеледі, өйткені мұның өзі белгілі бір дәрежеде станцияның қуатын, алатын аумағын және құнын белгілейді.

Қосалқы станцияның категориясына мыналар жатады:

1. Ұзын көп тізбекті линиялардағы трансформаторсыз электр қондырғылары. Бұлар беріктігін арттыратын секциялық линияға, бойлық компенсацияға конденсаторлар орнатуға арналған. Мұндай құрылғыны секциялық қосалқы станция деп атайды.

2. Қалалық желілер мен өнеркәсіп орындары желілеріндегі трансформаторсыз электр қондырғылары тұтынушыларға қуатты таратуға (бөлуге) арналған. Мұндай құрылғы таратқыш қосалқы станция деп аталады.

Қосалқы станцияны жобалау қарастырылып отырған жүйенің дамуына немесе

ауданды электрмен қамтамасыз ету сұлбасына байланысты. Мүдделі ұйымдардың сұранысы негізінде таяудағы 5-10 жылда энергияны пайдалану мүмкіндігі анықталады. Желі сұлбасы, қосалқы станцияның орны және олардың қуаты белгіленеді. Мұндайда даму келешегі және құрылысты салу кезегі ескеріледі [1, 2].

Аудандық электрлік төмендеткіш қосалқы станцияларды жобалау, оларды жалғайтын энергожүйенің жобасына тығыз байланысты [4,12].

Жобалау шешімін дұрыс орындау үшін таяудағы 8-10 жылда энергожүйені дамытудың комплексті перспективалық жобасын, энергия балансын, автоматтандыру мен диспетчерлерді, сондай-ақ энергожүйені және аудандық желілерді пайдалануды ұйымдастыру жобасын, ондағы еңбек өнімділігін арттыруға, күрделі қаржыны кемітуге қоятын қазіргі талабын негізге алады [4,12].

Энергиямен жабдықтау сұлбасының, энергожүйесіндегі электр желісі мен жекелеген экономикалық ауданды дамытудың жобасында мына мәселелер қарастырылады:

1. Электр және жылу қуатының қосымша күші, жекелеген ЖЭО-ның параметрлері және оларды іске қосу мерзімдері айқындау;

2. Қуат балансы әр жыл бойынша жасалады және энергия жүйелері арасындағы кейде қарастырылып отырған ауданның ішіндегі ток қуатының шамасы анықтау;

3. 110 және 220 кВ электр желісінің және бірлескен жүйедегі электр желісінің сұлбасын белгілеу қажеттілігі айқындау;

4. 110-220 кВ-тық желінің параметрлерін таңдау;

5. Қысқа тұйықталу қуаты және басқа да деректер анықталады, мұның өзі 110-220 кВ-ты қосалқы станция мен электр берілісі желісін жобалау үшін қажет.

6. 110-220 кВ электр берілісінің желісі мен қосалқы станцияны іске қосу кезегін белгілеу.

7. Электр станциясын, қосалқы станцияны және электр беріліс желісін салуға кететін қаржы шығыны, электр станциялары мен тұтынатын орындардағы қондырғылардағы электр энергиясының шамамен алынған құнын есептеу.

Жоғарыда аталған мәселелер бойынша жобалау жұмыстарының нәтижесінде қосалқы станциялар мен электр берілісі желілеріндегі ұсынылған құрылыс көлемінің жиынтық деректері көрсетіледі. Мұндайда қосалқы станцияны жобалау мен салу қажеттілігі сұлбада негізделіп, оның параметрлері (трансформаторлар, автотрансформаторлар, компенсациялаушы құрылғылар), желілік қосылыстардың саны және жоғары кернеудің таратқыш құрылғыларындағы ячейка мөлшері көрсетіледі.

Электр қондырғылары құрылысының ережелеріне сәйкес электр қабылдағыштар категорияға бөлінеді [4,12].

- 1 – категория: мұндай электр қабылдағыштарда электрмен жабдықтау кезінде үзіліс болған жағдайда адамдарға қатер төндіруі, өндіріске елеулі нұқсан келуі мүмкін;

- 2 – категория: мұндай электр қабылдағыштарда электрмен жабдықтау кезінде үзіліс болған жағдайда өнім едәуір аз алынып, едәуір шығынға ұшырауы мүмкін;

- 3 – категория: басқа да электр қабылдағыштары қолданылады.

Электр қабылдағыштар желіге қосылған кездегі сипаттамасына және қосалқы станцияның электр сұлбасына қосылуына қарай түрліше болады. Электр желісін жобалаған кезде электр берілісіндегі резервтік желі санын белгілеудің және қосалқы станциядағы электр қосылысының негізгі критерийі – тұтынатын орындарды электрмен сенімді жабдықтау болып саналады.

Аудандық қосалқы станция электр жүйесінің жауапты элементтері болып саналады. Сондықтанда бұл қосалқы станцияларды жобалағанда және салғанда, оларды пайдаланатын орындардың қалыпты режимде жұмыс істеуін ғана емес, апаттық жағдайда ажыратылғанда да (мәселен, қоректендіруші желі немесе жұмыс істейтін трансформаторлардың біреуі істен шықса) сенімді жұмыс істеуін қамтамасыз етуі тиіс.

Аудандық ірі қосалқы станцияларда қуатты автотрансформаторлар мен трансформаторлар орнатқан тиімді. Өйткені олар электр қосылысының неғұрлым тиімді сұлбасын қабылдауға, таратқыш құрылғыларды және қосалқы станцияның басқа құрылыстарын неғұрлым тиімді құрастыруға мүмкіндік береді. Әдетте, екі трансформаторды немесе автотрансформаторды орнатқан тиімді, ал кейбір жағдайда одан да көп трансформаторлар орнатылуы мүмкін.

Аудандық қосалқы станцияларға өте жоғары талап қойылады. Соның ең бастылары [4, 12]:

1. Қосалқы станцияның электр желісінің екінші тізбегінің резервтік қорегі мен электр қондырғыларының аудандық тораппен байланысы болуы тиіс.

2. Бірінші немесе екінші кернеудегі шиналар зақымданған жағдайда қосалқы станция тұтынатын орындарды қоректендіруді толық немесе жарым-жартылай қысқартуды қамтамасыз етуі тиіс.

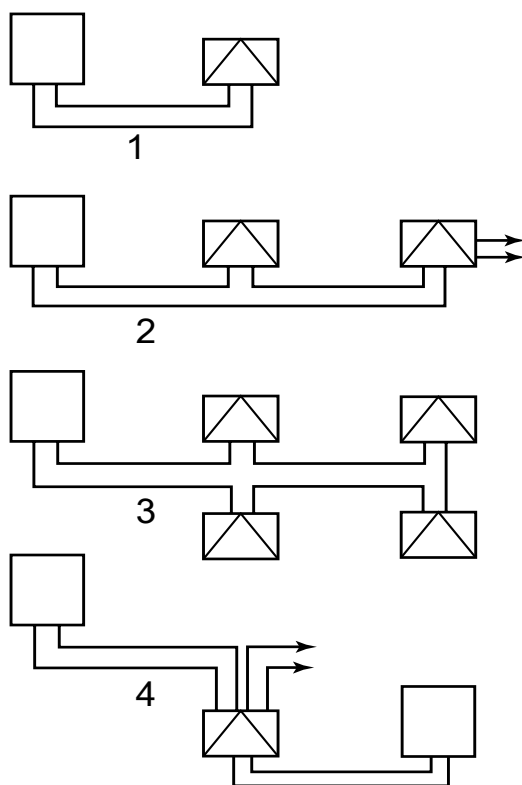
Қосалқы станциядағы электр қосылысының сұлбасы арқылы қолданылған жабдықтар мен құрылғылар комплексін белгілеп, оны тұтастай салуға кеткен жұмыс көлемі мен күрделі қаржы шығынын анықтайды.

Қосалқы станция сұлбасы орнатылған жабдықтардың тек түрін және оған кеткен шығынды ғана емес, оның құрастырылуы мен конструкциялық орындалуын да, қосалқы құрылғылардың көлемін де белгілейді.

Әдетте, қосалқы станцияның электрлік қосылыс сұлбасы оны пайдаланудың барлық кезеңіндегі режимдік сипаттамасын белгілейді. Қосалқы станцияның сұлбасы желі конфигурациясымен және электр жүйесінің жұмыс режимімен анықталады. Қосалқы станцияның электр қосылысының сұлбасы электрмен сенімді жабдықтауды, автоматтандыруды және үнемділікті, желідегі режимдік ерекшеліктерді қамтамасыз етуі тиіс.

Сондықтан да қосалқы станцияның сұлбасын энергия жүйесін дамыту жобасымен бірге таңдау қажет.

Қосалқы станция жүйедегі орналасу жағдайына және жоғары кернеумен қоректену сұлбасына қарай мынадай түрге бөлінеді: тұйық (шеткі), өтпелі (транзиттік) және тораптық (бұл бір мезетте өтпелі де болуы мүмкін) (2.11-сурет).



2.11-сурет. Қосалқы станциялардың электр жүйесіндегі орналасу жағдайына және жоғары кернеумен қоректену сұлбасына қарай бөліну түрлері.

1 – Тұйық (шеткі) қосалқы станция. 2 – Өтпелі (транзиттік) қосалқы станция. 3 – Өзара сақиналы сұлбамен қосылған өтпелі қосалқы станция. 4 – Тораптық қосалқы станция.

Өтпелі және тораптық қосалқы станциялардың сұлбалары, тұйық станция сұлбасына қарағанда едәуір сенімді. Жоғарыда аталғанға сәйкес қосалқы станцияларды жобалаған кезде, оларды салуға кететін күрделі шығынды кеміту жағы ескерілуі тиіс. Қосалқы станцияның электрлік сұлбасын таңдау – жобалау кезіндегі ең басты және неғұрлым күрделі сала болып саналады.

Қосалқы станцияның электрлік сұлбасы мыналарды анықтайды:

- 1) Жоғары кернеулі аппараттардың санын және олардың параметрлерін.
- 2) Қосалқы станцияның құралымын жинақтауды;
- 3) Электрмен жабдықтаудың сенімділігін және пайдаланудың ыңғайлылық дәрежесін белгілеуді. Кейбір жағдайда қосалқы станцияның электрлік сұлбасы одан қоректенетін тарату желісінің және қосалқы станцияны қоректендіретін жоғары вольтті электр желісінің сұлбасына да әсер етеді.

Энергетикалық жүйелерде төмендеткіш қосалқы станцияны пайдалану оның электрлік сұлбасына елеулі талаптар қояды:

1. Электр станциясы мен желісін техникалық пайдалану ережесіне сәйкес,

сұлбаның негізгі талабына тұтыну орындарын электрмен үздіксіз жабдықтау жатады.

Электрмен жабдықтаудың сенімділігі тұтыну орындарындағы электр қондырғыларын энергия жүйесінің әртүрлі пункттеріндегі электр берілісі жүйесімен байланыс сұлбасын тиімді тандап алу арқылы жүзеге асырылуы мүмкін.

Қосалқы станциялардың құрастыру шиналарын секциялау – электрмен сенімді жабдықтаудың елеулі шарты болып саналады.

Секцияның екі түрі бар:

– қатаң секциялау, мұны өзгерту үшін құрылыс және монтаждау жұмыстарын жүргізуге тура келеді;

– оңтайлы секциялау, мұндайда таратқыш құрылғыларды таратқыштар мен айырғыштарды ауыстырып қосу арқылы қайта бөлу оңай жүзеге асырылады. Қосалқы станцияның секция аралықтарындағы тізбекті қатаң таратудың үлгісі ретінде құрастыру шиналарының бір секциялық жүйесін атауға болады. Қосалқы станциядағы оңтайлы секциялаудың үлгісі ретінде бір ажыратқышы бар құрастырмалы шиналардың екі жүйелі сұлбасын атауға болады.

2. Сұлбаға қойылатын екінші талапқа пайдаланудың көрнектілігі мен ыңғайлылығы жатады.

Сұлба көрнекті болу үшін элементтер саны неғұрлым аз, түрі қарапайым, құрастырмалы шиналардың барлық қосылыстары біркелкі орындалуы тиіс.

3. Үшінші талап сұлбаның оңтайлығы болып саналады. Мұндай сапа осы сұлбаның жекелеген учаскелерін апаттық жағдайда бөліп тастағанда немесе жоспарлы түрде жөндеуге қою үшін ауыстырып қосқанда электрмен жабдықтау мүмкіндігін айқындайды.

Сұлбаның оңтайлығы оған қосымша қосылыстар мен аппаратураларды енгізбей-ақ қамтамасыз етілуі тиіс екендігін атап көрсеткен жөн. Қосалқы станция сұлбасы кез келген аппаратты жөндеуге қоюды немесе ешбір кедергісіз электрмен жабдықтауға қосуы және сұлбаға жедел ауыстырып қосу саны неғұрлым аз болуы тиіс. Сұлбаның жеткілікті оңтайлы және көрнекті болмауы, қондырғыда жұмыс істеуді қиындатып, апатқа ұшырап әрі адамдарды жарақаттауы мүмкін. Жұмыс тәжірибесі көрсеткендей, пайдалану ыңғайлылығы сұлбаның қарапайымдылығы мен симметриялығына, таратқыш құрылғылардың жинақтылығына, сондай-ақ қолданылатын жабдықтардың (трансформатор мен коммутациялық аппараттар) бір типтілігіне байланысты. Сондықтан қосалқы станцияны жобалаған кезде симметриясыз сұлбалар мен әр типті жабдықтарды қолданбау қажет.

Үнемдеу жағдайына байланысты қосалқы станцияны пайдалану процесінде энергияның шығыны және есепті шығыны ең аз болатын сұлбаны таңдап алады.

2.6.2 Электрлік қосалқы станциялардың күштік трансформаторларының (автотрансформаторларының) жұмыс режимдері. Ерекшеліктері. Кернеудің деңгейін реттеу.

Электрлік қосалқы станцияларда, әдетте бірнеше күштік трансформаторлар (автотрансформаторлар) іске қосылған күйлерінде жұмыс істейді. Бұл

трансформаторлардың кейбіреулерін сұлбадан ажыратқанда электр энергияның шығыны салыстырмалы түрде аз, яғни экономикалық тиімділігі көп емес. Сондықтан трансформаторларды бірнеше рет сұлбадан ажыратып және қайтадан іске қосу жауапты мәселе екендігін ескеру қажет. Себебі:

- трансформаторды ажырату мезгілінде асқын кернеу пайда болуы ықтимал;
- трансформаторды қайта іске қосқанда едәуір өтпелі ток пайда болуы мүмкін.

Ол едәуір өтпелі ток трансформатордың орамдарына электродинамикалық әрекетін тигізеді. Сонымен қатар, тізбектегі коммутациялық аппараттарға да әсерін тигізеді де, олардың элементтерінің күнібұрын тозуына әкеледі.

Күштік трансформаторлардың қуаты келесідей талаптармен таңдалынады (ерекшеліктері):

- бір трансформатор орнатылса

$$S_{\text{ном. транс}} \geq S_{\text{мах. жүктеме}} \quad (2.5)$$

- екі трансформатор орнатылса

$$S_{\text{ном. транс}} \geq 0,7 \cdot S_{\text{мах. жүктеме}} \quad (2.7)$$

- бірнеше трансформатор орнатылса

$$S_{\text{ном. транс}} \geq 0,7 \cdot \frac{S_{\text{мах. жүктеме}}}{(n-1)}, \quad (2.7)$$

мұнда, $S_{\text{ном. транс}}$ – трансформатордың номинал қуаты, ВА, МВА;

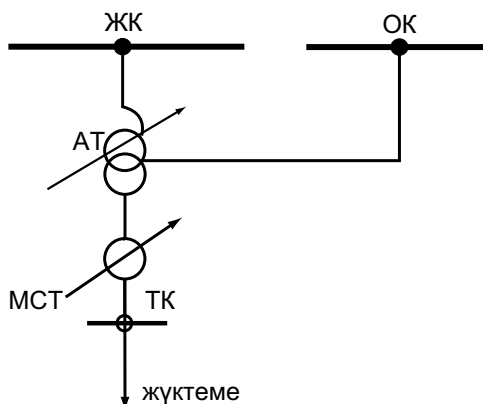
$S_{\text{мах. жүктеме}}$ – жүктеменің максималды қуаты, кВА, МВА.

n – трансформаторлардың саны.

Көрсетілген талаптарға сәйкесті таңдап алынған трансформаторлардың жүктемелері қалыпты режимде $0,6 \div 0,7 \cdot S_{\text{ном. транс}}$ болуы керек, ал апаттық режимде трансформатордың қуаты рұқсат берілетін асқын жүктеме коэффициентін $K_{\text{асқын. жүктеме}}$ ескеру арқылы таңдалынады.

Электрлік қосалқы станциялардың күштік трансформаторларында (автотрансформаторларында), әдетте кернеудің деңгейін реттейтін РПН құрылғысы болады. Тұтынушыларды тізбектен ажыратпай кернеудің деңгейін автоматты тәсілмен реттейді.

Егер қосалқы станцияларда автотрансформатор орнатылса, онда ол автотрансформатордың үшінші орамына (төменгі кернеудегі орамдары) кернеудің деңгейін реттейтін арнайы күштік трансформаторларды қосады (2.12-сурет). Кернеудің деңгейін реттеудің нәтижесінде тұтынушыларға сапалы электр энергиясы жеткізіледі. Кернеудің деңгейін реттейтін майлы сызықтық трансформатордың (МСТ) қуаты $1,6 \div 6,3$ МВА-ге дейін, кернеуі 6-10 кВ-тық қондырғыларда, ал 35 кВ-тық қондырғыларда МСТ-дың қуаты $16 \div 100$ МВА болады.



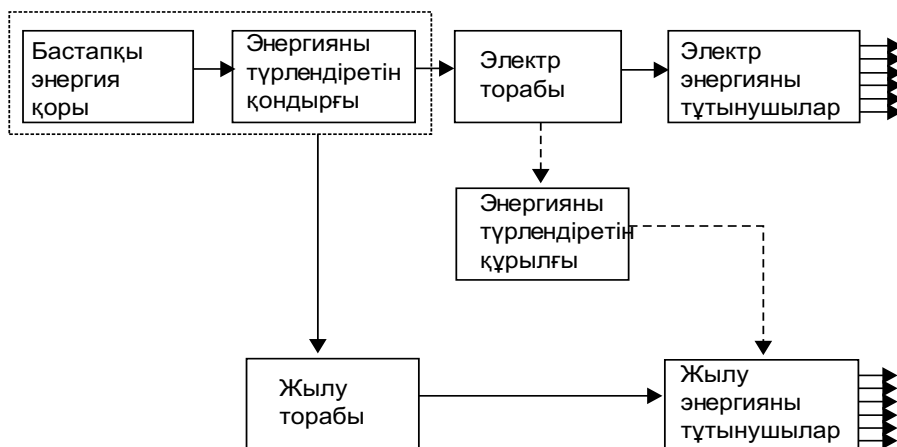
2.12-сурет. Кернеудің деңгейін реттейтін трансформаторды (МСТ) автотрансформатордың төменгі кернеу орамына қосу сұлбасы

2.7 Энергетикалық жүйе. Оның құндылығы.

Электр энергияны және жылу энергияны өндіру, түрлендіру, тарату және пайдалану блок сұлбасы 2.12-суретте берілген [4,12,14,15].

Бастапқы энергия қоры (көмір, газ, мұнай, уран концентраты, су энергиясы және т.т.б.) энергияны түрлендіретін қондырғыға жеткізіледі. Бастапқы энергияны түрлендірудің нәтижесінде тек қана электр энергиясы (КЭС, ГЭС) немесе жылу және электр энергиясы (ЖЭО-ТЭЦ) өндіріледі. Өндірілген электр немесе жылу энергиясы арнайы қондырғылар (құрылғылар) арқылы тұтынушыларға жеткізіледі.

Тұтынушыларды электр және жылу энергияларымен қамтамасыздандырудың сенімділігін және үнемділігін арттыру үшін бірнеше электр станциялар (КЭС, СЭС, ЖЭС, АЭС т.т.б.) параллельдік жұмысқа қосылады да, энергетикалық немесе электр энергетикалық жүйе құрады (2.14-сурет).

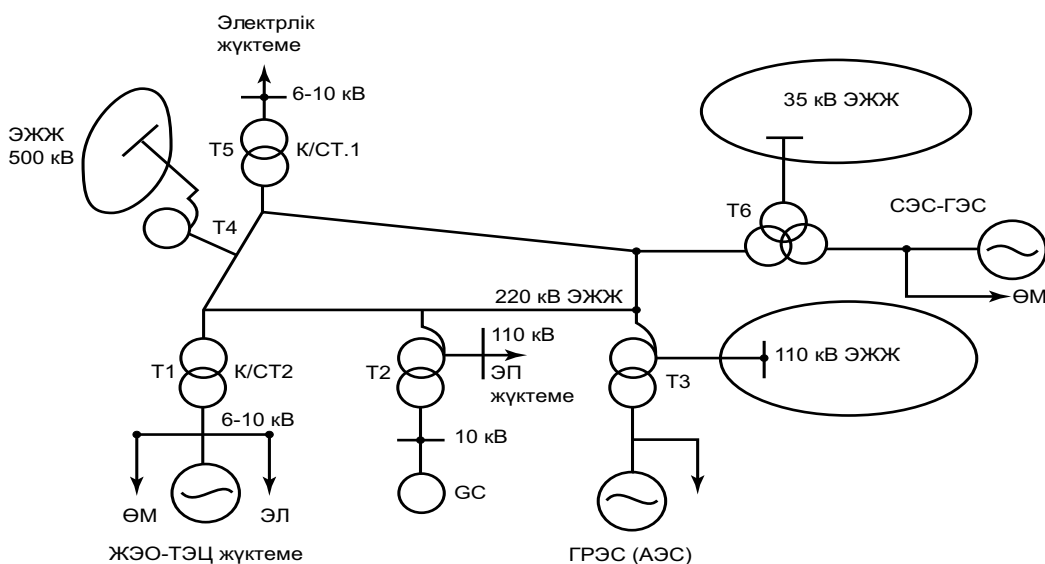


2.13-сурет. Электр энергияны және жылу энергияны өндіру, түрлендіру, тарату және пайдалану блок сұлбасы

Энергетикалық жүйелердің түрлі элементтері үшін әр түрлі параметрлер номиналь бола алады, оның ішінде: кернеу, тоқ қуат, қуаттылық коэффициенті, жиілік, айналу жиілігі, жылжу жиілігі, температура, ажырату тоғы және т.б. Жоғары санды техникалық-экономикалық есептер негізінде номинал параметрлердің бірқатарын мемлекеттік стандарт белгілейді.

Электр машиналары, электр аппараттары және басқа да электр жабдықтары қағида бойынша олардың максималь пайдалы әсер коэффициенттері нақтылы параметр зонасында орналасатындай етіп жобаланады.

Энергетикалық жүйенің барлық элементтерінің нақтылы параметр мен жұмыс істеу кезінде энергетикалық жүйе режимінің жылыту жүйесіне бір кадым жақын екені белгілі болды. Кей жағдайларда, мәселен, элементтердің пайдалы әсер коэффициенттерінің жүктемеге тәуелділігін есепке ала отырып, параметрлермен жұмыс істеу кезінде, олардың номиналь параметрлерден анағұрлым өзгеше екеніне көз жеткізуге болады. Алайда, жұмыстың бұл сияқты жағдайларында мұқият түрдегі техникалық және техникалық-экономикалық дәлелдемесі болуы керек.



2.14-сурет. Электроэнергетика жүйесінің қарапайым құрылым сұлбасы.

Бірнеше электр станциялардың энергетикалық жүйеге біріктірілуінің төмендегідей құндылығы бар:

1. Тұтынушыларды электр энергиямен қамтамасыздандырудың сенімділігінің арттырылуы;

2. Электр энергетика жүйесінде керекті резервтік қуаттың мөлшерінің төмендетілеуі;

3. Жүктемелердің графигінің туралануының және электроэнергетика жүйесінің максималды жүктемесінің төмендеуінің нәтижесінде станциялардағы агрегаттардың жүктелінуінің жақсартылауы;

4. Электроэнергетика жүйесінде біріктірілген электр станциялардың (әр түрлі жағрафиялық орындардағы) қуатын толық пайдалану мүмкіндігінің жоғарлатулылығы;

5. Қуатты агрегаттарды үнемді пайдаланудың нәтижесінде техникалық-экономикалық көрсеткіштерінің жақсартылуы;

6. Энергетикалық шаруашылықты пайдалану мәдениетінің жақсартылуы;

7. Энергетиканы халық шаруашылығының бір саласы ретінде қарастырып, оның дамуын және жұмыс тәртібін автоматтандырылған диспетчерлік басқару жүйесімен (АСДУ) қамтамасыздандырылуы;

2.14-суретте, шартты түрде ЖЭО-ТЭЦ, МАЭС-ГРЭС, СЭС-ГЭС, және қосалқы станциялар (подстанциялар №1, №2) көрсетілген. Қосалқы станцияда синхронды компенсатор GC бар. Энергетикалық жүйенің станциялары мен қосалқы станциялары кернеуі 220 кВ электр жеткізу желісімен (ЭБЖ-220 кВ ЛЭП-220 кВ) қамтамасыздандырылған.

3-тарау. ЭЛЕКТР ҚОНДЫРҒЫЛАРДЫҢ ЖҮКТЕМЕЛЕРІ ЖӘНЕ ЖҰМЫС РЕЖІМІ. ЖАЛПЫ МӘЛІМЕТТЕР.

3.1. Жүктемелердің графиктері, оларды топтастыру, құру және пайдалану.

Электр энергетикалық жүйелердің негізгі ерекшелігі, ондағы электр энергияның өндірілуі және тұтынылуы бір мезгілде болуы керек.

Электр станциялармен әрбір мезгілде өндірілетін энергия, сол уақытында пайдаланылуы керек. Пайдалану графигі үнемі өзгеріп отырады [4,12].

Бұл өзгерістер бір топ электрді тұтынушылардың (қабылдағыштардың) жұмыс режиміне байланысты. Электр тұтынушыларға жататындар: электрмен жарықтану лампалары, тұрмыстағы және өндірістегі қыздыру аспаптары, электр-қозғалтқыштары, өндірістік электр пеші, электролиздық қондырғылары, электротермиялық және электрмен пісіру қондырғылары, ауа баптағыштары (кондиционерлері) мен тоңазытқыштар (холодильники), радио және телеқондырғылар, дәрігерлік және басқа да арнайы қондырғылар.

Сонымен қатар, электр энергияны өндіріс кәсіпорындары, электрлендірілген тасымалдау көлігі, ауыл шаруашылығы, үй-жай шаруашылығы мен тұрмыстық тұтынушылар, қалаларда және ауылдарда қызмет ететін салалардың тұтынушылары, электр станциялардың өзіндік мұқтаждары пайдаланады. Әдетте, электр желісімен тасымалданатын және бөлінетін электр энергияның технологиялық шығынын ескеру керек.

Қалалардың, ауылдардың және өндірістердің электр энергияны тәулігіне, айына және жылына пайдаланулары бір қалыпты емес. Оның себебі, кәсіпорындары бар, екі және үш кезекпен жүктеменің әртүрлі деңгейімен жұмыс істейді. Тағы да ескеретін мәселелер, олардың кезектерінің арасында үзіліс болады, жаз күндерінде, мейрамдарда және демалыс күндері тұтынушылардың жұмыс режимі әртүрлі. Жүктеменің графигіне ауаның температурасы да әсерін тигізеді. Графиктердің бір қалыпты болмауына шамшырақтардың (светильники) жүктемелері де өз үлестерін енгізеді (қыстыгүні таңертеңгі уақытта және кешкі уақыттарда өседі, ал жаздыгүні күндіз және түнгі уақыттарда азаяды).

Сөйтіп, электр қабылдағыштардың және бір топ электр тұтынушылардың жұмыс режимі олардың түрлеріне, атқаратын қызметтеріне және оларды пайдалану тәртібіне байланысты. Жұмыс режимі тәулік сағаттарында және жылдың айларында өзгеріп тұрады. Сонымен қатар пайдаланылатын электр қуаты да өзгереді (электрлік жүктеме).

Осы өзгерістерге сәйкесті электр станциялардағы және энергетикалық жүйенің әрбір бөлігінде жүктемелер өзгеріп тұрады.

Генераторлар мен тұтынушылардың қосынды активтік қуаттарының тең еместігі (небаланс) ауыспалы процеске әкеледі. Генераторлардың активтік қуаттарының артықшылығы жиіліктің көбейуіне (жоғарлануына) әкеледі. Генераторлардың активтік қуаттарының жетіспеуі жиілікті төмендетеді. Электр станцияларды

пайдаланғанда (агрегаттардың қуаттарының шектелген мөлшерінде), электрлік жүйелердің аз ғана тербелісі электр станцияның жұмысына қиындық келтірмейді. Себебі ол агрегаттар қуаттың өзгерісін реттейтін автоматты реттегіштермен жабдықталады.

Егер электрлік жүктемелер кенет өзгерсе және тез көбейтілсе, онда қосымша генераторларды іске қосу қажет. Бұл жағдайлар алдын ала болжамда болуы керек. Электр энергияны өндірілумен оның тұтынушысының айырмашылығы болмауы керек. Электр станцияларды дұрыс пайдалану үшін оның тәуліктік графигін білу керек. Ол тұтынушылардың графигіне байланысты.

Электр энергияны пайдалану режімі тұтынушылардың графигімен белгіленеді, яғни электрқондырғының қуатының уақытқа сәйкесті өзгеруі диаграмма түрінде беріледі.

Графиктерді тұрғызғанда абцисса өсінде тәуліктік сағаттар (0-24 сағатқа дейін), ординаты өсінде электрлік жүктеме (кВт, МВт) көрсетіледі. Графикте электр қондырғының активтік (P), реактивтік (Q), толық (S) қуаттары және ток (1) көрсетіледі. Графиктер тәуліктік, апталық және қыстық, жаздық, көктемдік, күздік, жылдық болып анықталады. Пайдалану орнына байланысты тұтынушылар, қосалқы станция, станция, станция графиктері болып бөлінеді.

3.2 Тұтынушылардың тәуліктік жүктемесінің графигі.

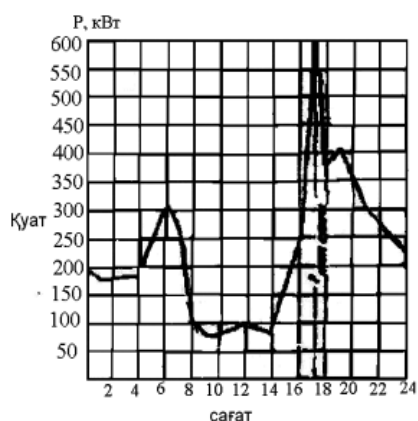
Жүктеме графиктері пайдалану және типтік болып бөлінеді. Пайдалану графигі өздігінен жазатын (самописцы) немесе әрбір сағат сайын тіркеп және бекітіп отыратын құралдар арқылы тұрғызылады.

Бірінші жағдайда график үзіліссіз күрделі қисық сызық ретінде, ал екінші жағдайда өлшелінген нүктелерді бір-бірімен қосатын сынық сызықтармен көрсетіледі (3.2.1-сурет). Егер өлшенетін уақыт аралығы аз болса, онда жүктемелердің тербелісінің графигі дәл болады. Сірә, координат өсімен және сындырылған сызық арасындағы шектелген аудан (көлем), электр энергиялық тәуліктің санын көрсетуі тиіс (кВт.сағ.).

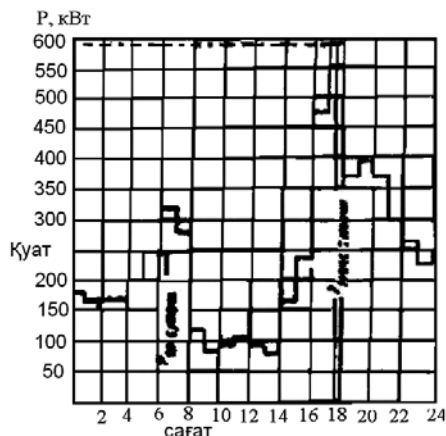
Көрсетілген графиктерді пайдалану ыңғайсыз (қолайсыз), сондықтан оларды сатылы түрге айналдырады. Бұл жағдайда екі өлшенген уақыттың арасындағы жүктеме тұрақты деп есептелінеді (3.2.2-сурет). Сатылы түрде пайдаланылатын тәуліктік графиктік нүктемелерді бір-бірімен қосатын сынық сызықты графикпен салыстырғандағы артықшылығы, оның қарапайымдылығы және электр энергиясының санын есептеу жеңіл.

Бір жылдық (жылдық) графикті тұрғызу үшін 365 тәуліктегі графиктерді тұрғызу міндетті емес. Ол үшін мезгіліне байланысты сол мезгілдерге тән екі тәуліктік графиктерді қарастырса болады. Оның біреуі жұмыс графигі, ал екіншісі мейрам күндеріндегі графиктер. Әр түрлі өндірістерге және тұтынушылар тобына қорытынды типтік график жасауда, тұтынушылардың пайдалану графигінің маңызы өте зор. Әрбір бөлек тұтынушылардың, жүктемелер тораптарының және энергетикалық жүйедегі тұтынушылардың қуаттарының тәулікте тұтынушылар

тобына қорытынды типтік график жасауда, тұтынушылардың, жүктемелер тораптарының және энергетикалық жүйедегі тұтынушылардың қуаттарының тәулікке өзгеруін жобалағанда және олар туралы статистикалық деректерді жинағанда типтік график пайдаланылады (3.2.2-сурет).



3.2.1-сурет. Нүктелерді бір-бірімен қосу арқылы тұрғызылған жүктеменің графигі.



3.2.2-сурет. Жүктеменің сатылы тәуліктік графигі.

3.2.3-суретте бір тәулікте пайдаланылатын қуаттардың біркелкі еместігі көрсетілген. Өндірістік кәсіпорындарының жұмыс кезектілігіне (бір, екі, үш кезекті) және технологиялық процестің сипаттамаларына байланысты активтік қуатты пайдалану графиктері бір-бірінен қатты өзгеше. Электрлік көліктердің активтік қуатты пайдалану графиктері кілт айнаымалы болады. Химиялық кәсіпорындарының тәуліктік графиктері тұрақты келеді.

Анықтама әдебиеттерінде типтік графиктер салыстырмалы бірлікте беріледі де, олардың жүктемесі 100%-ға тең деп алынып сатылы диаграмма ретінде көрсетіледі. Қалған сатыдағы жүктеме графиктері тәуліктің сол уақыттағы салыстырмалы мәнін көрсетеді (3.2.4 а-суреті) [4,12].

$$P_{см} = \frac{n\%}{100} \cdot P_{max} \quad (3.2.1)$$

мұнда, $n\%$ - типтік графиктің ординатасына сәйкесті сатысы. %. 3.2.4.б.

Бұндай жүктеме графигі $P_{max} = 20 \text{ MВт}$ -ты болғанда 3.2.4 б-суретінде көрсетілген.

P_{max} – болашаққа жобалағанда және графикті атаулы бірлікте тұрғызу үшін тұтынушылардың белгіленген қуаты анық болуы керек, ол номиналды қуаттың қосындысы деп есептелінеді.

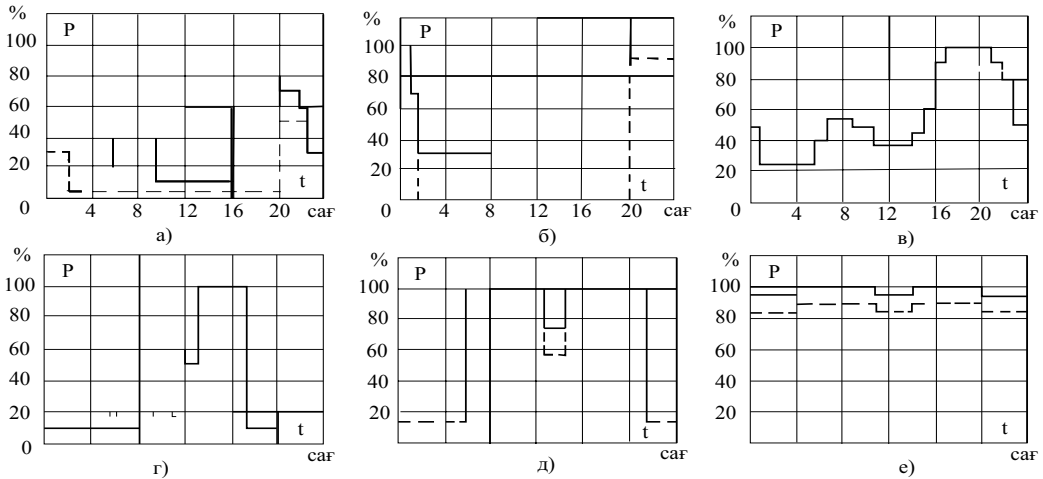
Активтік жүктеме үшін:

$$P_{белг.} = \sum P_{ном.} \quad (3.2.2.)$$

Сол мезгілде қосалқы станцияның шинасына қосылған жүктемелердің қуаты келесі өрнекпен анықталады:

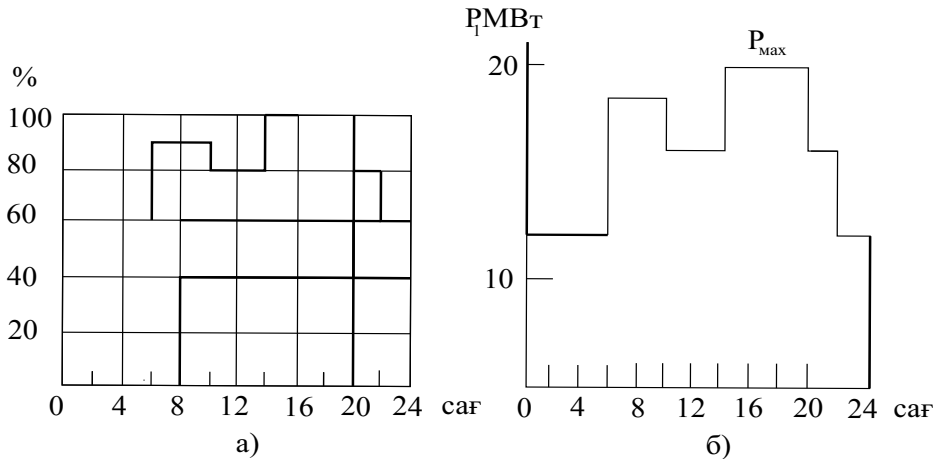
$$P_{\text{кос}} = \frac{\sum P_{\text{ном}}}{\eta_{\text{орта.м}} \cdot \eta_{\text{орта.ж}}} \quad (3.2.3)$$

мұнда, $\eta_{\text{орта.м}} \cdot \eta_{\text{орта.ж}}$ электр қондырғыларының тұтынушыларына және жергілікті желілердің номиналды жүктеме мезгіліндегі орта ПӘК-і (КПД).



3.2.3-сурет. Әртүрлі тұтынушылардың активтік қуатты пайдаланудың тәуліктік графигі.

а – тұрғын үйлерді жарықтандыру; б – көшелерді жарықтандыру; в – халқы 250 мыңға дейінгі қаланың жалпы пайдалануы; г – бір кезекті өндіріс кәсіпорны; д – екі кезекті өндіріс кәсіпорны; е – үш кезекті өндірәс кәсіпорны; ----- қысқы тәуліктер; - - - жазғы тәуліктер.



3.2.4-сурет. Тәуліктік графикті типтік графикке сәйкесті тұрғызу.

а) Типтік график б) Атаулы бірліктегі график

Расында тұтынушылардың жүктемелерінің қуаты белгіленген қуаттан әдетте кем (кіші). Бұл жағдай бір уақыттылық (K_y) және жүктемелік ($K_{ж}$) коэффициенттерімен ескеріледі. Сонда тұтынушылардың максималды жүктемесі келесі өрнекпен анықталады:

$$P_{max} = \frac{K_{\text{бу}} \cdot K_{\text{ж}}}{\eta_{\text{орта.п}} \cdot \eta_{\text{орта.ж}}} \cdot \sum P_{\text{ном}} = K_{\text{сyp}} \cdot \sum P_{\text{ном}} \quad (3.2.4)$$

мұнда, $K_{\text{сyp}}$ – қарастырылған тұтынушылар тобының сұраныс коэффициенті.

Сұраныс коэффициенттері бір типті тұтынушыларды пайдалану негізінде анықталады және ол деректер анықтама әдебиеттерінде келтіріледі. Кейбір өндірістік тұтынушылардың орта сұраныс коэффициенттері 3.2.1-кестесінде көрсетілген. Олар қыстық максимумының ең үлкен жылдық максималды жүктемесіне сәйкес келеді.

Активтік жүктемесінің графигіне басқа да, реактивтік жүктеменің графигін пайдаланды. Реактивтік жүктеменің графигі де ордината өсіне сатылы түрде көрсетіледі. Оны келесі өрнекпен анықтауға болады

$$Q_{max} = P_{max} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{max} \quad (3.2.5)$$

мұнда, $\operatorname{tg} \varphi, \cos \varphi_{max}$ - ның мәніне сәйкесті анықталады.

Ал $\cos \varphi_{max}$ - ның мәні тұтынушылардың бастапқы көрсеткіштерінің біреуі ретінде беріледі.

3.2.1-кесте.

Өндірістік тұтынушылардың орта сұраныс коэффициенттері, $K_{\text{сyp}}$

Тұтынушылар	Сұраныс коэффициентінің орта мәні $K_{\text{сyp}}$
Қара металлургия	0,6
Домна цехы	0,3
Мартендік цех	0,7
Болатты үздіксіз қиятын қондырғы	0,14÷0,6
Прокат станы	
Машина жасау	0,14÷0,6
Химиялық өндіріс	0,7÷0,9
Тоқымашылық өндіріс	0,7÷0,85
Өндірістік желдету және ауаны тазалау	0,9

Активтік және реактивтік жүктемелердің белгілі графиктерін пайдалана отырып, толық қуаттың графигін тұрғызуға болады. Толық қуаттың сатылы графикке байланысты мәні келесі өрнекпен анықталады:

$$S_i = \sqrt{P_i^2 + Q_i^2} \quad (3.2.6)$$

мұнда, P_i және Q_i – i -лық сатыдағы активтік және реактивтік жүктемелердің атаулы бірлікпен көрсетілген мәндері.

3.3. Қосалқы станциялардың, станциялардың және энергетикалық жүйелердің жүктемелерінің тәуліктік графигі.

Қосалқы станциялардың, станциялардың және энергетикалық жүйелердің тәуліктік жүктеме графиктері тұтынушылардың тәуліктік графиктерінен өзгеше. Себебі қосалқы станциялардың және станциялардың жүктеме тәуліктік графигін тұрғызғанда электр желісінің әрбір үзбесіндегі, электр берілісі желісіндегі және трансформаторлардағы қуаттың шығындарын есептеу қажет. Сонымен қатар, станциялардың өзіндік мұқтаждығына керекті қуатты ескеру қажет.

Электр берілісі желісіндегі және трансформаторлардың орамдарындағы қуаттың шығындары тұрақты және айнымалы болып бөлінеді [4,12].

Айнымалы шығындар – электр берілісі желісіндегі және трансформаторлардың араларынан ток өткенде пайда болады ($\Delta P_i^{\text{айным}}$ және $\Delta Q_i^{\text{айным}}$), ал тұрақты шығындар – ол трансформаторлық болаттарда болады ($P_i^{\text{тұрақты}}$ және $\Delta Q_i^{\text{тұрақты}}$).

Қосалқы станциялардың жүктемелерінің әрбір сатысындағы графиктерінің қосынды шығындары келесі өрнекпен анықталады:

$$\Delta P_i = \sum \Delta P_i^{\text{тұрақты}} + \Delta P_{i_{\max}}^{\text{тұрақты}} \left(\frac{S_i}{S_{i_{\max}}} \right)^2. \quad (3.3.1)$$

$$\Delta Q_i = \sum \Delta Q_i^{\text{тұрақты}} + \Delta P_{i_{\max}}^{\text{айнымалы}} \left(\frac{S_i}{S_{i_{\max}}} \right)^2. \quad (3.3.2)$$

мұнда, S_i – электр желінің, i – элементіндегі жүктеме

Ол қарастырылып отырған жүктеме сатысының қосынды графигіне тең:

$S_{i_{\max}}$ – анықталған жүктеме элементтері (электр желілері, трансформаторлар) айнымалы шығынның максималды мәні.

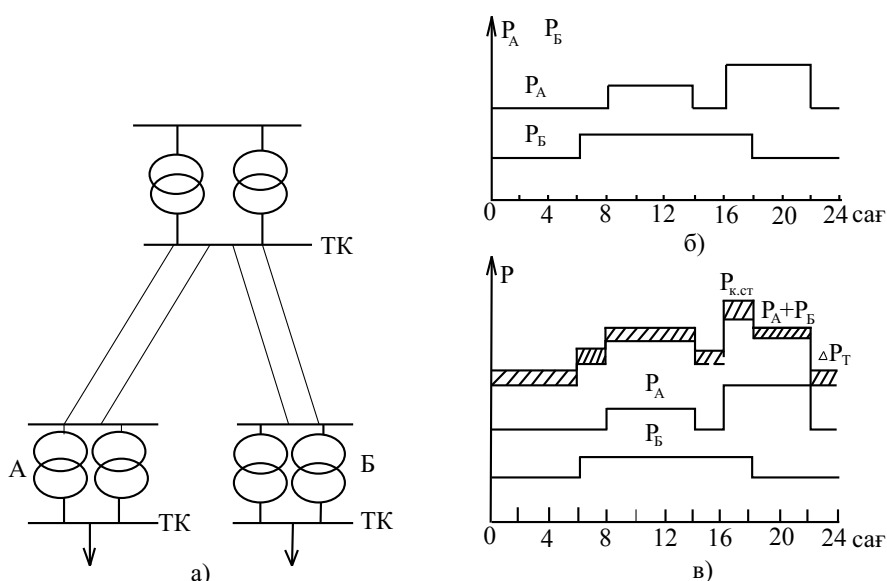
Тұрақты шығын трансформаторлық болаттағы шығынға тең, ол жүктеменің мөлшеріне байланысты емес. Тұрақты шығында әрбір сатыдағы трансформаторлар қуатының шамамен 1-1,5%-ы деп есептеуге болады.

Айнымалы шығын жүктеменің кез келген толық қуатына сәйкесті максималды шығын арқылы есептелінеді. Айнымалы шығынды максималды толық қуат арқылы % түрінде көрсетілген келесі өрнекпен анықтауға болады:

$$\Delta P\% = \frac{\Delta P_{\max\%} \cdot S}{S_{\max}} \quad (3.3.3)$$

Жүктеменің графигін тұрғызғанда қуат коэффициентінің тәулік бойындағы өзгерілуі ескерілмейді. Бұл жағдайда жүктеменің толық қуатының $S(\kappa Bm)$ орнына, жүктеменің активтік қуатын $P(\kappa Bm)$ ескеруге болады. Электрлік желілердегі шығындардың $\Delta P_{\max}\%$ мәнін трансформаторлардың араларындағы шығындарға сәйкесті алуға болады (3.3.1-кесте).

Аудандық қосалқы станциялардың жүктемелерінің тәуліктік графигі мысал ретінде 3.3.1-суретте көрсетілген.



3.3.1-сурет. Аудандық қосалқы станциялардың жүктемелерінің тәуліктік графигі

Электр станцияның генераторларының жүктемелерінің қортынды графигі тұтынушылар жүктемесінің графигімен электрлік желідегі шығындардың қосындысы ретінде алынады. Сонымен қатар өзіндік мұқтаждыққа керекті электр энергияның қосымша шығынын да есептеу керек. Өзіндік мұқтаждыққа керекті электр энергияның шығыны жағар отынның түріне байланысты. Ол электр станцияның генераторларының белгіленген қуатынан % - ретінде алынады (3.3.2-кесте).

3.3.1-кесте.

Электрлік желілердің станцияларына байланысты ΔP_{max} % мәні

Электрлік желілердің сипаттамалары	ΔP_{max} %
1000В-ке дейінгі коммуналды және ауыл шаруашылығындағы желілер	3-5
Кернеуі 1000 В-тан жоғары өндірістік желілер	5-7
Кернеуі 1000 В-тан жоғары коммуналды және ауыл шаруашылығындағы желі	6-8
Энергетикалық жүйенің аудандық желілері	8-10

Электр станцияның максималды қуатынан өзіндік мұқтаждыққа керекті электрлік қуат келесі өрнекпен анықталады [4,12]:

$$P_{\text{макс.өзін}} = P_{\text{max}} \cdot \frac{P_{\text{өзн}} \cdot \%}{100} \quad (3.3.4)$$

Электр станцияның жүктемелерінің тербелісі айтарлықтай болғанда, өзіндік мұқтаждыққа электр энергияны пайдалану айнымалы болады. Бұл жағдайда өзіндік мұқтаждыққа керекті қуатты келесі өрнекпен анықтауға болады:

$$P_{\text{озн.м}} = \left(0,4 + 0,6 \cdot \frac{P_i}{P_{\text{белг}}} \right) \cdot P_{\text{оз.м.мах}} \quad (3.3.5)$$

мұнда, P_i – станцияның шинасынан берілетін қуат; $P_{\text{белг}}$ – станция генераторларының белгіленген (қорытынды) қуаты; $P_{\text{оз.м.мах}}$ – өзіндік мұқтаждыққа керекті максималды шығын; 0,4 және 0,6 коэффициенттері өзіндік мұқтаждыққа керекті қуаттың шамамен алынған тұрақты және айнымалы бөлшектері.

3.3.2-кесте.

Әр түрлі электр станциялардың өзіндік мұқтаждыққа пайдаланылатын қуаттары.

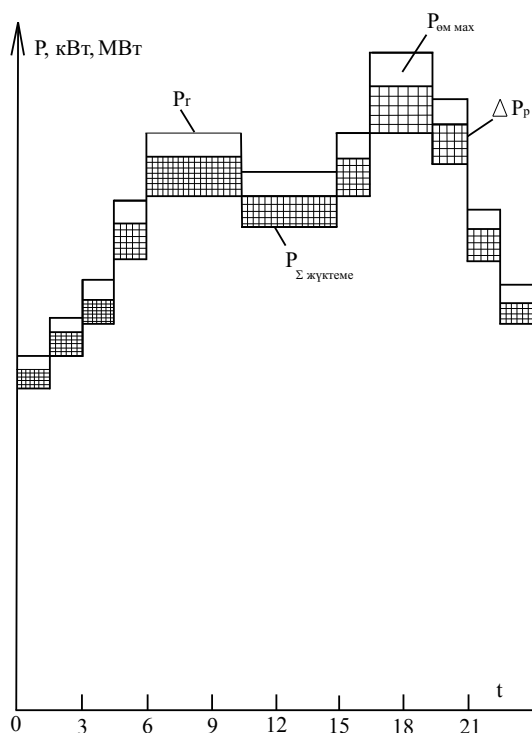
Электр станциялардың түрлері	Өзіндік мұқтаждыққа керекті қуаттың шығыны, %
Жылу электр орталығы, тозаңдатылған көмірмен жұмыс істейді.	8-12
Конденсациялық бу турбиналық электрстанция, тозаңдатылған көмірмен жұмыс істейді.	6-8
Сұйық отынмен немесе газбен жұмыс істейтін электрстанциялар.	3-5
Қуаты орташа су электрстанциялары	1-2
Қуаты кішігірім станциялар, кесек көмірмен жұмыс істейді (механикалық торлары бар).	5-7
Қуатты су электрстанциялары.	0,4-1

Мұндай жағдайда энергетикалық жүйенің активтік жүктемелерінің графигі келесі түрде болуы мүмкін (3.3.2-сурет).

Электр станциялардың электрлік бөлігін жобалағанда, энергетикалық жүйемен байланысатын трансформаторларының немесе автотрансформаторлардың жүктемелерінің графигін білу керек.

ЖЭО энергетикалық жүйемен байланыстратын трансформаторлардың жүктемелерінің графигі 3.3.3-суретте берілген.

Керекті графигті табу үшін генераторлардың жүктемелерінің графигінен (P_r), жергілікті тұтынушылардың жүктемелерін және өзіндік мұқтаждыққа кеткен электр энергияның шығынын $P_{\text{өз.мұқ}}$ алу керек.



3.3.2-сурет. Энергетикалық жүйенің активтік жүктемелерінің графигі.

3.4. Энергетикалық жүйенің станцияларының өзаралық жүктемелерін бөлу

Жеке жұмыс істейтін электр станцияның жүктемелерінің тәуліктік графигі тұтынушылардың энергияны пайдалануына байланысты анықталады. Электр станция энергетикалық жүйенің электрлік желілеріне энергиясын береді де, энергетикалық жүйенің орталық диспетчерлік қызметтерінің тапсырмаларын орындап, сол жүйелік электр энергияны тұтынушылардың дұрыс пайдалануына қатысады [4,12].

Энергетикалық жүйенің топтық режимдік тобы, электр энергияны өндіретін және тұтынушыларды энергиямен қамтамасыздандыратын жалпы жоспарға сәйкесті ай сайын энергетикалық жүйенің жүктемелерінің тәуліктік графигін жасайды. Одан кейін келесі факторларды ескере отырып, әрбір жұмыс күнін анықтап отырады:

1. Өткен аптаның сол қарастырылған күнге жүктемесінің графигі.

Себебі олардың айырмашылығы болуы мүмкін;

2. Бір аптада жүктеменің өсуі (көбеюі);

3. Ауа-райының болжамы, себебі температура және бұл жүктеменің мөлшеріне әсерін тигізеді;

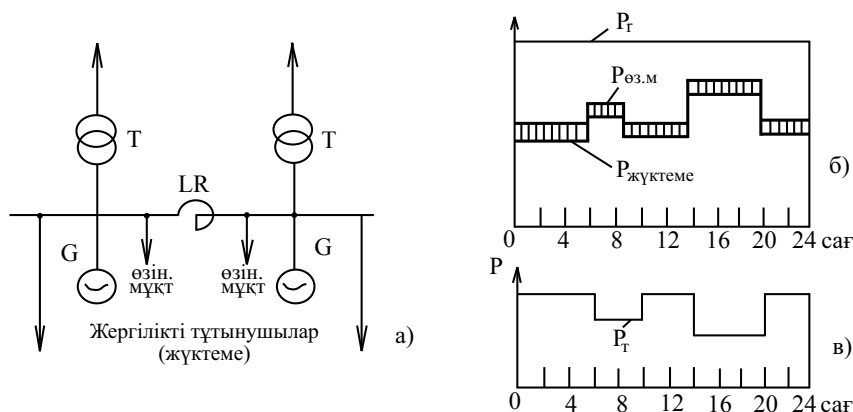
4. Айдың күні, себебі айдың аяғында жүктеменің мөлшері өсуі мүмкін;

Келесі жұмыс күніне жүктемелердің тәуліктік графиктері біржола анықталған-

нан кейін, режим анықталған жүктемені энергетикалық жүйенің станцияларының өзарасына бөлінеді.

Бұл жағдайда келесі мәселелер ескерілуі керек:

- Тұтынушыларды керекті электр қуатымен қамтамасыздандыру;
- Электр энергияны өндіргенде, отынның ең аз шығынының болуы;
- Энергетикалық жүйенің құрамында істейтін электр станцияларындағы байланыс күштік трансформаторлардың (автотрансформаторлардың) жүктемесін анықтау керек (3.3.3-сурет).



3.3.3-сурет. Жылу электр орталығының байланыс күштік трансформаторларының активтік жүктемелерінің тәуліктік графигі.

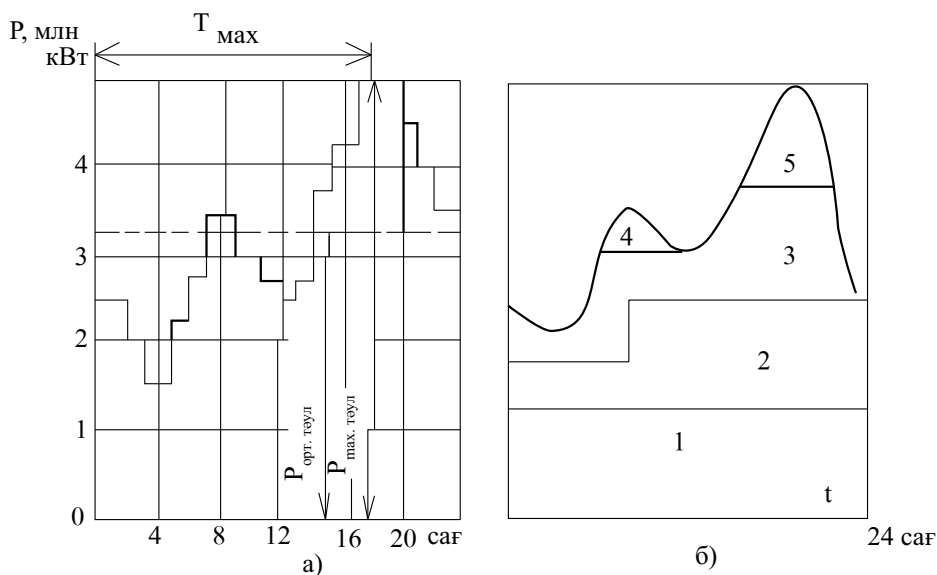
Электр станциялардың өзарасында жүктемелері ұтымды болу олардың параллельдік режиммен жұмыс істеу нәтижесінде болады. Бұл жағдайда энергетикалық жүйенің ең бір үлкен жетістігі болып есептелінеді. 3.4.1-суретте энергетикалық жүйедегі әртүрлі электр станциялардың өзарасындағы жүктемелерінің бөлінуі келтірілген.

3.4.1 б-суретіндегі 1-графигі базалық бөлігі деп аталады. Бұл 1-графигімен мәжбүрлі графикті жүктемелері бар электр станциялар жұмыс істейді. Олар: су электр станциялары (су тасқыны мезгілінде), атом электр станциялары, су электр станциялары (су ағысын реттейтін бассейні жоқ), жылу электр орталығы (электр жүктемелерінің графигі жылу жүктемесінің графигімен анықталады).

Базалық бөлікте қуатты электр станциялар да жұмыс істейді. Оларға энергетикалық жүйеде жиілікті басқару (реттеу) тапсырылады. Бұл станциялар жүктемелердің тербелісіне тез әсерін тигізулері керек және олардың өзгерістерді реттеуге қажетті ауқымды (диапазоны) болуы тиіс. Бұл талаптарға су электр станциялары мен қуатты конденсациялық электр станциялары нақты жауап бере алады.

Жоғарыда көрсетілген электр станцияларымен қамтамасыздандырылған жүктемелерден қалған станциялардың тәуліктік графиктері басқа да станцияларға бөлінеді. Бұл жағдайда ескерілетін мәселе энергетикалық жүйеде өндірілетін энергияға шартты отынның минималды болуы, параллельді жұмыс істейтін электр станциялардың меншікті өсімін бағалау өлшемінің теңдігі.

3.4.1.6-суретіндегі жылу электр орталығы (ЖЭО) жұмыс істей алады. Бұл жағдайда тұтынушылардың жылу энергиясын пайдалану жүктеме графигімен жұмыс істейді.



3.4.1-сурет. Энергетикалық жүйедегі әртүрлі электр станциялардың өзарасындағы жүктемелерді бөлу

3.4.1 б – 3,5-графиктерінде тәулікте реттелініп отыратын су қоймасы бар су электр станциялары жұмыс істейді (графиктің шың бөлігі).

3-графикте шағын немесе орташа қуатты конденсациялық режімде жұмыс істейтін станциялар жұмыс істейді. Бұл жағдайда жүктемелер тек қана станция араларында емес, сонымен қатар станциялардың агрегаттарының арасында бөлінеді. Мұндағы талап жүйедегі энергияны өндірудегі отынның шығынының аз болуы.

Графиктің шың бөлігінде (пиковакя часть графика) жұмыс істейтін су қоймасының сыйымдылығы шектелген су электр станциялары графиктің базалық бөлігіне көше алады. Бұл жағдайда су электр станциясы толық жүктемемен тәулік бойы жұмыс істейтін болады.

3.5 Жүктеменің жылдық ұзақтық графигі.

Бұл қондырғының жыл бойына әртүрлі жүктемелермен қанша уақыт жұмыс істегендігін көрсетеді [12]. Белгілі масштабпен ордината өсіне жүктемені, ал абсциса өсіне жылдық сағаттарды (0-ден 8760-қа дейін) орналастырады. Графикте жүктемелер $P_{мах}$ - бастап $P_{мин}$ дейін төмендетілген тәртіппен көрсетіледі (3.5.1-сурет).

Жүктеменің жылдық ұзақтық графигін белгілі тәуліктік графиктердің негізінде тұрғызады. 3.5.1-суретінде жүктемелердің қыстық (183 күн) және жаздық (182 күн) тәуліктік графиктерін тұрғызу әдісі көрсетілген [12].

Анықтамалық әдебиеттерде электр энергияны ең көп пайдаланылатын тұтынушылар үшін реактивтік жүктемелердің ұзақтық графигі келтірілген.

Жүктеменің жылдық ұзақтық графигін келесі жағдайда пайдаланады:

- қондырғылардың техникалық-экономикалық көрсеткіштерін есептегенде;
- электр энергияның шығынын есептегенде;
- жабдықтарды пайдалануды бағалағанда;
- тағы да көптеген өндіріске керекті жағдайларды қарастырғанда.

Жүктеменің жылдық ұзақтық графигінің тұрғызылу тәртібі келесідей. Белгілі мезгіліне (қыс, жаз) байланысты, олардың тәуліктік графиктерін сызбаның абцисса өсіне біріне-бірін жалғастырып көлденең орналастырады (3.5.2-сурет). Абцисса өсіне бір жылдық уақытты тең масштабпен орналастырады (24 сағат). 365 күн=8760 сағат. Бұл жағдайда ауа райына байланысты қыстық және жаздық тәуліктік графикті анықтау керек. Мысалы, қыстық график 215 күндік болса, сонда жаздық график 150 күн деп есептелінеді. Ордината өсінде тәуліктік графикті бір-бірімен тең бірнеше бөлікке бөледі, содан кейін абсцисса өсіне параллель сызықты жүргізеді.

Айталық, жылдық максималды жүктемеге (1200 кВт) сәйкесті нүктеден абсцисса өсіне параллельді жүргізілген сызық, тек қана графикті а-б бөлігінде қиып өтеді (3.5.2-сурет). Оның ұзақтығы 3 сағат, демек 215 қыстың күні қондырғы күн сайын 3 сағаттан жүктелінеді. Яғни, жүктеменің мөлшері 1200 кВт, ал уақыты 215 күн $\times$ 3 сағат=645 сағат жылына.

Алынған санды жылдық ұзақтық графигіне (3.5.2 в-сурет) орналастырады, АВ бөлігі. Сонымен, жылдық ұзақтық графиктің бірінші сатысы анықталады. Енді жүктемесі 1000 кВт нүктеден абсцисса өсіне параллельді сызықты жүргізсек, ол сызық қыстық графиктің в-г және д-г бөліктерін қиып – өтеді, уақыты 4 сағат, ал жаздық графиктің бөлігі ж-з (3.4.2 б-суреті) уақыты 2 сағат.

Жүктеменің қуаты 1000 кВт болғанда (одан кем болмағанда) жылдық сағаттың жалпы саны келесідей болады:

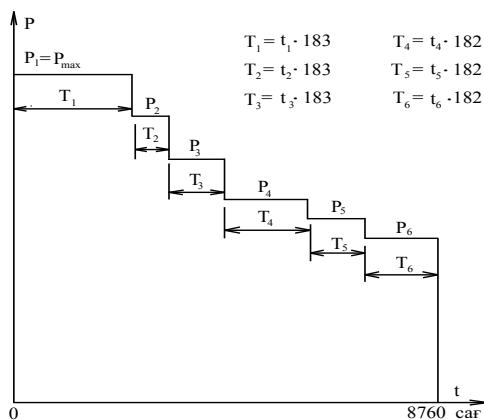
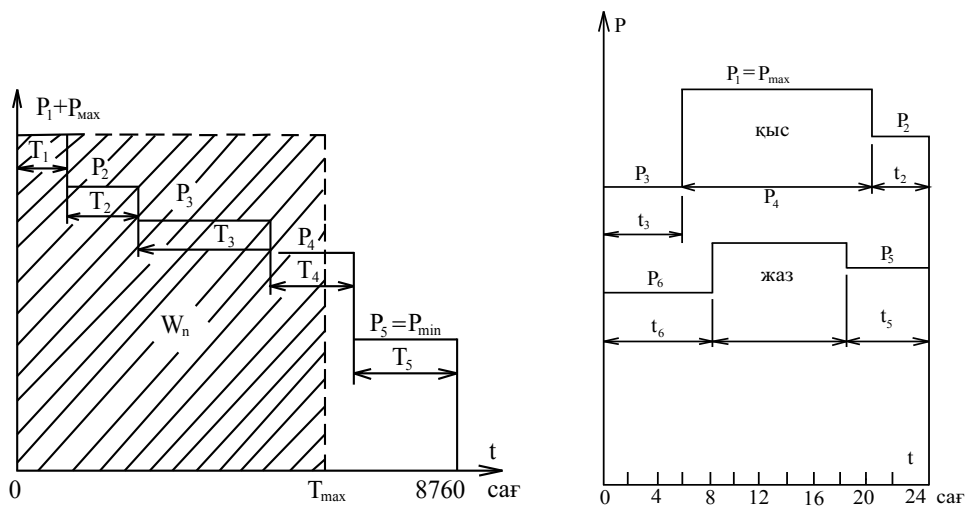
$$(4,215)+(2\cdot150)=1160 \text{ сағат.}$$

Табылған сағаттардың сандарын жылдық ұзақтық графигінің координатасының басынан бастап орналастырамыз. Сонда, жүктеменің жылдық ұзақтық графигінің екінші сатысын табамыз (G-K). Осындай әдіспен жылдық ұзақтық графигінің қалған сатылары табылады.

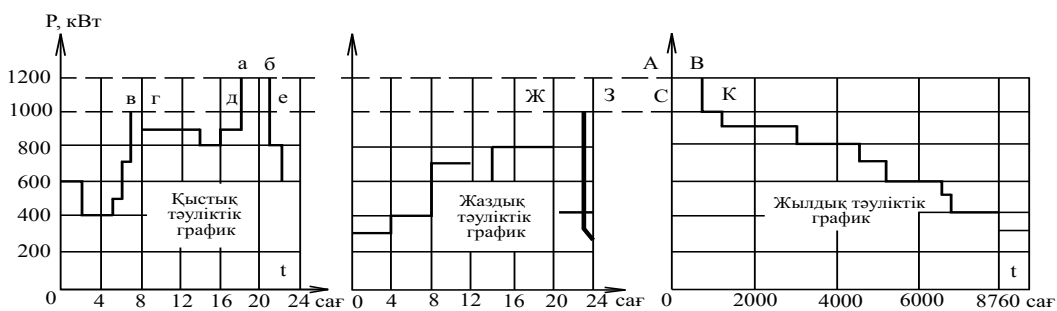
Бір белгілі масштабта алынған жылдық ұзақтық графиктің ауданы, сол жылда пайдаланған электр энергияның көлеміне сәйкесті келеді, ($A_{\text{жыл}}$) арқылы қондырғының жүктемесінің жылдық орташа мәнін келесі өрнекпен табуға болады:

$$P_{\text{жыл.орт}} = \frac{A_{\text{жыл}}}{8760} , \quad (3.5.1)$$

мұнда, 8760 – бір жылдағы сағат саны; $A_{\text{жыл}}$ – бір жылда пайдаланған электр энергияның мөлшері, кВт.сағат.



3.5.1-сурет. Жүктеменің жылдық ұзақтық графигі.



3.5.2-сурет. Активтік жүктеменің жылдық ұзақтық графигін тұрғызу.

Сонымен қорытып айтқанда, жылдық ұзақтық график арқылы бір жылда қанша электр энергиясы өндіріледі және жүктемелермен қаншасы қалай пайдаланылғанын анықтауға болады.

3.6 Жүктемелердің графиктері арқылы техникалық-экономикалық көрсеткіштерді анықтау

Активтік жүктеменің графигінің қисық сызығымен шектелген аудан, қарастырылып отырған мезгілде электр қондырғымен өндірілген немесе пайдаланылған электр энергияның санына тең:

$$W_A = \sum P_i \cdot T_i, \quad (3.6.1)$$

мұнда, P – графиктің i – сатысындағы қуат; T – сатының ұзақтығы.

Қарастырылып отырған мезгілдегі (тәулік, жыл) қондырғының орташа жүктемесі келесі өрнекпен анықталады:

$$P_{opt} = \frac{W_{II}}{T} \quad (3.6.2)$$

мұнда, T – қарастырылып отырған мезгілдің ұзақтығы;

W_{II} – қарастырылып отырған мезгілдегі электр энергия.

Қондырғылардың жұмыс істеу графиктерінің біркелкі еместік дәрежесі толтыру коэффициентімен бағаланады:

$$K_{толт} = \frac{W_{II}}{P_{max} \cdot T} = \frac{P_{opt}}{P_{max}}, \quad (3.6.3)$$

Жүктемеграфиктің толтыру коэффициенті, қарастырылған мерзімдегі (тәуліктік, жыл) қондырғымен электр энергияның өндірілуінен, пайдаланылуының қанша рет кем екендігін көрсетеді. Бұл мезгілде қондырғының жүктемесі максималды болуы керек деп есептелінеді. Шамасы, график бір қалыпты болса, онда толтыру коэффициентінің мәне 1-ге жақын болады.

Қондырғылардың жүктемелерінің графигін сипаттау үшін максималды жүктеменің шартты ұзақтығын пайдаланып шешуге болады:

$$K_{толт} = \frac{W_{II}}{P_{max}} = \frac{P_{opt}}{P_{max}} = K_{толт} \cdot T, \quad (3.6.4)$$

Бұл мөлшер (өрнек), қарастырылып отырған уақытта T (әдетте 1 жыл) қондырғы электр энергияның шынында керекті санын өндіру үшін қанша сағат жұмыс істеу керектігін көрсетеді. Бұл мезгілде қондырғының максималды жүктемесі өзгермейді деп есептелінеді.

Сонымен қатар, өндірісте белгіленген қуатты пайдалану коэффициенті қолданылады:

$$K_{II} = \frac{W_{II}}{T \cdot P_{белг}} = \frac{P_{opt}}{P_{белг}}, \quad (3.6.5)$$

немесе белгіленген қуаттың пайдалану ұзақтығын қолданады:

$$T_{\text{белг}} = \frac{W_{\Pi}}{P_{\text{белг}}} = K_m T, \quad (3.6.6)$$

Келтірілген өрнектегі $P_{\text{белг}}$ деп барлық агрегаттардың белгіленген қуаттарының қосындысы екенін түсінуіміз керек: резервтік қуаттарда қосылады.

Агрегаттардың белгіленген қуаттарын пайдалануды, пайдалану коэффициенті K_{Π} – сипаттайды.

Сірә, $K_{\Pi} < 1$, ал $T_{\text{белг}} < T$. Егерде $P_{\text{белг}} < P_{\text{max}}$ арақатынасын (байланысын) ескерсек, онда $K_{\Pi} < K_m$ болатындығын байқаймыз.

Энергетикалық жүйедегі электр станциялардың белгіленген қуатты пайдалану ұзақтығы шамамен жылына 5000 сағатты құрайды.

4-тарау. СТАНЦИЯЛАРДАҒЫ НЕГІЗГІ ЭЛЕКТР ЖАБДЫҚТАРЫ, АППАРАТТАРЫ, ТОК ӨТКІЗГІШТЕРІ ЖӘНЕ ОҚШАУЛАТҚЫШТАРЫ. ҚЫСҚАША МӘЛІМЕТТЕР.

Станциядағы электр жабдықтарының қолданылуы және құралымдық орындалуы алуан түрлі. Оны екі топқа бөлуге болады:

1. Негізгі электр жабдықтарына электр энергияны өндіретін генераторлар және кернеудің деңгейін өзгертетін трансформаторлар (автотрансформаторлар) жатады.

2. Өндіріс процестерін қамтамасыз ететін және электр жабдықтарының жұмыс тәртібін (режімін) өзгертетін, энергияның сапасын бақылайтын, апаттық жағдайда элементтерді қорғайтын электр аппараттарынан тұрады.

Сонымен станциядағы электр жабдықтарының негізгі құрамы мыналар 4.1-сурет:

1. Тоқ трансформаторлары (TA1-TA2).
2. Ажыратқыштар (Q1-Q7).
3. Айырғыштар (QS 1-QS 13).
4. Өзіндік мұқтаждарын қоректендіретін тізбек (W4-W7).
5. Күштік трансформаторлары (T1,T2).
6. Электр берілісі желісі (W1-W2).
7. Жинақтаушы шиналары (A).
8. Балқымалы сақтандырғыштар (F_1 - F_5).
9. Кернеу трансформаторлары (TV1-TV3).
10. Генераторлар (G1, G2).

4.1 Станцияның негізгі электр жабдықтары

Электр станцияда көптеген электр жабдықтары кеңінен қолданылады. Мысалы, синхронды генераторлар, күштік трансформаторлар мен автотрансформаторлар, электр қозғалтқыштары (асинхронды немесе синхронды), синхронды компенсаторлар, т.с.с.

Электр станциясы мен қосалқы станциядағы негізгі электр аппараттарына әртүрлі аппараттар (ажыратқыштар, айырғыштар, қысқа тұйықтағыштар, бөлгіштер, релелік қорғау, автоматика т.б.) жатады. Синхронды генераторлар электр энергиясын өндіруге және электр желісінде кернеуді реттеуге, электр қозғалтқыштары – қосалқы механизмдер мен машиналарды қозғалысқа келтіруге, күштік трансформаторлары жоғары немесе төмен кернеудің қажетті деңгейіндегі электр энергиясын алуға қолданылады (14,15,16,17,18).

Электр энергетикада ажыратқыш аппараттардың айрықша маңызы бар, олар станциялар мен қосалқы станциялардағы жекелеген тізбектердің агрегаттарын қалыпты режимде және апаттық жағдайда қосу және ажырату үшін қажет.

Ажыратқыш аппараттарға жататын: рубильниктер, ажыратқыштар автоматтары, балқымалы сақтандырғыштар, контакторлар, магниттік іске қосқыштар, бөлгіштер, қысқа тұйықтағыштар және жоғары вольтті ажыратқыштар (19,20).

Қажетті жағдайда қысқа тұйықталған тоқ шамасын шектейтін аппараттар – реакторлар, электр қондырғысын артық кернеуден қорғайтын аппараттар – разрядниктер қолданылады. Өлшеуіш приборлары, қорғауыш релені және автоматиканы қосу үшін, әрі басқа да мақсаттар үшін тоқ пен кернеуді өлшейтін трансформаторлар кеңінен қолданылады.

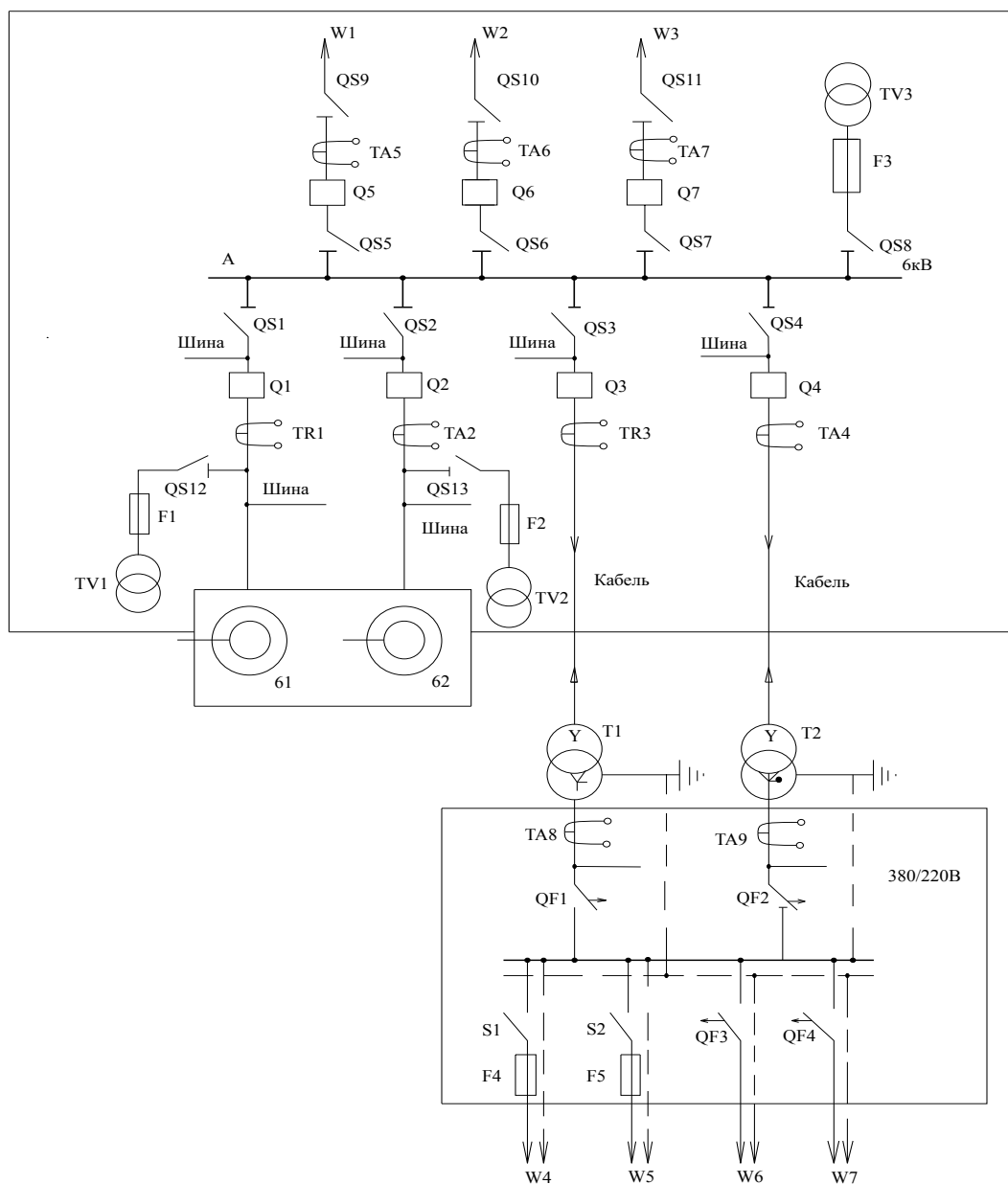
Жоғарыда аталған негізгі электр жабдықтары мен қоса, электр станциялары мен қосалқы станцияларында көптеген өлшеуіш приборлар, сондай-ақ релелік қорғаныс, автоматика, сигнализация, басқа да құрылғылар қолданылады.

Өлшеуіш приборлар агрегаттардың және қондырғының жекелеген бөлшектерін бақылау үшін, электр энергияның сапасын (кернеуі мен жиілігін) бақылау үшін әрі өндірілетін және таратылатын электр энергияның есебін алу үшін қолданылады.

Релелік қорғаныс және автоматика құрылғылары қондырғыдағы апатты және бұзылған жұмыс режимін тез реттеуге ықпал етеді әрі олардың қалыпты режимін тез түзетеді.

4.1-сұлбадағы суретте тиісті жабдықтар орналастырылған бөлмелер контуры үзік сызықтармен шектелген. Г-1 және Г-2 генераторлары өздерінің бастапқы қозғалтқыштарымен қоса (суретте көрсетілмеген) станцияның бас корпусындағы машина залында орналастырылған. Кернеуі 6-10 кВ болатын барлық электр жабдықтары станцияның бас тарату құрылғысында орнатылған. Генератордың осы тарату құрылғысымен байланысы шиналармен көрсетілген, алайда олар күштік электр кабелімен де орындалуы мүмкін.

Т-1 және Т-2 трансформаторлары станцияның өзіндік мұқтажы үшін орнатылған таратқыш қалқанды 380-220 В қоректендіруге және станцияға электр жарығын беретін электр желісі тартылады. 6 кВ-тың барлық тізбектерінде жоғары кернеулі ажыратқыш (Q) және айырғыш (QS) орнатылған. Жинақтаушы шинасы (A) жағынан орнатылған айырғыштарды, ал тармақталған желідегі кабельді бөлімдегі айырғыштарды (QS9-QS11) желілік деп атау қабылданған. Тізбектің әрбір жалғанған тұсына трансформатор тоғы (TA) орнатылған, ол өлшеуіш приборлар мен релелік қорғаныстың құралдарын қоректендіруге арналған. Кернеу трансформаторы (TV) генератор тізбегінде және жинақтаушы шиналарда орнатылған. Кернеу трансформаторының алдына айырғыштар мен балқыма сақтандырғыштар (F_1 - F_3) қосылған.



4.1-сурет. Электр станциялардың негізгі жабдықтары мен электр аппараттарын қолданудың ұстанымдық сұлбасы

Кернеуі 380/220В шаппа қосқыштағы (QF_1 - QF_2) және балқыма сақтандырғыштағы (F_4 - F_5) максималь ток (QF_1 - QF_5) автоматы көрсетілген. Аппараттар аралығындағы жинақтаушы шиналар (А) мен барлық қосылыстар фарфор оқшаулатқышта жалаңаш шиналармен (Ш) атқарылады. Жекеленген тізбектерді кейде кабельден жасайды. Т-1 және Т-2 трансформаторларына кернеуі 6 кВ кабельдерді жалғастырады. Кабельді көбінесе кернеуі 6 кВ 3 тармақты сымнан

жасайды. Кернеуі 1000 В-қа дейінгі тарауыш құрылғыларды жалаңаш шиналармен немесе оқшауланған сымдармен жалғастырады. Онда аппараттардың, приборлардың, басқа да құрылғылардың орналасуы, олардың жалғануы, сондай-ақ сымдар мен кабельдердің қимасы, олардың маркасы, тиіспелі құрылғылардың орналасуы, тораптарды маркировкалау сұлбасы және элементтер сұлбасы көрсетіледі.

Міне, осы көрсетілген жабдықтар арқылы электр энергиясы өндіріледі және түрлендіріледі де тұтынушыларға жеткізіледі. Осы жіберілетін электр энергияның сапасы көрсетілген жабдықтардың құралымына, тоқтаусыз жұмыс істеуіне және осы станциядағы жұмысшылардың біліміне байланысты (17,18).

Төменде қажетті жабдықтардың өнеркәсіпте және шаруашылықта жиі қолданылатын түрлерінен мысал келтіріледі.

4.2 Электр генераторлары. Жұмыс істеу ұстанымы. Құралымы.

Электр генераторы – турбинадан алған механикалық энергияны электр энергиясына түрлендіретін машина. Генератордың жұмыс принципі (Фарадей Максвелл) электромагниттік индукция құбылысына негізделген. Генераторда өндірілген ток пен кернеу синусоида заңы бойынша өзгереді, сондықтан да генератор өндірген электр қозғаушы күш айнымалы шама әрі ол магнит ағынының (Ф) өзгеруіне байланысты болады. Сонымен (14,15):

$$\varepsilon = d\varphi / dt \quad (4.1)$$

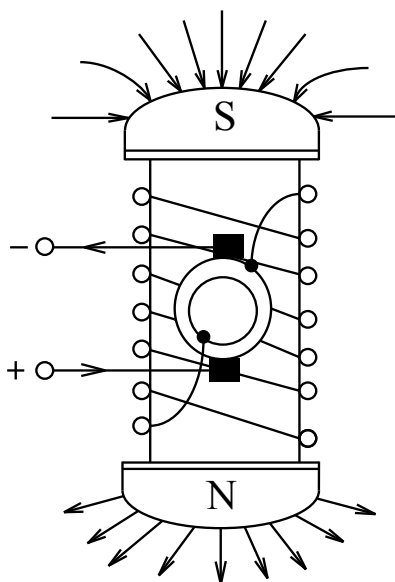
Электр қозғаушы күші (Э.Қ.К.) магнит ағынының (Ф) өзгерісіне байланысты, ал оның өзі ротордың орамынан ток аққанда пайда болады (4.2-сурет). Ротор дегеніміз болат білік-подшипниктерден айналатын цилиндр. Цилиндрге ойық жасалып, онда тұрақты токтың сым орамы орнатылған. Токтың (1) орам санына (W) көбейтіндісі магнит қозғалтқыш күшін ($I \cdot W$), оның өзі темір өзекшеде магнит индукциясын (B) тудырады: $B = \mu \cdot I \cdot W$, мұндағы μ - полюстің шаршы сантиметр бетіндегі магнитті күш сызығы жолының магнит өткізгіштігі.

Полюстен шығатын магнитті күш сызығының толық саны магнит ағыны (Ф) болып саналады: $\Phi = B \cdot S$, мұндағы S-см² есебіндегі полюс беті. Магнит ағыны Вебермен өлшенеді.

Ротор магниті айналған кезде статор орамындағы магнит ағыны синусоида заңы бойынша өзгереді (4.3-сурет). Сол жақтағы сурет статор орамына сәйкес ротор магниттің орналасуының әртүрлі моменті, оң жақтағы суретте электр қозғаушы күштің лездік мәні, статор орамының айналымынан өтетін магнит ағыны (Ф) көрсетілген.

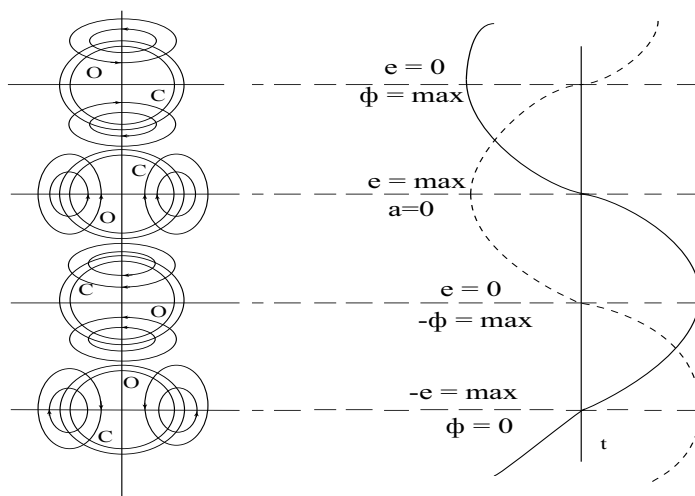
Ерекше көңіл бөлетін мәселе: электр қозғаушы күш орам айналымынан өтетін магнит ағынының абсолютті мәніне емес, осы ағынның уақыт бойынша өзгеру жылдамдығына пропорционал болады да, дифференциалдық формада өрнектеледі: мәселен, магнит ағыны (Ф) нөл арқылы өткенде, оның жылдамдығының максималь шамаға жетіп, электр қозғаушы күштің (e) максимум шамасы алынады. Синусоида

төбесінде магнит ағыны шамасының өзгеруі 0-ге тең, демек, $\Phi = \max$ болғанда ЭҚК нольге тең, яғни $\varepsilon = 0$. Φ -тің өзгеру бағыты қарама-қарсы екендігіне назар аударыңыздар. Φ шамасы азая бастаған кезде ЭҚК көбейе бастайды. Сондықтан да, оң жақ бөліктегі формула (1) минус таңбасына ие болады (Ленц ережесі).



4.2-сурет. Генератор ЭҚК-ін алу сұлбасы

Ораманың бір айналымындағы ЭҚК шамалы ғана – 100В-қа тең болады. Қазіргі генераторларда 24000 вольтқа дейін жететін едәуір көп ЭҚК алу үшін статор орамындағы айналым санын бірнеше жүзге жеткізеді. Мұндай мөлшердегі орам айналымының саны статор шеңберіндегі бірнеше ойықта орналасады.



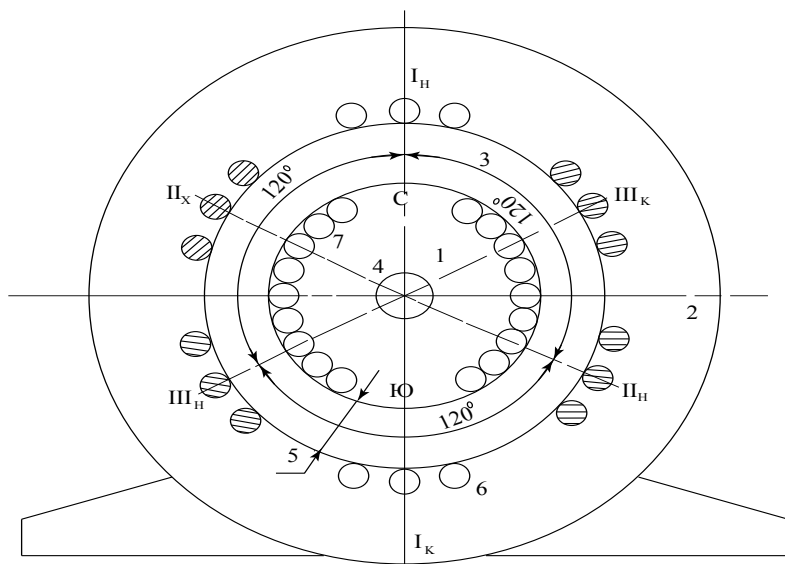
4.3-сурет. Статор орамасындағы магнит ағынының (Φ) синус заңы бойынша өзгертіндігін көрсететін сұлба

Барлық айнымалы ток генераторлары үш фазалы, яғни шеңбер бойынша 120° аралықта ($360^\circ : 3 = 120^\circ$) орналасқан тәуелсіз үш орамды болады. Үш фазалы ток генераторы 4.4-суретте көрсетілген.

Ротор генераторының n минутта айналуының және айнымалы ток жиілігінің (f) араларында тәуелділік бар. Бұл тәуелділік келесі формуламен анықталады:

$$f = P \cdot n / 60 \quad (4.2)$$

Ток жиілігі герц-секундпен өрнектеледі. Дүние жүзіндегі көпшілік елдердегі жалпы өнеркәсіптік электр станцияларының стандартты жиілігі – 50 Гц.



4.4-сурет. Үш фазалы ток генераторы.

1 – Ротор бөшкесі. 2 – Статор темірі. 3 – Статордың үш орамасы (обмоткасы). 4 – Ротор білігі. 5 – Ротор мен статордың арасындағы бос кеңістік. Ол бірнеше мм-ден бірнеше см-ге дейін жетеді. 6 – Статор теміріндегі әдейі жасалған қуыстар (пазы): I, II, III. Олар орамалармен толықтырылады. 7 – Ротор бөшкесіндегі қоздырғыш орамамен толтырылған қуыстар (пазы).

Орамамен толтырылмаған ротордың қуыстары, ротордың оңтүстік және солтүстік полюсы болып есептеледі.

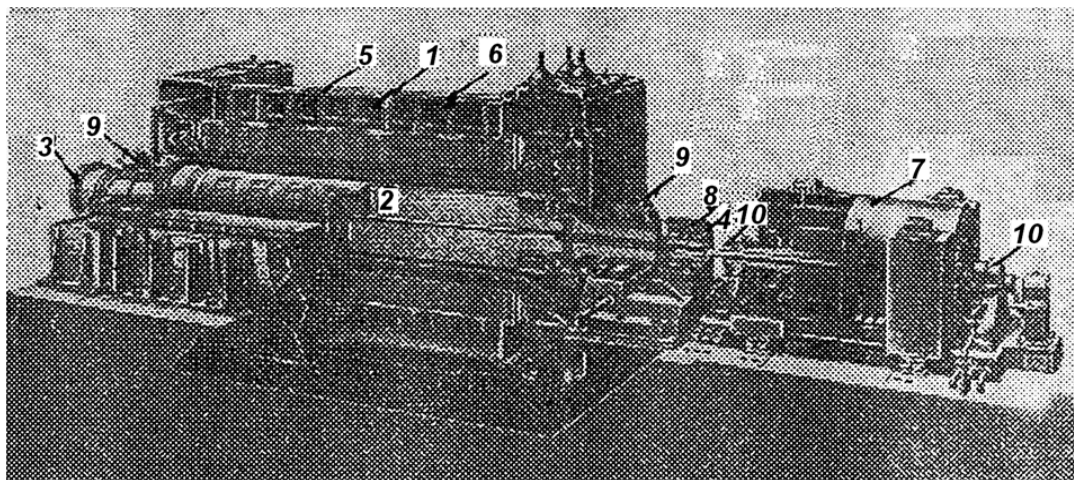
Мұндай жағдайда не белгіленген айналым бойынша полюс жұптарының (P) санын, не белгіленген полюс жұптары санының айналымын табады. Келесі формула:

$$P = f \cdot 60 / n \text{ немесе } n = f \cdot 60 / P \quad (4.3)$$

Қазіргі жылу электр станцияларындағы турбогенераторлардың айналымы $n = 3000$ айн/мин (4.4-сурет).

$$P = f \cdot 60 / 3000 = 1 \text{ жұп полюс} \quad (4.4)$$

Гидрогенераторларда айналым саны едәуір кем болады, тіпті $p=100$ және $p=600$ -ден аспайды, сондықтан да олардың көптеген жұп полюсі ($P=40$ -қа дейін) болады. Мұндай жағдайда гидрогенератор роторлары айқын полюсті атқарып, полюстің түрі доңғалақтың тістері секілді +болады



4.5-сурет. Турбогенератордың жалпы көрінісі.

1 – статор орамасы; 2 – ротор; 3,4 – қосатын муфталар; 5 – статордың корпусы; 6 – статордың өзегі; 7 – қоздырғыш; 8 – ротордың және щетканың сақиналы тиіспелері; 9 – генератордың подшипниктері; 10 – қоздырғыштың подшипниктері.

Синхронды машиналардың негізгі көрсеткіштері:

1. Бос жүріс сипаттамасы;
2. Қанықпаған синхрондық реактивті кедергі:
 X_d – ұзына бойына;
 X_q – көлденең бойына;
3. Статордағы реактивтік сейілуі, X_6
4. Шекті қоздыру тоғы $I_{f, ш. қ. т.}$
5. Нақты номинал қуат, S_H , МВт;
6. Нақты номинал кернеу, U_H , кВ;
7. Асқын өтпелі индуктивтік кедергі, X_d'' ;
8. Ең жоғары ЭЭҚ - E_d'' ;

Қазіргі өндірісте пайдаланылатын турбогенераторлардың номиналь қуаты (екі полюсті): 2,5; 4; 6; 12; 30; 50; 60; 100; 150; 200; 300; 500; 800; 1200 МВт.

Номиналь кернеуі: $6,3 \div 24$ кВ қуат коэффициенті: $\cos \phi = 0,8 \div 0,9$. Номиналь тоғы: $I_H = 0,35 \div 0,32$ кА. Пайдалы әсер коэффициенті $\eta = 0,958 \div 0,9$. Ротордың массасы: $3,5 \div 100$ т. Турбогенератордың жалпы массасы: 16 до 600 т. Турбогенератордың (ТВМ-300): ұзындығы – 17610 мм, ені – 3860 мм, биіктігі – 3950 мм.

Турбогенераторлары мен гидрогенераторлардың салыстырма деректері:

№	Көрсеткіштері	Турбогенератор	Гидрогенератор
1	2	3	4
1.	Номиналь кернеу, кВ	6,3 ÷ 24 кВ	3,15 ÷ 15,75
2.	Номиналь ток, кА	0,35 ÷ 32	0,6 ÷ 26
3.	Ротордың массасы Т	3,5 ÷ 100	30 ÷ 890
4.	Жалпы масса, Т	16 ÷ 600	75 ÷ 1650
5.	Ротордың ұзындығы, М	1,1 ÷ 1,28	5 ÷ 16
6.	Айналу жиілігі айн/жиілігі	3000	50 ÷ 600

Қазіргі уақытта өндірісте пайдаланылатын синхронды генераторлардың түрлері (типтері):

Т – жабық жүйеде жанамалы түрде ауамен салқындатылады (қуаты: 2,5; 4; 6; 12 МВт);

ТВ – жабық жүйеде жанамалы түрде сутегімен салқындатылады. Қысымы 0,105-0,2 МПа қуаты: 30; 50; 60; 100; 150 МВт;

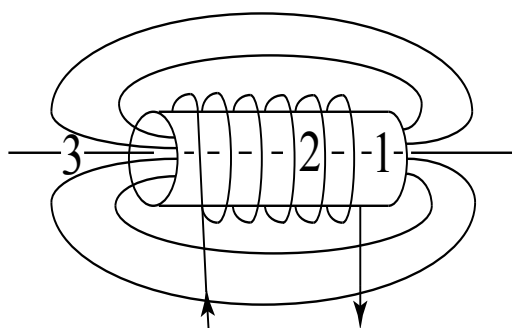
ТВФ – статорды жанамалы түрде, ал роторды тікелей жеделдету әдісі арқылы сутегімен салқындатылады.

4.3. Генераторларды қоздыру және салқындату жүйелері

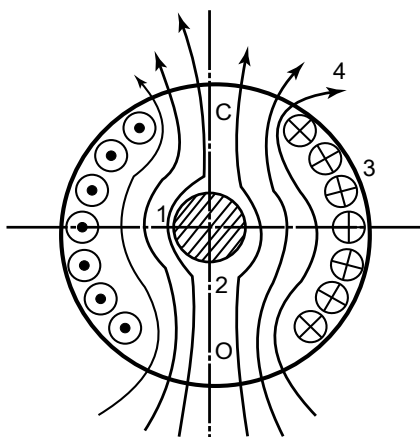
Статор орамасындағы ЭҚК-ті индукциялау үшін ротор қуаты магнит ағынын тудыру қажет екендігі туралы жоғарыда айтылған болатын. Табиғи магниттер аз шамадағы магнит ағынын туғызады және де бұл магнето- типтес айнымалы ток генераторларында, қопарғыш машиналарға ғана жарамды. Қуатты магнит ағынын жасау үшін электр магниттері қажет. Электрлік магниттер тұрақты тоқты темір өзекшесі бар орауыштарда өндіреді (4.6-сурет).

Электрлік магниттер табиғи магниттерден он және жүз еседей асып түсетін магнит ағынын жасайды. Тез айналатын турбогенераторларда роторлы магнит цилиндр формалы келеді және магнит полюсі ойықтар мен орамдар орналаспаған жерде болады (4.7-сурет).

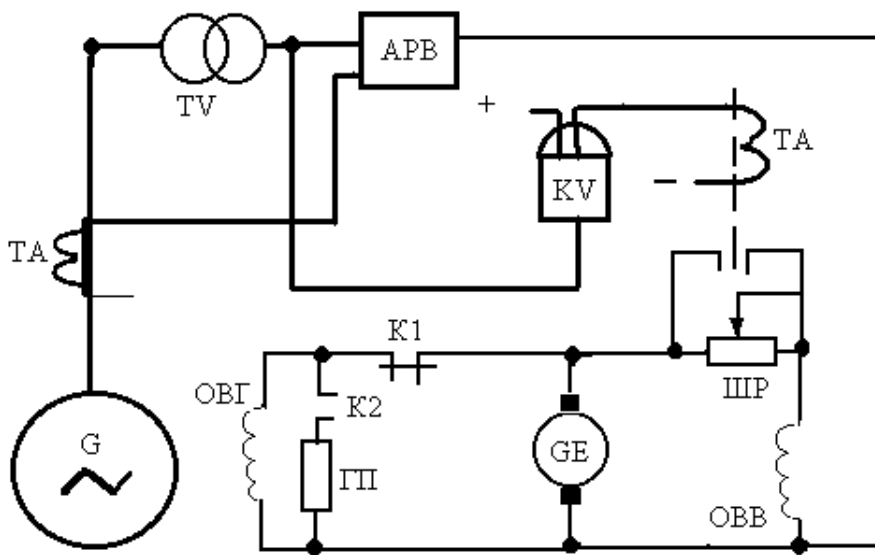
Тұрақты токпен қоректендіру үшін магнит ағынын туғызатын ротор орамында көптеген құрылғылар болады. Қоздырудың ең қарапайым әдісіне – тұрақты тоқты генераторды қоздыратын электр – машиналық әдісіне тоқталайық (4.8-сурет).



4.6-сурет. Айқын полюсті электрлік магнит.
 1 – Жұмсақ магниттен жасалған темір өзекше.
 2 – Тұрақты тоққа қосылатын орама.
 3 – Магнит сызықтарының бағыты.



4.7-сурет. Полюсі айқын емес ротор.
 1 – Болаттан жасалған ротор бөшкесі.
 2 – Ротор білігінің тұрақты тоққа қосылатын ротордың периметрі бойынша әдейі қуысқа орнатылған орамы.



4.8-сурет. Тұрақты тоқты генераторды қоздыратын электр-машиналық әдістің сұлбасы.

G – үш фазалы синхронды генератор. ОВГ – генератордың қоздыру орамы. GE – қоздырғыш электр машинасы (возбудитель). ОВВ – қоздырғыш электр машинасының қоздыру орамы. ШР – шунттайтын реостат. АГП – магниттік өрісті сөндіретін құрылғы. АРВ – кернеуді реттейтін автомат. КВ – кернеу релесі.

G – шықпасындағы кернеу тербелген кезде бұл тербеліс ТИ арқылы АРВ-ға

беріледі де, ОВВ ток шамасына әсер етеді, соның әсерінен GE-дағы кернеу өзгереді, ал GE-дан және ОВГ-ден G-ға қарай магнит ағыны (Φ) өзгереді.

G – шықпасындағы кернеу де соған байланысты болады, өйткені $U=f \cdot \Phi$. Кернеу тербеліп және өзгеріп қана қоймай, АРВ-ға генератор статоры орамындағы ток өзгерісі де әсер етеді, мұның өзі ТА-ға да ықпал етеді, өйткені статор орамында тоқтың көбеюі ротордағы Φ ағынының магнитсіздендіріп, статор реакциясы деп аталатын құбылыс пайда болады. Мұндай жағдайда ТА-дағы ток АРВ-ға, соңғысы ОВВ-ға т.б. әсер етеді.

Генератор шықпасында кернеу кенеттен төмендегенде TV-KV-ге әсер етіп, ол өзінің қалыпты ажыратылған түйіспесін тұйықтайды, олар ШР тізбегінен ажыратылады, ОВВ-дегі ток артады, GE-дағы кернеу көбейеді т.б.

Апаттық жағдайда генераторды ажыратқан кезде кернеуді тез төмендету қажет. Ол үшін магнит ағыны мен ток құйыны төмендетіледі, мұны жүзеге асыру үшін КІ-ді ажыратады, бірақ мұндай жағдайда ротор тізбегінде кернеу күрт артуы мүмкін, ал оның өзі мыныған байланысты болады:

$$U = L \cdot di / dt \quad (4.5)$$

мұндағы, L – ОВГ-нің индуктивтілігі; di / dt – ажыратқан кездегі қозу тоғының жоғалу жылдамдығы.

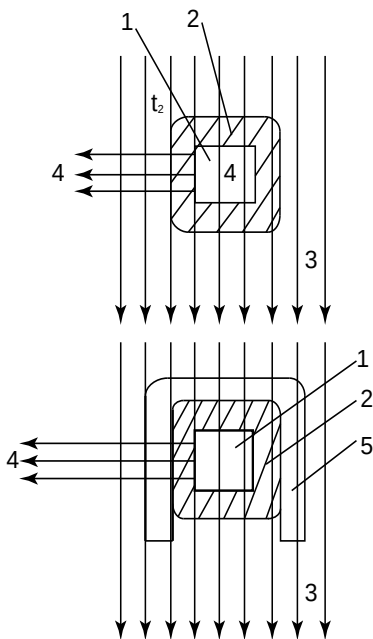
Сондықтан КІ-ді ажыратар алдында К2 түйіспесін қосады, сонда ОВГ-дегі магнит өрісінің энергиясы ГГ кедергісіне шашырайды.

Жаңа және күрделі қозу жүйелері арнайы курстарда қарастырылады.

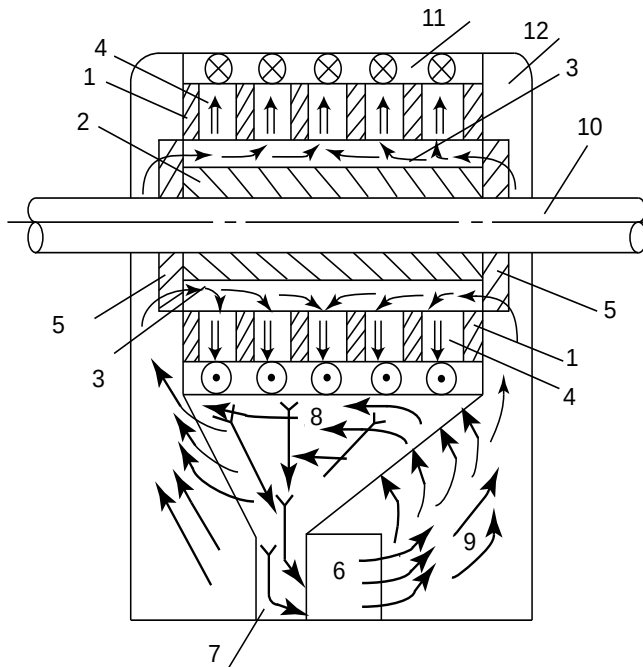
Генераторды салқындату жүйелері. Генераторлар жұмыс істеген кезде энергия шығыны болады. Шығын статор мен ротор арқылы тоқтың өтуінен; статор теміріне айнаымалы магнит өрісінің әсерінен темірдің қайта магниттенуінен болады. Бұл шығын жылуға ауысады. Генератордың алған қуатының 2-ден 1,5 %-ға дейін жылуға ауысады. Генератор қуаты жүз мың кВт-қа жеткенде шығын мың кВт болады екен. Сондықтан генератор қалыпты жұмыс істеу үшін салқындатылуы тиіс.

Салқындатудың **жанама, тікелей және аралас** әдістері бар. **Жанама әдісте** өткізгіштің оқшаулатқышы сыртқы қаптамасы арқылы салқындатылады. Кейбір жағдайда өткізгіш салқындатқыш ортадан оқшаулатқышпен және статор немесе ротор металдарымен оқшауланған, ал мұның өзі салқындатуды едәуір қиындата түседі.

Жанама салқындату 4,9-суретте көрсетілген. Жанама салқындату кезіндегі салқындатқыш ортадағы ауа немесе сутегі (H_2) болып саналады. Жанама салқындату кезінде салқындатқыш орта тұйық цикл бойынша генератор-салқындатқышта айналысқа (циркуляцияға) түседі. Салқындатудың ұстанымдық сұлбасы 4,10-суретте көрсетілген.



4.9-сурет. Генераторды жанама цикл бойынша салқындату сұлбасы



4.10-сурет. Генераторды тұйық жанама салқынтатудың ұстанымдық сұлбасы

1 – жылу бөлінетін ток өткізгіш өзек. 2 – ораманың оқшауламасы. 3 – толассыз салқындатқыш газ. 4 – толассыз жылу. 5 – статор немесе ротордың темірі. Оның қуысында (пазасында) өткізгіш әдейі орналастырылған.

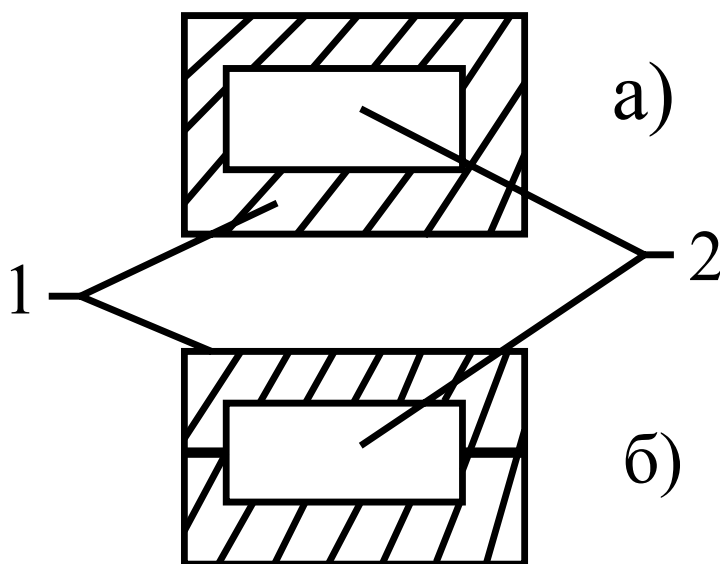
Салқындату үшін ауа және сутегі (H_2) газдарын қолданады. Сутегі ауадан 14,3 есе жеңіл, сондықтан ротордың газға үйкелісі, ауаға үйкелісінен анағұрлым төмен. Сонымен қоса, сутегінің жылу өткізгіштігі ауаға қарағанда 7,1 есе көп, ал жылу шығарғыштық қабілеті 1,44 есе артық.

Егер сутегімен салқындатылмаса генератордың қуаты 50% кемітілуі тиіс, сондықтан әрбір электр станциясында электролиттік жіктеу әдісімен сутегін өндіретін, өзіндік сутегі станциясы болады.

Генераторды тікелей салқындату.

Тікелей салқындату деп мыс орамына салқындатқыш орта мен тікелей жанастыруды айтады. Мұндай жағдайда орам оқшаулатқышының болуы салқындатуға кедергі жасамайды. Тікелей салқындату үшін ротор мен статордың электр тоғы өткізгіштерге салқындатқыш арқылы өтетін канал немесе қуыс болуы тиіс. Орам өткізгіштерінің құралымы түтікшелі не астаушалы болады. (4.11-сурет).

Тікелей салқындату кезінде салқындату қарқыны, жанама салқындатуға қарағанда он еседей жоғары. Өткізгіш арналары бойынша тікелей салқындату газбен, 1 см^2 қысымдағы сутегімен не сұйықпен-трансформатор майымен және сумен атқарылады.



4.11-сурет. Генераторды тікелей салқындатудың ұстанымдық сұлбасы
а) Салқындатылған орама өткізгіштерінің түтіккі құралымы;
б) салқындатылған орама өткізгіштерінің астаушалы құралымы.
1 – мыстан жасалған өткізгіштер. 2 – салқындатқыш арналар.

Ауамен салыстырғанда әр түрлі салқындатқыш ортаның қасиеттері 4.2-кестеде келтірілген. 4.2-кесте деректеріне қарағанда, орамдары тікелей сұйық ортамен салқындату едәуір тиімді екендігі аңғарылады. Алайда сұйықпен салқындатуды қолданудың қолайсыз болатын себебі, салқындататын арналарды, әсіресе ротор орамының саңылаусыздандыру өте қиынға түседі.

4.2-кесте

Ауамен салыстырғанда әртүрлі салқындатқыш ортаның қасиеттері.

Салқындатқыш, орта	Қысым	Параметрлері (ауа үлесімен)		
		Жылу өткізгіштігі	Тығыздығы	Жылу шығарғыштығы
Ауа	1 кг/см ²	1	1	1
Сутегі	2 кг/см ²	7,1	0,14	2,75
Сутегі	3 кг/см ²	7,1	0,21	3,0
Сутегі	4 кг/см ²	7,1	0,28	4,0
Трансформатор майы	1 кг/см ²	5,3	848	2,1
Су	1 кг/см ²			4,0

Генераторлардың жұмыс режимдері

Қалыпты режимдер. Қалыпты режимдер деп ешқандай шектеусіз ұзаққа

рұқсат берілетін режимдерді айтамыз. Оларға жататындар: технологиялық шарттар бойынша минималды мүмкіндіктен номиналды мүмкіндікке дейінгі әртүрлі қуат мәндерімен генераторлардың жұмысы; номиналдан айырмашылығы бар қуат коэффициенті; генераторлардың шықпасындағы кернеудің деңгейінің $\pm 5\%$ ауытқуы, бұл ретте ұзақ жіберілетін ток $\pm 5\%$ өзгереді; электр торабындағы ток жиілігінің $\pm 2,5\%$ ауытқуы; номиналдан қоршаған ортаның температураның ауытқуы, т.б.

Осындай режимдегі параметрлердің ауытқуы генераторлардың әртүрлі бөліктерінің қызуына байланысты шектелінеді (статордың орамасы, статордың өзекшесі және генератордың басқа элементтері) және дайындаушы-заводтардың деректерінде және МЕМСТ (ГОСТ) көрсетіледі.

Қалыпты емес режимдер. Синхронды генераторларды пайдалану кезінде айрықша қалыпты емес режиммен жұмыс істеуге тура келеді. Оның әсерін энергожүйеде апат болғанда немесе генераторлардың роторлары және статорлардың электрлік тізбегінің тұтастығы бұзылғанда байқауға болады.

Қалыпты емес режимдерге келесілер кіреді:

1. Генераторлардың асқын жүктелуі. Энергожүйеде немесе электр станцияның өзінде апат болғанда, генераторларда аз уақытқа рұқсат етілетін шамадан тыс жүктеме болуы мүмкін.

2. Асинхронды режим. Генератордың синхронды айналымы бұзылған кезде мүмкін болады. Бұл режим қоздыру жүйесінің жоғалған (қоздырғыштың бұзылуы, қоздыру тізбегінің бұзылу салдарынан және т.б.) немесе оның бар кезінде болуы мүмкін. Жанама салқындатқышты генераторлар қоздырғышсыз 30 мин, бұл мезгілде статор жүктемесі $0,6 I_{\text{ном}}$ артық емес, ал тікелей салқындатқышты генераторлар жүктемемен арнайы белгіленген байқау арқылы жұмыс істей алады. Асинхронды режимде генераторлар тораптан бірталай реактивті қуатты тұтынады.

3. Қысқа тұйықталу режимі тораптың сыртында қысқа тұйықталуы кезінде немесе генератордың ішінде пайда болуы мүмкін (орамдарында немесе орамдар аралық тұйықталу). Осы жағдайда, қысқа тұйықталу тізбегіндегі кедергі азаяды, ал статордағы ток бірнеше есе көбейеді. Қысқа тұйықталу кезінде қоздырудың жылдамдату әрекеті және АРВ генератор роторындағы қоздыру тоғының көбеюіне сонымен қатар оның орамының қосымша қыздырылуына әкеледі. Қоздыруды жылдамдату кезінде ротор тоғының өту ұзақтығының мәні қалыптыдан 2 есе асады, жанама салқындатқышты генераторлар үшін – 60с, ТВФ генераторлары үшін – 30с артық емес және ТВВ және ТГВ генераторлары үшін – 20с артық рұқсат берілмейді.

4. Симметриялы емес режим тораптағы кернеу сапасының төмендеуінен және тораптағы симметрияның жоғалуы себеп болып табылады. Сонымен қатар, генераторлардың орамаларының, ротор және статордың құралымдық элементтерінің қосымша қызуы пайда болады. ПТЭ номиналды мәнді 10% аспайтын, статордағы ток симметриялық емес кезінде номиналды қуатпен генератордың жұмысын ұзартады.

5. Генератордағы өрт пайдалану процесінде статор орамдарының тұйықталу себебінен орамаларының оқшауламасының бұзылуы нәтижесінде, фазааралық қ.т., жалғанған орындардағы түйіспелердің бұзылуы кезінде болады. Ауа салқындатқышы бар генераторда өрт шыққан жағдайда турбина қауіпсіздігінің вакуумын тез болдырмай, автоматты ажыратқышты өшіріп, генераторды тораптан ажыратып, магнитті өрісті өшіріп және генераторға тез арада су жіберу керек.

Сутекті салқындатқышты генераторларда жану болмайды сондықтан, олар өртке қарсы құрылғылармен жабдықталмаған. Генератордың сырты өртенген жағдайда оны сөндіру көмір қышқылды қондырғылар арқылы іске асады, ал кернеу ажыратылғаннан кейін сумен сөндіруге болады.

Жоғарыда көрсетілген қалыпты емес режимдерден басқа генераторлардың жұмыс режимі кезінде ротор біліктерінің ұштары іргетас темір тақта және мойынтіректер (подшипник) арқылы үлкен токтың өтуін тудыратын ЭҚК пайда болуы мүмкін. Бұл токтар біліктің мойыншасына, мойынтіректің ішпегіне және бу турбиналарына зиян келтіруі мүмкін. Мойынтірек арқылы токтың өтуін жібермеу үшін, генератордың мойынтірегінің бір орындығының астына, әдетте қоздырғыш жағына қарай оқшаулаушы төсеме орнатылады және сонымен бірге қоздырғыштың мойынтірегінің орындықтарын және мойынтіректердің май өткізгіштерін оқшауламалау үшін шаралар қолданылады.

Жанама салқындату жүйесімен асинхронды генераторларға, компенсаторларға және тікелей салқындату жүйесімен турбогенераторларға рұқсат етілген апаттық асқын жүктемелері 4.3-кестеде келтірілген.

4.3-кесте.

Салқындату жүйелеріне байланысты турбогенераторлар мен компенсаторларға рұқсат етілетін апаттық асқын жүктемелер

Асқын жүктеменің ұзақтығы, мин	Номиналды токқа қатынасы бойынша рауалы апаттық асқын жүктеме							
	статор тоғы бойынша				ротор тоғы бойынша			
	Тікелей салқындату жүйесімен турбогенераторлар			Жанама салқындату жүйесімен компенсаторлар және синхронды генераторлар	Тікелей салқындату жүйесімен турбогенераторлар			Жанама салқындату жүйесімен компенсаторлар және синхронды генераторлар
	ТВФ	ТВВ	ТГВ		ТВФ	ТВВ	ТГВ	
0,33	-	-	-	-	-	2	2	-
0,50	-	-	-	-	2	-	-	-
1	2,0	1,5	1,5	2,0	1,7	1,5	1,5	2,0
2	1,5	1,4	1,31	1,5	-	-	-	1,5
3	1,4	1,35	1,25	1,4	-	-	-	1,4
4	1,3	1,3	1,2	1,3	1,2	1,2	1,2	1,3
5	1,25	1,25	-	1,25	-	-	-	1,25
6	1,2	1,2	1,15	1,2	-	-	-	1,2
10	-	-	1,1	-	-	-	-	-
15	1,15	1,15	-	1,15	-	-	-	1,15
60	1,1	1,1	-	1,1	1,06	1,06	1,06	1,1

Апаттық асқын жүктеменің ұзақтығы синхронды машиналардың статоры және роторы орамаларының қызуының тұрақты уақытымен, әсіресе тікелей салқындату жүйесінің аздығымен түсіндіріледі. 4.4-кестеде С.М. Киров атындағы «Электросила» заводының деректері бойынша әртүрлі қуаттағы турбогенераторлардың орамаларының қызуының тұрақты уақыт мәндері келтірілген.

4.4-кесте.

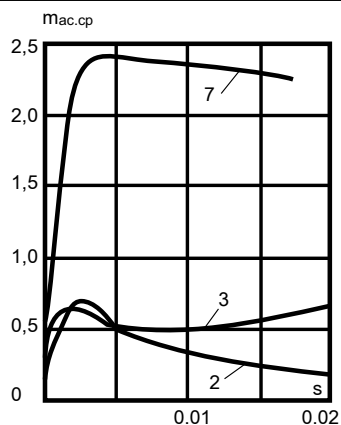
Әртүрлі қуаттағы турбогенераторлардың орамаларының қызуының тұрақты уақыт мәндері

Турбогенератордың қуаты, МВт	Қыздырудың тұрақты уақыты, мин			
	Ротордың орамаларын тікелей сутегімен салқындату		Статордың орамаларын тікелей сумен салқындату	
	$\tau_{\max}$	$\tau_{\text{ср}}$	$\tau_{\max}$	$\tau_{\text{ср}}$
150	3,2	2,5	1,5	0,8
200	2,6	2,0	1,7	0,9
300	2,4	1,9	1,9	1,0
500	2,9	2,3	0,9	0,5

4.4-кесте.

Кернеудің бірталай (едәуір) ауытқуы кезіндегі турбогенераторларға жүктемелерді пайдалануға рұқсат ететін деректері.

$U/U_{\text{ном.}} \%$	110	108	106	105	100	95	90	85
$S/S_{\text{ном.}} \%$	88	93.5	98	100	100	100	94.5	89
$I/I_{\text{ном.}} \%$	80	87.5	92.5	95	100	105	105	105



4.12-сурет. Синхронды генераторлардың орташа асинхронды моменттерінің қысықтары.

1 – турбогенератор; 2 – демпферлі орамасыз гидрогенератор; 3 – демпферлі орамалы гидрогенератор.

Синхронды машиналардың асинхронды режімі қоздыру жүйесі жоғалған кезде пайда болады (қоздыру тізбегінің үзілуі; АГП жүйесі немесе қоздырғыш орамасы арқылы қоздыру орамасын тікелей шунттау), сонымен қатар синхронизмнен шығуы энергожүйедегі ақауларға байланысты (қысқа тұйықталу, толық фазалы емес режімдер, жүктеменің түсуі немесе көтерілуі және т.б.).

Гидрогенераторлар көлемі жағынан максималды моментпен көлбеу («жұмсақ») деп аталатын асинхронды сипаттамаға ие (4.12-сурет). Сонымен қатар, оларда $x_d < Ix_d < I$ және магниттелген ток номиналды токтан артық, сондықтан олар асинхронды режимде ұзақ жұмыс жасамайды. Осындай режим пайда болғанда қалыптасқан жағдайға және жергілікті шарттарға байланысты қоздырылудың жұмыс немесе резервті көзінен машинаның қоздырылуын дереу қалпына келтіру немесе машинаны тораптан ажырату керек.

Турбогенераторлар көлемі жағынан максималды моментпен тікшіл («қатты») деп аталатын асинхронды сипаттамаға ие және $x_d > Ix_d > I$. Сондықтан, статордың қызу шарттары бойынша олар асинхронды режимде төмендетілген жүктемемен ұзақ жұмыс істей алады. Электр станциялардағы көптеген тәжірбиелер және есептеулер жүйелі жанама салқындатуда турбогенераторлар асинхронды режимде жүктеменің 50-70% дейін, номиналды ұзақтығы 30 мин дейін болатынын көрсетті. Жүйелі тікелей салқындатуда турбогенераторлар жүктемені 55% дейін көтереді (номиналды кернеуі 10,5 кВ ТВФ-60, ТВФ-100 машиналар түрлері), ал қалған турбогенераторлардың (қуаты 60-300 МВт ТВФ, ТВВ, ТГВ түрлері) номиналды қуаты 40% дейін. Сонымен қатар, бірінші топтағы машиналар үшін асинхронды жүрістің ұзақтығы 30 мин, ал екінші топтағы машиналар үшін – 15 мин. Асинхронды режимде синхронды машиналар электр торабынан бірталай реактивті қуатты пайдаланады.

Синхронды генераторлар симметриялы, синусоидалы кернеулердің көздері болып табылады. Бірақ олар жеке тұтынушылармен, тораппен бірге қатар жұмыс істейді, сонымен қатар пайдалану кезінде пайда болатын симметриялы емес жұмыс режимдері және синусоидалды еместіктің пайда болуы, тораптағы кернеу сапасының төмендеуінің себебі болып табылады. Сонымен бірге, синхронды машиналарда орамалардың және статор, ротордың құралымдық элементтерінің қосымша қызуы пайда болады.

Анық емес полюсті синхронды машиналар жүктемесінің рұқсат етілген симметриялы еместігі екі бірдей жиілікті токпен ротор элементтерінің қызуымен шектеледі, ал ашық полюсті машиналарда діріл (вибрация) рұқсат етіледі. Фаза токтарының әртүрлілігінде ұзақ жұмыс синхронды компенсаторлар және гидрогенераторлар үшін 20%-дан көп емес, ал турбогенераторлар үшін 10%-дан көп емес рұқсат етіледі. $I_2 / I_{г.ном} = I_{2(n)}$ симметриялы болмағанда жұмыс ұзақтығы 5-10% көп емес режим рұқсат етіледі.

Үлкен симметриялы емес кезінде рұқсат етілген жұмыс ұзақтығы келесідей формуламен бағаланады:

$$t_{don} = \frac{A}{I_{2(n)}^2} \quad (4.6)$$

мұнда, A – коэффициенті гидрогенераторлар үшін – 40, ал салқындату жүйесі жанама турбогенераторлар үшін – 30, ТВФ турбогенераторлары үшін – 15, ТВВ және ТГВ турбогенераторлары үшін – 8 тең.

Синхронды машиналарға синусоидалы емес жүктемені электрлік көліктері және тұрақты токтың электр берілістері, қуатты түзеткіш және түрлендіргіш қондырғылары жасайды. Синусоидалы емес жүктеменің рұқсат етілуі статор мен ротор орамаларының қызуымен шектеледі. Ротор бөшкесіндегі шығын I_γ жоғары

гармониялық токтан статор бойынша өтетін токтың кері реттілік шығынынан аспауы керек. Бұл жағдайдың шарты келесідей:

$$\sum I_{\gamma}^2 \leq I_2^2. \quad (4.7)$$

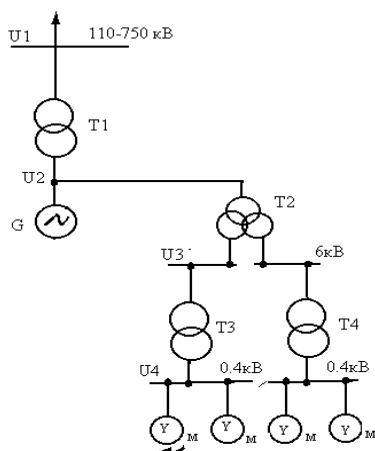
Синхронды машиналар үшін салқындату жүйелерінің жұмысының тоқтап қалуы қауіпті болып табылады. Осындай жағдайда машинаны тораптан тез ажырату немесе жүктемеден босату керек. Тікелей сумен салқындатылатын машиналар үшін отандық пайдалану тәжірбиесінде салқындату жүйесінің тоқтап немесе жұмыс істемей қалуынан қорғайтын сигнал және қорғаныс жүйелері қабылданады. Су шығыны 70% дейін номиналдықтан төмендегенде ескерту және сигналдау жүйелері жұмыс істейді, ал су шығыны 50%-дан аса төмендегенде – апаттық сигналдар жүйесі қосылады және генератор 2 мин ішінде жүктемеден босатылу керек, яғни апаттық сигнал жүйесі қосылғаннан кейін генераторды электр торабынан магниттік өрісті өшіру арқылы ажыратады (4 минуттан аспайтын уақыт ішінде).

4.4 Күштік трансформаторлар (автотрансформаторлар)

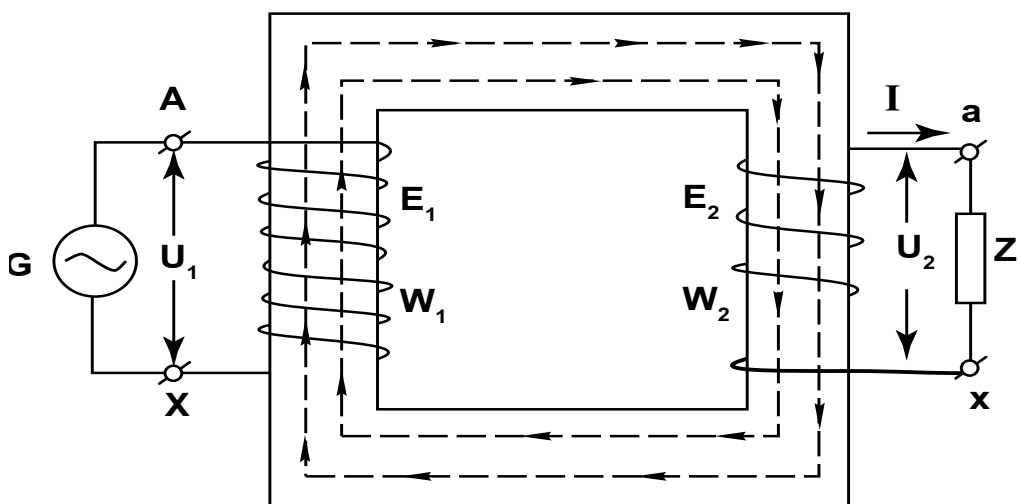
Айнымалы электр тоғының кернеуін жоғарлатуға немесе төмендетуге арналған құрылғыны трансформатор (автотрансформаторлар) деп атайды. (4.13-сурет).

Трансформатордың құралымы мен қызметі электромагниттік индукция құбылысына негізделген.

М. Фарадейдің зерттеуі бойынша, магниттік сызықтарды қиып өтетін өткізгішке электр тоғының пайда болу құбылысы электромагниттік индукция деп ал, пайда болатын ток индукциялық ток деп аталады. Міне осы электромагниттік индукция құбылысына негізделіп жұмыс істейтін ең бірінші трансформаторды орыс ғалымы П.Н. Яблочков ойлап тапты. 4.14-суретте трансформаторлардың жұмысының ұстанымдық сұлбасы көрсетілген.



4.13-сурет. Электр тізбегінің кернеуін жоғарылатуға немесе төмендетуге арналған трансформаторларды іске қосудың қарапайым сұлбасы



4.14-сурет. Трансформатордың ұстанымдық сұлбасы

Темірден (болаттан) жасалған өзекке екі орама (W_1 , W_2) орайды. Ол ораманың біреуі (W_1) электр генераторымен (немесе электр энергия көзімен), ал екіншісі (W_2) электр энергияны тұтынушыларға қосылады. Электр тоғы бірінші орамдан (W_1) өткенде, темір өзекте айнымалы магнит өрісі пайда болады.

Осы айнымалы магнит өрісі екінші ораманы да қиып өтеді. (4.14-суретте стрелкамен көрсетілген).

Нәтижесінде екінші орамада электр қозғаушы күш пайда болады. ($\mathcal{E}_2$). Ал, егерде осы екінші ораманы (W_2) тұтынушылармен (Z) қоссақ, онда бұл тұйық тізбектен электр тоғы жүреді (4.14-суретте электр тоғының бағыты стрелкамен көрсетілген).

Егер трансформатордың темір өзегі болмаса да оның жұмыс істеу принципі электромагниттік құбылысқа негізделген.

Бірінші орамада пайда болған электр қозғаушы күш - өзіндік индукция $\mathcal{E}_1$ -і (E_1), ал екінші орамадағы - өзара индукция $\mathcal{E}_2$ -і (E_2) деп аталады.

Трансформатор орамаларының орама санымен және электр қозғаушы күші арасындағы байланыс мына формуламен анықталады:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{W_1}{W_2} = K_{mp} \quad (4.9)$$

немесе

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{W_1}{W_2} = K_{mp} \quad (4.10)$$

мұндағы, E_1 – бірінші орамадағы ЭҚК;

E_2 – екінші орамадағы ЭҚК;

U_1 – бірінші орамадағы кернеу

W_2 – екінші ораманың орам саны;

Егер екінші ораманың кернеуі бірінші орамадағы кернеуден артық болса, онда мұндай трансформаторды жоғарлатқыш трансформатор деп атайды. (4.13-сурет, T_1). Ал егер екінші ораманың кернеуі бірінші орамадағы кернеуден кем болса, онда мұндай трансформаторларды төмендеткіш трансформаторлар деп атайды. (4.13-сурет, T_2, T_3, T_4). Автотрансформаторлар да дәл осындай принциппен жұмыс істейді. Бірақ та автотрансформаторлардың өзінің ерекшеліктері бар.

Трансформаторлардың (автотрансформаторлардың) негізгі параметрлері мыналар: номиналь қуаты; орамалардың номиналь кернеуі; номиналдық ток; қысқа тұйықталу кернеуі; орамаларды қосу түрі және сұлбасы.

Іс жүзінде трансформаторлардың бірнеше түрі бар. Олардың бір-бірінен айырмашылығын білу үшін шартты белгілер қолданады.

Мысалы: ТРДН-80000-110-86-VI. Бұл былай оқылады: үш фазалы трансформатор (Т), төменгі кернеулі орамасы екіге бөлінген (Р), салқындату үшін Д жүйесін қолданады (Д), орамадағы кернеуді жұмыс істеп тұрғанда реттеуге болады (Н), номиналдық қуаты (80000 кВт), номиналдық кернеуі 110 кВ, зауыттан 1986 жылы шығарылған, қоңыржай ауа райына жұмыс істеуге ыңғайланған (У); ашық ауада орналастырылады (1 категория).

Сөйтіп, әрбір трансформаторлардың жоғарыда көрсетілгендей өзінің шартты белгісі және сипаттамасы бар.

Сонымен, трансформаторлардың зауыт паспортында көрсетілген белгілері мынаны баяндайды:

- бірінші әріп – бір фазалы (О) немесе үш фазалы (Т);
- екінші әріп – төменгі кернеулі орамасы екіге бөлінген (Р);
- үшінші әріп – салқындату әдісі (С, М, Д, ДЦ);
- төртінші әріп – трансформатор жұмыс істеп тұрғанда оның кернеуінің деңгейін реттеуге болады (Н);

Әріптерден кейін сандар басталады:

- трансформатордың қуаты;
- бірінші ораманың кернеуі;
- шығарылған жылы;
- қандай ауа райында жұмыс істеуге болатындығы;
- қондырылатын орны (үйдің ішінде немесе ашық ауада).

Трансформаторларды салқындату жүйесі өте маңызды да және қиын мәселенің бірі. Трансформатордың салқындату жүйесі мынадай:

Табиғи ауамен салқындату (естественное воздушное охлаждение). Салқындатудың мұндай әдісі мынандай әріптермен белгіленеді: С;СЗ;СГ. Бұл тәсіл кернеуі 15 кВ, қуаты 1600 кВт дейінгі трансформаторларда қолданады.

Желдеткіш арқылы маймен салқындату және майдың табиғи айналма жүрісін пайдалану (масляное охлаждение с дутьем и естественной циркуляцией масла). Белгісі – Д. Бұл тәсілді қуаты 63000 кВА және одан да жоғары трансформаторларда қолданады.

Желдеткіш арқылы маймен салқындату және майдың күшпен айналма жүрісін пайдалану (орысша – масляное охлаждение с дутьем и принудительной циркуляцией масла). Белгісі – Д. Бұл тәсілді қуаты 63000 кВА және одан да жоғары трансформаторларда қолданады.

Тағы бір маңызды мәселе, ол трансформаторлардың кернеуін жұмыс процесінде реттеуге болады. Кернеуді реттеу тәртібі мына формуламен анықталады:

$$U_2 = U_1 \cdot \frac{W_2}{W_1} \quad (4.11)$$

Сөйтіп, бұл формулада екінші ораманың (W_2) кернеуін (U_2) өзгерту қажеттілігі көрсетілген.

4.15-суретте күштік трансформаторларының құралым сұлбасы берілген.

Қазіргі уақытта зауыттан қуаты 10 кВт-тан 800000 кВт-қа дейін трансформаторлар (автотрансформаторлар) шығарылады. Үш фазалы трансформаторлар мынадай параметрлермен шығарылады:

- кернеуі 220 кВ, қуаты 630 МВт – 1000 МВт-қа дейін;
- кернеуі 330 кВ, қуаты 1250 МВт;
- кернеуі 500 кВ, қуаты 1000 МВт.

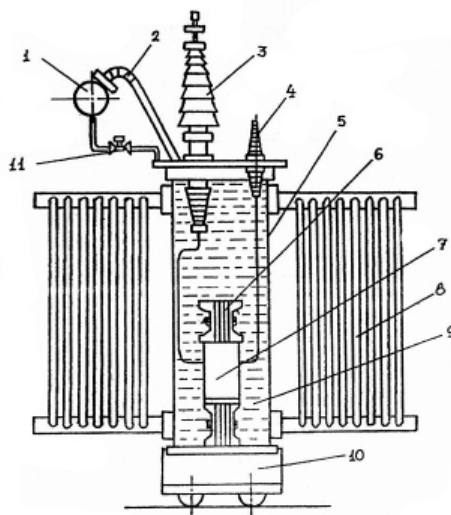
Ал, бір фазалы трансформаторлардың тобы:

500 кВ- 3·533мВА=1600 мВТ;

750 кВ- 3·417мВА= 1251 мВТ;

1150 кВ- 3·667 мВА= 2001 мВТ;

Трансформатордың түрін тандап алу, олардың параметрлеріне және тұтынушылардың категориясымен (1,2,3-категория) жұмыс істеу графигіне байланысты.



4.15-сурет. Трансформатор құралымының сұлбасы

- 1 – ұлғайтқыш. 2 – сақтандырғыш труба. 3,4 – маймен толтырылған оқшаулатқыш.
 5 – бак. 6 – магниттік өткізгіш (магнитопровод). 7 – жоғары және төменгі кернеулі орамалар. 8 – радиаторлық трубалар. 9 – оқшауламалық (изоляциялық) май. 10 – арба.
 11 – газ релесі.

Жоғарлатқыш және төмендеткіш трансформаторлардың бір-бірінен айырмашылығы негізінен мына мәселелерге байланысты:

- құралымына;
- орамалардың өзара орналасуына (үш фазалы трансформаторлар мен автотрансформаторлар);
- орамалардың негізгі шықпасындағы номиналь кернеудің мөлшеріне.

Көрсетілген трансформатордың орамаларының негізгі шықпасындағы номиналь кернеуінің шамасы төменде келтірілген.

Жоғарлатқыш трансформаторлар үшін:

$$U_{ж.к.ном.} = 1,1 \cdot U_{торап.ном} \quad (4.12)$$

немесе

$$U_{ж.к.ном.} = 1,05 \cdot U_{торап.ном}$$

және

$$U_{т.к.ном.} = 1,05 \cdot U_{торап.ном} \quad (4.13)$$

немесе

$$U_{т.к.ном.} = U_{г.ном}$$

Төмендеткіш трансформаторлар үшін:

$$U_{ж.к.ном.} = U_{торап.ном} \quad (4.14)$$

және

$$U_{т.к.ном.} = 1,1 \cdot U_{торап.ном}$$

Әдетте, үш фазалы трансформатордың қуаты төмендегі өрнекпен (формуламен) анықталады:

$$S_{ном} = \sqrt{3} \cdot U_{ном.тр} \cdot I_{ном.тр} \quad (4.15)$$

Трансформаторлардың жұмыс істеу мерзімі 25 жыл деп есептелінеді. Ол үшін мынадай талаптар орындалуы керек:

$$S_{жүк} = S_{ном.тр} ; U_{торап.} = U_{ном.тр} ; \sigma_0 = \sigma_{0.ном}$$

мұнда, $S_{жүк}$ – трансформатордың жүктемесі;

$S_{ном.тр}$ – трансформатордың номиналь қуаты;

$U_{торап.}$ – трансформатор іске қосылатын электр торабының номиналь кернеуі;

σ_0 – салқындатқыш ортаның нақтылы температурасы;

$\sigma_{0.ном}$ – салқындатқыш ортаның есептелінген номиналь температурасы.

Өндірісте трансформаторларды пайдаланғанда жоғарыда көрсетілген талаптар

көбінесе орындалмайды. Жүктемелер артық немесе аз болуы мүмкін. Сондықтан трансформаторларды таңдағанда олардың рұқсат етілетін жүктемемен жұмыс істеуін ескеру керек.

4.5 Күштік трансформатордың жүктелу қабілеттілігі

Трансформаторлардың жүктемелері бір тәулікте бірнеше рет өзгереді (4.16-сурет). Егерде трансформатордың қуатын ең көп (максималь) жүктемеге сәйкес таңдап алсақ, онда ол трансформатордың қуаты жүктеме азайған уақытта толық пайдаланылмайды. Сондықтан трансформатордың жұмыс режимін бағалау өлшемі (критерия различных режимов) олардың оқшауламаларының тозуына байланысты деп есептеу дұрыс. Сол себепті трансформаторды таңдап алғанда, оның жүктелу қабілеттілігіне (нагрузочная способность) көңіл аудару керек.

Трансформатордың жүктелу қабілеттілігі дегеніміз рұқсат етілген жүктеме мен асқын жүктеменің жинағы.

Рұқсат етілген жүктеме – бұл ұзақ уақытқа есептелінген жүктеме.

Осы уақыттың ішінде қыздырудан трансформатордың орамаларының оқшауламасының есептелінген тозуы номиналдық жұмыс режиміне сәйкес болуы керек.

Трансформатордың асқын жүктемесі – бұл режимде оқшауламаның есептелінген тозуы номиналь жұмыс режиміне сәйкес келетін тозудан үлкен. Мұндай режим, жүктеме трансформатордың номиналдық қуатынан артық болғанда немесе салқындатқыш ортаның температурасы есептелініп алынған температурадан жоғары болғанда орындалады.

Трансформаторға рұқсат етілген жүйелі жүктемені 4.16-суреттен көруге болады. Ең көп (максимальды) рұқсат етілген жүктемені орамаларының температурасы $+140^0$ С, майдың жоғары бетіндегі температурасы $+95^0$ С, ал оқшауламаның температурасы $+98^0$ С-тан артық болмаған жағдайда да анықтауға болады.

Рұқсат етілген жүйелі жүктемені есептеу үшін нағыз жұмыс кестесі екі сатылы кестеге өзгертіледі (4.16-сурет). Содан кейін балама (эквивалент) кестенің бастапқы жүктемесінің коэффициентін анықтайды (1,4):

$$K_1 = \frac{1}{S_m} \cdot \sqrt{\frac{S_1^2 \cdot \Delta t_1 + S_2^2 \cdot \Delta t_2 + \dots + S_m^2 \cdot \Delta t_m}{\Delta t_1 + \Delta t_2 + \dots + \Delta t_m}} \quad (4.16)$$

мұнда, $S_1, S_2, \dots, S_m$ - өзара уақыты $\Delta t_1, \Delta t_2, \dots, \Delta t_m$ болғандығы жүктеменің мәні.

Өзара уақыты $h = \Delta h_1 + \Delta h_2 + \dots + \Delta h_p$ болғанда максимальды жүктеменің коэффициенті:

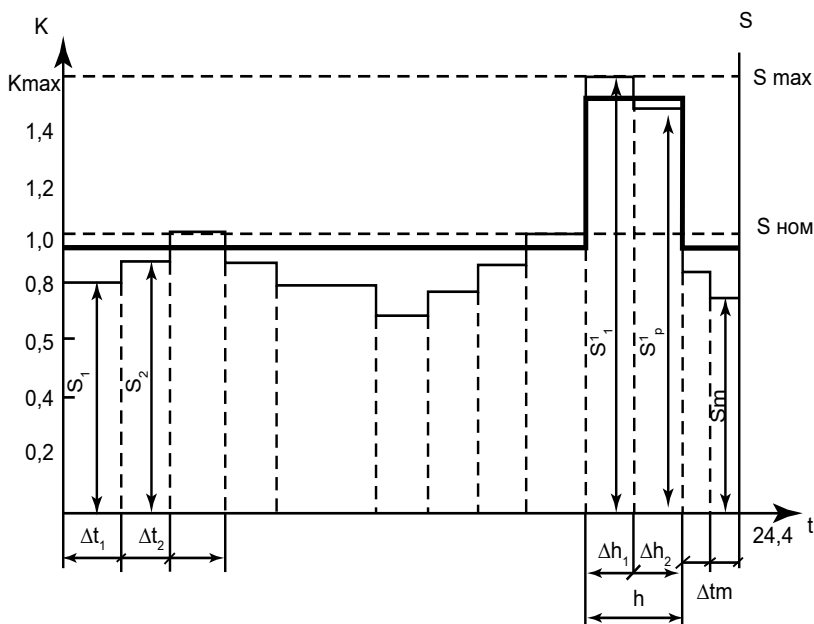
$$K_2^1 = \frac{1}{S_{ном}} \cdot \sqrt{\frac{(S_1^1)^2 \Delta h_1 + (S_2^1) \Delta h + \dots + (S_p^1) \Delta h_p}{\Delta h_1 + \Delta h_2 + \dots + \Delta h_p}} \quad (4.17)$$

Егерде $K_2^1 \geq 0,9 K_{max}$ болса, онда $K_2^1 = K$ болады.

Трансформатордың жүктемесі $1,5 \cdot S_{ном}$ болса, онда трансформаторды жасайтын зауытпен келісу керек.

Трансформатордың жүктемесін $2 \cdot S_{ном}$ артық алуға рұқсат етілмейді.

Трансформаторлар кейбір жағдайда апаттық жүктеме режимінде жұмыс істей алады. Мысалы, екі параллель жұмыс істеп тұрған трансформатордың біреуі жұмыс істемей қалуы мүмкін. Максимальды апаттық асқын жүктеме $2 \rho \cdot S_{ном.тр}$ артық болмауы керек.



4.16-сурет. Трансформатордың тәуліктік жүктеме кестесі бойынша екі сатылы графикі

Трансформаторларды таңдап алуда 4,2-кестені пайдалану керек.

4.6-кесте.

Рұқсат етілетін апаттық жүктеме кестесі. Трансформаторлардың бастапқы жүктемелері $K_1=0,8$ -ден артық болмауы керек.

Асқын жүкте- менің ұзақтығы, сағат	Салқындататын ауаның балама (эквиваленттік) температурасы, °C									
	-10		0		+10		+20		+30	
	М,Д	ДЦ	М,Д	ДЦ	М,Д	ДЦ	М,Д	ДЦ	М,Д	ДЦ
0,5	2	1,8	2	1,8	2	1,7	2	1,6	2	1,5
1	2	1,7	2	1,7	2	1,6	2	1,5	1,9	1,5
2	2	1,6	1,9	1,6	1,8	1,5	1,7	1,4	1,6	1,4
4	1,7	1,5	1,7	1,5	1,6	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3
6	1,6	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3
8	1,6	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4	1,3	1,4	1,2	1,3
12	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4	1,3	1,4	1,2	1,3
24	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4	1,3	1,4	1,2	1,3

Осы 4.6-кестені талдасақ, мынандай қортындыға келуге болады.

Егерде трансформатордың салқындату жүйесі М,Д,ДЦ,Ц болса және оның бастапқы жүктемесі $0,9 \cdot S_{\text{ном}}$ артық болмаса, онда ол трансформаторды 40% - ға дейін артық жүктемелеуге болады (күніне 6 сағаттан 5 тәулік бойы). Ол трансформатордың қуаты $100\text{МВ} \cdot \text{А}$ артық болмауы керек. Егер трансформатордың қуаты $100\text{МВ} \cdot \text{А}$ көп болса, онда оны зауыттың нұсқауына сәйкес пайдалану керек.

Жоғарыда көрсетілген жағдайдағы трансформатордың жұмыс істеу шарттары төмендегідей:

Егер салқындататын ауаның температурасы $+20^{\circ}\text{C}$ -дан артық болмаса, онда 5 тәулік бойы күніне 6 сағаттан аса жүктемелеуге болады. Ал ауаның температурасы $+30^{\circ}\text{C}$ -да болса, онда ол трансформаторларды күніне 4 сағаттан 30% -ға жүктемелеуге рұқсат етіледі.

Трансформаторларды параллель жұмысқа қосу үшін қойылатын негізгі талаптар:

- Екі трансформатордың да бірінші және екінші орамаларының кернеуі бірдей болуы керек, яғни:

$$U_{T.K.T1} = U_{T.K.T2} \quad (4.18)$$

$$U_{\text{ж.к.}T1} = U_{\text{ж.к.}T2}$$

- Топтап қосу сұлбалары бірдей болуы керек.
- Қысқа тұйықталу кернеуі бірдей болуы керек, яғни:

$$U_{T.K.T1} = U_{T.K.T2}$$

- Екі трансформатордың қуаты бір-бірімен салыстырғанда 1:3-тен артық болмауы керек.

Электроэнергетика өндірісінде трансформаторлардың **орамаларының жалғану түрін және оларды тізбекке қосу** сұлбаларын тиімді түрде тандап алу керек.

Әдетте, трансформаторларды іске қосқанда Y – жұлдызша, Y_0 – жұлдызша сұлбаның бейтарап нүктесі жермен қосылған және Δ – үшбұрышты сұлбалары қолданылады.

Трансформатордың бірінші және екінші реттік орамаларының ЭҚК-нің (E_1, E_2) фазалық ығысуын шартты түрде топтық жалғау деп атайды. Трансформаторларды жалғаудың 12 түрлі сұлбасы бар.

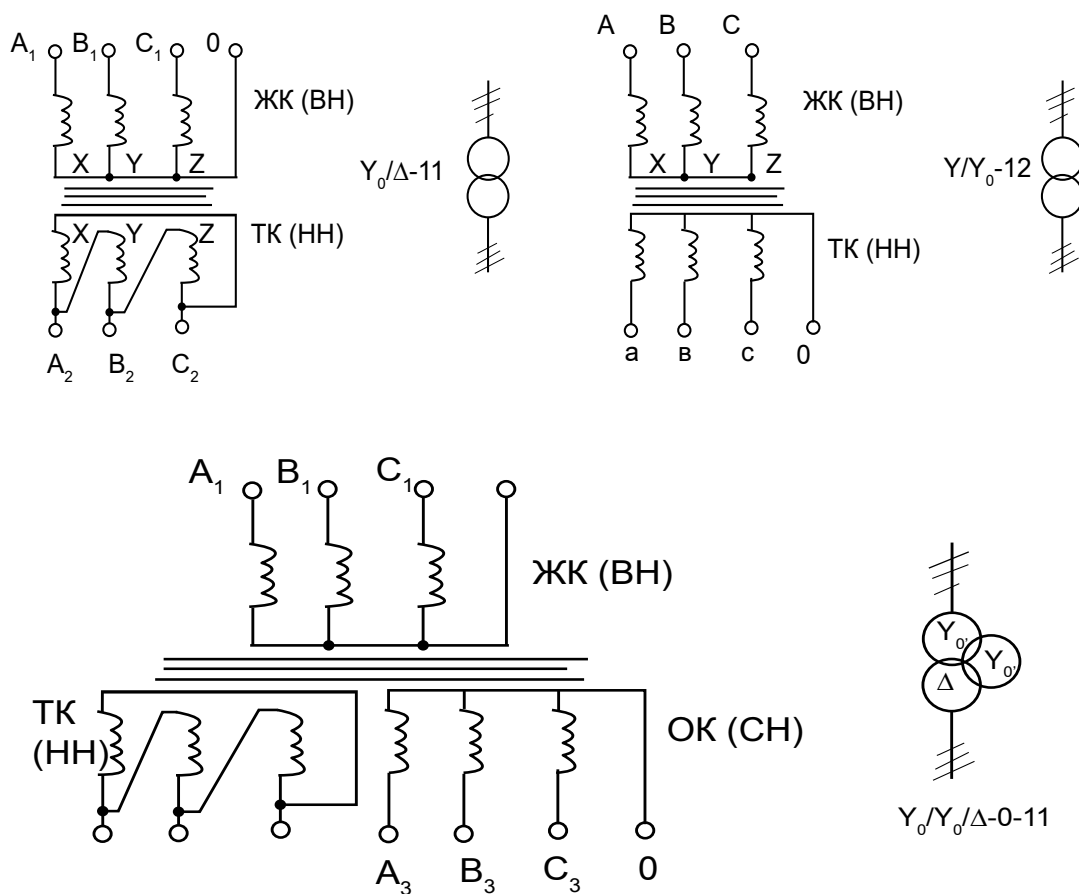
Мысалы (4.17-сурет), Y/Y , Y/Y_0 -сұлбалары $-2, 4, 6, 8, 10, 12$ (0) топтары, немесе Δ/Y , Y/Δ – 1; 3; 5; 7; 9; 11 – дақ топтары.

Көрсетілген трансформатор орамаларының жалғану тобының сұлбаларының әрқайсысының ерекшеліктері бар.

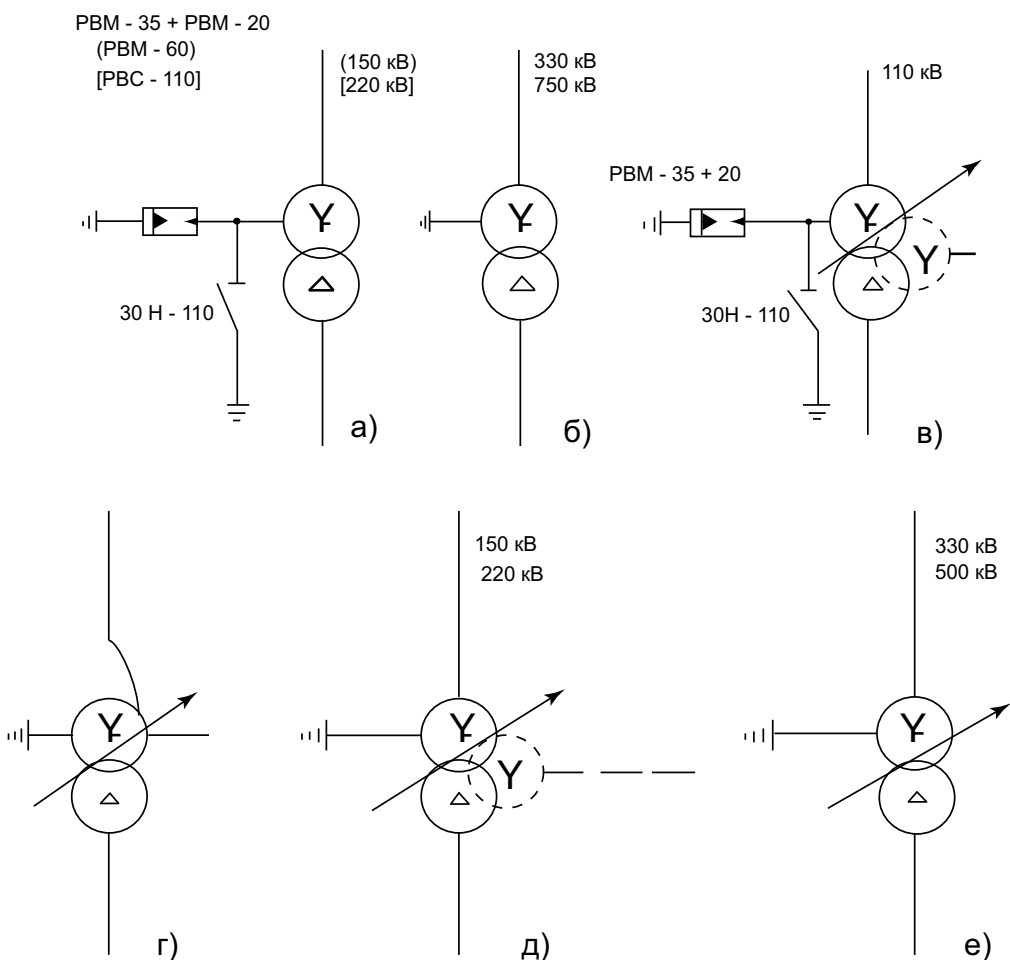
Сол себепті қандай жалғану тобын, қандай сұлбаны, қандай электр қондырғыда пайдалану керектігі жобалау процесінде анықталады. Мысалы, Y_0/Δ -11 сұлбасы-

жоғары кернеуі 35-500 кВ, төменгі кернеуі 3-20 кВ трансформаторларда қолданылады. Y_0/Δ -11 сұлбасы, жоғарғы кернеуі 6-20 кВ, төменгі кернеуі 0,4-3 кВ қосалқы станциялардың және станциялардың өз мұқтажына керекті трансформаторларда қолданылады. Y/Y_0 -12 сұлбасы, жоғары кернеуі 3-10 кВ, төменгі кернеуі 0,2-0,4 кВ трансформаторларда қолданылады.

Трансформаторлар мен автотрансформаторлардың бейтарап нүктесін жермен қосу әдістері 4.18-суретте көрсетілген. Мұнда ораманың жұлдызша сұлбасының бейтарап нүктесінің жермен қосылуы электр қондырғының жоғарғы кернеуіне байланысты екені анық көрсетілген.



4.17-сурет. Күштік трансформатордың орамалар тобын қосу сұлбалары.



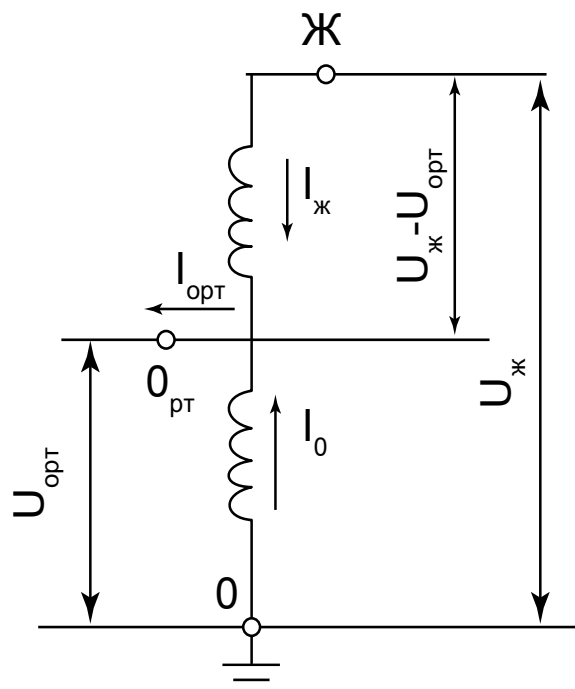
4.18-сурет. Күштік трансформатордың және автотрансформатордың бейтарап нүктелерін жерге қосу әдістері.

а) 110-220 кВ-тық трансформаторлар, РПН-ы жоқ; б) 330-750 кВ-тық трансформаторлар, РПН-ы жоқ; в) 110-кВ-тық трансформаторлар, РПН олардың құрылысына біріктірілген; г) автотрансформаторлар; д) 150-220 кВ-тық трансформаторлар, РПН-ы бар; е) 330-500 кВ-тық трансформаторлар, РПН-ы бар.

4.6 Автотрансформаторлардың жұмыс режимі және құралымы. Ерекшеліктері.

Кернеуі 110-1150 кВ электр қондырғыларда автотрансформаторлар кеңінен қолданылады. Себебі автотрансформаторларды жай күштік трансформаторлармен салыстырғанда, олардың бірнеше артықшылықтары бар.

Бір фазалы автотрансформатордың ұстанымдық сұлбасы 4.19-суретте берілген.



4.19-сурет. Бір фазалы автотрансформаторлардың ұстанымдық сұлбасы

Мұнда ОЖ және О_{рт} орамаларының бір-бірімен электрлік байланыста екендігі көрсетілген және ЖО_{рт} шықпасындағы орама тізбектелген, ал О_{рт} мен О арасындағы орама жалпы деп шартты түрде аталынады.

Егерде автотрансформатордың орама кедергісіндегі шығындарды есептемесек, онда оның қуатын мынадай өрнекпен анықтауға болады:

$$S = U_{жс} \cdot I_{жс} = I_{ор} \cdot U_{ор} \quad (4.19)$$

Көрсетілген өрнекті төмендегідей өзгертіп жазуға болады:

$$S = U_{жс} \cdot I_{жс} = [(U_{жс} - U_{ор}) + U_{ор}] \cdot I_{жс} = (U_{жс} - U_{ор}) \cdot I_{жс} + U_{ор} \cdot I_{жс} \quad (4.20)$$

мұнда, $(U_{жс} - U_{ор}) \cdot I_{жс} = S_{тр}$ / – трансформаторлық қуат. Ол қуат бірінші реттік орамадан екінші реттік орамаға магниттік байланыс арқылы беріледі.

$U_{ор} \cdot I_{жс}$ – электрлік қуат. Бұл қуат бірінші реттік орамадан екінші реттік орамаға байланыс арқылы беріледі (яғни электрлік байланыс арқылы).

Қалыпты режимде автотрансформатордың өту қуаты (проходная мощность) оның номиналь қуаты, ал трансформаторлық қуаты-типтік қуаты (типовая мощность) болып есептелінеді, яғни:

$$S_{от} = S_{ном}, \quad S_{тр} = S_{ном} \quad (4.21)$$

Магниттік өткізгіштің (магнитопровод) мөлшері және оның массасы автотрансформатордың типтік қуатымен анықталады. Ал ол қуат автотрансформатордың номиналь қуатының бір бөлігі, яғни:

$$S_{мин} / S_{ном} = (U_{жс} - U_{ор}) \cdot I_{жс} / U_{жс} \cdot I_{жс} = U_{жс} - U_{ор} / U_{жс} = 1 - 1 / \eta_{жс.ор} = K_{ти} \quad (4.22)$$

мұнда, $\eta_{жс.ор} = U_{жс} / U_{ор}$ – трансформация коэффициенті, $K_{ти}$ – тиімділік коэффициенті немесе типтік қуаттың коэффициенті.

Егер $U_{жс}$ – кернеуінің деңгейі $U_{ор}$ – кернеуіне жақын болса, онда $K_{ти}$ азаяды. Сол себепті автотрансформаторлардың мөлшері, массасы және активті материалдардың шығыны, дәл сондай номиналь қуаты бар жай күштік трансформаторлармен салыстырғанда аз болады.

Сондықтан электроэнергетикада кернеуі 220/110кВ; 330/150кВ; 500/220кВ; 750/330кВ автотрансформаторларды пайдаланған тиімді де, ұтымды.

4.19-суреттен автотрансформатордың тізбектелген (Ж-О_{РТ}) және жалпы (О_{РТ}-О) орамаларының қуаты төмендегідей өрнектермен анықталады:

$$S_{тізб} = (U_{жс} - U_{ор}) \cdot I_{жс} = S_{мин} \quad (4.23)$$

$$S_{жалпы} = U_{ор} \cdot I_{жсн} = U_{ор} \cdot (I_{ор} - I_{жс}) = U_{ор} \cdot I_{ор} (1 - 1 / \eta_{жс.ор}) = S_{ном} \cdot K_{ти} = S_{мин} \quad (4.24)$$

Сонымен автотрансформаторлардың орамалары және магниттік өткізгіші типтік қуаттың мөлшеріне сәйкес есептелінеді.

Кейбір уақытта типтік қуаты есептік қуат (расчетной мощностью) деп атайды.

Үш орамалы автотрансформаторлар төмендегідей режимде жұмыс істейді:

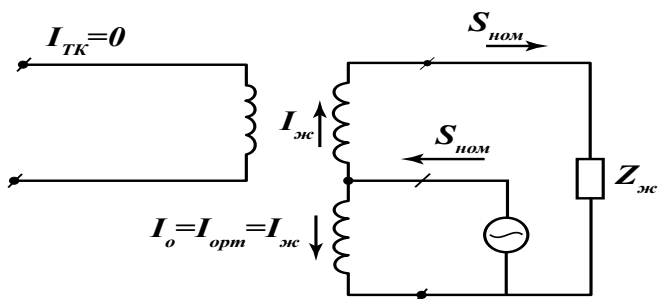
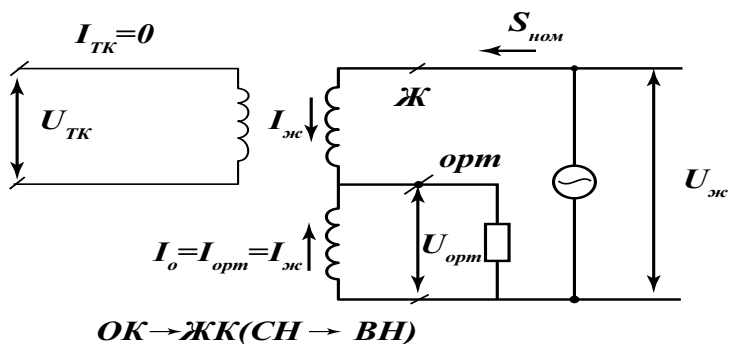
1. Автотрансформаторлық режим (4.20-сурет);
2. Трансформаторлық режим (4.21-сурет);
3. Құрама (комбинированный) режим (4.22-сурет).

Автотрансформаторлық режиммен жұмыс істеу шарты:

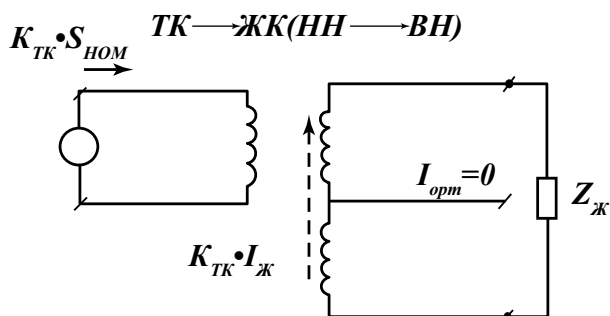
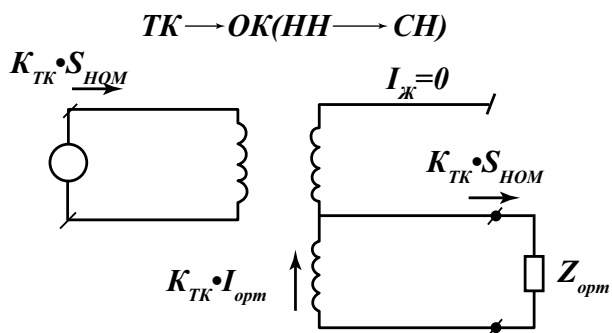
$$I_{ор} - I_{жс} = K_{ти} \cdot I_{ор} \quad (4.25)$$

$$S_{тізб} = (U_{жс} - U_{ор}) \cdot I_{жс} = S_{мин} \quad (4.26)$$

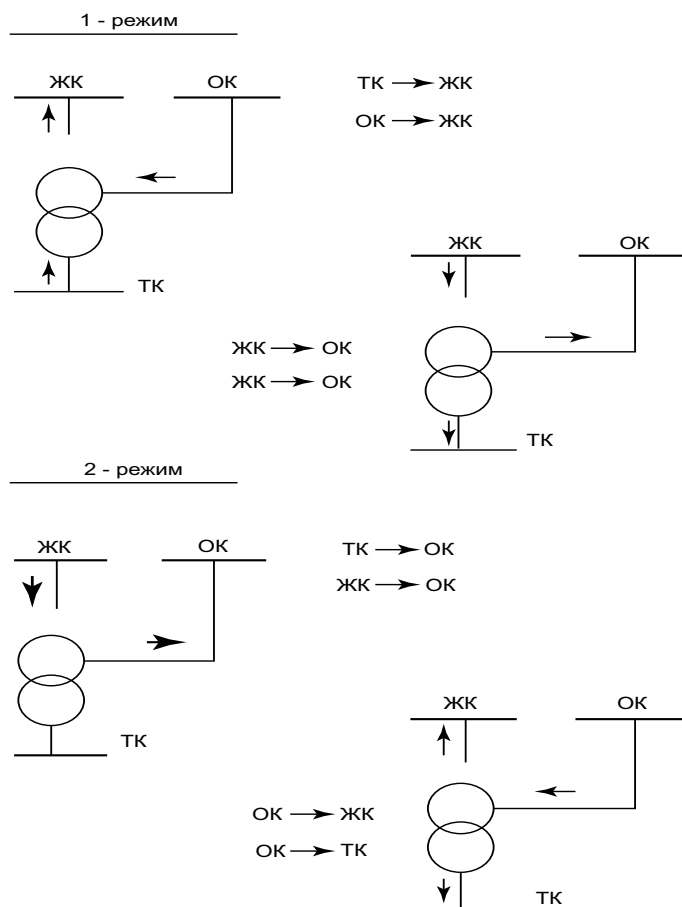
$$S_{орта} = U_{ор} \cdot I_{жсн} = U_{ор} \cdot (I_{ор} - I_{жс}) = U_{ор} \cdot I_{ор} (1 - 1 / \eta_{жс.ор}) S_{ном} \cdot K_{ти} = S_{мин} \quad (4.27)$$



4.20-сурет. Автотрансформатордың автотрансформаторлық режімі.



4.21-сурет. Автотрансформатордың трансформаторлық режімі



4.22-сурет. Автотрансформатордың құрама (комбинированный) режімі.

Трансформаторлық режіммен жұмыс істеу шарты:

$$S_{тк} \leq S_{тз} = K_{ти} \cdot S_{ном} \quad (4.28)$$

$$I_{жсп} = I_{тз} = K_{ти} \cdot S_{ном} / U_{жс} = K_{ти} \cdot I_{жс} \quad (4.29)$$

Егер осы 4.29-өрнекті талдасак, сонда автотрансформатордың ОК орамасынан ЖК орамасына қосымша қуатты беруге болатындығы анықталады.

Құрама (комбинированный) режіммен жұмыс істеу шарты
2-режім ЖК → ОК; ТК → ОК

$$I_{тізб} = I_{жс} = \frac{\sqrt{P_{жс}^2 + Q_{жс}^2}}{U_{жс}} \quad (4.30)$$

мұнда, $P_{жс}$, $Q_{жс}$ – активтік және реактивтік қуаттар
Тізбектелген ораманың жүктемесі

$$S = I_{мізб} \cdot (U_{жс} - U_{ор}) = \frac{\sqrt{P_{жс}^2 + Q_{жс}^2}}{U_{жс}} (U_{жс} - U_{ор}) = K_{ми} \cdot S_{жс} \quad (4.31)$$

Сонымен бұл режим ТК → ОК; ЖК → ОК жалпы ораманың жүктелуімен шектеледі, яғни:

$$S_{жсн} \leq S_{мин} = K_{ми} \cdot S_{ном}; \quad (4.32)$$

1-режим ТК → ЖК; ОК → ЖК

Бұл режимнің жұмыс істеу шарты:

$$S_{мізб} \leq S_{мин} = K_{ми} \cdot S_{ном}; \quad (4.33)$$

Егерде ОК және ТК орамаларының $\cos \varphi$ -і бір-бірінен көп айырмашылығы болмаса, онда

$$S_{мізб} = K_{ми} \cdot S_{жс}; \quad (4.34)$$

Автотрансформаторлардың басқа да құрама режимдері болуы мүмкін. Мысалы, ОК → ТК; ОК → ЖК; немесе ЖК → ОК; ЖК → ТК. Бұндай жағдайларда тоқтың бағыты керісінше өзгереді де, ал көрсетілген өрнектер өзгермейді. Автотрансформаторлар қай режиммен жұмыс істесе де, оның жүктелуін бақылап отыру керек.

Автотрансформаторлардың құндылығы:

- мыстың, болаттың және оқшауламаның шығыны аз;
- массасы, мөлшері аз болса, сонда автотрансформаторларды үлкен номиналдық қуатқа дайындауға болады;
- шығыны аз және ПӘК үлкен;
- салқындату шарты жеңілдірек.

Автотрансформаторлардың кемшіліктері:

- бейтарап нүктесін жермен қосудың қажеттілігі. Соның салдарынан бір фазалы қысқа тұйықталу тоғы көбейеді;
- кернеу деңгейін реттеудің күрделілігі;
- атмосфералық асқын кернеудің ЖК орамасынан ОК орамасына ауысуы мүмкін. Себебі бұл орамалар бір-бірімен электрлік байланыста.

4.7 Асинхронды электр қозғалтқыштары. Жұмыс істеу ұстанымы. Құралымы.

Айнымалы электр тоғының электр энергиясын механикалық энергияға айналдыратын электр машинасын – электр қозғалтқышы деп атайды (14,15,16).

Дүниежүзіндегі практикалық қажетке жарамды электр қозғалтқыштардың ең алғашқысын 1880 жылдары орыс инженер-электригі М.О. Доливо-Добровольский ойлап шығарды.

Асинхронды электр қозғалтқыштарының құралымы мен қызметі айналу магнит өрісін пайдалануға негізделген (4.23-сурет).

Болаттан жасалған сақинаға (4) әрбір 120° -тан кейін үш орама (1,2,3) орнатылған. Сақинаның (4) ішінде темірден жасалған цилиндр (5) орналасқан. Осы асинхронды электр қозғалтқыштың роторы (5) деп атайды. Егер осы үш ораманы электр желісіне қоссақ, сонда үш ораманың және ротордың өзара қарым-қатынасының нәтижесінде айналу магнит өрісі пайда болады. Осы процесті 4.24-суреттен көреміз.

Айналу магнит өрісі А қалпына келгенде график бойынша бірінші фазадағы электр тоғы (I_1) нольге тең, екінші фазадағы электр тоғы (I_2) теріс бағытта, ал үшінші фазадағы электр тоғы (I_3) оң бағытта. Электр тоғының бағыттары 4.24-суретте стрелкамен көрсетілген. Оң қол ережесін еске ала отырып жалпы айналу магнит өрісінің бағытын таба аламыз. Мысалы, осы А қалпын қарасақ, жалпы айналу магнит өрісінің бағыты (2) орауыштан ротор арқылы (5) (3) орауышқа бағытталған. Яғни, (3) орауышта «оңтүстік», ал (2) катушкеде «солтүстік» полюсі жасалынады, 4.24 сурет.

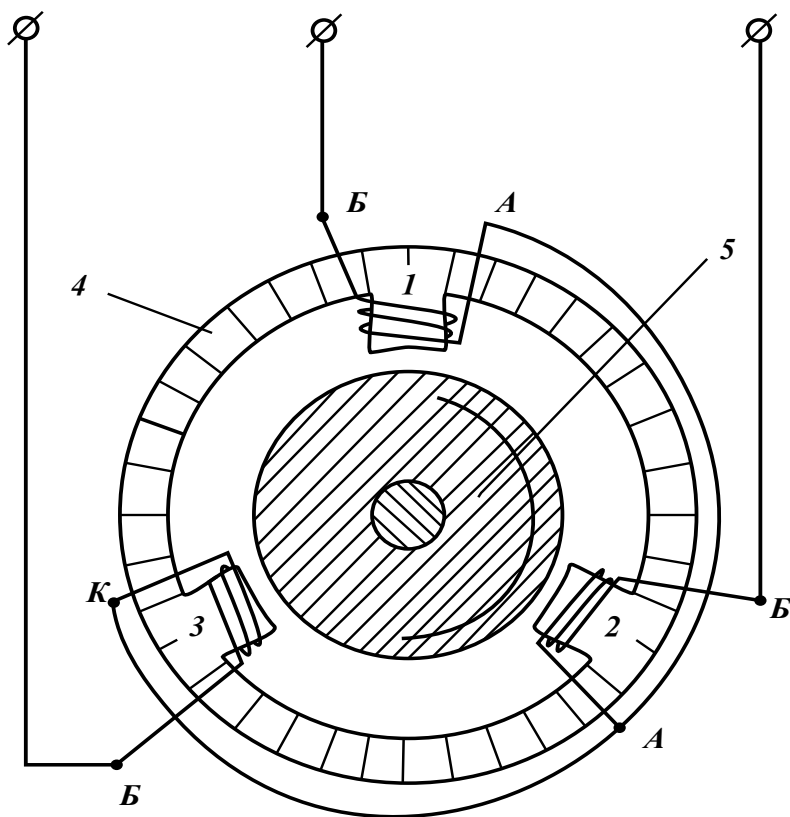
Айналу магнит өрісі Б қалпына келгенде график бойынша екінші фазадағы электр тоғы (I_2) нольге тең, бірінші фазадағы электр тоғы (I_1) оң бағытта, ал үшінші фазадағы электр тоғы (I_3) теріс бағытта. Жалпы айналу магнит өрісінің бағыты үшінші катушадан (3) ротор арқылы (5) бірінші катушкаға (1) бағытталған. Яғни полюстері «оңтүстік»-«солтүстік» болып 120° ауысады, 4.24-сурет.

Айналу магнит өрісі В қалпына келгенде, график бойынша үшінші фазадағы электр тоғы (I_3) оң бағытта, ал бірінші фазадағы электр тоғы (I_1) теріс бағытта. Электр тоғы бірінші катушадан (1) ротор арқылы (5) екінші катушкаға (2) бағытталған. Яғни полюстер «солтүстік» - «оңтүстік» тағы да 120° ауысады.

Айналу магнит өрісі Г қалпына келгенде график бойынша магнит өрісі тағы да 120° ауысады, 4.24-сурет.

Сөйтіп жалпы магнит өрісі өзінің бағытын бірінші, екінші, үшінші орамалардағы токтың (I_1 , I_2 , I_3) бағытына байланысты өзгертеді. Орамалардағы ток бір кезең өзгергенде, магнит өрісі толық бір айналым жасайды.

Сонымен, айналу магнит өрісі өзі айналғанда роторды (5) өзімен бірге айналдырады. Бірақта, айналу магнит өрісінің жылдамдығы ротордың жылдамдығымен тең емес. Сондықтан, мынадай электр қозғалтқыштары – асинхронды электр қозғалтқыштары деп аталынады.



4.23-сурет. Доливо-Добольвольскийдің асинхронды қозғалтқышының жұмыс істеуінің ұстанымдық сұлбасы

Асинхронды электр қозғалтыштарының жылжу мөлшері мына формуламен анықталады:

$$S = \frac{n - n_1}{n} \cdot 100\% \quad (4.35)$$

мұнда n – магнит өрісінің айналу жылдамдығы;

n_1 – ротордың айналу жылдамдығы.

Асинхрондық электр қозғалтқыштарының құралымының ең негізгі элементтері мыналар:

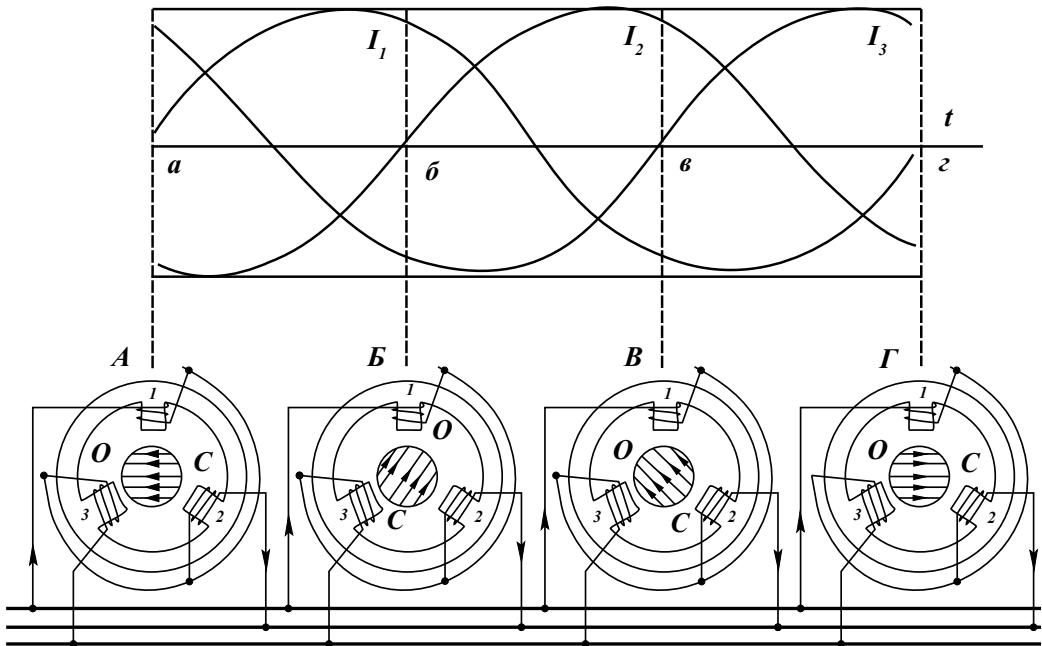
статор (корпус);

статордың орамалары;

ротор.

Қазіргі уақытта асинхронды электр қозғалтқыш қуаты бірнеше ваттан мегаватты болып дайындалады.

Халық шаруашылығының барлық саласында және тұрмыс жағдайында кең қолданады.



4.24-сурет. Асинхронды қозғалтқышта айналу магнит өрісін алу сұлбасы

4.8 Синхронды компенсаторлар. Жалпы мәлімет.

Синхронды компенсатор – синхронды машинаның бір түрі. Ол қозғалтқыш режимінде жұмыс істеген мезгілде оның білігінде (валында) ешқандай жүктеме жоқ, ал қоздыру тоғы өзгеріп отырады.

Синхронды компенсаторлар қоздыру тоғының өзгеру деңгейіне байланысты электр торабына реактивтік қуатты не береді, не ол қуатты пайдаланады.

4.25-суретте КСВ типті синхронды компенсатордың жалпы көрінісі берілген. Синхронды компенсатордың статоры құралымы жағынан турбогенераторларға ұқсас. Ал оның роторы айқын полюсті.

Синхронды компенсатордың негізгі көрсеткіштері:

1. Номиналь қуаты;
2. Номиналь кернеуі; электр торабының кернеуінен $5 \div 10\%$ жоғары болуы керек;
3. Статордың номиналь тоғы;
4. Ротордың номиналь тоғы;
5. Активтік қуаттың номиналь режимдегі шығыны – шамамен $1,5 \div 2,5\%$

Қазіргі уақыттағы жиі пайдаланылатын синхронды компенсатордың көрсеткіштері:

$$S_{ном} = 10; 16; 25; 32; 50; 100; 160; \quad \text{және } 350 \text{ МВА}$$

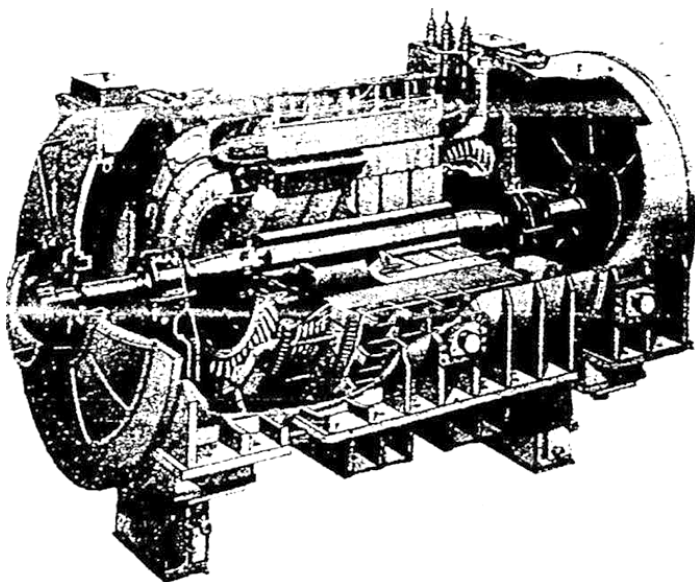
$$U_{ном} = 6,6 \div 15,75 \text{ кВ.}$$

$$I_{\text{ном}} = 0,45 \div 5,9 \text{ кА.}$$

$$n = 750 \div 1000 \text{ айн/мин}$$

Ротордың салмағы – $8 \div 110 \text{ тн.}$

Синхронды компенсатордың жалпы салмағы – $20 \div 303 \text{ тн.}$



4.25-сурет. КСВ типті синхронды компенсатордың жалпы көрінісі

Синхронды компенсаторлардың статор және ротор орамаларын салқындатудың екі әдісі бар:

1. Ауамен жанама тұйық жүйеде салқындатылады (КС-типті);
2. Сутегімен жанама тұйық жүйеде салқындатылады (КСВ-типті).

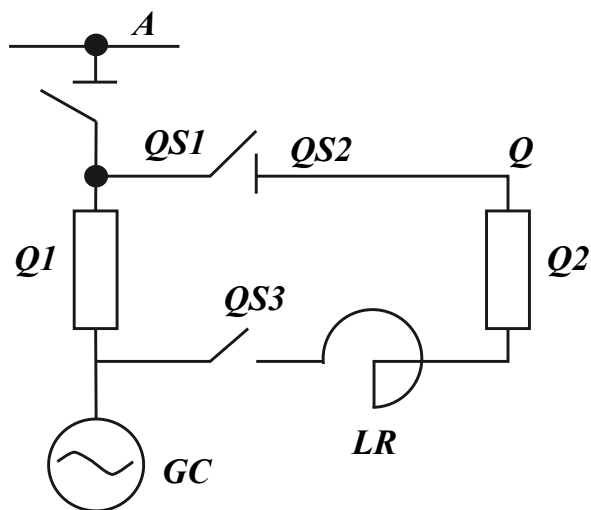
КС және КСВ типті синхронды компенсаторларда В және F оқшауламалары қолданылады.

Синхронды компенсаторлар қосалқы станцияларда орналастырып, электр жүктемелеріндегі кернеудің деңгейін реттеуге пайдаланылады. Сонымен қатар параллель жұмыс істейтін бірнеше электростанциялардың жұмысының орнықтылығын арттырады.

Синхронды компенсатор асқын қоздыру режимінде жұмыс істесе – реактивтік қуатын электр торабына береді, ал қоздырылмаған режимінде жұмыс істесе, онда электр торабынан реактивтік қуатты пайдаланылады.

4.26-суретте синхронды компенсаторды реактор арқылы іске қосу сұлбасы берілген. Синхронды компенсатор Q_2 ажыратқышымен LR реакторы арқылы іске қосылады. Синхронды компенсаторды іске қосу мезгілінде оның бастапқы тоғы $(2 \div 2,8) \times I_{\text{ном}}$ мәнінен аспайды да, ал кернеуі $(40 \div 45\%) \times U_{\text{ном}}$ болып төмендейді. Компенсатордың айналым жиілігі синхрондалынатын жиілікке жақындағанда, оның қоздыру орамасына тоқ беріледі де, компенсатор синхрондалуға біртіндей

тартылады. АРВ арқылы статор орамасында минималды ток орнықтылады. Содан кейін Q_1 ажыратқышы LR реакторды шунттайды да компенсаторды электр торабына, іске қосады.



4.26-сурет. Синхронды компенсаторды реактор арқылы іске қосу сұлбасы

4.9 Электр аппараттары. Түрлері. Ерекшеліктері

Электр энергетикада қолданылатын электр аппараттарын негізінен екі түрге бөледі (шартты түрде):

I. Кернеуі 1000 В-тан жоғары қондырғыларда қолданатын электр аппараттары. Оларға мыналар жатады:

1. Коммутациялық аппараттар: айырғыштар, жүктеме ажыратқыштар, ажыратқыштар, балқымасақтандырғыштар, қысқатұйықтағыштар, бөлшектеуіштер.
2. Өлшеуіштік аппараттар: кернеу трансформаторы, 500 кВ-тан жоғары кернеуді өлшейтін арнайы трансформаторлық құрылғы, ток трансформаторы.
3. Токты шектеуші аппараттар: реакторлар, токты шектеуші құрылғылар.

II. Кернеуі 1000 В-тан төмен қондырғыларда қолданатын электр аппааттары. Оларға мыналар жатады:

1. Балқымалы сақтандырғыштар;
2. Шаппа қосқыштар;
3. Ауыстырып қосқыштар;
4. Магниттік жүргізгіштер.

Енді осы көрсетілген электр аппараттардың кейбіреуінің құралымдарын және сипаттамаларын талдаймыз.

Электр тізбегін ажырату уақытына байланысты барлық ажыратқыштар (кернеуі 1000 В-тан жоғары) екіге бөлінеді:

1. Электр тізбегін тез ажырата алмайтын ажыратқыштар (не быстродействующие). Олардың тізбекті ажырату уақыту:

$$t_{мен.уак} \approx 0,1 \div 0,5с; \quad t_{тол.аж} \approx 0,15 \div 0,25 с;$$

2. Электр тізбегін тез ажырата алатын ажыратқыштар (быстродействующие). Олардың уақыты:

$$t_{мен.уак} \approx 0,03 \div 0,05с; \quad t_{тол.аж} \approx 0,05 \div 0,08с;$$

Ажыратқыштармен тізбекті тез қосу мен ажыратудың үлкен маңызы бар. Мысалы, ажыратқыштардың тізбекке қосылған кездегі параметрі:

$$U_{ном} = 110кВ; \quad I_{аж} = 15кА; \quad U_{дог} = 5кВ; \quad t = 0,02с.$$

Осы ажыратқышпен тізбекті ажыратқанда бір периодқа тең уақытта бөлінетін энергияның шамасы төмендегідей болады:

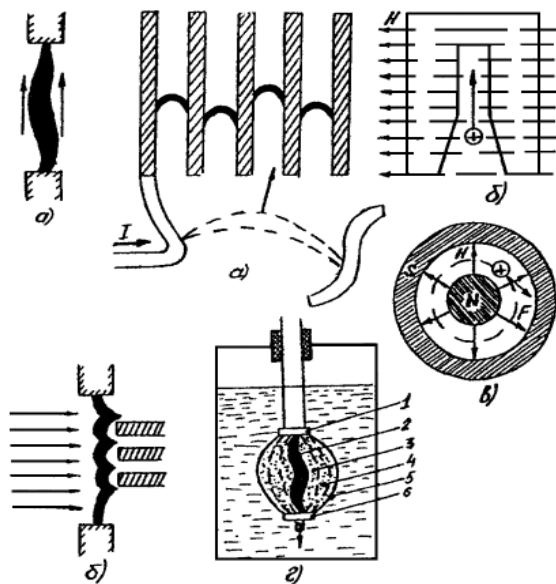
$$A = I_{аж} \cdot U_{дог} \cdot t = 15 \cdot 5 \cdot 0,02 = 1,5МВт, \quad (4.36)$$

Егерде тізбекті тез сөндірмесек, онда жоғарыда көрсетілген энергия (1,5 МВт с) ажыратқышты тез уақытта істен шығарады.

Сондықтан, ажыратқыштарда арнайы доғаны сөндіретін камералар қолданылады (4.26-сурет).

Жұмыс істеу әрекетіне байланысты доғаны сөндіретін құрылғылар негізінде үш топқа бөлінеді:

1. Өздігінен үрмелі (автодутьем) доға сөндіргіш камера; Мұнда газдың жоғары қысымы және үлкен жылдамдығы доғада бөлінетін энергияға әсерін тигізеді.



4.27-сурет. Доғаны сөндіру тәсілдері:

а – ұзын доғаларды қысқа доға етіп бөлу; б – доғаны сөндіру камерасының тар саңлауына тарту; в – доғаны магнит өрісінде айналдыру; г – доғаны майдың ішінде сөндіру;

1 – қозғалмайтын түйіспе; 2 – доға бағанасы; 3 – сутекті қабық; 4 – газдың аумағы;

5 – май буларының аумағы; б – қозғалмалы түйіспе.

2. Трансформаторлық майды күшпен үрлейтін құрылғы. Мұнда майды арнайы гидравликалық механизмдермен ажыратқыштың түйіспелеріндегі доғаға күшпен жеткізеді.

3. Магниттік үрлемелі доғаны сөндіргіш камера. Мұнда доға электромагниттік өрістің әсерінен тар каналдарға немесе саңлауларға жеткізіледі де, сонда сөндіріледі.

Жоғары кернеулі ажыратқыштардың негізгі көрсеткіштері: номиналь кернеу, кВ; номиналь ток, А, кА; номиналь ажырату тоғы, кА; номиналь қосу тоғы, кА; ажыратудың меншікті уақыты, с; ажыратудың толық уақыты, с; токтың апериодикалық құрамы, β_r , %; электродинамикалық төзімділігі, кА; термиялық төзімділігі, кА; термиялық токтың өту уақыты, с.

Зауытта жасалынған ажыратқыштардың паспорттарында жоғарыда келтірілген көрсеткіштері және пайдалану шарттары жазылады.

Жоғары кернеулі (6-1150 кВ) ажыратқыштарды тандап алу сипаттамалары:

$$I_{\text{ном}} \geq I_{\text{нор.мах}}; U_{\text{ном}} \geq U_{\text{конд.}}; I_{\text{косу}} \geq I_{\text{п.о}}; i_{\text{косу}} \geq i_{\text{соккы}}; I_{\text{ном.аж}} \geq I_{\text{п.о}}; I_{\text{терм}}^2 \cdot i_{\text{терм}} \geq V_{\text{к}}; I_{\text{п.о}} \leq I_{\text{дин}}; i_{\text{соккы}} \leq i_{\text{дин}}.$$

Мұнда, $I_{\text{дин}}$ – каталог бойынша токтың электродинамикалық төзімділігі, кА;

$I_{\text{дин}}$ – қысқа тұйықталу тогының периодикалық құрамының әрекет мәні, кА;

$V_{\text{к}}$ – қысқа тұйықталу тогының жылулық импульсі, кА²·с.

Жоғары кернеулі ажыратқыштар – электр қондырғылардағы негізгі коммутациялық аппараттардың бірі. Ажыратқыштардың негізгі атқаратын жұмысы – электр тізбегіндегі жүкті кез келген режимде қосу немесе ажырату (қалыпты режим, апаттық режим, қысқа тұйықталу тоғын ажырату, т.б.).

Жоғары кернеулі ажыратқыштарға қойылатын жалпы талаптар:

- электр тізбегін сенімді ажырату;
- ажырату қуатының жеткіліктілігі;
- тізбекті тез ажырату;
- қайта қосу автоматын (АПВ) ажыратқыштардың құралымында қолдану;
- әрбір фазаны бөлек басқаратын мүмкіндігінің болуы (кернеуі 110 кВ және одан да жоғары ажыратқыштар үшін);
- жарылудан және өрттен қауіпсіздендіру;
- құралымының қарапайымдылығы;
- пайдалануға ыңғайлылығы; мөлшері, салмағының аздығы; монтаж жасаудың қарапайымдылығы;
- жұмыс істегенде шудың болмауы.

4.9.1 Ажыратқыштар. Олардың түрлері және жетектері

Ажыратқыш – тізбекті кез келген режимде ажырататын коммутациялық аппарат. Олардың түрлері 4.7-кестеде көрсетілген.

4.7-кесте.

Жоғары кернеулі ажыратқыштардың жұмыс істеу аймағы

№	Ажыратқыштардың түрлері	6,10кВ	35 кВ	110 кВ	220 кВ	500 кВ	750 кВ	1150 кВ
1	Үлкен көлемді майлы	-	+	+	+	-	-	-

2	Аз (шағын) көлемді майлы	+	+	+	+	*	-	-
3	Ауалы	+	+	+	+	+	+	+
4	Элегаздық	-	+	+	+	+	*	
5	Электромагниттік	+	-	-	-	-	-	-
6	Ауасыз	+	+	+	+	-	-	-
7	Синхрондайтын	-	-	+	+	+	-	-
8	Автогаздық	+	-	-	-	-	-	-
9	Тиристорлық	+	-	-	-	-	-	

*Ескерту: ажыратқыштардың жобалаудағы белгісі - **

Жоғарғы кернеулі ажыратқыштар жоғары кернеулі электр тізбегін қосуға және ажыратуға, сондай-ақ қысқа тұйықталу кезінде ажыратуға арналған. Оның ажырататын қабілеті жеткілікті, қысқа уақытта орындайтын жұмысы сенімді болуы тиіс. Жоғары вольтті ажыратқыштар қопарылудан және өрттен қауіпсіз, құралымы қарапайым, пайдаланылуы ыңғайлы, мөлшері мен салмағы мүмкіндігінше шағын болғаны жөн. Барлық жоғары вольтті ажыратқыштарды екі негізгі топқа бөлуге болады: 1. Майлы ажыратқыштар. 2. Майсыз ажыратқыштар.

Майлы ажыратқыштар өз кезегінде:

1. Үлкен көлемді майлы ажыратқыштар.

2. Аз көлемді майлы ажыратқыштар болып бөлінеді.

Біріншіде, ажырату кезінде түйіспелер аралығында пайда болатын электр доғасын өшіруге, сондай-ақ ток жүретін бөліктерді бір-бірінен және жерге қосылған бактан оқшаулауға пайдаланады.

Екіншіде, май тек доғаны өшіру үшін ғана қолданылады, ал ток жүретін бөліктерді оқшаулау ауа және керамикалық, органикалық оқшаулатқыш материалдар арқылы жүзеге асырылады.

4.9.2 Үлкен көлемді майлы ажыратқыштар

Үлкен көлемді майлы ажыратқыштардың түрлері және сипаттамалары:

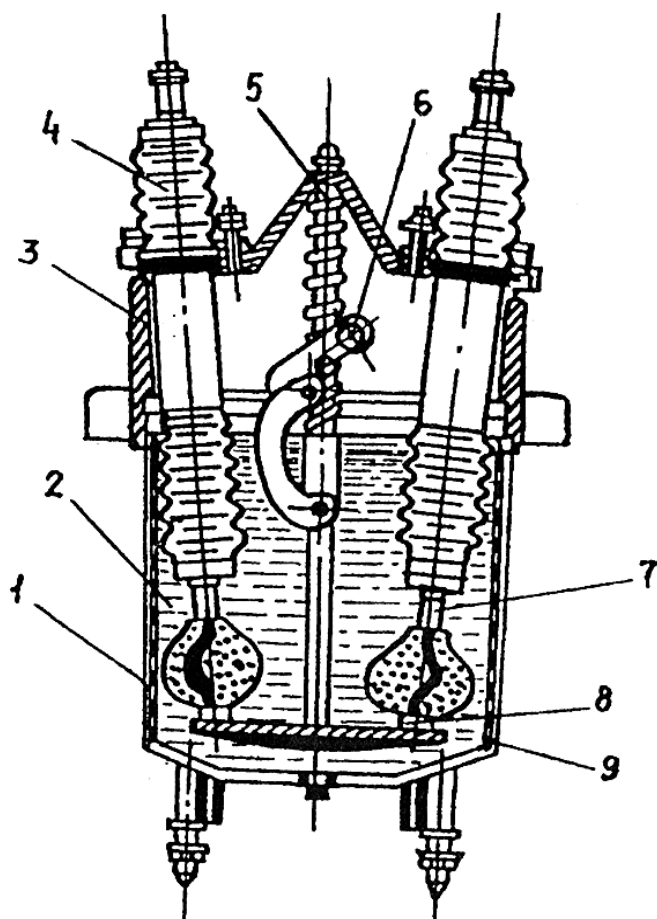
- МКП – 35 – 1000 – 25УІ – камералы үлкен көлемді майлы ажыратқыш, жоғары кернеуі 35 кВ, номинал тоғы 1000А, ажырату тоғы 25 кА, қоңыржай климатқа және сыртта (ашық ауада) орналастыруға есептелінген;

- С – 35 – 3200 - 50УІ – бакты көп көлемді майлы ажыратқыш; сериясы С; - У – 220 – 2000 - 40УІ – бакты үлкен көлемді майлы ажыратқыш, сериясы У.

- ВМБ – 10 – 400 - 15УЗ – мұндай ажыратқыш номинал кернеуі 10 кВ, номинал тоғы 400 А, ажырату тоғы 15 кА, қоңыржай климатқа және үйдің ішінде орналастыруға есептелінген.

Үлкен көлемді майлы ажыратқыштар: арнайы доға өшіретін құрылғысы жоқ ажыратқыштар (4.28-сурет) және доғаны тез өшіретін камералы ажыратқыштар болып бөлінеді.

Үлкен көлемді майлы ажыратқыштардың негізгі бөлшектері мыналар: бак, қақпақ, өтпелі оқшаулатқыш, жетек механизмі және түйіспелер.



4.28-сурет. Үлкен көлемді бакты майлы ажыратқыштың қимасы (доғаны сөндіретін әдейі құрылғысы жоқ)

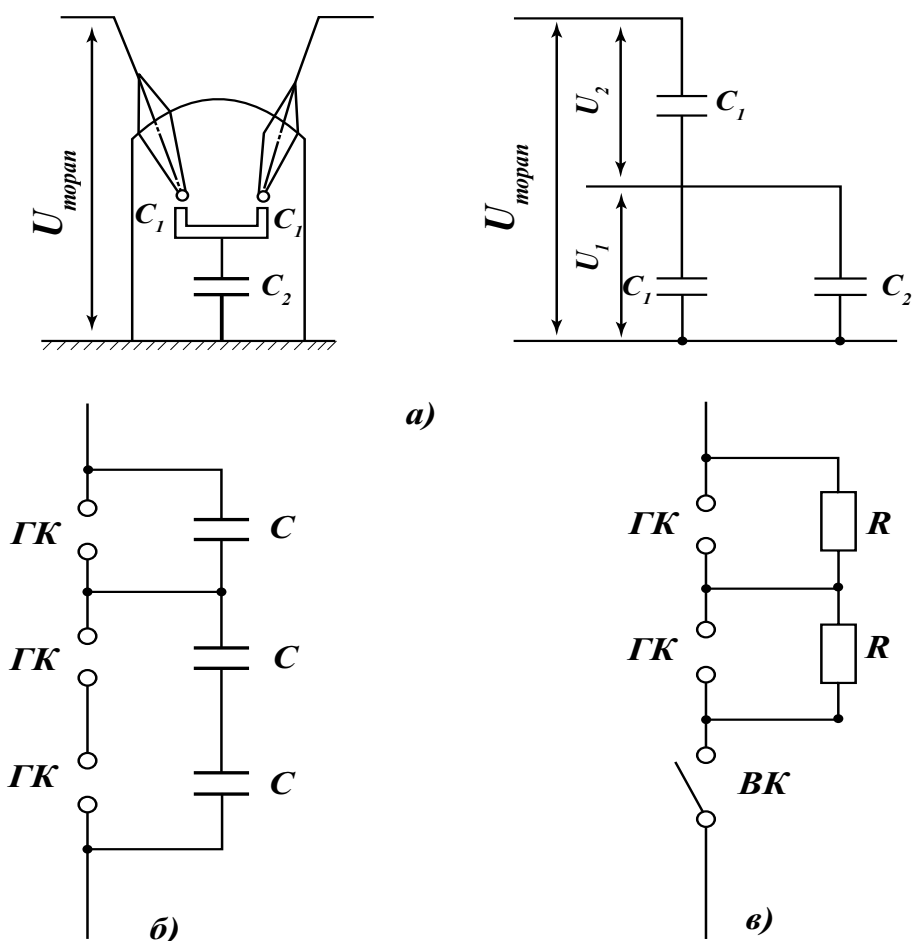
1 – болаттан жасалған бак. 2 – май. 3 – шойын қақпақ. 4 – фарфорлық өтпелі оқшаулатқыш. 5 – ажыратқыш серіппе. 6 – білік. 7 – қозғалмайтын түйіспе.

8 – қозғалатын түйіспе. 9 – қорғаныс оқшаулама қабаты.

10 кВ-тан аспайтын кернеуде барлық үш фаза тік бұрышты немесе дөңгелек формалы бір бакқа (бір бакты ажыратқыштар) орналасады.

Үлкен көлемді ажыратқыштардың салмағы мен көлемі едәуір болады. Онда үлкен көлемді үш фазалы ажыратқыштардың жалпы салмағы 110 кВ-та 18,3 т, ал майдың өзі 8,5т, 220 кВ-тық ажыратқыштың жалпы салмағы 90т, ал майдың салмағы 48т болады.

Майлы ажыратқыштарды басқару оларды қосылған қалпында ұстап тұратын арнайы жетекпен жүзеге асырылады.



4.29- сурет. Ажыратқыштың ажырау бойымен кернеудің таралуы:

а – майлы ажыратқыштың ажырау бойымен кернеудің таралуы; б – кернеуді сыйымдылықпен бөлу; в – кернеуді активті кедергімен бөлу.

Арнайы құрылғысы жоқ үлкен көлемді майлы ажыратқыштар (ВМБ-10, 10 кВ-қа, 400 А-ге) доғаны өшіру, шамалы қысқа тұйықталған тоқты ажырату қабілеті жетілдірмегендіктен электр қондырғысының сенімді жұмыс істеуін, қауіпсіздігін және пайдалану қарапайымдылығын толық қамтамасыз ете алмайды. Сондықтан ол кернеуі 10 кВ-тан аспайтын, қуаты шағын қондырғыларда ғана қолданылады.

Доға өшіретін камерасы бар үлкен көлемді майлы ажыратқыштар доғаны өшіруді тездетеді және майлы ажыртқыштардың бағындағы қысымды төмендетеді, соның әсерінен оның ажырату қабілеті мен жұмыс сенімділігі артады.

Қазіргі кездегі барлық майлы ажыратқыштардың доға өшіретін құрылғыларында газбен үрлеу әдісі қолданылады, ол доғаны қарқынды әрі тез өшіруді қамтамасыз етеді. Бұлар кернеуі 35-220 кВ қондырғыларында қолданылады (камералы майлы ажыратқыштар қосалқы станциялық МКП-76, 35 кВ-қа, МКП-160, 110 кВ-қа, МКП-180, 150 кВ-қа, МКП-274, 220 кВ-қа).

Бұл ажыратқыштардың барлығы бойлық май үрлегіш камерамен жабдықталған. Оның ажырату уақыты 0,15 секунд, бұл тез әрекет етуге жатпайды. МКП – 53, МКП – 110, МКП – 150, МКП – 200 ажыратқыштары көлденең май камераларымен жабдықталған. Доғаны өшіру уақыты шамалы, әдетте 0,02-0,03 секундтан аспайды. Доғаны өшірудің жеңілдейтін себебі камерадағы үзілу активті кедергімен (R) шунтталып (750 Ом), немесе сыйымдылықпен бөлгіштенеді, 4.29-сурет.

4.9.3 Аз көлемді майлы ажыратқыштар

Мұндай ажыратқыштарды әдетте 20 кВ-қа дейінгі кернеулі құрылғыда орнатады. Шағын көлемді майлы ажыратқыштардың әрбір үзілісі доға өшіргіші бар жеке бактармен жабдықталған. Екі қайтара үзілетін ажыратқыштардағы фазада екі бак, ал бір рет үзілетін ажыратқыштардағы фазада үш бак болады.

ВМГ (майлы горшокты ажыратқыш) типті ажыратқыштар кернеуі 10 кВ-қа дейінгі қондырғыларда қолданылады. ВМГ-133 ажыратқыштардың номиналь кернеу 10кВ және ажырату қуаты 350мың кВт-қа дейін барады.

МГГ (майлы, генераторлы, горшокты) типті шағын көлемді майлы ажыратқыштардың әр фазада екі бактан (барлығы алты бак) болады. Бұлар кернеуі 20кВ, номинал тоғы 2000 А және одан көп болатын жабық қондырғыларда (қуаты орташ және үлкен қондырғыларда) қолданылады. МГГ-529 типті ажыратқыштың номиналь қуаты 1,5млн кВт, МГГ-20 типінің номинал қуаты 2,5млн кВт болады,

Сонымен қоса МГГ-10 типтес жинақты майлы ажыратқыштар жасалады. Оның номинал қуаты – 500 мың кВт. Бұл ажыратқыштар алты бактан тұрады, ал құралымы ВМГ-133 типті ажыратқышқа ұқсас.

МГГ типтес ажыратқыштар тез әрекет ететіндерге жатпайды, олардың ажырату уақыты 0,25 - 0,33С.

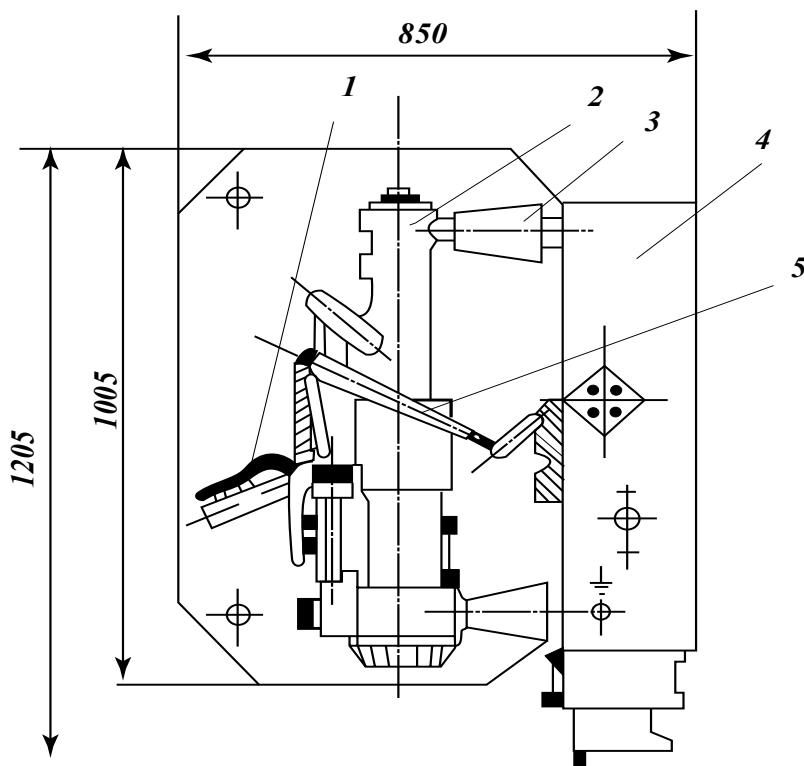
Сыртқа орнатылған МГ-35 типті шағын көлемді майлы ажыратқыштардың номинал қуаты 400 мың кВт, МГ-110 типінің номинал қуаты 2,5 млн. кВт болады. Бұл ажыратқыштардың мөлшері мен салмағы біршама шағын, құралымы қарапайым.

Негізгі кемшіліктері: доға өшіретін камерада орналасқан жанасу жүйесі қолайсыз және ажырату қуаты шағын.

Кейбір шетел фирмалары кернеуі 220 кВ, ажырату қуаты 10 млн. кВт-қа дейін және кернеуі 380-400 кВ қуаты 12 млн. кВт-қа дейін жететін шағын көлемді майлы ажыратқыштарды дайындайды. Олардың органикалық шынылы астары бар доға өшіретін камерасы болады, ол камера қосымша ток күші пайда болған кезде қуаты шағын доғаны өшіруге арналған.

Қысқа тұйықталған тізбекті ажыратқанда қосымша күштің ажыратқышын қолдану үшін жоғары вольтті кварцті сақтандырғыш пайдаланылады (БН-16 және ВМП-16 типтес қосымша күштік ажыратқышының ерекшелігі сонда, олардың жоғары вольтті сақтандырғышы болады).

Олар цехтық, қалалық, ауыл шаруашылық, т.б. қосалқы станцияларда, яғни балқымалы сақтандырғыштар көмегімен қысқа тұйықталған токтан қорғауға болатын, әрі қосымша күш түскен кезде тізбекті қосуға және ажыратуға тура келетін орындарда қолданылады.



4.30-сурет. ВМПЭ-10 типтес ажыратқыштың жалпы көрінісі. Номиналь тоғы 2500 ден 3150 А.

1 – қозғалатын жұмыс түйіспесі. 2 – ажыратқыштың тұрқы (корпусы). 3 – тіреуіш оқшаулатқыш. 4 – темір рама. 5 – оқшаулама тартқыш (тяга).

Қосымша күштік ажыратқыштарын, тіпті жоғары вольтті сақтандырғыштары болғанның өзінде орнату арзанға түседі, әрі жоғары вольтті ажыратқыштарға қарағанда орынды аз алады.

Кейінгі уақытта кернеуі 110 немесе 220 кВ қондырғыларды ажыратқыштардың ВМТ түрі, ал кернеуі 6-10 кВ қондырғыларда ажыратқыштың ВМПЭ немесе ВМПП деген түрлерін кең қолданады. Олардың номиналдық тоғы 630-3150 А, айыратын тоғы 20 немесе 31,5 кА. 4.30-суретте аз майлы ажыратқыштың жалпы құралымдық сұлбасы көрсетілген. Бұл ВМПЭ – 10 ажыратқышының екі паралель ток контуры бар. Жұмыс түйіспесі өзінің корпусының сыртында, ал доға сөндіретін түйіспесі корпустың ішінде орналасқан. Егерде ВМПЭ-10 тоғы 630-1600 А болса, онда майдың салмағы 5,5 кг, ал тоғы 3150 А болса, онда майдың салмағы 8 кг болады.

4.9.4 Сулы ажыратқыштар

Мұнда доғаны өшіру үшін су пайдаланылады, ол құралымы жағынан шағын көлемді майлы ажыратқыштарға ұқсас. Кемшілігі мынады: суы буланып кетеді;

жылытылмайтын үй-жайларда немесе ашық ауада орнату қиындау; кернеуі 35 кВ-тан асып кеткен жағдайда оқшаулау қиынға түседі. Сондықтан отандық зауыттарда жасалмайды.

4.9.5 Автогазды (газгенерациялаушы) ажыратқыштар

Мұнда доғаны өшіру үшін жоғары температура әсерінен генерациялайтын газдарды пайдаланады. Бұл арнайы газ генерациялайтын материалдардан (фибра, органикалық шыны т.б.) жасалады.

Автогазды ажыратқыштардың доға өшіретін құрылғысын электр-оқшаулатқыш материалдардан жасалған ауыстырмалы астармен жабдықтайды. Бұл материал доғаның жоғары температурасының әсерінен пайда болған газды генерациялап, доғаны өшіруге пайдаланылады.

Бұл ажыратқыштардың артықшылығы мынады:

1. Қопарылысқа және өртке толық қауіпсіздігі;
2. Доға өшіретін сұйықтың болмайтындығы;
3. Пайдалануының қарапайымдылығы;
4. Габариттің біршама шағындығы.

ТМД зауыттары осы ажыратқыштардың екі түрін шығарады:

1. ВГ -10 типтес автогаздық ажыратқыш;
2. ВН-16 және ВНП-16 типтес жүктеме ажыратқыштары.

Бұл ажыратқыштар номиналь кернеуі 6-10 кВ және номиналь қуаты 200-3000 мың кВт болатын ішкі қондырғыларда орналастырылады.

Ажыратудың бастапқы сәтінде доға пайда болып, органикалық шыны астарына жанасқанда газ генерацияланады да, камердағы қысым кенеттен ұлғаяды. Осыдан кейін түйіспе жылжып, көлденең шығару каналы ашылады, камерада жиналған газ қарқынды үрлеу туғызып, доғаны лезде өшіреді.

Ажыратқыштың ВГМ-20 типі ВМГ типті майлы ажыратқыш секілді қабырғаға немесе металл құралымына тігінен орнатылады.

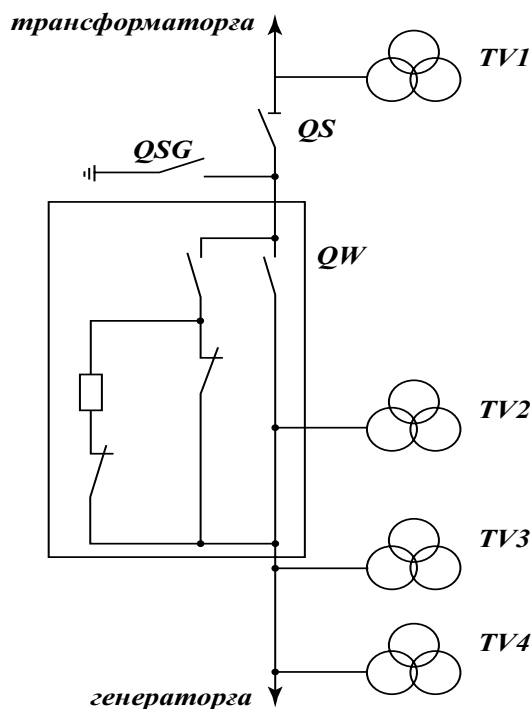
Жүктеме ажыратқыштары негізінде жүктеменің тоғын ажыратуға және қосуға арналған.

ТМД-ның зауыттары қысқа тұйықталу тоғын ажыратуға арналған жүктеме ажыратқыштарын шығарады. Мысалы, ВНП-10, ВНСГ-15, КАГ-24, т.б. Айталық, ВНСГ-15 типті арнайы жүктеме ажыратқышы генераторлардың өздігінен синхрондалуы үшін қолданылады. Оның сипаттамалары:

$$U_{ном} = 15кВ; \quad I_{ном} = 12кА; \quad I_{к.т.т.а.жс} = 31,5кА;$$

Қазіргі уақытта блоктары 800, 1000 МВт ЖЭС, АЭС-да жаңа КАГ-24 комплектілі аппараттары қолданылады ($I_{ном} = 30кА$; $U_{ном} = 24кВ$; $P = 2МПа$). КАГ-24-тің құрылғысы генераторлық комплектілі ток өткізгішпен біріктірілген. 4.31-сурете КАГ-24 жүктеме ажыратқышының электр сұлбасы келтірілген. Әрбір полюстің құрамына QW – жүктеме ажыратқышы, QS – айырғышы мен айырғышты

жерге қосатын пышағы QSG және 4 кернеу трансформаторлары TV кіреді. Генератордың КАГ-24 -30/3000У3 жүктеме ажыратқыштары ЖЭС, АЭС-ның блоктық сұлбаларының ыңғайлылығын және сенімділігін арттырады.



4.31-сурет. КАГ-24 комплектілі аппарат

4.9.6 Ауалы ажыратқыштар

Ауалы ажыратқыштарда доғаны өшіру сығылған ауамен жүзеге асырылады. Барлық майсыз ажыратқыштарда ток жүретін бөліктерді бір-бірінен және ажыратқыш құралымдарының жерге қосылған элементтерін оқшаулауды әр түрлі керамикалық оқшаулатқыш материалдар арқылы атқарады.

Ауалы ажыратқыштардың (кейбіреулерінің) түрлері мен сипаттамалары:

- ВВУ-110Б-40/2000УІ, мұндағы ВВ – жоғары кернеулі ауалы ажыратқыш; У – қайта қалпына келетін, жылдамдығы арқылы күшейтілген кернеу (усиленный по скорости восстанавливающегося напряжения). 110-жоғары кернеу, кВ; Б – оқшауламасының категориясы; 40 – номиналдық ажырту тоғы, кА; 2000 – номиналь ток, А; У – қоңыржай климатқа есептелінген;

І – сыртта (ашық ауада) орналастыруға арналған.

- ВВБК – бакты ауалы ажыратқыш.

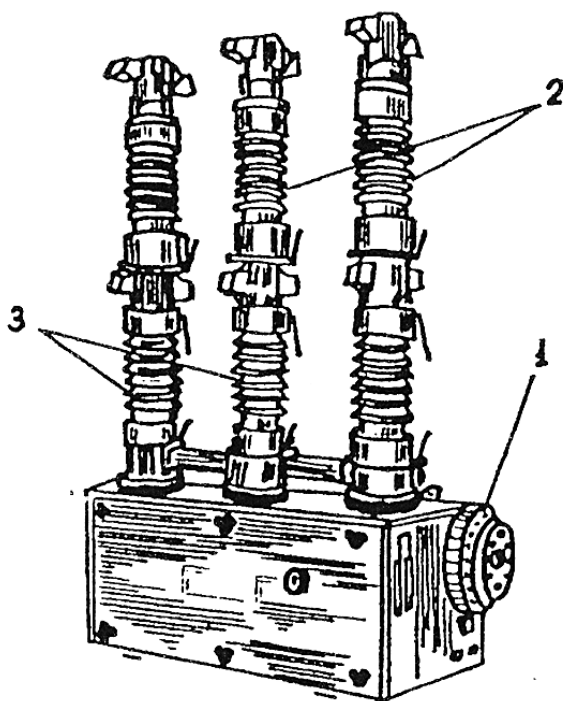
$$U_{ном} = 35 - 750 \text{ кВ}; \quad I_{ном} = 2000 \div 3200 \text{ А}; \quad P = 2 \text{ МПа}$$

$$t_{тол.аж} = 0,08 \text{ с}; \quad t_{мен.аж} = 0,055 \text{ с};$$

- ВВБК – ірі модулды бакты ауалы ажыратқыш; $U_{ном} = 110 - 1150 \text{ кВ}$; $I_{ном} = 3200 \div 4000 \text{ А}$; $t_{тол.аж} = 0,04 \text{ с}$; $t_{мен.аж} = 0,025 \text{ с}$.
- ВНВ – доға сөндірілетін камерасы ауамен толтырылған кернеулі ажыратқыш $U_{ном} = 110 - 1150 \text{ кВ}$; $I_{ном} = 4000 \text{ А}$; $t_{тол.аж} = 0,04 \text{ с}$; $t_{мен.аж} = 0,025 \text{ с}$.

Ішкі бөлгіштерсіз ауалы ажыратқыштар

Ауалы ажыратқыштарда доғаны сығылған ауамен үрлеу арқылы өшіреді. Мұнда бак ажыратылатын орынға жақын орнатылады немесе оның рамасымен біртұтас жасалады. Ажыратқыштың кернеуіне және ажырату қабілетіне қарай бактағы қысым 8-ден 20 атмосфераға дейін өзгереді. Бакқа ауа жалпы компрессор қондырғысынан беріледі.



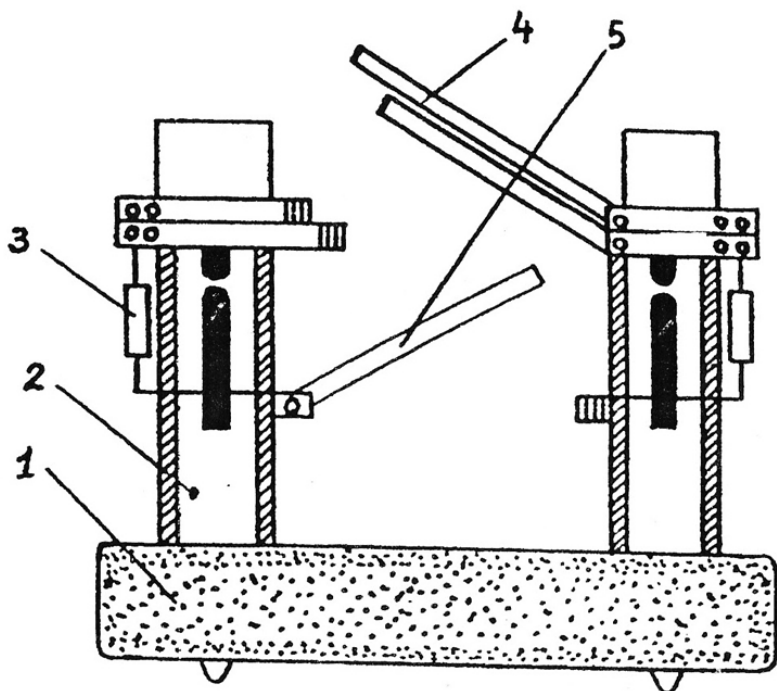
4.32-сурет. ВНВ-35 типтес ауалы ажыратқыш (35 кВ, 1000А)

1 – жалпы бак. 2 – доға сөндірілетін (өшірілетін) камералар. 3 – іші қуыс тіректі оқшаулатқыш.

Ішкі бөлгіштері жоқ ажыратқыштар деп аталатын мұндай ауалы ажыратқыштарды негізінен алғанда 35 кВ-қа дейінгі кернеуде пайдаланылады. ВНВ-35 типінің номиналь тоғы 1000 А және ажыратылуының номиналь қуаты 1000000 кВт. Ажыратқыштың жалпы бағы (1), оған орнатылған үш фазалы колонкасы, оның доға өшіретін камерасы (2) және іші қуыс изоляторы (3) болады (4.32-сурет).

Ішкі бөлгіштері бар ажыратқыштар

Мұнда ажыратқыштың түйіспелері доғаны өшіру жағдайына қарай белгілі бір шағын аралыққа жылжиды да, доғаны өшіріп біткеннен соң аз уақыт өткенде бөлектегіштің ауалы жетегі іске қосылып, тізбек ажыратылады да тізбекте ажыратылу үзігі пайда болады (4.33-сурет). Ажыратқыш, бөлектегішімен қоса кез келген кернеуге арнап жасалуы мүмкін. 35кВ-қа дейінгі ажыратқыштардың әдетте жұмыс фазасында бір үзілуі, 110кВ-та екі, 154кВ-та үш, 220кВ-та төрт және 400 кВ-та алты үзілуі болады.



4.33-сурет. Ауалы ажыратқыш құралының жалпы сұлбасы

1 – ауамен толтырылатын бак (резервуар). 2 – доға сөндірілетін камера. 3 – кернеуді бөлетін Омдық кедергі (омические делители напряжения). 4 – негізгі түйіспе. 5 – бөлгіштің жылжымалы түйіспесі.

Ауалы ажыратқыштардың негізгі құндылығы мынада:

1. Ажыратуға аз уақыт кетеді. (0,08-0,1с.).
2. Сұйық орта мен газгенерациялаушы қатты материал болмайды.
3. Қопарылысқа және өртке қауіпсіз.
4. Сенімді жұмыс істейді.
5. Пайдаланылуы біршама қарапайым.
6. Жиі қосу мен ажырату мүмкіндігі бар.
7. Автоматты түрде қайта қосылуы оңай.
8. Сырттағы және іштегі қондырғыларда пайдаланылады.
9. Майлы ажыратқыштарға қарағанда, салмағы мен көлемі шағын.

Негізгі кемшіліктеріне мыналар жатады:

1. Құралымы біршама күрделі.
2. Ауалы құралдарды (компенсаторларды, ресиверлерді, ауа өткізгіштерді т.б) қажет етеді.

ТМД зауыттары кернеуі 35-500 кВ, номиналды ажырату қуаты 1-10 млн кВт ВВН типтес ауалы ажыратқыштар шығарады. Бұлардың барлығы сыртта орнатуға арналған.

Сонымен қоса номиналь кернеуі 13,8 кВ, номинал тоғы 5500А және ажыратудың номинал қуаты 2 млн. кВт болатын, іште орнатуға арналған ВВ-15 типті ауалы ажыратқыштар жасалады.

4.9.7 Элегазды ажыратқыштар

Қазіргі уақытта элегазды ажыратқыштар қарқынды зерттелуде. Элегаз (SF_6) дегеніміз электр доғасын тез сөндіретін (яғни доғаның жануын қолдамайтын) газ. Тәуелсіз елдер достастығында кернеуі 35-500 кВ қондырғыларда элегазды ажыратқыштар сынақтан өтіп, пайдаланылуда.

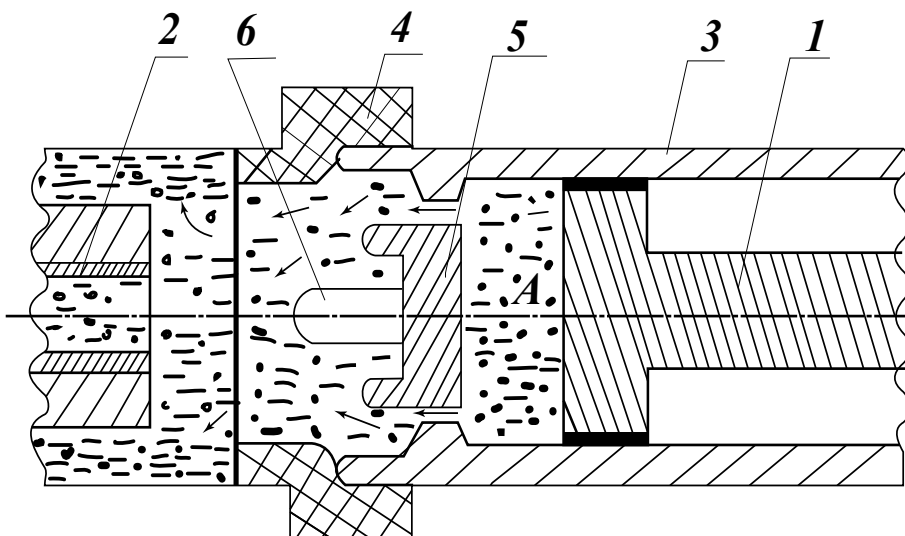
Бұндай ажыратқыштардың негізгі құндылығы мынадай:

- Өртке және қопарылысқа қауіпсіз;
- Ажыратуға аз уақыт кетеді;
- Ашық ауада және үйдің ішінде орналастыруға болады;
- Мөлшері және салмағы өте аз.

Негізгі кемшіліктері:

- Элегазды қолдану үшін арнайы жабдықтар болуы керек;
- Элегаздың бағасы қымбат, доғаны сөндіргеннен кейін элегаз-улы газға айналады. Себебі, элегазбен доғаның өзара әрекетінің нәтижесінде элегаз ыдырайды. Ол улы элегаздан сақтану үшін арнайы құрылғылар және әдістер қолдану керек.

Элегаздың жай ауамен салыстырғандағы тығыздығы 5 рет, ал электр беріктігі 2-3 рет көп. Инертті газ. Доғаның жануын қолдамайды. Элегазды ажыратқыштарда доғаны сөндіретін автоматты құрылғылар пайдаланылады. Бұл құрылғылардың түйіспелерін ажырату процесінде элегаз қысылады да, тез уақытта (шамамен 10 мс) доғаны сөндіретін жерге жеткізеді де, доға сөндіріледі. Әдетте элегазды ажыратқыштар герметикалық аппаратқа жатады. Ол көбінесе бакты майлы ажыратқыштарға ұқсас. 4.34-суретте элегаздық ажыратқыштың автопневматикалық сөндіру құрылғысының сұлбасы көрсетілген. Поршень (1) және қуыс түйіспе (2) қозғалмайды. Ажырату процесінде фторпластан жасалған сопло (4) бар цилиндр (3) оңға қарай жылжиды. Осы мезгілде А (4.34-сурет) көлеміндегі элегаз қысылады да, түйіспелер ажыратылады. Қозғалмайтын және қозғалатын түйіспелердің аралығында электр доғасы пайда болады. Осы герметикалық жабық көлемдегі элегаздың күшті ағыны (0,4÷0,6 МПа) шамамен 10 мс ішінде доғаны сөндіреді. Тізбекті қосу процесінде сопло (4) цилиндр (3) және розетка тәрізді түйіспе (5) солға қарай жылжиды. Ауалы ажыратқыштармен салыстырғанда тізбекті айыру (қосу) процестері шусыз орындалады.



4.34-сурет. Элегазды ажыратқыштың автопневматикалық сөндіргіші құрылғысының ұстанымдық сұлбасы

1 – поршень. 2 – қуысы бар түйіспе. 3 – цилиндр. 4 – тар тесік, сопло. 5 – розетка тәріздес түйіспе. 6 – қосымша электрод.

4.9.8 Синхронды ажыратқыштар

Синхронды ажыратқыштардың функциялық сұлбасы 4.35-суретте келтірілген. Релелік қорғаныс (2) іске қосылғаннан кейін синхрондайтын құрылғы (1) ажырату блогына (3) импульс береді. Бұл импульс ажыратқыштың түйіспелері (5) арқылы жетекке (4) жеткізіледі де, түйіспелер (5) тез ажыратылады. Жоғары кернеуден (4) оқшауланған.

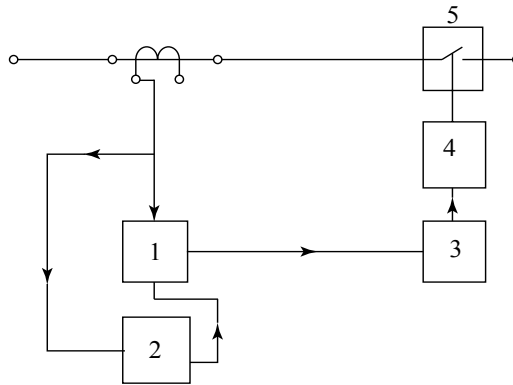
Ток нөлден өтпей тұрып, ажыратқыштың түйіспелеріне 1-2 мс бұрын импульс берілуі керек. Сонда, токтың мәні нөл болса, түйіспелер тез ажыратылады. Олардың (5) арақашықтығы доғаның қайталап жануына мүмкіндік туғызбайды.

Егер тез әрекетті ауалы ажыратқыштармен синхрондалған ажыратқыштарды салыстырсақ, онда мынадай жағдайды көреміз:

- тез әрекетті ауалы ажыратқыштың толық ажырату уақыты 70-90 мс;
- синхронды ажыратқыштың толық ажырату уақыты 40-55 мс;

Синхронды ажыратқыштың құндылығы:

- қысқа тұйықталу тоғы пайда болғанда электр жүйесі жұмысының динамикалық орнықтылығы артады, себебі ток нөлден өткенше сөндіріледі;
- ажыратқыштың түйіспелерінің жұмыс істеу мерзімі көбейтіледі, себебі олар шағын токты ажыратады;
- ажырату қабілеттілігі жоғары; қысқа тұйықталу тоғын ажырту уақыты аз;
- түйіспелердің арасында пайда болатын доғада бөлінетін энергияның мөлшерін азайтады.



4.35-сурет. Синхронды ажыратқыштың функционалдык сұлбасы.

1 – синхронды құрылғы. 2 – релелік қорғаныс. 3 – ажырату блогы. 4 – ажырату жетегі.
5 – жетекпен тікелей қосылған ажыратқыштың түйіспелері (жетек оқшауланған).

Синхронды ажыратқыштың кемшіліктері:

- синхронды ажыратқыштың құрылғылары күрделі;
- дәлдігі өте жоғары шина өткізгіштермен жабдықталған аспаптарды талап етеді.

4.9.9. Жоғары кернеулі ажыратқыштарының жетектері

Жетектер ажыратқыштарды қосуға, қосылған қалпында ұстап тұруға және ажыратуға арналған. Жетек ажыратқышты қосқан кезде көп жұмыс атқарады. Мұндайда ол ажыратылатын серіппе кедергісіне, басқа да серіппелі түйіспе бөліктеріне, ажыратқыш механизмінің үйкелісіне, ажыратқыштағы жетек берілісіне, майлы ажыратқыштың жылжымалы қозғалысына төтеп береді.

Жетек ажыратқышты қосудың белгілі бір жылдамдығын қамтамасыз етуі тиіс, өйткені баяу қосылған кезде желінің қысқа тұйықталуы нәтижесінде түйіспелер балқып кетуі мүмкін. Демек, жетек қосылған кезде үлкен қуат алуы тиіс, ал оның шамасы ажыратқыш типіне байланысты. Бұлай болмаған жағдайда ажыратылған кезде жетек шамалы ғана жұмыс істеп, негізінен жапқыш механизмді босатады, өйткені ажыратылу ажыратқыш серіппесі арқылы жүзеге асырылады.

Пайдаланылатын энергия түріне қарай жетек былайша бөлінеді:

1. Қол жетек; серіппелі жетек.
2. Электрлік (электромагниттік және электр қозғалтқыштық) жетек.
3. Пневматикалық жетек; пневмогидравликалық жетек.

Автоматты жетекте ажыратқышты қосылған қалпында ұстап тұратын ілгек шағын электромагниттің көмегімен жылжып, қосымша күш түскенде немесе тізбек қысқа тұйықталғанда ол релемен тұйықталады.

Электрлік және пневматикалық жетектер ажыратқыштарды қашықтықтан басқаруды жүзеге асырады. Барлық жетектер еркін жіктелетін механизмдермен жабдықталады.

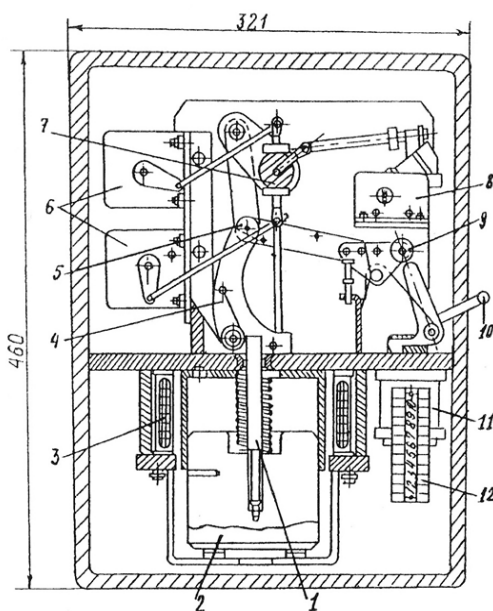
Автоматты қол жетегін көбінесе қуаты аз ажыратқыштармен жабдықталған шағын электр станциялары мен қосалқы станцияларда қолданады. Олар қарапайым, арзан болғанымен, ажыратқыштарды қашықтықтан басқаруға мүмкіндік бермейді. Көбінесе ПРБА (рычагты, блинкерлі, автоматты жетек) автоматты қол жетегі қолданылады (ВМГ және ВМ үшін).

Электромагнитті жетектің құндылығына оның құралымының қарапайымдылығы, құнының арзандығын, сенімді жұмыс істейтіндігі, тез әрекет ететіндігін жатқызуға болады (ажыратқыш типіне қарай қосылу уақыты 0,18-ден 0,8 секундқа дейінгі аралықта ауытқиды), 4.36-сурет.

Электромагнитті жетектің басты кемшілігіне ажыратқышты қосқан кезде, қосылған орауыштардың ток тұтынуын жатқызуға болады. Ажыратылған орауыштың бұдан өзгешелігі – бірнеше ампер шамасында ғана азғана токты тұтынады.

Электромагнитті жетектер тұрақты токпен жұмыс істейді. Ең көп тараған жетектің бірі – ПС – 10 типті жетегі. Сыртқа орнату үшін электромагнитті жетекті арнайы шкафқа салады. Мәселен, шкафтағы жетекте ШПС – 10 белгісі болады.

Электромагниттік жетек тура әрекетті жетектер тобына жатады. Оның жұмыс істеуіне керекті энергия үлкен қуатты энергия қорынан алынады. Ажыратқышқа қосуға керекті күш болат өзекшемен (2) жасалынады. Электромагниттік орауыштан (3) ток өткенде болат өзекше (2), сол орауышқа (3) тартылады. Содан кейін өзекшенің штогы (1) иінтірек (рычаг) механизмдерінің ролигіне (5) тіреледі де оны жоғары көтереді. Бұл қозғалыстар шарнирлі рычагтар арқылы ажыратқыштың белдігіне (7) жеткізіледі де, ажыратқыш іске қосылады. Содан кейін ілгешек (4) қосылған механизмдерді сол қалпында ұстап тұрады. Ажыратқыш қосылғаннан кейін түйіспелер (6) электромагниттік қосу тізбегін айырады да, өзекше (I) төмен түседі. 4.36-суретте ПЭ-11 электромагниттік жетек қосылған қалпында көрсетілген.



4.36- сурет. ПЭ- 11 электромагнитті жетек

Ажырату процесінде ток электромагнитке (11) беріледі де, ағытқыш (9) рычаг қосылып тұрған механизмдердің рычагын қозғалысқа келтіреді. Сонда ролик (5) ілгешектен (4) шығып кетеді. Ажыратқыштың белдігі (7) ажырататын серіппенің әрекетінің нәтижесінде тізбекті ажыратады. ПЭ-11 жетегінде басқаруға керекті көмекші түйіспелер (8) пайдаланылады. Қосатын және ажырататын электромагниттік орауыштар қысқыш арқылы (12) аккумуляторлық батареялардан қоректенеді. ПЭ-11 жетегінде қолмен ажырататын иінтірегі (рычагы, 10) бар.

Үй ішінде орнатылатын қуатты ажыратқыштар ПЭ-2, ПЭ-21, ПС-31 типті электромагниттік жетектерін, ал сыртқы қондырғыларда ШПЭ-44, ШПЭ-38, ШПЭ-46 типті жетектерін қолданады.

Электр қозғалтқышты жетекке ортадан тепкіш жетекті жатқызуға болады. Қозғалтқыш тізбекті қосу кезінде, жүгімен параллелограмм түрінде жасалған рычагтар жүйесін айналдырады. Ортадан тепкіш күштің әсерінен жүктер бытырап, параллелограмм сығымдалады да, тартқышты төмен түсіріп, қозғалысты ажыратқыш білігіне береді. Қосылған қалпында барлық жүйе ілгекпен ұстатылады. Қосылу аяқталғаннан кейін қозғалтқыш автоматты түрде желіден ажыратылады. Ортадан тепкіш жетек өз бетімен ілінісетін механизммен жабдықталады. Ортадан тепкіш жетектер тұрақты немесе айнымалы ток қозғалтқыштарымен қамтамасыз етіледі.

Олардың басты кемшілігі – қосылған кезде қуатты көп тұтынады және құралымы электромагнитті жетектерден күрделірек әрі едәуір қымбат, күтімді де көбірек қажет етеді. Басқару үшін өте ауыр майлы ажыратқыштарды пайдаланады.

Пневматикалық жетектерде ажыратқыш арнайы бактан келген сығылған ауамен қосылады, ал бак орталық компрессор қондырғысынан келген ауамен толтырылады.

Пневматикалық жетектердің негізгі құндылығы мынада:

1. Құралымы қарапайым;
2. Жұмысты өте сенімді істейді;
3. Құны арзан;
4. Пайдалануға қарапайым;
5. Көлемі шағын;
6. Қуатты аз пайдаланылады;

Басты кемшілігі – сығылған ауа қондырғысын қажет етеді.

Жоғары кернеулі кейбір ауалы ажыратқыштарда пневматикалық жетек ажыратқыштың тұтас бөлігі болып саналады.

4.9.10 Айырғыштар. Олардың түрлері және жетектері

Электр қондырғыларында қауіпсіз жұмыс істеуді қамтамасыз етудің маңызды шараларының бірі – жұмыс істеуге тура келетін қондырғы бөліктерін кернеуде тұрған басқа қондырғы бөліктерінен сенімді ажырату болып саналады. Мүмкін болатын қателіктерге жол бермеу үшін мұндай ажырату, тізбектің үзілген тұсын анық көрсететін аппараттармен орындалуы тиіс. Мұндай аппаратқа айырғыштар жатады.

Айырғыштардың доға өшіретін құрылғысы болмайтындықтан, онымен тоқты

ажыратуға болмайды, өйткені мұндай жағдайда олардың түйіспелерінде электр доғасы пайда болады. Мұндай ашық доға тек жабдықтарға ғана емес, жұмыс істейтін адамдарға да өте қауіпті. Сондықтан айырғыштарды қондырғылардың бөліктерін ажыратқыштармен алдын ала бөліп тастағаннан кейін қосуға және айыруға пайдаланады.

Сонымен қоса, айырғыштарда кернеуде тұрған қондырғының жекелеген бөліктерін ауыстырып қосу үшін пайдаланады, бірақта мұндай ауыстырып қосу кезінде айырғыштың түйіспелерінде доға пайда болмауы тиіс.

Айырғыштар полюс саны бойынша бір полюсті және үш полюсті болып бөлінеді.

Орнатылу түріне қарай – ішкі және сыртқы, орналасу әдісіне қарай – ішкі және сыртқы, орнатылу әдісіне қарай – пышағы тік және көлденең орналасқан болады.

Айырғыштар құралымы бойынша мынадай типтерге бөлінеді:

1. Кескішті – пышақтары оқшаулатқыш осінің жазықтығында айналады (4.37-сурет);

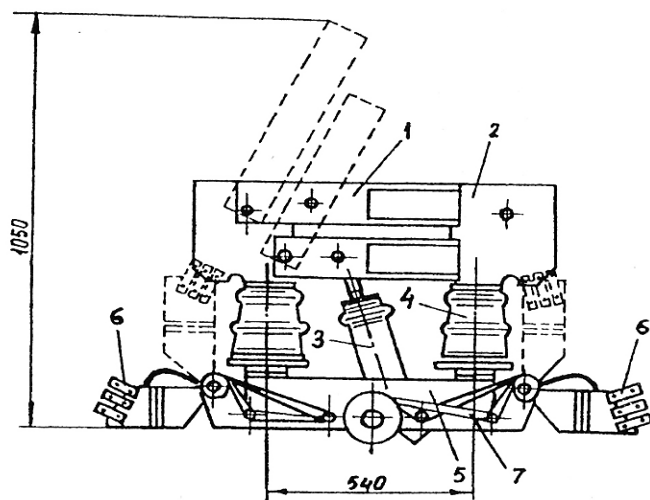
2. Бұрылмалы – пышақтары оқшаулатқыш осінің жазықтығында перпендикуляр айналады;

3. Штепсельді – қосқанда және ажыратқанда оқшаулатқыштың өз осінде қозғалады.

Айырғыштарда жұмыстық пышақтармен қоса жерге қосылатын пышақтар да болуы мүмкін, ал мұның өзі жөндеу жұмыстары кезінде қондырғы бөліктерінің фазасын қысқа тұйықтауға және жерге қосуға пайдаланады (4.36-сурет).

ТМД зауыттарында барлық кернеуге арналған, ішке және сыртқа орнататын айырғыштар жасалынады.

Сыртқа орнатылатын айырғыштар қолайсыз ауа райында (шаң, ылғал) жұмыс істеуге арналғандықтан, механикалық төзімділігі жоғары оқшаулатқышы болуы тиіс.



4.37-сурет. Кескішті айырғыш (РВРЗ – 2 – 20/8000).

1 – қозғалатын бас түйіспе. 2 – қозғалмайтын түйіспе. 3 – фарфорлы таратқыш. 4 – тіректік оқшаулатқыш. 5 – рама. 6 – жермен қосатын пышақтар. 7 – бас түйіспе мен жермен қосатын пышақтардың арасында механикалық блокиратор.

Энергетикалық өндіріс орындары шығаратын сыртта орнатуға арналған айырғыштардың ең көп тарағаны – пышақтары оқшаулатқыш жазығында айналып тұратын кескіш.

РЛН – сыртта орнатуға арналған желілік түйіспелі айырғыш.

РЛНЗ – жерге қосылатын бір немесе екі пышағы бар айырғыш.

РВО – ішке орнатылатын бір полюсті айырғыш.

РВ – ішке орнатылатын үш полюсті айырғыш.

Айырғыштарға шағын токтарды қосуға және ажыратуға рұқсат етіледі.

Атап айтқанда:

1. Кернеуі 10 кВ-қа дейін, қуаты 750 кВт; кернеуі 35 кВ-қа дейін, қуаты 20000 кВт; кернеуі 110 кВ-қа дейін, қуаты 40500 кВт трансформатор токтарына арналған;

2. Ауа желісінің сыйымдылық зарядты тоғына қосуға болады. Желінің сыйымдылық тоғының ажыратылуының шектеу мүмкіндігі оның кернеуіне және желіден айыру типіне байланысты;

3. Трансформатордың шағын магниттелінген тоғын қосуға болады;

4. Жинақтаушы шиналарының сыйымдылық тоғы тексеріледі, осыдан кейін тексерілген шиналарға токты ажыратқыштармен беруге болады;

5. Бейтарап нүктелері бар трансформаторлар мен доғаны өшіретін орауыштардың тізбектеріне;

6. Айырғыштарға кернеу айырмашылығы номиналь шамадан – 2% аспайтын жағдайда, желілердегі теңестіру токтарын;

7. Жерге тұйықталу токтары: кернеуі 35 кВ-тан аспайтын желіде ток 5А-ден және 10 кВ желіде 10 А-ден аспайтын жағдайда;

8. Кернеуі 10 кВ-тан аспайтын желілердегі жұмыстық токтың шамасы 15 А-дан аспағанда.

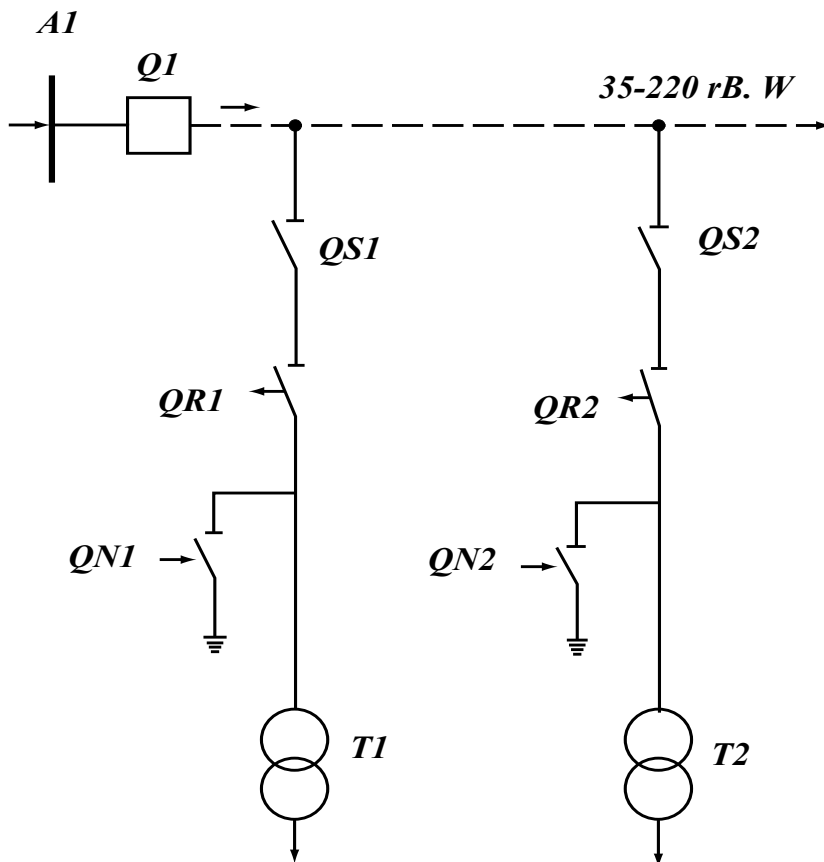
4.9.11 Бөлектеуіш және қысқа тұйықтауыш аппараттар

Бөлектеуіш тізбекті автоматты түрде ажыратады да ($0,5 \div 1,0$ с), ал тізбекке қайтадан қолмен қосылады.

Қысқа тұйықтауыш тізбек арнайы жасанды қысқа тұйықталу тоғын жасауға арналған. Ол жұмысқа автоматты түрде қосылады да ($0,4 \div 0,5$ с), ал тізбектен қолмен ажыратылады.

Бөлектеуіш пен қысқа тұйықтауыштардың негізгі түрлері: ОД-35 кВ;

ОД-110 кВ; ОД-220 кВ; КЗ-35 кВ; КЗ-110 кВ; КЗ-220 кВ. 4.38-суретте бөлектеуіш пен қысқа тұйықтауыштың жұмысының ұстанымдық сұлбасы келтірілген. Трансформатордың (T_1) орамаларының аралығында шағын қысқа тұйықталу тоғы пайда болғанда, ол токты жасанды түрде көбейту үшін қысқа тұйықтауышты (QN1) іске қосады. Сонда релелік қорғаныс күретамырлы (магистральды) электр желісінің ажыратқышын (Q1) тізбектен ажыратады. Сол мезгілде (без токовая пауза) бөлектеуіш (QR1) автоматты түрде трансформаторды (T_1) тізбектен бөліп тастайды. Ал күретамырлық электр желісінің ажыратқышы Q1 қайтадан іске қосылады да 35-200 кВ-тық электр жеткізу желісі қалыпты жұмысына кіріседі.



4.38-сурет. Бөлектеуіш пен қысқа тұйықтауыштың жұмыс істеу ұстанымдық сұлбасы

Айырғыштарды және бөлектеуіштерді, қысқа тұйықтауыштарды таңдап алу тәртібі:

$$U_{\text{ном}} \geq U_{\text{конд}}; I_{\text{ном}} \geq I_{\text{мах}}; i_{\text{соққы}} \leq i_{\text{ш.к.т.т}}; I_{\text{по}} \leq I_{\text{ш.к.т.т}}$$

Мұнда, $i_{\text{ш.к.т.т}}$, $I_{\text{ш.к.т.т}}$ – шектелген қысқа тұйықталу тоғы (амплитуда және әрекеттегі мәні); $\beta_k \leq I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}}$.

Мұнда, β_k – есептік жылу импульсі, $\text{кА}^2\text{с}$; $I_{\text{тер}}$ – термиялық төзімділіктің шекті тоғы, А ; кА . $t_{\text{тер}}$ – термиялық токтың өту уақыты, с .

Қысқа тұйықтағыш аппаратты осы жоғарыда көрсетілген сипаттамалары бойынша таңдап алады. Бірақ жүктеме тоғына тексерілмейді.

4.9.12 Айырғыштар жетектері

Жетектерді қолдану өндірісте ажыратқыштармен жұмыс істеу қауіпсіздігін арттырады, өйткені жетектерді айырғыштардан қашық орналастырады, ал жабық тарату құрылғыларында жетектерді басқару дәліздеріне шығарады. Барлық фазалар бір мезгілде қосылғандықтан және ажыратылғандықтан жетектердің өндірістегі операциясын жеңілдетіп, тездете түседі.

Айырғыштарды басқару үшін: қол жетегін; электр қозғалтқышы жетектерін; пневматикалық жетектерді қолданады.

Ең көп тарағаны рычагты қол жетегі. Бұл номиналь тоғы 3000 А-ге дейінгі айырғыштарда қолданылады. Номиналь тоғы 3000 А және одан астам болатын ауыр айырғыштарды басқару үшін тиісті доңғалақты (червякты) қол жетегін қолданады.

Айырғыштарды дистанциялық басқаруға тура келген жағдайда электр қозғалтқыш және пневматикалық жетектрді қолданады.

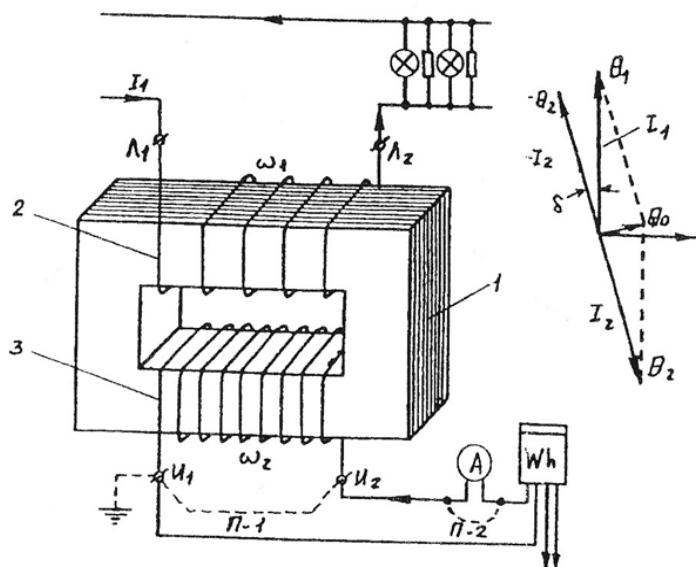
Электр қозғалтқыштары күрделі әрі қымбат, сондықтан қолмен басқару қиынға түсетін немесе мүлде мүмкін болмайтын жағдайда ғана оларды тек өте ауыр айырғыштарды басқаруға қолданады.

Пневматикалық жетектер қарапайым, жинақты, арзан әрі кез келген айырғыштарға қолдануға болады. Алайда, энергетикалық зауыттар әзірше оны жасамай отыр. Жетектердің түрлері:

ПР, ПРН, ПРНЗ – рычагты қол жетегі; ПЧ, ПЧН – червякты қол жетегі; ППВ – ішке орнатылатын электр қозғалтқышты жетек; ПДН – сыртқа орнатылатын электр қозғалтқышты жетек.

4.9.13 Өлшеуіштік ток трансформаторы

Жұмыс тізбегіндегі бірінші орамадағы токты 5 А немесе 1 А-ге дейін төмендететін электр өлшеуіштік аппараттарын ток трансформаторлары деп атайды. Сонымен қатар, ток трансформаторы өлшеуіш және сақтандыру құралдарын бірінші тізбектің жоғарғы кернеуінен бөледі.



4.39-сурет. Өлшеуге арналған ток трансформаторы құралымының сұлбасы және векторлық диаграммасы

1 – тұйықталған электротехникалық темірден жасалған өзек. 2 – бірінші реттік орама.
3 – екінші реттік орама.

4.39-суретте ток трансформаторы құралымының сұлбасы және векторлық диаграммасы көрсетілген. Ток трансформаторы тұйықталған электротехникалық темірден жасалған өзектен (1), бірінші орамадан (2) және екінші орамадан (3) тұрады. Бірінші жоғары кернеулі орамасы (2) электр энергия көзіне тізбектеп қосылады, ал екінші орамаға (3) өлшеуіш немесе сақтандырғыш құралдарын (амперметр, счетчик, реле т.с.т.с) қосады, 4.39-сурет.

Номиналдық трансформациялық коэффициенті мынадай формуламен анықталады:

$$K_1 = \frac{I_{1ном}}{I_{2ном}} \quad (4.37)$$

мұндағы, $I_{1ном}$ – бірінші орамадағы номиналдық ток, А (кА).

$I_{2ном}$ – екінші орамадағы номиналдық ток, А

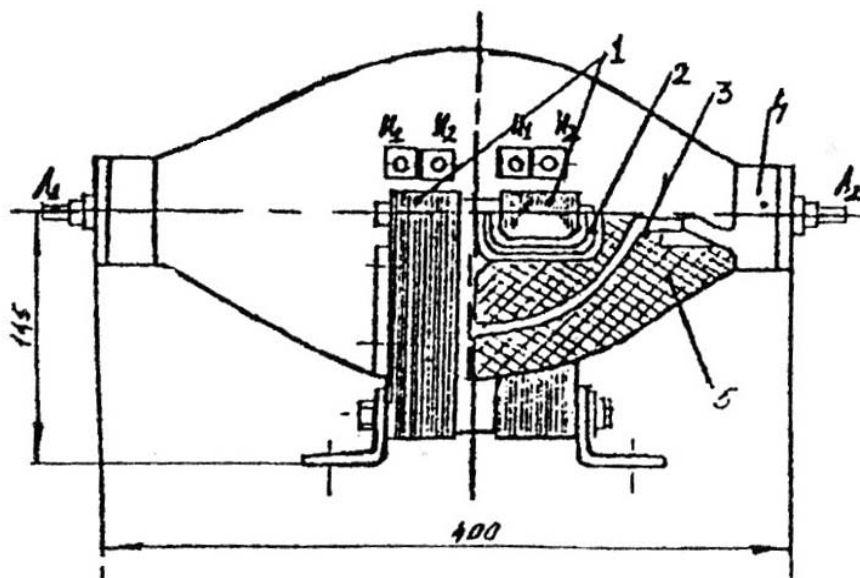
Ток трансформаторларының екінші орамасының жүктемесі мынадай формуламен анықталады:

$$S = I_2^2 \cdot r_2 \quad (4.38)$$

мұнда, S_2 – сыртқы тізбектің толық кедергісі (приборлардың, өткізгіштердің, түйіспелердің), Ом.

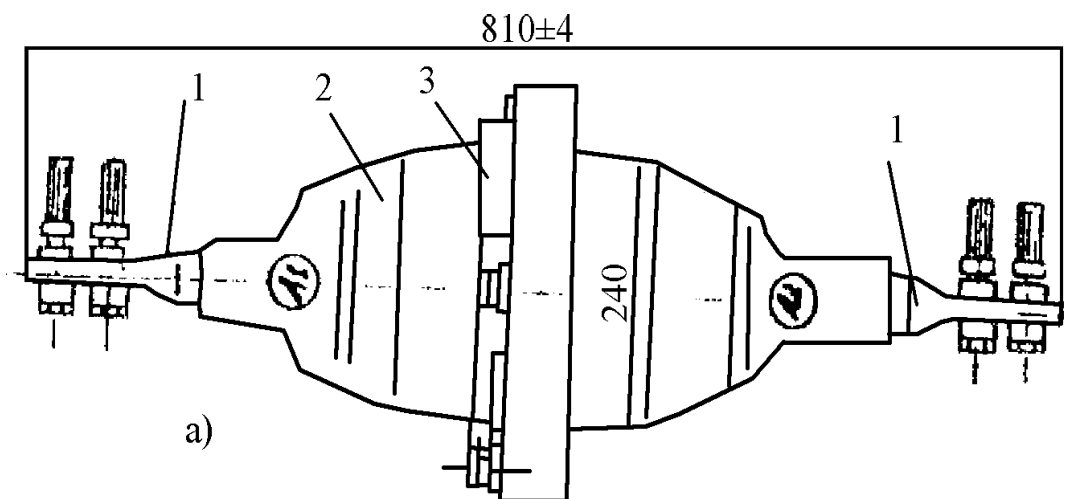
Айта кететін маңызды мәселенің бірі – ток трансформаторларының екі өлшеу қателігі бар. Олар мыналар:

1. Ток мөлшерінің қателігі; 2. Бұрыштық қателігі.



4.40-сурет. ТПЛ-10 типті ток трансформаторы

1 – магниттік өткізгіш; 2 – екінші магниттік өткізгіш; 3 – бірінші магниттік өткізгіш;
4 – бірінші ораманың шықпасы. 5 – құйылған эпоксидті корпус.



4.41-сурет. ТПОЛ-20 типті ток трансформаторы.

a – құралымы; 1 – Бірінші ораманың шықпасы; 2 – Эпоксидті оқшаулағыш;

3 – Екінші ораманың шықпасы.

Ток мөлшерінің қателігін мына формуламен табуға болады:

$$\Delta I\% = \frac{I_2 \cdot K_{тр.ном} - I_1}{I_1} \cdot 100 \quad (4.39)$$

Ток трансформаторларының бұрыштық қателігі дегеніміз ол бірінші ораманың тоғына (I_1) қарағанда, екінші ораманың тоғы (I_2) 180° бұрышқа айналдырылған болып есептелінеді. Ол бұрыш – δ бірнеше ондаған минутпен есептелінеді.

Ток трансформаторының дәлдігінің 5 класы бар. Олар мыналар: 0,2; 0,5; 1; 3; 10; Бұл дәлдіктер өлшеу процесінде ток мөлшерінің қателігін пайызбен көрсетеді ($\Delta I\%$). Ток трансформаторларының шаруашылыққа көп қолданылатын түрлері мыналар: ТПОЛ, ТПЛ, ТЛМ, ТШЛ т.с.т.б. (4.40-сурет, 4.41-сурет).

Қазіргі уақытта өлшеуіштік ток трансформаторларын өнеркәсіпте және шаруашылықта кең қолданады.

4.9.14 Өлшеуіштік кернеу трансформаторы

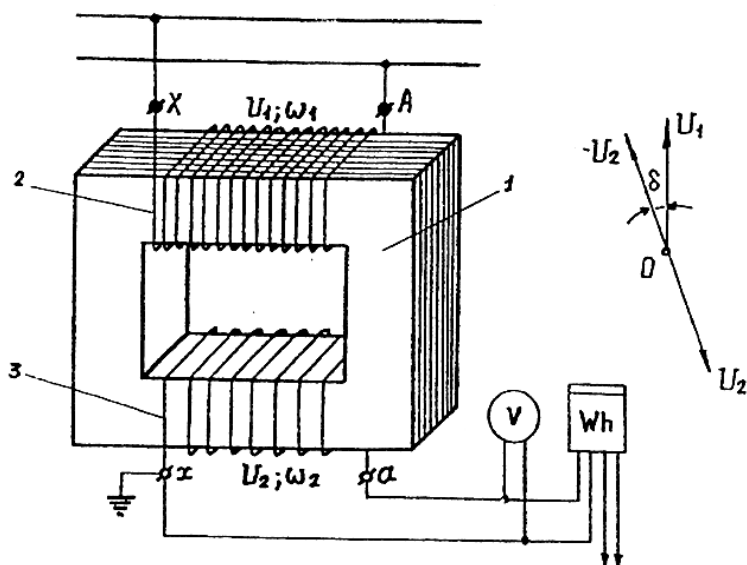
Бұл кернеу трансформаторы кернеуі 380 В-тан жоғары қондырғыларда приборларды коректендіну үшін қолданады.

4.42-суретте өлшеуіштік кернеу трансформаторының құралымы мен векторлық диаграммасы көрсетілген. Кернеу трансформаторының негізгі элементтері мыналар:

1 – тұйықталатын электротехникалық темірден жасалған өзек;

2 – жоғары кернеулі бірінші орама;

3 – төменгі кернеулі екінші орама.



4.42-сурет. Өлшеуге арналған кернеу трансформаторының құралымының сұлбасы және векторлық диаграммасы

1 – тұйықталатын электротехникалық темірден (болаттан) жасалған өзек. 2 – жоғары кернеулі бірінші реттік орамасы. 3 – төменгі кернеулі екінші реттік орамасы.

Кернеу трансформаторының номиналдық коэффициентін мына формуламен табуға болады:

$$K_{ном} = \frac{U_{1ном}}{U_{2ном}} \quad (4.40)$$

мұнда, $U_{1ном}$ – бірінші орамадағы кернеу; $U_{2ном}$ – екінші орамадағы кернеу.

Кернеу трансформаторлары тізбекке паралель қосылады, 4.42-сурет.

Кернеу трансформаторларының екінші орамасы стандартты 100 В немесе $100\sqrt{3}$ В-тық кернеуге есептелініп зауытта дайындалады. Бұл орамаға ваттметр, есептегіш аспаптар, релелер және автоматтық құрылғылар паралель қосылады. Кернеу трансформаторларымен өлшеу кезінде екі түрлі қателік жіберіледі. Олар мыналар:

1. Кернеу шамасының қателігі; 2. Бұрыштық қателік.

Кернеу шамасының қателігін мынадай формуламен табуға болады:

$$\Delta U\% = \frac{U_{2ном} - U_1}{U_1} \cdot 100 \quad (4.41)$$

Ал, кернеу трансформаторларының енгізетін бұрыштық қателігі дегеніміз, бірінші ораманың кернеуіне (U_1) қарағанда, екінші ораманың кернеуі (U_2) 180° бұрышқа айналдырылған болып есептелінеді.

Кернеу трансформаторының екінші орамының жүктемесі мына формуламен анықталады:

$$S_2 = \sqrt{(\Sigma P_{приб})^2 + (Q_{приб})^2}, \quad (4.42)$$

мұндағы, S_2 – екінші ораманың жүктемесі;

$\Sigma P_{приб}$ – аспаптардың параллель орауыштарының қолданатын активті қуатының қосындысы;

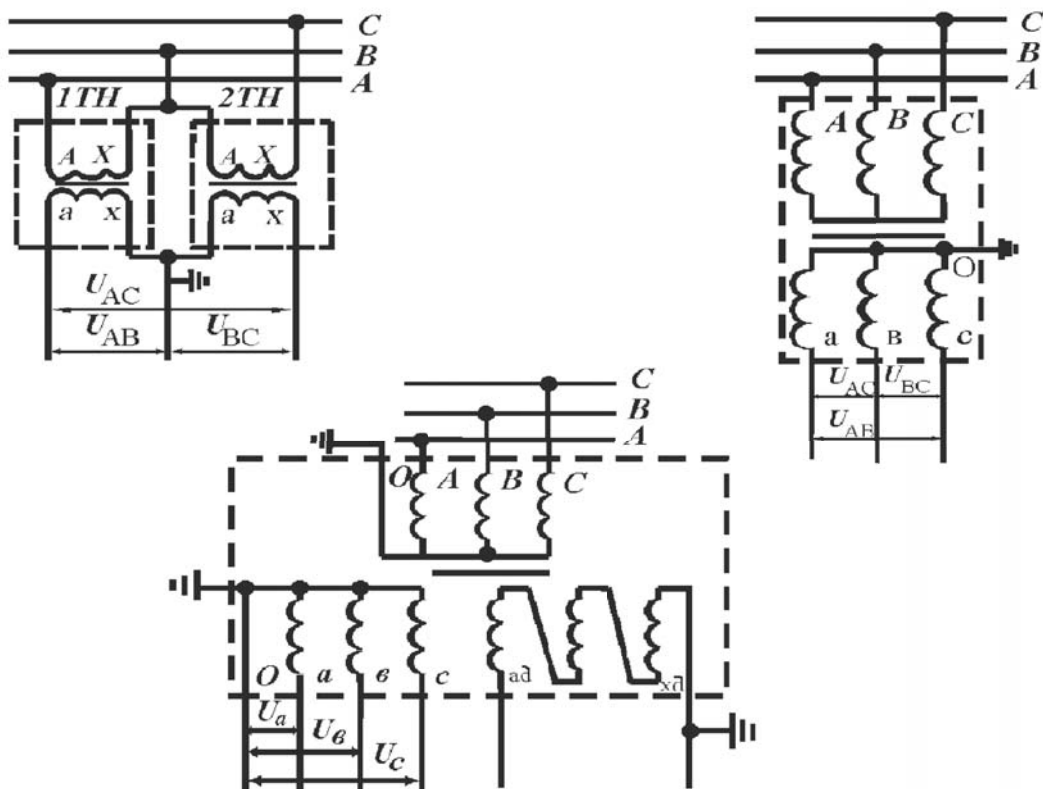
$Q_{приб}$ – аспаптардың параллель орауыштарының қолданатын реактивті қуатының қосындысы.

Егер кернеу трансформаторының екінші орамасының жүктемесі (S_2) көбейсе, онда ол кернеу трансформаторының өлшеуіштік қателігі де көбейеді.

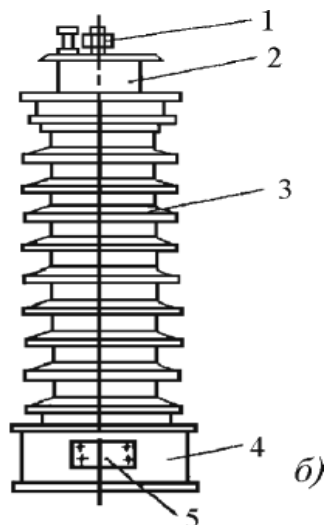
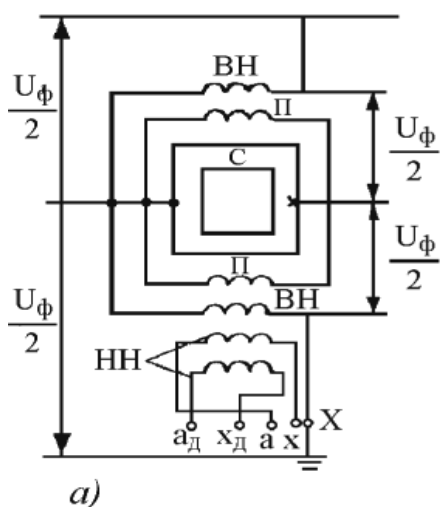
4.43-суретте кернеу трансформаторының орамаларын қосу сұлбасы келтірілген.

Кернеу трансформаторларының дәлдігінің төрт класы бар. Олар мыналар: 0,2; 0,5; 1 және 3.

Көрсетілген цифрлар өлшеу процесінде кернеудің қателіктерін пайызбен көрсетеді. Кернеу трансформаторларының шаруашылыққа жиі қолданатын түрлері мыналар: НОМ, НОЛ, НОС, НТМИ, НКФ т.б., 4.44-сурет.



4.43-сурет. Кернеу трансформаторларының орамаларын қосу сұлбалары



4.44-сурет. НКВ – 100 типті кернеу трансформаторы

а – сұлбасы; б – құралымы; 1 – жоғары кернеу кірісі; 2 – май ұлғайтқыш; 3 – фарфор қабаты; 4 – тұғыры; 5 – төменгі кернеу кірісі.

Қазіргі уақытта кернеу трансформаторлары халық шаруашылығында кеңінен қолданылады.

4.9.15 Реакторлар. Ерекшеліктері

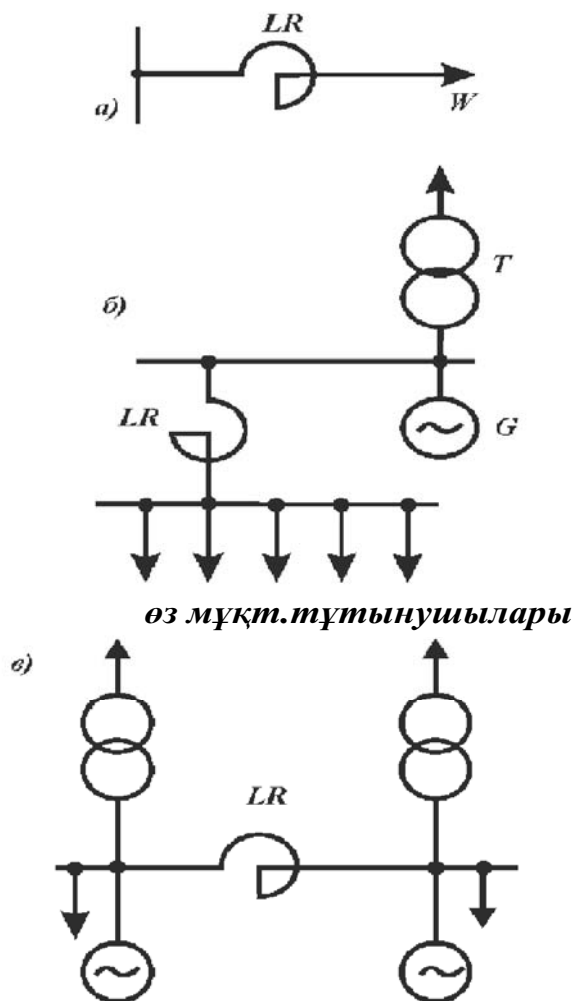
Электр қондырғыларында реакторлар қысқа тұйықталу тоғын шектеуге қолданылады. Тізбекке қосылған реактордан кейін ақау болса, онда реактор жинақтаушы шинадағы кернеудің белгілі (керекті) деңгейін сақтайды. 4.45-сурете реакторларды тізбекке қосу сұлбасы берілген. Қуатты және жауапты электр жеткізу желісінде жеке реакторлардың қолдануы мүмкін немесе оларды желілік реакторлар деп атайды (4.45а-сурет). Жинақтағыш шинаның екі генераторының арасында тізбектеп қосылған реактор – секциялық деп аталынады (4.45, в-сурет). Ал егер тізбекті реакторлар арқылы бірнеше жүктемелер қоректенсе, онда олар топтық реакторлар болып есептелінеді (4.45б-сурет).

Реакторлардың негізгі түрлері:

- Құрғақ оқшауламасы бар реактор (35 кВ-қа дейін);
- Майлы оқшауламасы бар реакторлар (35 кВ-тан жоғары).

Реактордың құралымы: іргесі (каркас) бетоннан жасалған реакторлар, бұған: РБ-10-400-0,55; РБГ-10-1000-0,14 типті реакторлар;

Іргесі ағаштан жасалған реакторлар, бұған: РД-6-2000, 25; РД-10-100-0,3 типті реакторлар жатады.



4.45-сурет. Реакторды қосу сұлбалары.

а – жеке реактор; б – топтық реактор; в – секциялық реактор.

Реакторларда темірден немесе болаттан жасалған бөлшектерді қолданбайды. Себебі электр энергиясының шығыны көп болады.

Реакторлардың негізгі параметріне оның индуктивті кедергісі жатады:

$X_p = \omega L$, мұндағы L – реактордың индуктивтілігі ол мынадай өрнекпен анықталынады:

$$L = \omega^2 \cdot D \cdot \varphi \cdot 10^{-6}, \text{ Мгн}$$

мұндағы, ω – реактор орамының саны;

D – орауыштың (катушканың) диаметрі, см;

$$\varphi = \frac{b}{D} \quad \text{және} \quad \frac{h}{D} \quad (b - \text{реактордың ені, } h - \text{реактордың биіктігі}).$$

Кейбір жағдайда реактордың кедергісі төмендегі өрнекпен анықталады:

$$X_p \% = \frac{X_p \cdot \sqrt{3} \cdot I_{ном}}{U_{ном}} \cdot 100, \quad (4.43)$$

мұндағы, $I_{ном}$, $U_{ном}$ – реакторлардың номинал тоғы мен кернеуі.

Берілген $\cos\varphi$ -дің мәніне байланысты реактордағы кернеудің шығынын мынадай өрнекпен табуға болады:

$$\Delta I_p \% = X_p \frac{\sqrt{3} \cdot I_{жс} \cdot \sin \varphi}{U_{ном}} \cdot 100, \quad (4.44)$$

мұндағы, $I_{жс}$ – реактордан өтетін ток.

Реакторда рұқсат етілетін кернеудің шығыны 1,5-2%-дан артық болмауы керек.

4.46-суретте реакторларды монтаждаудың тәсілдері көрсетілген.

Өндірісте бір тармақты реакторлармен қатар қосарлы (сдвоенные) реакторлар да пайдаланылады. 4.47-суретте қосарлы реакторларды тізбекке қосу сұлбалары келтірілген.

Қосарлы реактор тармақтарының өзара индуктивтілігін ескерсек, индуктивті кедергісі мынадай өрнекпен анықталады:

$$X_p^1 = X_p (I - K_6), \quad (4.45)$$

мұндағы, $K_6 = \frac{M}{L}$ – реактор орамаларының (тармақтарының) байланыс коэффициенті;

M – реактор орамаларының өзара индуктивтігі;

L – реактор орамаларының өздік (меншікті) индуктивтігі;

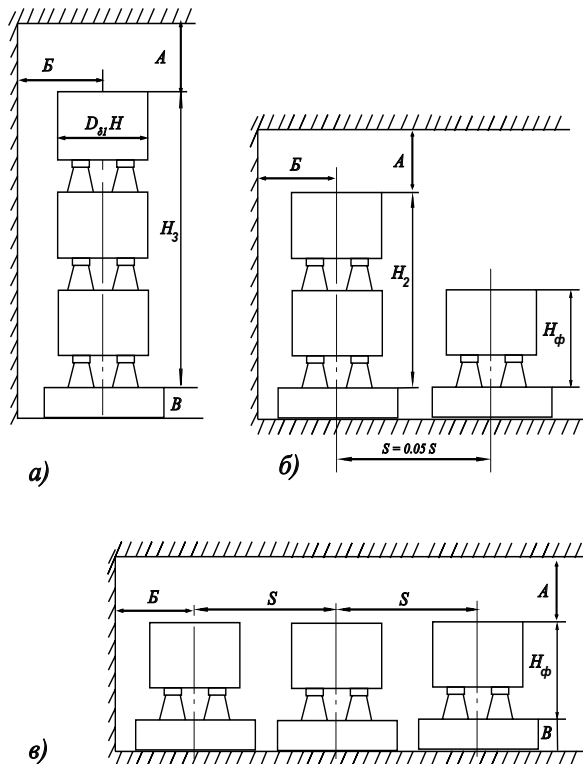
X_p^1 – реактор тармақтарының реактивті кедергісі (орамаларының өзара индуктивтігі ескерілу керек).

Қосарлы реактордағы кернеудің шығыны төмендегідей өрнекпен анықталады:

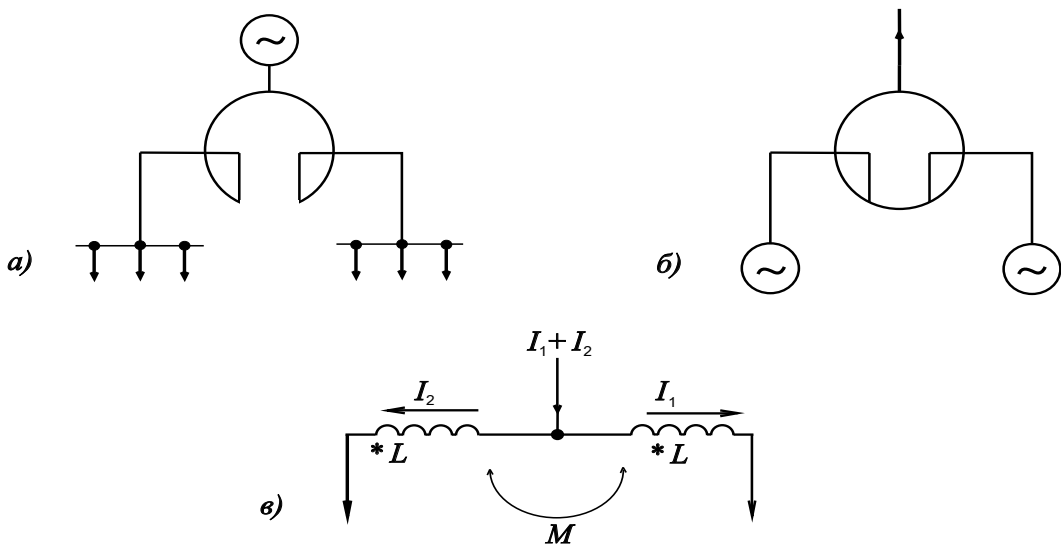
$$\Delta U_p = (I\omega L - I\omega M) \cdot \sin \varphi = I\omega L(1 - K_6) \cdot \sin \varphi \quad (4.46)$$

Бұл өрнек қосарлы реактордағы кернеудің шығынын есептегенде реактор орамаларының магниттік байланысын ескеру керек екендігін көрсетеді. Реакторларды таңдап алу тәртібі:

$$I_{ном} \geq I_{ном.конт}; \quad I_{ном} \geq I_{мах}; \quad I_{ном} \geq 0,7 I_{ном.генер}; \quad i_{дин} \geq i_{соккы}; \quad I_{терм} \cdot t_{терм} \geq B_k.$$



4.46-сурет. Реакторларды монтаждаудың тәсілдері
а – тік монтаж; б – сатылы; в – фазаларын көлденең орналастыру.



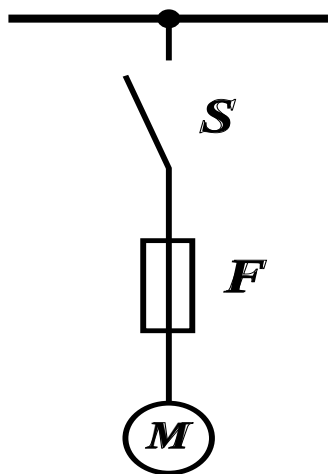
4.47-сурет. Қосарлы реактор.
а-б – қосу сұлбалары; в – электрлік сұлбасы.

4.9.16 Балқымалы сақтандырғыштар. Түрлері. Құралымы.

Балқымалы сақтандырғыштар-коммутациялық аппарат. Бұл аппарат тізбекке тізбектей қосылады да, электр жабдықтарын, аппараттарды және өткізгіштерді асқын токтан немесе қысқа тұйықталу тогынан қорғайды, 4.48-сурет.

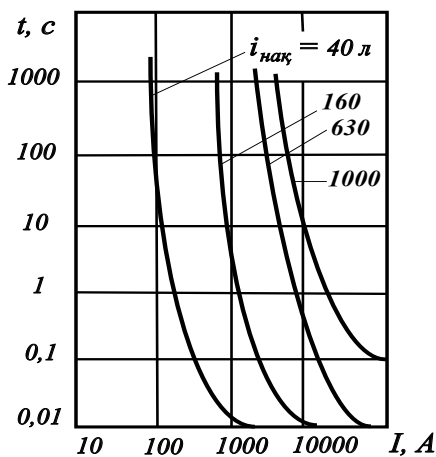
Балқымалы сақтандырғыштарды оның құралымындағы доғаны сөндіретін құрылғылардың түріне қарай топқа бөледі. Айталық, доғаның әсерін бөлетін құрылғылар (фибра, винипласт, т.с 4.51-сурет): таза құммен (кварц) толтырылатын сақтандырғыштар (4.52-сурет).

Тізбекте асқын немесе қысқа тұйықталу тоғы пайда болғанда сақтандырғыштың балқымалы ендіrmесінің (плавкая вставка) температурасы көбейді де, ол балқиды. Токтың мәні көп болған сайын балқымалы ендіrmенің балқу қуаты аз болады. Осындай тәуелділікті балқымалы сақтандырғыштың қорғаныстық сипаттамасы (защитная, токовременная) деп атайды (4.49-сурет). Балқымалы ендіrmелер тез балқуы үшін, олардың әр түрлі формалары қолданылады. Қысқа тұйықталу кезінде балқымалы ендіrmе бірнеше жерден балқиды. Осы мезгілде қысқа тұйықталу тоғы шектелінеді (2-5 рет). Мұндай құбылысты балқымалы сақтандырғыштардың токты шектеу эффектiсi деп атайды (4.50-сурет). 4.53-суретте құммен (кварц) толтырылған балқымалы сақтандырғыш көрсетілген. Балқымалы сақтандырғыштың патронының ішінде мыс немесе күміс балқыма ендіргілері бар. Доғаны тез сөндіру үшін олардың қимасы аз, ал ұзындығы үлкен болуы керек. Бұл жағдай балқымалы ендіrmе бірнеше параллель немесе шиыршық тәрізді жасалса іске асады (4.53а, 4.53 б-суреттер). Балқымалы сақтандырғыштың патроны құммен толтырылғаннан кейін қақпағымен (1) оны дәнекерлейді. Сақтандырғыштың балқымалы ендіргісінің балқытылғандығын көрсеткіш (7) анықтайды. Тізбектегі балқымалы ендіргі балқығаннан кейін көрсеткіш (7) сыртқа лақтырылып тасталынады.

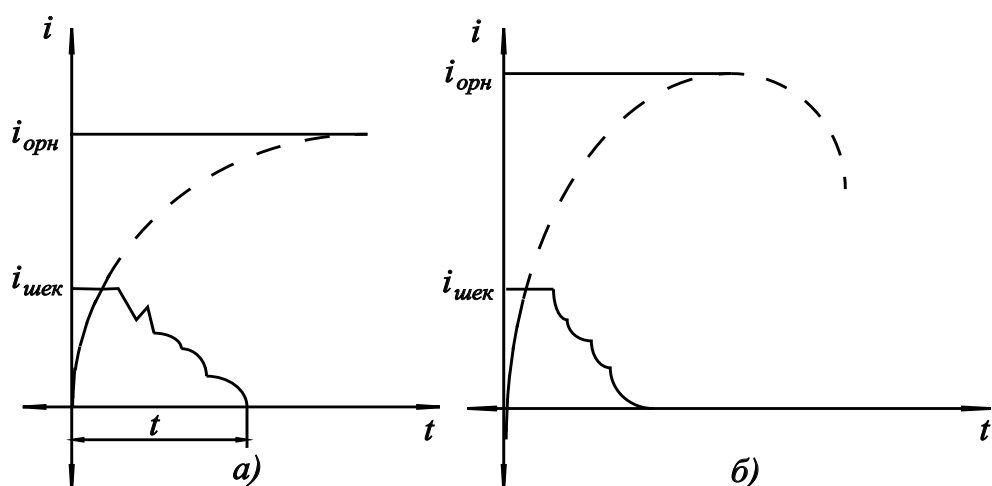


4.48-сурет.

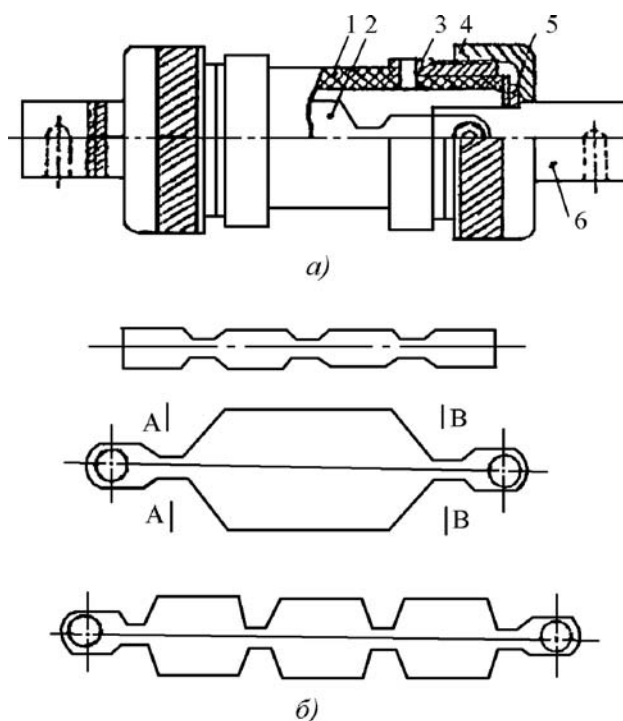
Сақтандырғышты қосу
сұлбасы



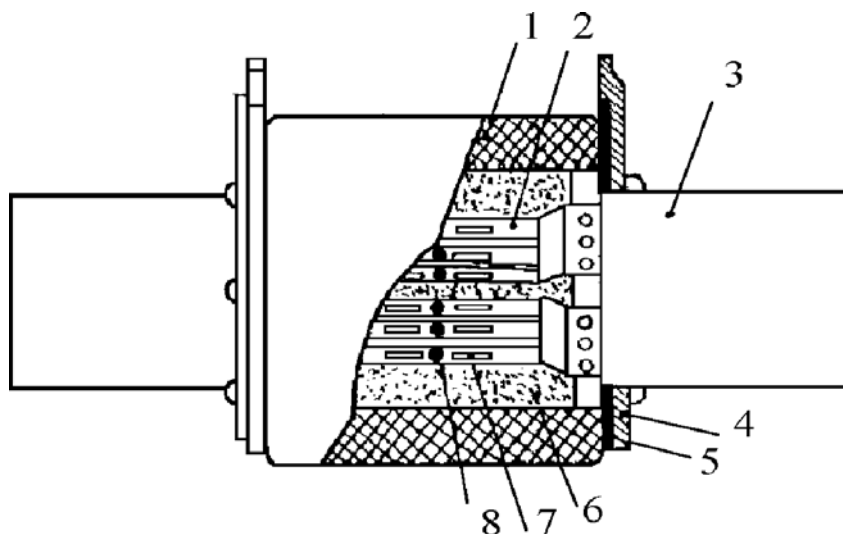
4.49-сурет. Балқымалы құрылғының
әртүрлі нақты токтары кезіндегі ПП-31
сақтандырғыштың қорғау сипаттамасы



4.50-сурет. Балқымалы сақтандырғыштардың тоқты шектеу эффектiсi
a – тұрақты ток кезiнде; *б* – айнымалы ток кезiнде.



4.51-сурет. ПР-2 типтi сақтандырғыш:
a – 100 – 1000 А нақты токтарға арналған патрон; *б* – балқымалы құрылғының формалары. 1 – фибралық трубка; 2 – балқығыш ендiрме; 3 – латунды төлке (втулка); 4 – қақпақша (колпачки); 5 – тығырық (шайба); 6 – пышақ.



4.52-сурет. ПН-2 типті сақтандырғыш

1 – форфорлық трубка; 2 – балқығыш ендіріме; 3 – пышақ; 4 – қақпақ; 5 – нығыздаушы төсем (прокладка); 6 – кварц құмы; 7 – балқығыш ендіріменің қимасын азайтатын, арнайы тесіктер; 8 – балқу температурасын төмендететін қалайыдан жасалған шариктер.

Кейінгі уақытта ашық тарату құрылғыларында (АТҚ-ОРУ) ПВТ типті балқымалы сақтандырғыштарды қолданады (4.54-сурет). ПВТ типті балқымалы сақтандырғыштың негізгі бөлшектері (4.54 б-сурет) газды бөлетін түтікше – трубка (2), оның ішінде орнатылған иілгіш сым (3). Ол сым (3) балқымалы ендірімен (4) және түйіспелі ұштықпен (I-контактный источник) қосылған.

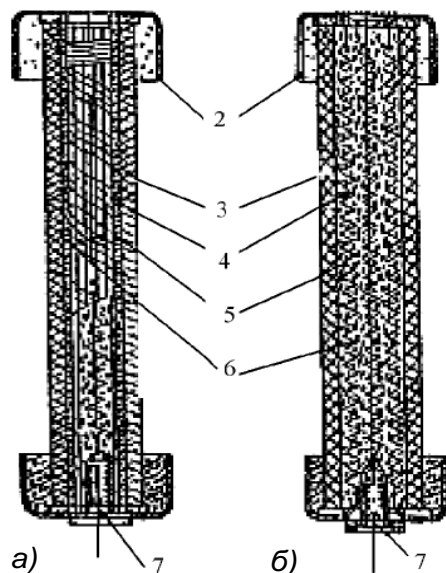
Мыс балқымалы ендірімесінде (4) параллель болат сым (5) орналастырылған. Ол сым (5) иілгіш сымды (3) серіппенің күшімен шығарып жібермеуге тежеу жасайды.

Балқымалы сақтандырғыштың патроны (1) (4.51 а-сурет) арнайы окшаулатқышқа (2) бекітілген. Төменгі окшаулатқыштың (3) белдігінде (4) шиыршық серіппесі бар түйіспелі пышақ (5) орналастырылған. Ол серіппе пышақты (5) жаңа орынға ауыстыруға ұмтылады. Түйіспелі пышақ (5) түйіспелі ұштықпен (6) қосылған.

Қысқа тұйықталу пайда болғанда алдымен мыс, содан кейін болат ендірімелер балқиды.

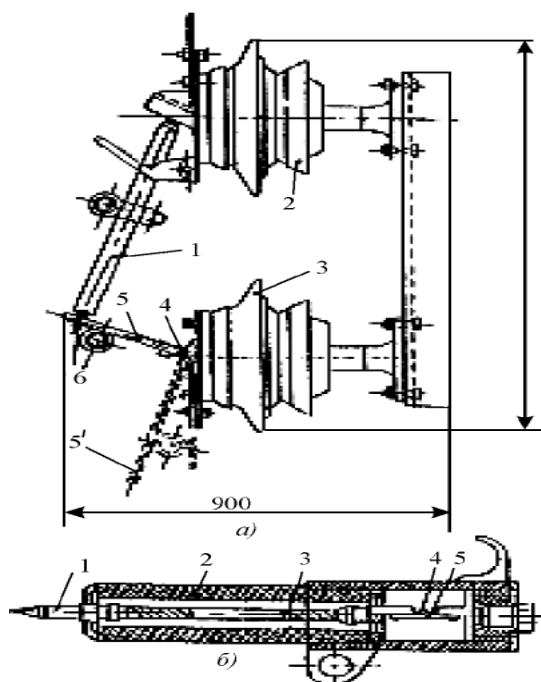
Серіппенің күшімен пышақ (5) айналады да, иілгіш сым сыртқа лақтырып тасталады.

Балқымалы ендіргілер балқығаннан кейін, доға түтікшенің ішіне тартылады да, газбен сөндіріледі. Түтікшенің ішінде қысым 10-20 МПа жетеді. Доғаның сөндірілуі қыздырылған газдың сыртқа лақтырылуымен және өте күшті дыбыстың шығуымен анықталады.



4.53-сурет. Құммен толтырылған ПК типті сақтандырғыш:

а) 7,5 А дейін тоққа арналған; б) 7,5 А-ден көп тоққа арналған; 1 – дөңбек қақпақша; 2 – жез қақпақша; 3 – фарфордан жасалған түтікше; 4 – кварц құмы; 5 – балқымалы құрылғы; 6 – қалайыдан жасалған шарлар; 7 – көрсеткіш.



4.54-сурет. ПВТ типті сақтандырғыш:

а – жалпы түрі; б – сақтандырғыш патроны.

Балқымалы сақтандырғыштардың құндылығы:

- құралымы қарапайым;
- қысқа тұйықталу тоғы пайда болғанда тізбекті өте тез ажыратады;

– балқымалы сақтандырғыштардың кейбір түрлері (типтері) қысқа тұйықталу тоғын шектейді.

Кемшіліктері:

– токтың өзгеруіне сезімталдығы аз;
– тізбекті ажырату тек қана радиалдық желіде болуы мүмкін;
– тізбек ажыратылғаннан кейін, оны автоматты түрде қоспайды;
– тізбекті ажыратқаннан кейін, онда асқын кернеу пайда болуы мүмкін;
– бір фазаның балқымалы ендіргісі істен шыққанда, қалған екі фаза қиғаштанады (перекос фазы). Ол үлкен апатқа соқтыруы мүмкін.

Балқымалы сақтандырғыштарды таңдап алу тәртібі:

$$U_{\text{ном}} \geq U_{\text{қонд}}; \quad I_{\text{ном}} \geq I_{\text{норм}}; \quad I_{\text{ном}} \geq I_{\text{мах}}; \quad I_{\text{по}} \leq I_{\text{ажыр}}.$$

Сонымен қатар балқымалы сақтандырғыштарды құралымына және орнатылатын қондырғының түріне байланысты таңдап алады.

4.10 Ток өткізгіштер және оқшаулатқыштар

4.10.1 Шиналар. Олардың түрлері және қолданылуы

Электр станцияларының жабдықтарын және аппараттарын өзара қосу үшін оқшауланбаған ток өткізгіштер (шиналар) немесе оқшауланған ток өткізгіш кабельдер пайдаланылады.

Тарату құрылғыларында шиналар жиі қолданылады. Себебі шиналар монтаж жасағанда немесе оларды пайдаланғанда үнемді әрі сенімді. Генераторлық кернеумен (6-24 кВ) жұмыс істейтін қондырғыларда қатқыл алюминий шинасы қолданылады. Шиналардың құралымы одан өтетін токқа байланысты әр түрлі болады. Мысалы (4.21):

– 2000 А дейінгі токқа – бір тілікті шина;
– 2000-3000 А дейінгі токқа – екі тілікті шина;
– 3000-4000 А дейінгі токқа – үш тілікті шина;
– кейде тізбектің тоғы 2000 А-ден жоғары болғанда қораптық шиналар қолданылады.

4.55-суретте қатқыл шинаның құралымы көрсетілген.

Кернеудің деңгейіне және экологиялық жағдайларға байланысты кейде иілгіш шиналар пайдаланылуы мүмкін (4.56-сурет).

Электр қондырғыларында қатқыл шиналар эмальмен боялады.

Мысалы:

А фазасы – сары түспен;

В фазасы – көк түспен;

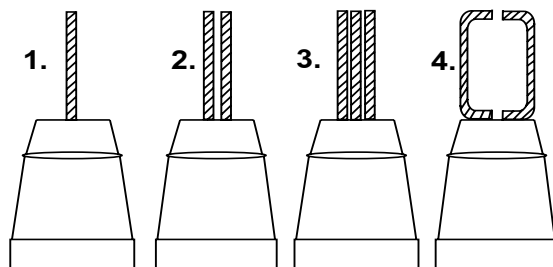
С фазасы – қызыл түспен боялады.

Шиналардың боялу себебі боялған шиналар жақсы салқындатылады және оларды пайдалану қолайлы болады.

Кейінгі уақытта генераторды жоғарылатқыш трансформаторға қосу үшін және жұмыс істеу үдерісінде олардың сенімділігін арттыру үшін ток өткізгіштер қолданады. 4.57-суретте әрбір фазасы экрандалған жабық ток өткізгіштердің құралымы көрсетілген.

Ток өткізгіш шина (2) оқшаулатқыш (3) арқылы жермен қосылған корпусқа

бекітілген (1). Магнит өрісінің әсерінен қызбас үшін экран (1) алюминиден жасалады.



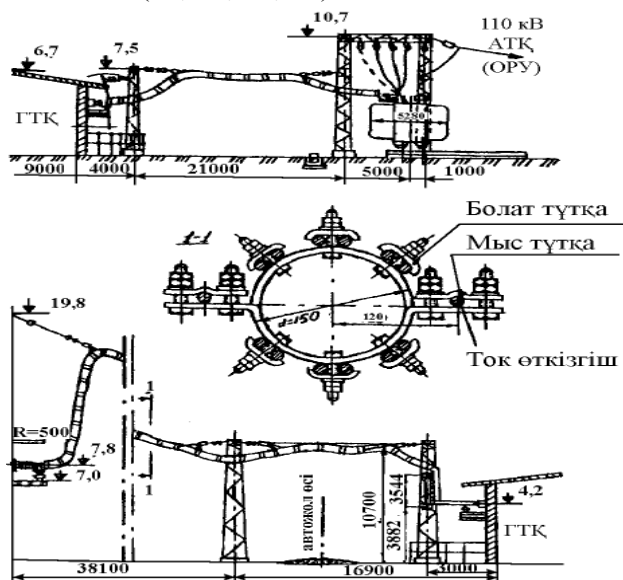
4.55-сурет. Қатқыл шинаның құралымы

1 – бір тілікті. 2 – екі тілікті. 3 – үш тілікті. 4 – қорапты шина

Ток өткізгіштердің құралымы жұмыс үдерісінде өте сенімді. Себебі, генератор мен жоғарылатқыш трансформатордың арасында, мұндай ток өткізгішті қолданса, іс-жүзінде фаза аралық қысқа тұйықталу болмайды.

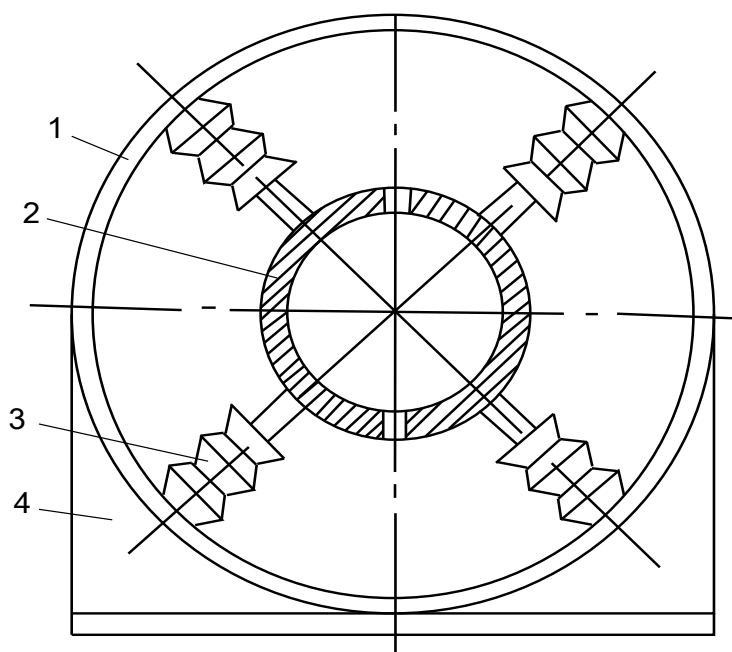
Қазіргі уақытта, электр станцияларында жабық ток өткізгіштердің ТЭН, ТЭК, ТЭКН және ТКС деген түрлері көп қолданылады.

Қосалқы станциялардың тарату құрылғыларын (6-10 кВ) күштік трансформаторларымен қосу үшін шиалық көпір әдісі қолданылады (4.58-сурет). Қатқыл шиалар металл немесе бетонға орналастырылған, штырлық оқшаулатқыштарға бекітіледі. Әдетте, фазалардың (6-10 кВ) ара қашықтығы 0,6-0,8 м, ал оқшаулатқыштардың ара қашықтығы 1-1,5 м болады. 4.58-суретте көрсетілген шиалық көпір әдісі станцияларда, қосалқы станцияларда арнайы жұмыс жағдайына байланысты қолданылады (14; 15; 16; 22).

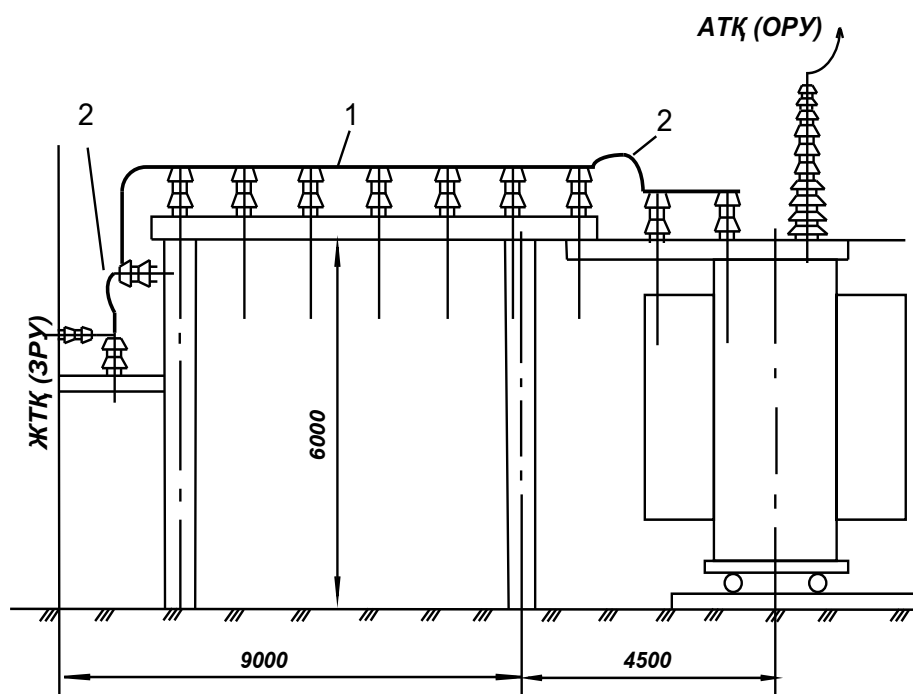


4.56-сурет. Ілінетін иілгіш ток өткізгіштер:

а – генераторлық тарату құрылғысының (ГРУ) байланыс трансформаторына дейінгі иілгіш ток өткізгіш; б – машина залынан генераторлық тарату құрылысына дейінгі иілгіш ток өткізгіш.



4.57-сурет. Әрбір фазасы экрандалған жабық ток өткізгіштердің құралымы
1 – экран; 2 – ток өткізгіш шина; 3 – оқшаулатқыш (изолятор). 4 – станина (табаны).



4.58-сурет. Трансформатор мен 6 - 10 кВ-тық жабық тарату құрылғысының арасындағы
шиналық көпір
1 – шиналар; 2 – компенсатор.

4.10.2 Кабельдер. Түрлері және пайдаланылуы

Күштік кабельдерді жер және су астында жоғары әрі төмен кернеулі энергияларды беру үшін қолданылады.

Кабельді желілердің ең маңызды ерекшелігі төзімділігінде және атмосфера әсеріне толық төтеп беретіндігінде [4; 12; 14; 15; 22].

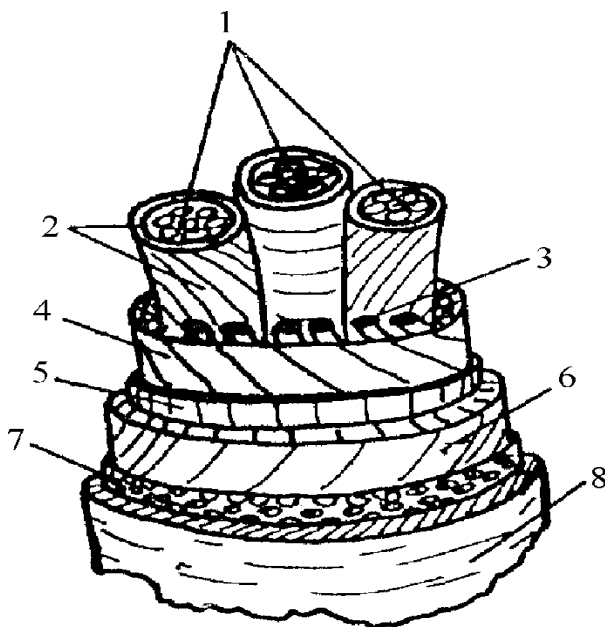
Қазіргі кезде күштік кабельдер кернеуі 220 кВ желілерде қолданылады, алайда өте жоғары кернеулі күштік кабельдерді салудың қиындығына байланысты, әлі де ауа желілері көбірек пайдаланылады.

Кез келген кернеудегі күштік кабельдер: ток өткізетін талшықтардан, оқшауламалық және қорғаныс қабықшалардан тұрады (4.59-сурет).

Ток өткізетін талшықты кабельдер мыс пен алюминийден жасалады. Талшықтар қима формасы бойынша жұмыс жасайды. Кабельдер бір, екі, үш және төрт талшықты болады.

Күштік кабельдердің стандартты қималары: 1,5; 2,5; 4,6; 10, 16, 25, 35, 50, 70, 95, 120, 150, 185, 240, 300, 400, 500 және 600 мм² болады.

Кабельдердің қорғаныс қабықшасы оқшаулатқыш қабықшаларды ылғалдан және механикалық бүлінуден қорғау үшін қажет. Қорғаныс қабықша қорғасыннан, алюминийден және пластмассадан жасалады.



4.59-сурет. СБГ таңбалы үш талшықты кабельдің құралымы.

1 – Сектор формалы үш талшық; 2 – Кабельдік қағаз оқшаулама; 3 – Талшықпен (1) белдеулік оқшаулау; 4 – Белдеулік оқшаулау; 5 – Қорғасын қабықша; 6 – Қоспа сіңірілген қағаз (лентадан және жіппен жасалған); 7 – Әдейі қоспа сіңірілген қағаз (лентадан және жіппен жасалған қорғаныс); 8 – Кабельді механикалық бүлінуден қорғайтын болат сауыт.

Оқшауланбаған сымдар мен кабельдер

Ауа желілерінде жалаңаш сымдар мен тростар қолданылады. Олар ашық ауада атмосфераның (жел, жаңбыр, мұз, температурасының өзгерісі) және ауадағы зиянды қоспалардың (күкіртті газдар, теңіз тұзы) әсерінен бүлінеді. Сондықтан олар өте берік әрі тотқа төзімді болуы тиіс.

Бұрын ауа желісінде мыс сымдар қолданылатын еді. Қазір бұл мақсатта алюминий, болат-алюминий және болат сымдар, ал кейбір жағдайда алюминий-альдрей, т.б. арнайы қорытпалардан жасалған сымдар қолданылады.

Сымдар құралымы бойынша: 1) тұтас қималы бір сымнан; 2) металдың бір түрінен өзара бұралып жасалған көп сымнан (7-19 және 37 сымнан); 3) екі металдан – болат пен алюминийден немесе болат пен қоладан жасалған сым болып бөлінеді.

Кәдімгі болат-алюминий сымы (АС маркалы) болат талшықтардан (бір сымнан немесе бұралған 7 немесе 19 сымнан) тұрады, оның сыртында 6 немесе 28 сымы бар алюминий бөлігі болады.

Мыс сымы қатты керілген мыс сымдардан жасалады. Оның үлесті кедергісі $\rho=18,8$ Ом. мм²/км шамалы, механикалық төзімділігі жақсы (үзілу уақытының кедергісі $\delta_p=39$ кг/мм²), атмосфералық әсерге және ауадағы зиянды қоспалардан тоттануға төзімді болуымен ерекшеленеді.

Мыс сымдары М әрпімен белгіленіп, оның номиналь қимасы көрсетіледі. Мәселен, номиналь қимасы 50 мм² мыс сымды N-50 деп белгілейді.

Алюминий сым мыс сымнан салмағының жеңілдігімен, үлес кедергісінің үлкендігімен ($\rho=31,5$ Ом.мм²/км) және механикалық төзімділігінің аздығымен ($\delta_p=15-16$ кг/мм²) ерекшеленеді. Алюминий сымды негізінен жергілікті желілерде қолданады. Механикалық төзімділігі шамалы болғандықтан бұл сымды қатты керуге болмайды.

Алюминий сымдардың механикалық төзімділігін арттыру үшін оларды қатты керілген сымдардан және көп тарамды сымдардан жасайды.

Алюминий сымдары атмосфера әсеріне жақсы төзгенімен, ауадағы зиянды қоспалар әсерінен тез тотығады. Сондықтан алюминий сымдарды тартылған электр желісін теңіз, тұзды көл жағаларына және химия кәсіпорындарына жақын салғанда, алюминий сымдарын тоттан қорғайтын қабықшалармен орайды (маркасы АК-тотқа төзімді алюминий). Алюминийден жасалған сымдары А әрпімен маркалайды.

Болат сымдар мен тростардың басты кемшілігі – тотқа төзімсіздігі. Сондықтан оларды цинктейді. Көп сымды болат сымдардың екі түрлі маркасы шығарылады: ПС (болат сым) және ПМС (мысталған болат сым).

Найзағайдан қорғайтын болаттан жасалған көп сымды тростардың ТК-35, ТК-50 және ТК-70 маркалы болады.

Болат-алюминий сымдардың да, теңқималы алюминий сымдары секілді үлес кедергісі болады, өйткені болат-алюминий сымында болаттың электр өткізгіштігі алюминий сымымен салыстырғанда айырмашылығы мүлде шамалы.

Егер болат-алюминий сымының өткізгіштігі мен берікті эквивалентін

салыстырғанда, болат-алюминийдің салмағы төмен, ал диаметрі мыстан едәуір үлкен болып шығады. Бұл болат-алюминий сымын кернеуі 110 кВ және одан жоғары ауа желісінде қолдану қолайлы. Болат-алюминий сымы 6,10 және 35 кВ-ты желілерде де қолданылады. Тек алюминийден немесе тек болаттан жасалған сымдар секілді болат-алюминий сымы да атмосфералық және химиялық әсерлерге төтеп бере алады. Болат-алюминий сымдарының арнайы маркалары шығарылады: АС (алюминий мен болаттың қима қатынасы $5,5 \div 6,0:1$ аралығында); АСУ (алюминий мен болаттың қима қатынасының күшейтілген беріктігі $4,0 \div 4,5:1$ аралығында; АСО (жеңілдетілген алюминий мен болаттың қима қатынасы шамамен 8:1; АСК-диаметрі үлкейтілген, тотқа берік болат-алюминий).

Альдрейден жасалған сымның электр кедергісі алюминий сымының кедергісіне шамалас, алайда механикалық төзімділігі екі еседей артық. Альдрей дегеніміз құрамында шамалы мөлшерде темір ($\approx 0,2\%$), магний ($\approx 0,7\%$) және кремний ($\approx 0,8\%$) бар алюминий қорытпасы. Ол тотқа төзімділігі жөнінен алюминиймен тең түседі. Альдрейден жасалған сымның кемшілігі – оның дірілге (вибрацияға) төзімділігі шамалы. ТМД-да альдрейден жасалған сым аз қолданылады, алайда кейбір Еуропа елдерінде (Франция) бұл альмелен деген (болат-қола қорытпасы) атпен біршама көбірек қолданылады.

Мыстан немесе алюминийден жасалған қуыс сымдар негізінен алғанда кернеуі 330 кВ және одан жоғары қосалқы станцияларда қолданылады. Бірнеше жалпақ сымдар ойықта бір-бірімен жалғанып, сымның құралымдық беріктігін, әрі жұмыс формасын қамтамасыз етеді.

Күштік кабельдер

Күштік кабельдер электр станциялары мен қосалқы станцияларда генераторларды және трансформаторларды тарату құрылғыларымен бірге қосу үшін, электр қозғалтқыштарының өзіне қажетті қоректі жеткізу үшін т.б. қолданылады.

4.59-суретте ең көп таралған СБГ таңбалы, үш талшықты кабельдің құралымы көрсетілген. Ол ток өткізетін мыс талшықтарынан, белдеулік оқшаулатқыштан, қорғасын қабықшадан, қағаз лентадан, болат сауыттан тұрады. Сыртқы оқшаулатқыш пен ішкі қорғаныс бүркемесіндегі металл шығынын азайту үшін талшықтар (1) сектор формалы етіп жасалынады (1, 2, 5). Кабельдің әрбір талшығы оқшаулайтын қоспа сіңірілген қағазбен (2) оралған. Талшықты оқшауламаның сыртына және бұралған жеріне белдеулік оқшаулама (4) қойылған (бұл да оқшаулағыш қоспа сіңірілген кабельді қағаз), ол жерге қосылған қорғасын қабықшасы (5) қосымша оқшаулағыш талшығы болып саналады. Талшық пен белдеулік оқшаулама аралықтары иірілген жіппен (3) толтырылған.

Кабельдің белдеулік оқшауламасының беті қорғасын қабықшамен (5) қапталған, ол оны ылғалдан қорғайды әрі сіңірілген қоспаның ағып кетуіне мүмкіндік бермейді.

Кабельді механикалық бүлінуден қорғау үшін оны болат сауытпен (8) қаптайды. Ол цинктелген екі болат лентадан жасалады. Сауыт пен қорғасын қабықша

аралығында қоспа сіңірілген қағаз лентадан жасалған қорғаныс қабат болады, ол бір қабат битуммен және бір қабат жіппен (7) жасалады. Бұл қабат болат сауытты механикалық бүлінуден және сыртқы ортаның химиялық әсерінен қорғайды.

Мұндай кабельді жер астына салуға да, ашық ауада тартуға да болады. Кабельді төсегеннен кейін тоттан қорғау үшін, оның сауыттан қара асфальт лағымен бояйды.

Алюминий талшықты осындай кабельдердің АСБГ, АСБ маркалары бар. Бұл кабельдерді 10 кВ-қа дейінгі кернеуге арнап жасайды. Оны жерге төсеуге де, ауада тартуға да болады.

Егерде механикалық бүліну қаупі болмаса, онда болат сауыты жоқ арзан кабельдерді қолдануға болады (СГ және АСГ маркалары – қорғасын қабықшалы мыс пен алюминий талшықтары, сыртқы қамтамасы жоқ, яғни жалаңаш).

20 және 35 В кернеуге арналған кабельдерді жеке қорғасындалған талшықтардан жасайды (маркалары ОСБГ және ОСБ немесе АОСБ).

Кернеуі 110 кВ-тан жоғары қондырғыларда май толтырылған және газ толтырылған кабельдер қолданылады. Соңғысы 10 және 35 кВ кернеуге де арналып жасалады.

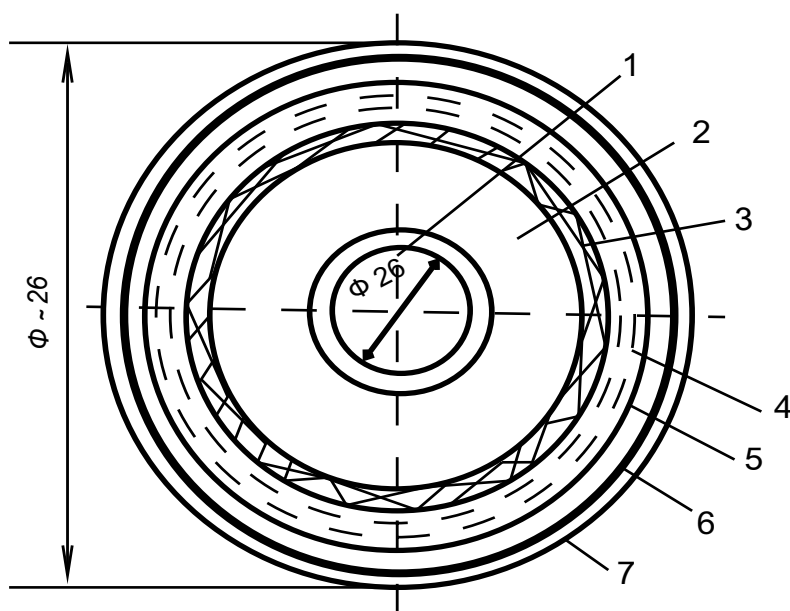
Айнымалы ток қондырғыларында бір талшықты сауытты кабельдерді қолдануға болмайды, өйткені мұндай жағдайда кабельдің жиынтық магнит ағыны нөлге тең болмайды (үш талшықты кабельдегі секілді). Болат сауыт құйынды токтың және гистерезис құбылысының әсерінен қатты қызып, кабельдің оқшауламасын күйдіреді әрі бүлдіреді.

Тұрақты ток үшін болат сауыты бар бір талшықты және талшықты кабельдер қолданылады. Кабельдің жекелеген учаскелерін бір-бірімен жалғастырғыш муфта арқылы қосады. Кабельдерді құралымына, кернеуіне, токтың экономикалық тығыздығына қарай таңдайды.

Кабельдер токтың ұзақ уақыттағы максималь қосымша күшіне, қалыпты және апаттық режимде кернеуді жоғалтуына және қысқаша тұйықталу кезіндегі қызуға төзімдігіне тексеріледі.

Кейінгі уақытта өте қуатты генераторды іске қосу үшін арнайы жасалынған күштік кабельдер қолданылады (4.60-сурет). Бұл кабель сумен салқындатылады. Оның параметрлері: жоғары кернеуі $U_{\text{ном}}=20$ кВ, номинал тоғы $I_{\text{ном}}=15$ кА.

Судың арнаға (диаметрі 26 мм) кірердегі температурасы 25°C , ал шығысында 60°C -тан артық болмауы керек. Әдейі дайындалған темір тартпаларға (лотоктарда) немесе траншеяларға салынады. Жылдық пайдалану сағаты $T_{\text{max}}=2000\div 3000$ с болатын асқын (пик) немесе жартылай асқын (полупик) режимінде жұмыс істейтін электростанцияларда пайдаланылады.



4.60-сурет. 15 кА токқа арналған сумен салқындалатынын 20 кВ-тық кабель.

1 – су айналуға арналған канал; 2 – қимасы 1209 мм² тал сым мыс; 3 – полиэтилендік қабықша; 4 – каллоидты графит; 5 – резеңкеленген шала өткізгішті ткань; 6 – екі қабат мыс таспасынан жасалған экран; 7 – полихлорвилан пластикаттан жасалған қабықша.

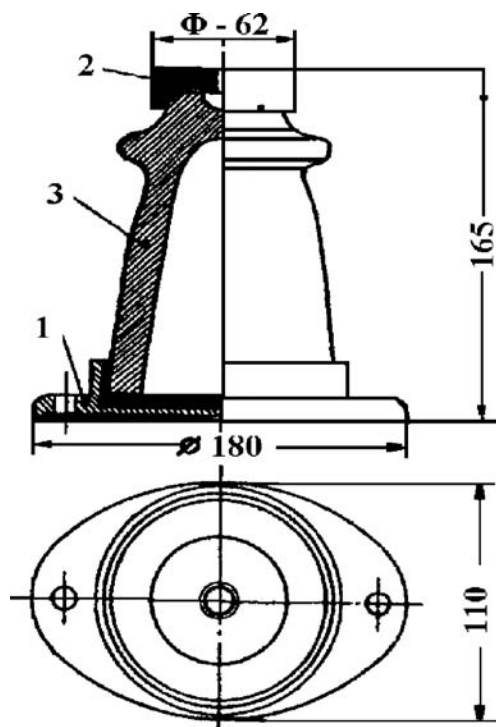
4.10.3 Оқшаулатқыштар. Түрлері. Ерекшеліктері. Қолданылуы.

Оқшаулатқыштар тізбектің ток жүретін бөліктерін бекіту үшін, оларды жерден және қондырғының басқа да бөліктерінен оқшаулау (изоляциялау) үшін қолданылады. Сондықтан да оқшаулатқыштың электрлік және механикалық беріктігі жеткілікті болып, ыстыққа төзімді әрі ылғал өткізбеуі тиіс.

Оқшаулатқыштар станциялық, аппараттық және желілік болып бөлінеді [4;12;14;15;16;17].

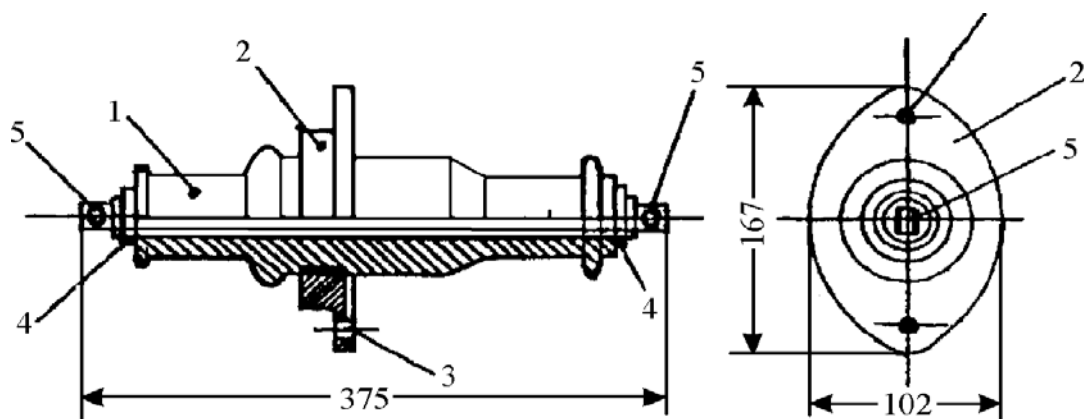
Станциялық оқшаулатқыштар электр станциялары мен қосалқы станцияларының тарату құрылғыларындағы шиналарды бекіту әрі оқшаулау үшін қолданылады. Олар өз кезегінде тіректік және өтпелі болып бөлінеді (4.61 және 4.62-суреттер). Өтпелі оқшаулатқышты шиналардың керегеден өтетін жеріне және панажайда, сондай-ақ оларды панажайдан шығатын жерге орнатады.

Аппараттық оқшаулатқыштар аппараттардың ток жүретін бөліктерін бекітуге арналған. Олардың формасы тіректік және өтпелі болуы мүмкін. Өтпелі оқшаулатқыштар құндақпен жабдықталған аппараттардан ток жүретін бөліктерді шығару үшін, мәселен, май ажыратқыштардан күштік трансформаторларды шығару үшін т.б. қолданылады.



4.61-сурет. Тіректік оқшаулатқыш (6 кВ)

*1 – табаны, шойыннан жасалған сопақ фланец; 2 – шойынды қақпақ;
3 – фарфордан жасалған тұрқы.*



4.62-сурет. Өтпелі оқшаулатқыш (6 кВ, 200-600 А).

1 – фарфорлы тұрқы. 2 - шойыннан жасалған сопақ фланец. 3 – фланецтегі тесіктер. 4 – темір шайба. 5 – ток өткізгіш шина.

Желілік оқшаулатқыштар электр берілісінің ауа желісіндегі сымдарды және ашық тарату құрылғыларындағы шиналарды бекітуге қолданылады. Олар істікті және аспалы болып болып бөлінеді.

Станцияларды және желілік окшаулатқыштарды атмосфералық әсерге өте төзімді, сондай-ақ механикалық және электрлік беріктігі мен ерекшеленетін фарфордан немесе шыныдан жасайды.

Окшаулатқышты тірекке, сондай-ақ оларға шиналарды немесе аппараттардың ток жүретін бөліктердің бекіту үшін окшаулатқыштың металл арматурасы, яғни фарфорға бекітілген металл бөліктері болады. Окшаулатқыштың фарфор корпусының сыртқы бетін глазурьмен қаптайды, мұндағы мақсат оның электрлік және механикалық сапасын жақсарту.

Станцияда қолданылатын окшаулатқыштар орнатылу түріне қарай ішкі және сыртқы қондырғылар болып бөлінеді. Сыртқа орнатылатын окшаулатқыштың құралымы оның жауын-шашында және шаң-тозанда сенімді жұмыс істеуін қамтамасыз етуі керек.

Тіректік окшаулатқыш істікті және октауша типтес болады. ШТ-35 типі 35 кВ-тық кернеуге арналған окшаулатқыштың екі элементі ал, ШН-10 типті 10 кВ-тық кернеудегі істікті окшаулатқыштың бір элементі фарфордан жасалған. СО-35 типі сыртқа орнатылатын 35 кВ-тық кернеуге арналған октауша тіректік окшаулатқыш болады.

Істікті окшаулатқышпен салыстырғанда октауша окшаулатқыштың құрамы едәуір қарапайым, диаметрі шағын.

Өтпелі окшаулатқыштарды ішке орнату үшін үш түрін жасайды:

1. Тік бұрышты қималы ток жүретін стерженьдерден;
2. Шиналардан;
3. Дөңгелек қималы ток жүретін стерженьдерден.

ПА және ПБ типті окшаулатқыштар 6-10 кВ кернеуге және номиналь тогы 200-1500 А болатын тік бұрышты қималы ток бөлігінде қолданылады.

Кернеуі 20 кВ дейінгі қондырғыларда, қосымша ток күші 600 А-ден асқан жағдайда шина типтес (ИПШ типі) өтпелі окшаулатқыштар кеңінен қолданылады.

Сыртқа орнатылатын өтпелі окшаулатқыштардың (желілік шығару) кернеуі 6-35 кВ, номинал тогы 400-4000 А (ПНБ және ПНВ типтері) болады. Бұлардың барлығында ток өтетін дөңгелек стерженьдер бар.

Желілік окшаулатқыштар

Желілік штырлы окшаулатқыштар кернеуі 35 кВ-қа дейінгі қосалқы станциялардағы ашық сымдарды бекіту үшін қолданылады (ШД-35 екі фарфор элементінен тұрады).

Аспалы окшаулатқыш кернеуі 35 кВ және одан және одан жоғары болатын ашық типтегі қондырғыларда қолданылады.

Окшаулатқыштар тіркесіне орнатылатын окшаулатқыштардың саны мынадай болады:

35 кВ-3-4; 110 кВ-6-7; 220 кВ-12-14; 400 кВ-22.

5-тарау. ТАРАТУ ҚҰРЫЛҒЫСЫНЫҢ ҚҰРАЛЫМЫ ЖӘНЕ ЭЛЕКТР СТАНЦИЯЛАРДЫҢ, ҚОСАЛҚЫ СТАНЦИЯЛАРДЫҢ ЭЛЕКТРЛІК СҰЛБАЛАРЫ

5.1 Жалпы мәліметтер

Тарату құрылғысы – электр энергияны қабылдап алатын және оны бөлетін электрлік қондырғы.

Тарату құрылғысының құрамына кіретін негізгі элементтер:

- аппараттар, оқшаулатқыштар және бірінші реттік тізбектің сымдары;
- екінші реттік тізбектің басқару және қорғаныстық аппараттары;
- көмекші құрылғылар (аккумулятор батареялары, компрессорлар, т.с.с.);
- аппараттарды және оқшаулатқыштарды орнататын темір тіректер;
- үй немесе үйдің бөлігі, іргетасы және көмекші құрылғылар.

Тарату құрылғысына қойылатын жалпы талаптар: сенімділігі; үнемділігі; қолайлылығы; өртке-жарылысқа және адамға қауіпсіздігі; экологиялық тазалығы; тарату аймағын кеңейтуге мүмкіндігі.

Тарату құрылғысының құралымын жобалауға төмендегідей құжаттар анықталғанда ғана кіріседі: толық электрлік жалғану сұлбалары; электр аппараттары (коммутациялық, өлшеуіш, зарядсыздандырғыш – разрядник, жерге қосқыш және т.с.с.); байланыс сымдары – өткізгіштері; станциялардың (қосалқы станциялардың) қасында негізгі және көмекші ғимараттардың орналасуы.

Тарату құрылғысының келесідей түрлері бар:

- Жабық тарату құрылғысы (ЖТҚ – ЗРУ);
- Ашық тарату құрылғысы (АТҚ – ОРУ);
- Үйдің ішінде орнатылатын комплектілі тарату құрылғысы (КТҚ – КРУ);
- Сыртта (ауада) орнатылатын комплектілі тарату құрылғысы (СКТҚ – КРУН);
- Комплектілі трансформаторлы қосалқы станция (КТП).

Тарату құрылғыларын таңдағанда төмендегідей мәселелерді ескеру керек: номиналь кернеуді; электрлік жалғану сұлбаларын; қондырылатын (орналастырылатын) жабдықтардың және аппараттардың сыртқы шектік көлемін (габариттерін); қондырғыларды қоршаған ортаны.

5.2 Тарату құрылғысының түрлері және ерекшеліктері

Егерде тарату құрылғысы үйдің ішінде орнатылса, онда оны жабық тарату құрылғысы деп атайды (ЖТҚ – ЗРУ).

Тарату құрылғысының үйін темір-бетоннан жасалынатын материалдардан тұрғызады. Демек, ЖТҚ (ЗРУ)-ы индустриялық әдіспен жүргізіледі. ЖТҚ-ның негізгі элементтері (5.1-сурет): камералар (жабық, ашық, жарылыс); жинақтаушы шина; ажыратқыш; айырғыш; өлшеуіштік трансформаторлары; реактор; ажыратқыштың және айырғыштың жетегі; дәліздер (қызмет ету, басқару, жарылыс) және кіретін-шығатын есіктер.

Көрсетілген әрбір элементтердің нақтылы қызметі бар. Айталық, жұмыс уақытында қолайлы және қауіпсіз болу үшін кіретін-шығатын есікті жобалағанда ескерілетін мәселе:

- егерде ЖТҚ үйінің ұзындығы 7 метрге дейін болса, онда бір есік;
- егерде ЖТҚ үйінің ұзындығы 7-ден 60 метрге дейін жетсе, онда бір-бірімен қарсы орналасқан екі есік;
- егерде ЖТҚ үйінің ұзындығы 60 метрден артық болса, онда шығатын есіктерден басқа тағы да бір қосымша есік болуы керек. Ол есік қызмет істеу дәлізінен немесе жарылыс дәлізінен 30 м-ден қашық болмауы керек.

Жабық тарату құрылғысының элементтерінің арақашықтығы мынадай өрнекпен анықталады [23]:

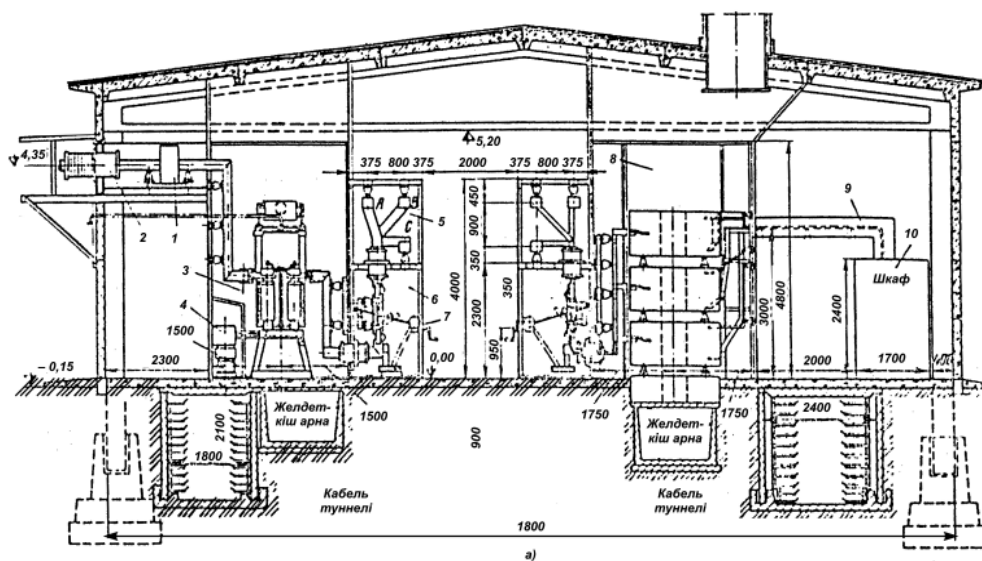
$$A_{ф.ф} = (1,06 \div 1,14) A_{ф.жсер} \quad (5.1)$$

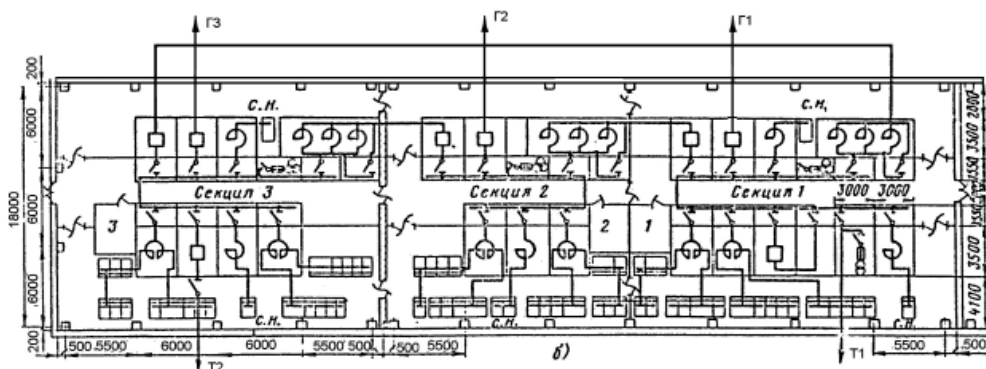
Өртүрлі кернеуде (кВ) жабық тарату құрылғысының элементтерінің бір-бірінен ара қашықтығы 5.1-кестеде және 5.2-суретте берілген.

Тарату құрылғысының толтырылу сұлбасы шартты түрде тарату құрылғысының ғимаратының, оның ұяшықтарының (ячейкаларының) және онда орналастырылған аппараттардың, өткізгіштердің пішінін (контурын) көрсетеді.

Ұяшық (ячейка) – тарату құрылғысының нақтылы бір бөлігінде орнатылған ажыратқышты, айырғышты, жинақтаушы шинаның бөлшегін көрсетеді. Олар бір электр тізбегінде болуы керек.

Әдетте ЖТҚ кернеуі 3-20 кВ электр қондырғыларында салынады. Егерде ЖТҚ-сын салуға жер көлемі жетпесе немесе атмосфера өте көп ластанған не Қиыр Шығысқа орналасса, онда тарату құрылғысын 35-220 кВ кернеуге есептейді.





5.1-сурет. Кернеуі 6-10 кВ бір жүйелі шинасы және топтық реакторлары бар генераторлық тарату құрылғысы (ГТҚ-ГРУ):

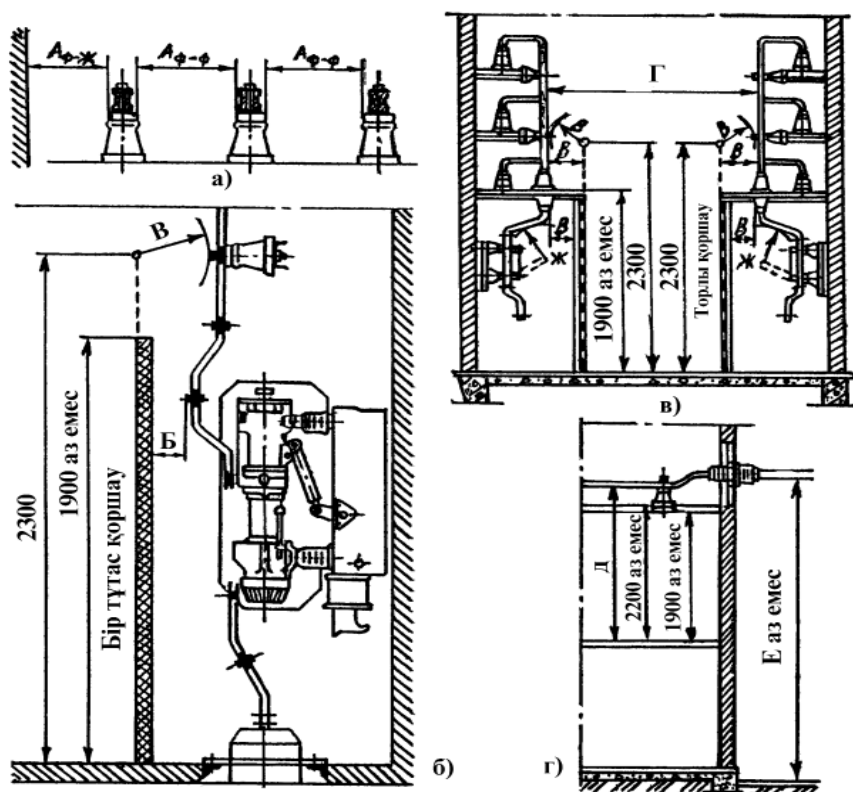
а – генератордың және топтық реакторлардың тізбек бойынша кесілуі (разрез); 1 – ток трансформаторы; 2 – өткерме оқшаулатқыш; 3 – генераторлық ажыратқыштың камерасы; 4 – ажыратқыштың жетегі; 5 – жинақтаушы шинаның блогы; 6 – шиналық айырғыштың блогы; 7 – шиналық айырғыштың жетегі; 8 – қосарлы реактордың камерасы; 9 – шиналы өткізгіш; 10 – КТҚ (КРУ)-ның ұяшығы (ячейкасы); б – жоспарлы толтырылу сұлбасы.

5.1-кесте.

Жабық тарату құрылғысының элементтерінің бір-бірінен арақашықтығы

Сурет нөмірі	Арақашықтығы	Белгі	Әр түрлі кернеудегі (кВ) жабық тарату құрылғысының элементтерінің арақашықтығы, мм							
			3	6	10	20	35	110	150	220
9.1, а	Жерге қосылған құрылғысынан және үйдің бөлігінен ток өткізгіштерге дейінгі	$A_{\phi-a}$	65	90	120	180	200	700	1100	1700
9.1, а	Әрбір фазаның өткізгіштерінің өзара қашықтығы	$A_{\phi-\phi}$	70	100	130	200	320	800	1200	1800
9.1, б	Ток өткізгіштерден біртұтас коршауға дейінгі	Б	95	120	150	210	320	730	1130	1730
9.1, в	Ток өткізгіштерден торлы (сеткалы) коршауға дейінгі	В	165	190	220	280	390	800	1200	1800
9.1, в	Әрбір тізбектің коршалмаған ток өткізгіштерінің өзара қашықтығы	Г	2000	2000	2000	2200	2200	2900	3300	3800

9.1, г	Қоршалмаған ток өткізгіштерден еденге дейінгі	Д	2500	2500	2500	2700	2700	3400	3700	4200
9.1, г	ЖТҚ-ның қоршалмаған жүйелік ток өткізгіштің шықпасынан жерге дейінгі (егерде ол жерде көлік жүрмейтін болса)	Е	4500	4500	4500	4750	4750	5500	6000	6500
9.1, в	Айырғыштың қозғалатын түйіспелерінен және пышағының оның қозғалмайтын түйіспелеріне қосылған шиналарға дейінгі	Ж	80	110	150	220	350	900	1300	2000



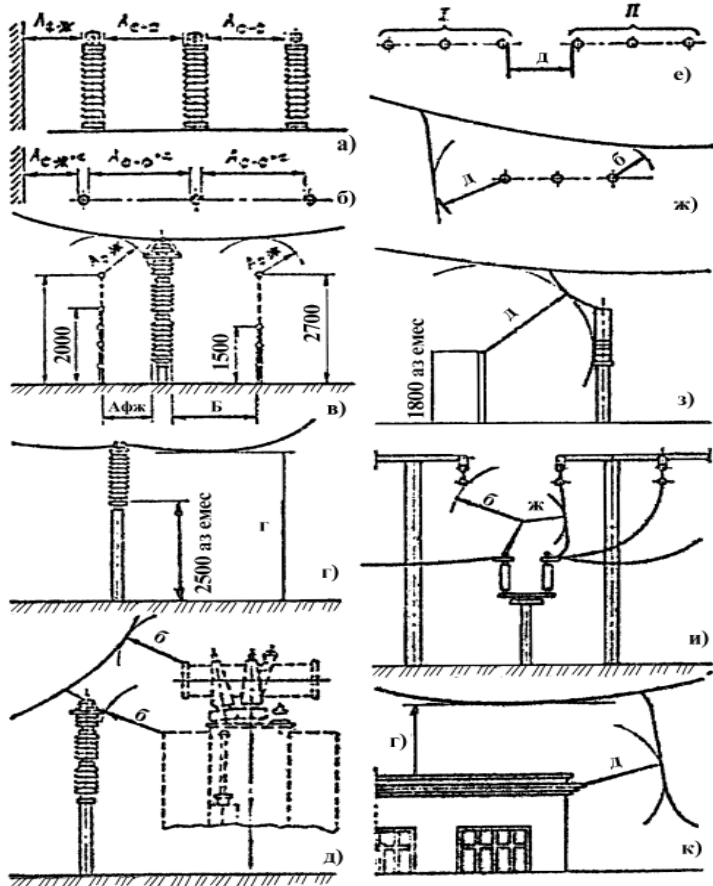
5.2-сурет. Жабық тарату құрылғысының (ЖТҚ) элементтерінің ең аз оқшаулама арақашықтығы

Ауада (сыртта) орнатылатын тарату құрылғысын ашық тарату құрылғысы деп атайды (АТҚ-ОРУ). Әдетте, АТҚ кернеуі 35-1150 кВ электр қондырғыларында қолданылады.

Ашық тарату құрылғысының (АТҚ) жабық тарату құрылғысынан мынадай **артықшылығы** бар: құрылыс жұмыстарының көлемі аз; электр тізбегінің бұзылуының одан әрі өрбу мүмкіндігі аз; тарату құрылғысының ғимаратын салу мерзімі қысқа; жабдықтары, аппараттар жақсы көрінеді; жабдықтарды, аппараттарды, өткізгіштерді ауыстыру жеңіл.

Сонымен қатар **кемшіліктері** де бар: жабдықтары, аппараттары, ток өткізгіштері қысы-жазы далада орнатылғандықтан олармен жұмыс істеу ыңғайсыз; алатын орны үлкен; жабдықтары, аппараттары тез ластанады және қоршаған ортаның температурасы әсерін тигізеді [29].

Ашық тарату құрылғысының элементтерінің ең аз оқшаулама арақашықтығы 5.2-кестеде және 5.3-суретте келтірілген. 5.4-суретте электрэнергетика өндірісінде жиі қолданылатын кернеуі 110-220 кВ ашық тарату құрылғысының қимасы (разрез) және ұяшықтардың жоспары берілген.



5.3-сурет. Ашық тарату құрылғысының (АТҚ-ОРУ) элементтерінің ең аз оқшаулама арақашықтығы

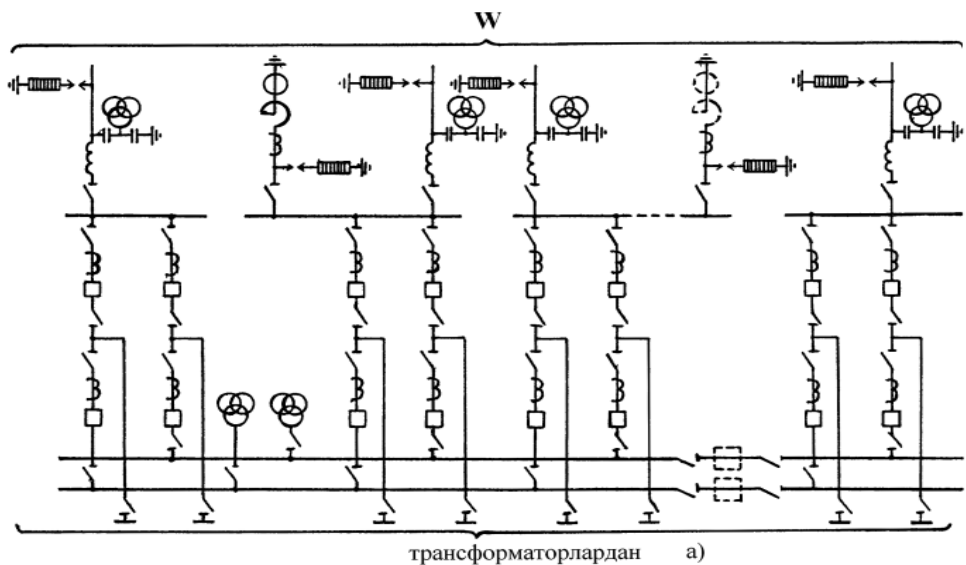
Ашық тарату құрылғысының элементтерінің бір-бірінен арақашықтығы

Сурет номері	Арақашықтығы	Белгі	Өртүрлі кернеудегі (кВ) ашық тарату құрылғысының элементтерінің арақашықтығы, мм							
			10	20	35	110	150	220	300	500
9.2, а,б,в	Кернеулі ток өткізгіштерден немесе окшаулама элементтерінен жерге қосылған құрылысына дейінгі	$A_{\phi-a}$	200	300	400	900	1300	1800	2500	3750
9.2, а,б	Әрбір фазаның өткізгіштерінің өзара қашықтығы	$A_{\phi-\phi}$	220	330	440	1000	1400	2000	2800	4200
9.2 в,д,и	Тоқ өткізгіштерден және жерге қосылмаған бөліктерінен ішкі тұрақты коршауға дейін; көшірілетін жабдықтардың габаритына дейін; айырғыштың түйіспелерінен ток өткізгіштерге дейінгі	Б	950	1050	1150	1650	2050	2550	3250	4500
9.2, ж	Әрбір жазықтықтағы және әрбір тізбектегі төменгі тізбектің өткізгіштерінің өзара (жоғары тізбек ажыратылмаған)	В	950	1050	1150	1650	2050	3000	4000	5000
9.2, г,к	Қоршалмаған ток өткізгіштерден жерге дейінгі	Г	2900	3000	3100	3600	4000	4500	5000	6450
9.2 е,ж, з,к	Әрбір тізбектегі, әрбір жазықтықтағы тоқ өткізгіштерінің және әрбір көлденең орналасқан тізбектің тоқ өткізгіштерінің өзара (екінші тізбек ажыратылмаған кернеулі)	Д	2200	2300	2400	2900	3300	3800	4500	5750
9.2, и	Ажыратылмаған айырғыштың қозғалатын түйіспелерінен және пышағынан оның қозғалмайтын түйіспелеріне қосылған шиналарға дейінгі	Ж	240	365	485	1100	1550	2200	3100	4600

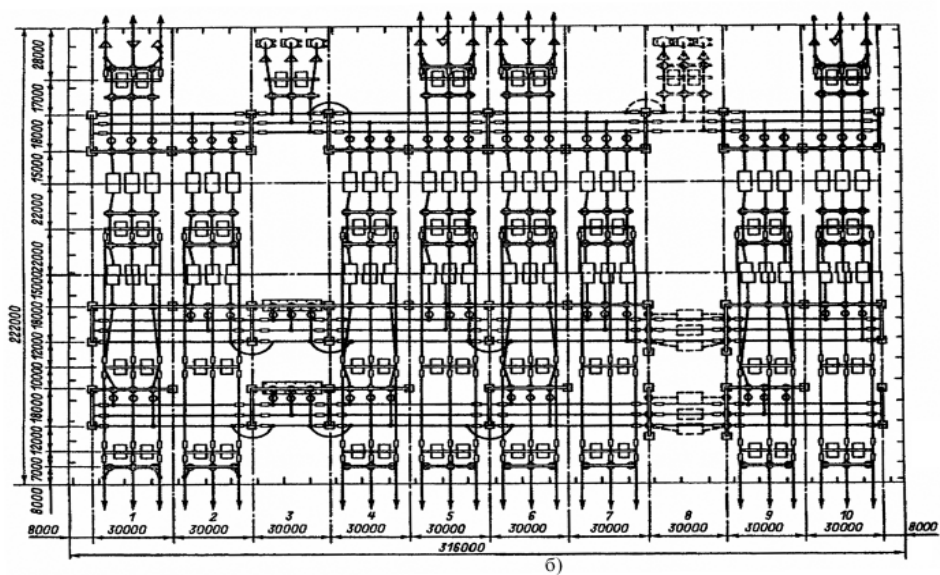
жеңілдетеді; бір орыннан екінші орынға тез ауыстырып қоюға болады; қауіпсіздікті қамтамасыз етеді.

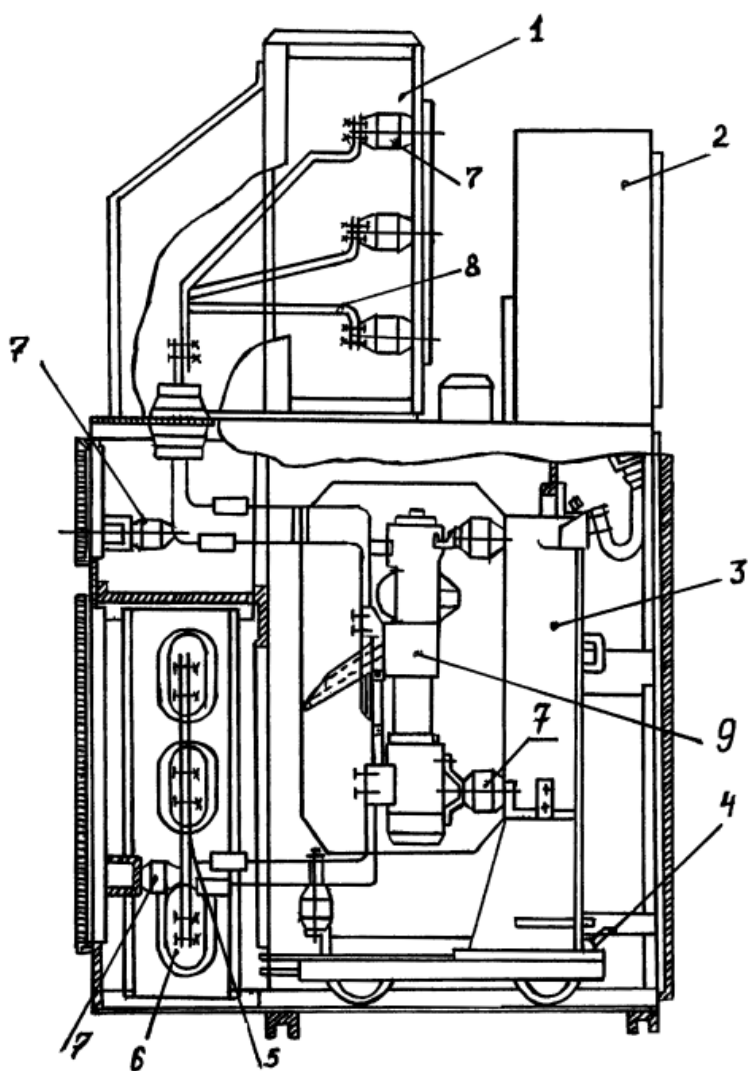
5.6-суретте К-XXVII типті КТҚ-ның негізгі элементтері берілген. Бұл комплектілі тарату құрылғысының ерекшелігі, онда (шкафында) ТВШЛ типті ток трансформаторын көрші ячейкалардан (оң және сол жағынан да) ток өткізгіштерді кіргізуін (ввод) пайдалануға болады. Қалған элементтерінің атқаратын қызметі әдеттегі КТҚ-дай.

Сыртта орналастырылатын тарату құрылғысының құралымы (СКТҚ) көбінесе қоршаған ортаға байланысты (температурасына, ластануына т.с.т.б.)



5.5 (а,б,в) 500 кВ-тық АТҚ-да ажыратқыштарды пайдалану сұлбалары.



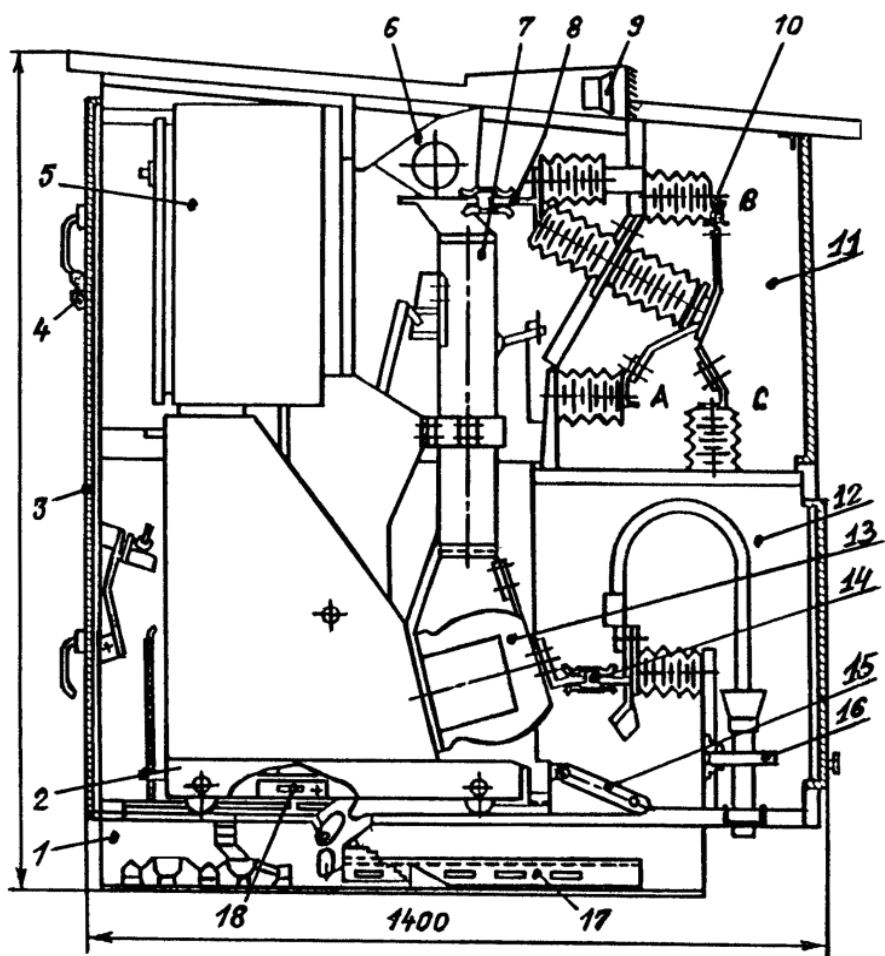


5.6-сурет. ВМПЭ-10-3200 типті ажыратқышы бар К-XXVII сериялы комплектілі тарату құрылғысының (КТҚ) шкафы:

1 – құрама шиналар бөлігі; 2 – релелік шкаф; 3 – ажыратқышы бар қозғалмалы элемент;
4 – ұстатқыш фиксатор; 5 – басты тізбектердің қозғалмайтын алмалы-салмалы түйіспелері; 6 – ток трансформаторы; 7 – тіректік оқшаулатқыш; 8 – жинақтағыш шиналар; 9 – шағын көлемді майлы ажыратқыш.

СКТҚ-ғы қоршаған ортаның температурасы $+35^{\circ}\text{C}$ -дан -40°C -ға есептелінеді. Керек жағдайда тарату құрылғысының шкафындағы ауаны жасанды түрде қыздырып отыру керек. 5.7-суретте К-34 сериялы сыртта орналастырылатын тарату құрылғысы берілген. Бұл К-34 сериясында ВММ-10 ажыратқышы қолданылған.

Кейінгі уақытта элегазды (F6) комплекті тарату құрылғылары кернеуі 110-220 кВ электр қондырғыларында пайдалануда.



5.7-сурет. ВММ-10 майлы ажыратқышы бар К-34 сериялы СКТК шкафы

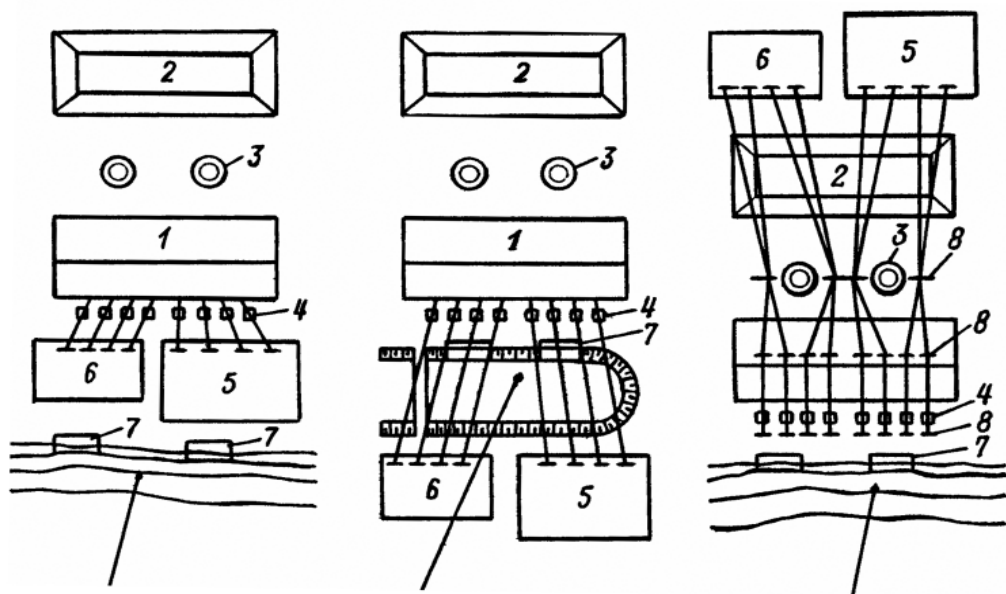
- 1 – шкафтың рамасы; 2 – ілгері шығарылатын элемент; 3 – сыртқы есік; 4 – құлып;
 5 – релелік қорғаныс шкафы; 6 – перде (шторка); 7 – ажыратқыш; 8 – жоғарыдағы бас
 тізбектің қозғалмайтын түйіспесі; 9 – желдеткіш; 10 – жинақтаушы шина;
 11 – жинақтаушы шиналар мен тіректік оқшаулатқыштардың бөлек орындары
 (отсек); 12 – кабельдердің бөлек орны (отсек); 13 – өлшеуіштік ток трансформаторы;
 14 – бас тізбектің қозғалмайтын жүйелік түйіспесі; 15 – жерге қосатын айырғыш;
 16 – жерге тұйықталудан қорғайтын ток трансформаторы; 17 – қыздыру элементтері;
 18 – жермен қосатын түйіспелер.

5.3 Тарату құрылғыларын орналастыру

Электр станциялары мен қосалқы станциялардың түрлеріне байланысты олардың жабдықтарын, аппараттарын, ток өткізгіштерін және көмекші құрылғыларын ұтымды және пайдалануға қолайлы орналастырудың (компановка) бірнеше әдістері бар.

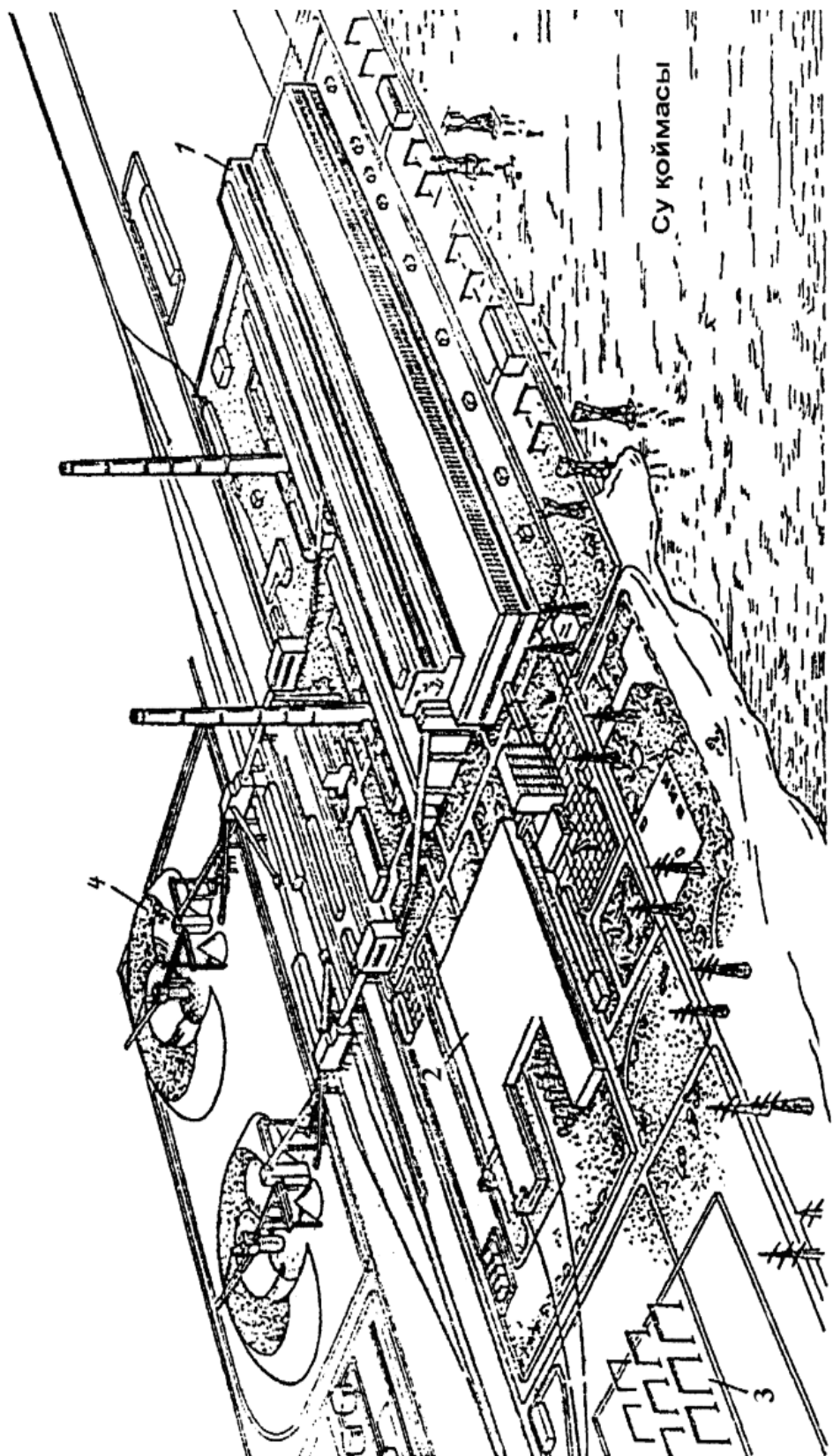
Электр станциялары мен қосалқы станциялардың жабдықтарын орналастыруда мынадай ұстанымды қолданған жөн: су қорын (ЖЭС мен АЭС үшін) үнемді және ыңғайлы пайдалану; сыртқы инженерлік коммуникацияларды пайдаланудың қолайлылығы (келетін жол, электр жеткізу желісі, жылу тораптары, шлакты қашыққа жеткізу құбырлары, т.с.с.); ішкі инженерлік коммуникацияларды қолданудың ыңғайлылығы (ауыр жүкті көтеретін механизмдер, транспортерлер, су құбырлары, әр түрлі құралымы бар ток өткізгіштер, аппараттар, т.с.с.); көмекші шаруашылықтардың үйлерін ұтымды орналастыру (жөндеу цехы, май және ауа шаруашылығы, өртке қарсы қызмет істейтін депо, гараж, т.б.); келешекте кеңейтілу мүмкіндігі, 5.8-суретте КЭС-ның негізгі ғимараттарының орналасу нұсқалары берілген. КЭС-ның ғимараттарын орналастырғанда ең көп жер көлемін алатындар: отын қоймасы; жоғары кернеулі ашық тарату құрылғысы (АТҚ-ОРУ); су құбыры; бас корпус.

КЭС-ды компановка жасағандағы маңызды мәселенің бірі, олардың ғимараттарын өзара ұтымды орналастыру. Айталық, бас корпус, тарату құрылғысы және сыртқы су қоймасы, т.б. (5.9-сурет).

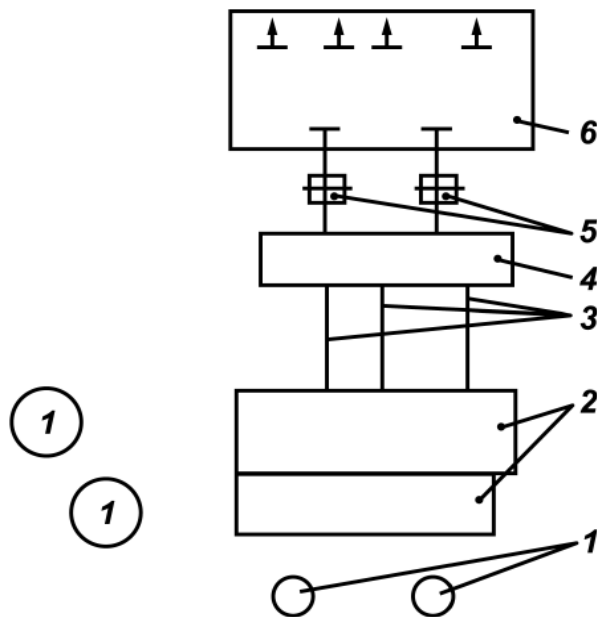


5.8-сурет. КЭС-ның негізгі ғимараттарын орналастыру нұсқалары

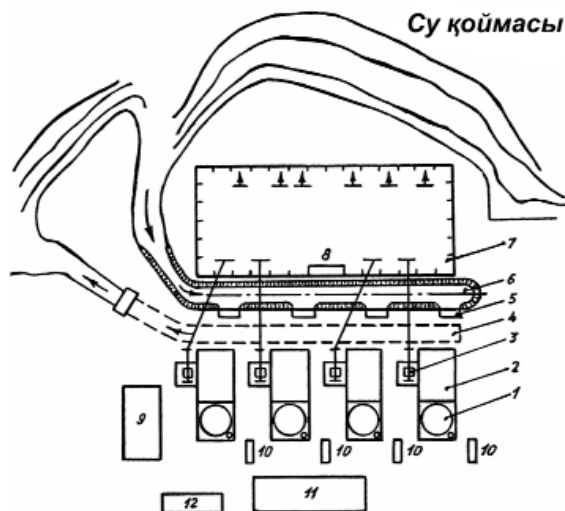
1 – бас корпус; 2 – отын қоймасы; 3 – түтін мұржасы; 4 – блокты транс-форматорлар; 5, 6 – тарату құрылғылары; 7 – сорғы станциялары; 8 – электр желісінің аралық тірегі.



5.9-сурет. Қазіргі замандағы КЭС-ның жалпы көрінісі:
 1-бас корпус; 2 – көмекші корпус; 3 – ашық тарату құрылғысы;
 4 – отын қоймасы.

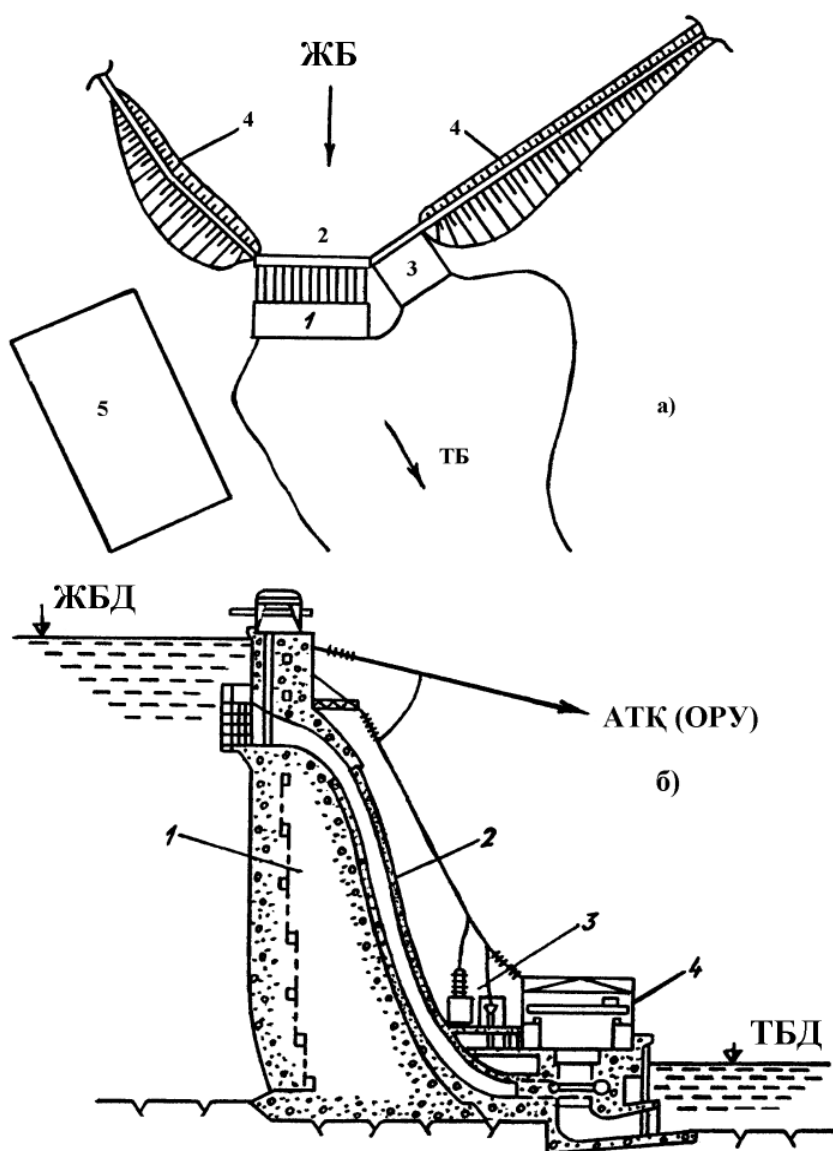


5.10-сурет. Жылу электр орталығының (ЖЭО) ғимараттарын орналастыру нұсқасы
 1 – түтін мұржасы; 2 – бас корпус; 3 – көп амперлік ток өткізгіш; 4 – гене-раторлық тарату құрылғысының (ГТҚ–ГРУ) үйі; 5 – байланыс трансфор-маторлары; 6 – ашық тарату құрылғысы (АТҚ–ОРУ); 7 – градириялар.



5.11-сурет. АЭС-ның негізгі түйіндерін (узлов) орналастыру нұсқасы
 (реактор ВВЭР – 1000 типті);

1 – реактордың бөлмесі; 2 – маш. зал; 3 – трансформаторлардың орны; 4 – судың шығатын арнасы (жабық); 5 – сорғы станциялары; 6 – суды жет-кізетін арна (ашық); 7 – ашық тарату құрылғысы (АТҚ–ОРУ); 8 – АТҚ-ның қалқаны; 9 – біріктірілген көмекиі корпус; 10 – дизель-электр станциясы; 11 – суды арнайы дайындайтын үй; 12 – администрациялық-тұрмыстық комплекс.



5.12-сурет. Бөгет жанындағы (приплотиналық) СЭС (ГЭС)-ның негізгі объектілерінің орналасу сұлбасы

а – жоспары; 1 – СЭС үйі; 2 – станцияның бетонды бөгеті; 3 – бетонды су жібергіш; 4 – оң және сол жағадағы тастар лақтырылатын бөгет; 5 – жоғары және орта кернеулі ашық тарату құрылғысы; б – станцияның бөгеті бойынша қимасы: 1 – бөгет; 2 – су арнасы; 3 – жоғары кернеулі электротехникалық жабдықтардың орны; 4 – су электр станциясының маш. залының үйі.

КЭС-ның мынадай орналастыру әдістері бар: тарату құрылғыларын бас корпустың алдына салу; тарату құрылғыларын су жеткізетін арнаның аржағынан

салу; тарату құрылғысын түтін мұржасы мен көмір қоймасының аржағынан алу; тарату құрылғыларын бас корпусстың ар жағынан (артынан) салу.

5.10-суретте ЖЭО-ның ғимараттарын орналастыру нұсқасы берілген.

ЖЭО-на тән орналасу (компановка) әдістері: жабық генераторлық тарату құрылғысы (ЖГТҚ-ГРУ); пайдаланылған суды қайтадан салқындатып пайдалану (әдетте градирны арқылы); жылу құбырларын жергілікті тұтынушыларға шығару.

ЖЭО-ның ғимараттары мен электртехникалық жабдықтары оның құрылым сұлбаларына сәйкес орналастырылады.

5.11-суретте АЭС-ның негізгі жабдықтарын орналастыру нұсқасы берілген. АЭС-ның ерекшелігі жылу тасығыштық құрылғының радиоактивтігінде. Сол себепті АЭС-ның жабдықтарын орналастырғанда мынадай мәселелерге көңіл бөлу керек: газ тәрізді радиоактивтік қалдықтарды атмосфераның қауіпсіз қабатына жеткізу үшін арнайы желдеткіш және сүзгіш жүйелері жасалынады; сұйық радиоактивтік қалдықтарды қауіпсіз жерге жеткізу үшін арнайы тораптар салынады; қатты радиоактивтік қалдықтар арнайы сақтау орындарында көмілуі керек.

АЭС-ның құрылысын, жер көлемін санитарлық-қорғаныс зонаға байланысты есептейді. Санитарлық-қорғаныс зонаның радиусы реактордың параметріне және жергілікті климатқа байланысты.

5.12-суретте СЭС (ГЭС)-ның негізгі объектілерінің орналасу сұлбасы берілген. СЭС-ын жобалағанда бірнеше маңызды мәселелерді шешу керек: ауыл шаруашылығында пайдаланатын жерді суландыру; кеме қатынасын дамыту; қалаларды және кәсіпорындарды сумен қамтамасыз ету, т.с.с.

5.4 Электр станциялардың және қосалқы станциялардың электрлік сұлбалары. Жалпы мәліметтер

Электр станцияларының электрлік сұлбасы алуан түрлі. Мұның өзі станцияның түрлі жылу-механикалық бөліктеріне, өндіріс процесі мен электр станциясының жұмыс режимінің ерекшеліктеріне, электр станциясының энергетикалық жүйеде орналасуына, қысқа тұйықталу тогын шектеу тәсіліне, сенімділік мәселелеріне және басқа да факторларға байланысты.

Бұл тарауда электр сұлбаларының тек қана негізгі түрлері қарастырылады. Себебі станциялар мен қосалқы станциялардың электр сұлбалары және олардың тарату құрылғылары туралы толық мәлімет “Электр станцияларының және қосалқы станциялардың тарату құрылғылары” пәнінен беріледі.

Электр сұлбаларына қойылатын талаптар: жұмыста сенімділігі; үнемділігі; жұмыс жағдайының өзгеруіне байланысты сұлбалардың өзгеруіне ыңғайлығы; пайдалану қауіпсіздігі; ұлғайту мүмкіндігі; экологиялық тазалығы.

Электр сұлбаларын таңдап алуда мына факторларды ескеру керек: электр станцияларының (қосалқы станциялардың) түрін; генераторлар мен күштік трансформаторлардың санын және қуатын; жергілікті жүктемелердің сипаттамасын және қуатын; тұтынушылардың категориясын; жобаланатын электр станциясының

(қосалқы станцияның) энергожүйесі үшін маңызын; энергожүйедегі электр торабының сұлбасын және кернеуін; қысқа тұйықталу тогының деңгейін; станциялардың (қосалқы станциялардың) келешекте дамуын және ұлғайтылуын; экологияға байланысты талаптардың орындалуын және қойылған мақсатқа сәйкесті сұлбалардың үнемділігін.

Электр сұлбаларын тандағанда электр станциялары мен қосалқы станциялардың түрін (I, II, IV тараулар) және генераторлар мен күштік трансформаторлардың саны, қуаты туралы көрсетілген тараулардан табуға болады.

Электр жүктемелерінің сипаттамасы және қуаты электр сұлбаларын таңдауда маңызды мәселенің бірі. Айталық, электр энергияны тұтынушылар – жұмыс режимі, оны белгілеу, оның орындалуы, тұтынылатын қуаты, ток жиілігі, жұмыс жағдайлары, жауапкершілігі мен электр энергиясымен қамсыздандыруға қойылатын талаптарға сәйкес сенімділігіне, сонымен қатар, басқа да ерекшеліктеріне байланысты ажыратылады. Жұмыс режиміне байланысты тұтынушылар негізінде екіге бөлінеді: тұрақты (өзгермейтін) жүктемелі тұтынушылар және қысқа мерзімді жүктемелі тұтынушылар.

Атқаратын қызметіне қарай электр энергиясының жүктемелері шартты түрде беске бөлінеді: күштік қоғамдық-өнеркәсіптік қондырғылар, жарық беретін қондырғылар, өндірістік механизмдердің жетегі, электр пештері мен электртермиялық қондырғылар және түрлендіргіш қондырғылар. Ұзақ уақыт бойына электр энергиясының негізгі тұтынушылары болып электр жарығы мен асинхронды электр жетегі саналып келді.

Қазіргі кезде ғылым мен техниканың қарқынды өркендеуі мен жаңа прогресшіл өндіріс технологиясын енгізу және оны жетілдіру, өндірістік процестерді электрлендіруді кеңейту нәтижесінде электр энергиясының жаңа әрі біршама қуатты тұтынушылары пайда болды.

Оларға мыналар жатады: электр пештері мен электртермиялық қондырғылар, рудатермиялық пештер, жүктемелі прокат стандар, электрмен пісіру қондырғылары, көтермелі – транспорт механизмдерінің электр жетегі, жарық беретін және прожекторлық қондырғылар, радиотелеқондырғылары, газ бөлуші және желдету жүйелері, кондиционерлер, газ және мұнай құбырларындағы электр жетегі, электрлендірілген транспорт, электрлендірілген ауыл шаруашылық қондырғылары, түрлі мақсатқа бағытталған түрлендіргіш қондырғылар, энергия жинақтаушы, электронды-ионды технологиялық қондырғылар, электрофизикалық тағы да басқа қондырғылар. Мұның ішінде, қозғалтқыштарының бірлік қуаты 8-ден 25 МВт-ға дейінгі асинхронды және синхронды электр жетектері мен тиристорлы және электрмашина түрлендіргіштері ерекше кеңінен таралды.

Электр энергиясының жүктемелері технологиялық режим мен жұмыс жағдайларына қарай айнымалы және тұрақты токтың электр желілерінен қуат алады.

Тұрақты ток желілеріне келетін болсақ, олар көбінесе жиілігі 50 Гц айнымалы токтың өнеркәсіптік желілерінің түрлендіргіштерінен қуат алады және де олар бұдан да жоғары кернеулі энергетикалық жүйе секцияларымен тығыз байланыста.

Тұтынушылардың бір бөлігі 10 кГц және одан да жоғары 50 Гц-ден төмен арнайы желілерді пайдаланады.

Айнымалы токтың тұтынушылары бір фазалы және үш фазалы болып келеді, мұны жобалау және электрмен қамтамасыз ету сұлбаларын жасау кезінде есте ұстаған жөн.

Электр энергиясының жүктемелері әр түрлі жағдайларда жұмыс істеуге тура келеді: ашық ауада, жабық жерлерде, аса дымқыл панажайда және сыртқы ортаның агрессивті жағдайларында, жұмыс процесіндегі температураның, қысымның, динамикалық жүктемелердің тез өзгеру кезінде, т.с.с.

Электр энергиясын тұтынушылар сенімділігі жағынан I, II және III дәрежелі болып бөлінеді (II тарау).

Электр энергияны тұтынушылардың көрсетілген сипаттамаларын және электр станциялардың (қосалқы станциялардың) өз мұқтажын қамтамасыз ететін механизмдердің жүктемелерінің көрсеткіштері (II тарау) электр сұлбаларын таңдаудағы маңызды да және керекті мәселе екендігін анықтайды.

Электр қондырғыларының сұлбалары негізгі екі топқа бөлінеді [4,12]: 1. Бас сұлбалар немесе бірінші тізбек.

2. Екінші тізбек.

Бірінші тізбекте электр энергиясы генератордан электр қабылдағышына беріледі, яғни осы арқылы жұмыстық ток өтеді. Бұл тізбектерге коммутациялық аппараттар, қысқа тұйықталатын токты шектейтін аппараттар, ток пен кернеуді өлшейтін трансформаторлар, электр қондырғыларын асқын кернеуден қорғайтын аппараттар, т.б. жалғастырылады.

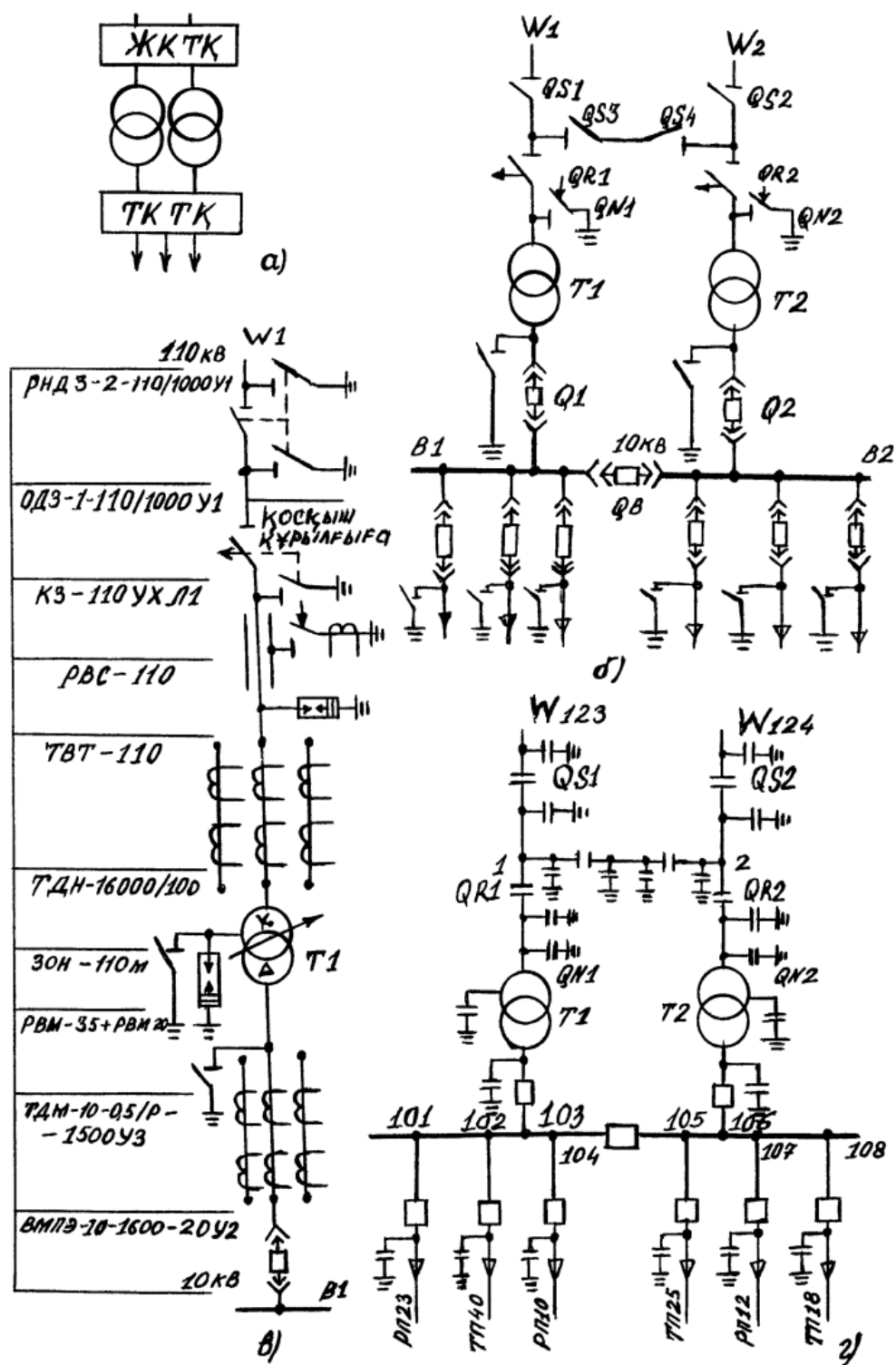
Екінші тізбекке екінші реттік электр жабдықтары жалғанады. Бұған жататындар: өлшеуіш приборлар, релелік қорғаныс, автоматтық қондырғылар, басқару приборлары мен аппараттары, сигнализация, блоктау т.б.

Электр қосылыстарының сұлбасын бір тізбекті және үш тізбекті электр желісі арқылы атқаруға болады.

Бір тізбекті сұлбада тек бір фазалық қосылыс шартты түрде көрсетіледі, мұның өзі сұлбаны қарапайым әрі көрнекті ете түседі. Үш тізбекті сұлбаны барлық үш фазаға жасайды.

Бір тізбекті желіде электр қосылыстарының оперативтік сұлбалары жасалады да, мұны станцияның жұмыс режимін дұрыс жүргізу үшін қолданылады, 5.13-сурет.

Үш тізбекті желілік сұлбаның бір түрі – монтаждық сұлба болып саналады. Оны станцияның жеке элементтері үшін үш тізбекті сұлба негізінде жасайды (трансформатор, генератор сұлбасы т.с.с.). 5.13 а-суретінде электр қондырғының құрылымдық сұлбасы, 5.13 б-суретінде қарапайым принциптік сұлба, 5.13 в-суретінде – толық принциптік сұлба, ал 5.13 г-суретінде оперативтік сұлба берілген. Бұл сұлбалардың әрқайсысының өзіне тән сипаттамасы және қызметі бар. Мысалы, құрылымдық сұлба бас электр сұлбаны жобалауда, ал оперативтік сұлба технологиялық режимде тізбекті ауыстырып қосу үдерісінде керек.



5.13-сурет. Сұлбалардың түрлері (110/10 кВ қосалқы станция)

5.4.1 Тарату құрылғысының сұлбалары

Тарату құрылғысының сұлбаларын таңдағанда жоғарыда аталған талаптар (5.4) міндетті түрде ескерілуі керек. Тарату құрылғысының сұлбалары шартты түрде үш топқа бөлінеді [4,12].

Бірінші топта әрбір электр тізбегі сұлбаға бір ажыратқыш арқылы қосылады. Мысалы, бір жүйелі жинақтаушы шина, секцияланбаған; екі жүйелі жинақтаушы шина, секцияланған, т.с.с.

Екінші топта әрбір электр тізбегі сұлбаға екі, үш, төрт ажыратқыштар арқылы қосылады. Мысалы, екі жүйелі шинаға электр тізбектері екі ажыратқыш арқылы қосылады; екі жүйелі шинаға электр тізбектері үш немесе төрт ажыратқыштар арқылы қосылады ($3/2$ не-месе $3/4$ сұлбалары).

Үшінші топ – жеңілдеткіш сұлбалар. Мысалы, блоктық сұлбалар; көпірлі сұлбалар; шина-трансформаторлы сұлбалар, т.с.с.

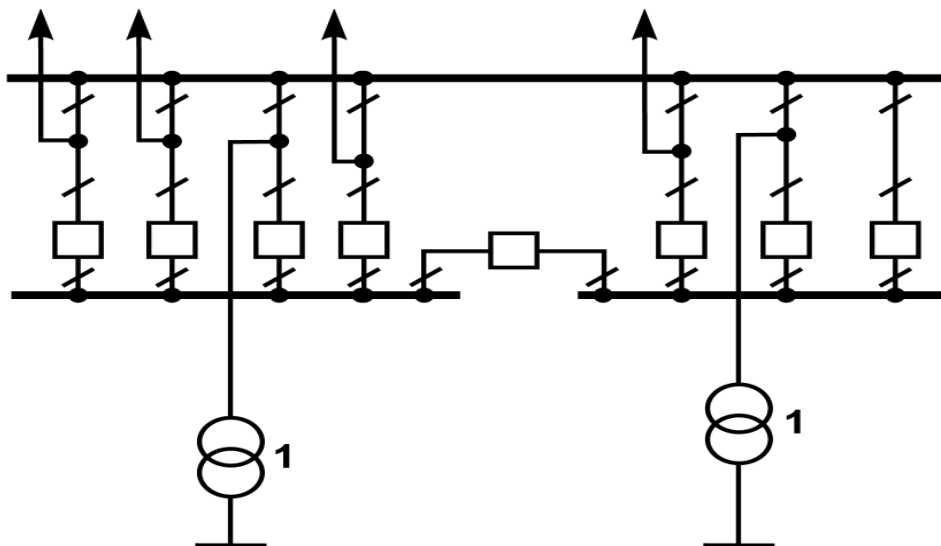
Сонымен қатар, тарату құрылғысының сұлбаларын жинақтаушы шиналары бар немесе жинақтаушы шиналары жоқ сұлбалар деп шартты түрде бөлуге болады [2,12]..

Мысалы, жинақтаушы шиналары бар сұлбаларға мынадай сұлбалар жатады:

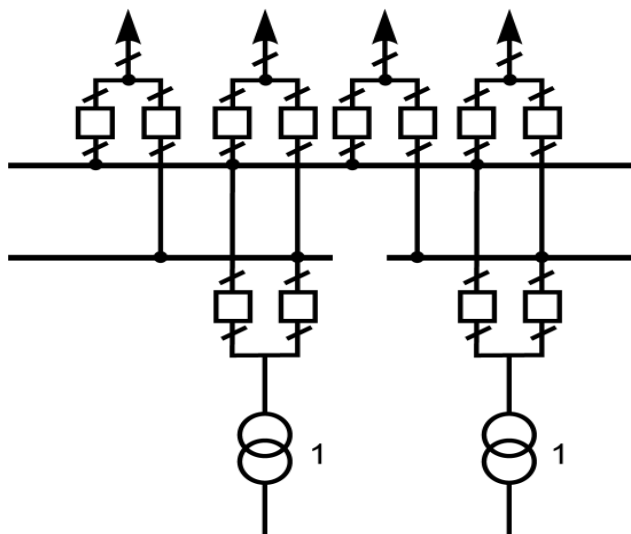
- бір жүйелі жинақтаушы шина, секцияланбаған немесе секцияланған, сонымен қатар шиналардың айналма жүйесі бар, 5.14-сурет;

- екі жүйелі жинақтаушы шиналар және екі қосылыстағы екі ажыратқышы бар сұлба, 5.15-сурет;

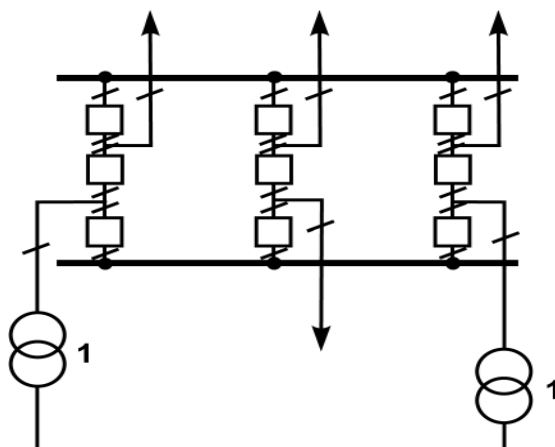
- екі жүйелі жинақтаушы шиналар және екі қосылыстағы үш ажыратқышы бар сұлба (бір жарым сұлба), 5.16-сурет.



5.14-сурет. Бір жүйелі секцияланған жинақтаушы шиналар және шиналардың айналма жүйесі бар электр сұлбасы



5.15-сурет. Екі жүйелі жинақтаушы шиналар және екі қосылыстағы екі ажыратқышы бар электр сұлбасы



5.16-сурет. Екі жүйелі жинақтаушы шиналар және екі қосылыстағы үш ажыратқышы бар электр сұлбасы

Жинақтаушы (құрастыру) шиналардың таратқыш құрылғының негізгі элементі екендігін атап көрсеткен жөн, өйткені сол арқылы электр берілісі желісінің қоректендіру көзінен электр энергиясы қабылданады әрі ол трансформаторларға және қосалқы станциялардан тармақталатын желілерге таратылады. Тұтынушыларды электр энергиясымен жабдықтаудың сенімділігі мен үзіліссіздігі құрастыру шиналарының оперативтік мүмкіндіктеріне байланысты, бұл олардың сұлбасымен белгіленеді. Жоғарыда көрсетілген сұлбалар мынадай энергетикалық қондырғыларда пайдаланылады:

1. Бір секцияланбаған және бір секцияланған құрастырушы шиналар жүйесінің сұлбасы, сондай-ақ шиналардың айналма жүйесінің сұлбасы тұтынатын орындардың электр тұтынушыларының категориясына қарамастан, барлық кернеудегі аудандық қосалқы станцияларда қолданылады.

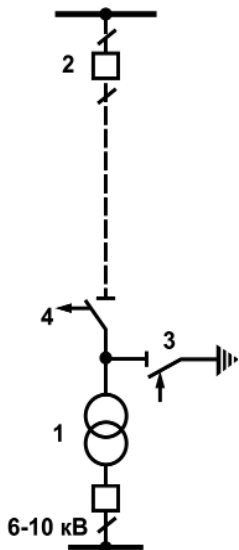
2. Құрастырушы шиналардың қосарлы жүйесі және қосылыстағы екі ажыратқышы бар қосалқы станция сұлбасы. Бұл сұлба сенімді, икемді, әрі автоматтандыруға ыңғайлы. Алайда ол өте қымбат және оны қосу үшін энергия екі есе көп жұмсалатындықтан қолданылмайды.

3. Құрастырушы шиналарының қосарлы жүйесі және үш ажыратқышы (бір жарым сұлба) бар. Мұндай сұлбада алдыңғыларға карағанда ажыратқыштар, оперативті ажыратқыштар саны аз, ал оперативті айырғыштар мүлде жоқ, сондықтан мұның өзі оны автоматтандыруды қамтамасыз етеді. Сұлба біршама сенімді, құрастырушы шиналардың бір жүйесінде апат болғанда немесе жөндеу кезінде электрмен жабдықтауда үзіліс болмайды. Бұл сұлбаның негізгі кемшілігіне көрнектілігінің біршама төмендігін жатқызуға болады, өйткені электр берілісі желісінде әр түрлі қуат ағыны болуы мүмкін, ал мұның өзі қосарлы құрылғыларды (бақылау және қорғау) таңдауды қиындата түседі.

Жинақтаушы шиналарсыз сұлбалар. Бұған мынадай сұлбалар жатады:

1. Блокты сұлба, 5.17-сурет.
2. Ажыратқыш арқылы желіден дәнекерленген сұлба, 5.18-сурет.
3. Көпірлі сұлба, 5.19 және 5.20-суреттер.
4. Сақиналы сұлба (көпбұрышты), 5.21 және 5.22-суреттер.

Блокты сұлба (5.17-сурет). Электр қосылыстарының мұндай сұлбасы қосалқы станциядағы трансформатор мен осы трансформаторды қоректендіретін электр берілісі желісінің бір-бірімен тізбекті қосылып, әдетте ажыратқышсыз жалпы үздіксіз тізбек құруын айтады.



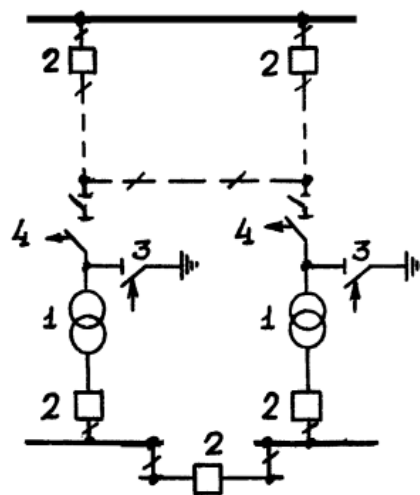
5.17-сурет. Блокты сұлба

1 – жоғарылатқыш күштік трансформатор.

2 – ажыратқыш.

3 – тұйықтаушы электр аппараты (короткозамыкатель).

4 – бөлгіш электр аппараты (отделитель).



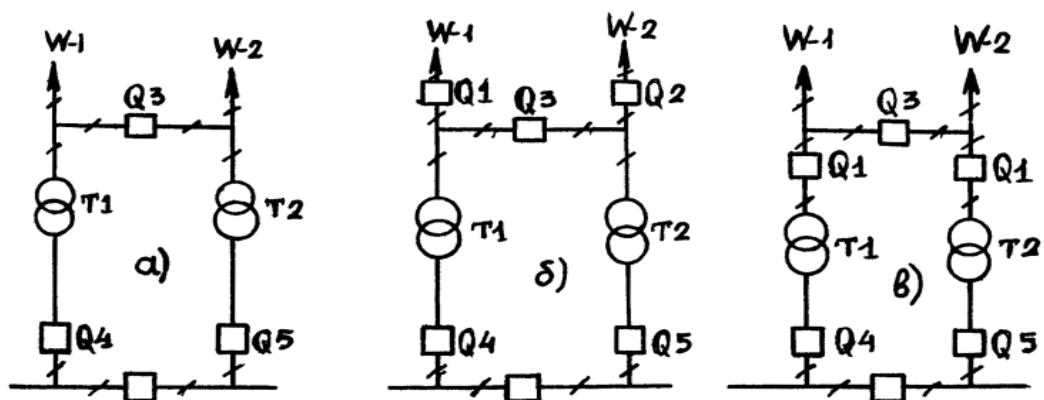
5.18-сурет. Ажыратқыш арқылы

желімен дәнекерленген электрлік сұлба.

1 – жоғарылатқыш күштік трансформаторлар.

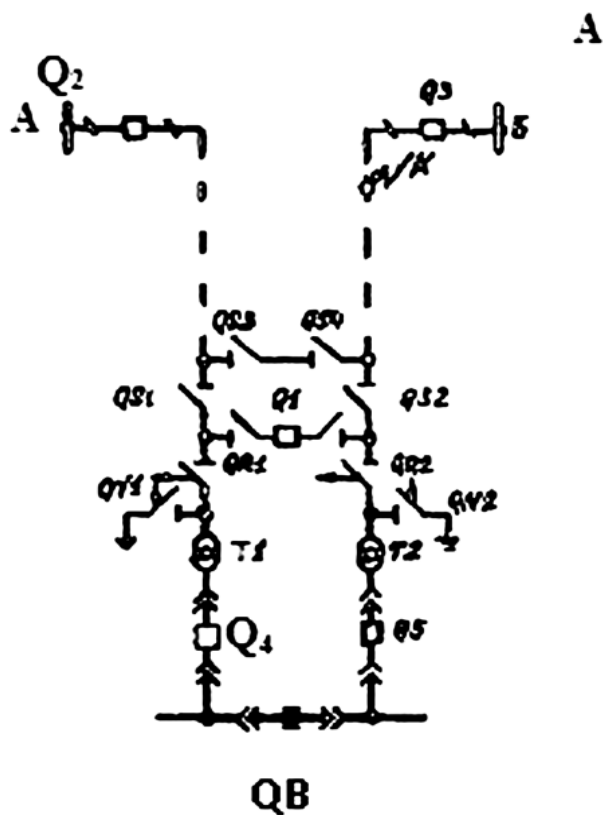
2 – ажыратқыштар. 3 – тұйықтағыш.

4 – бөлгіш.

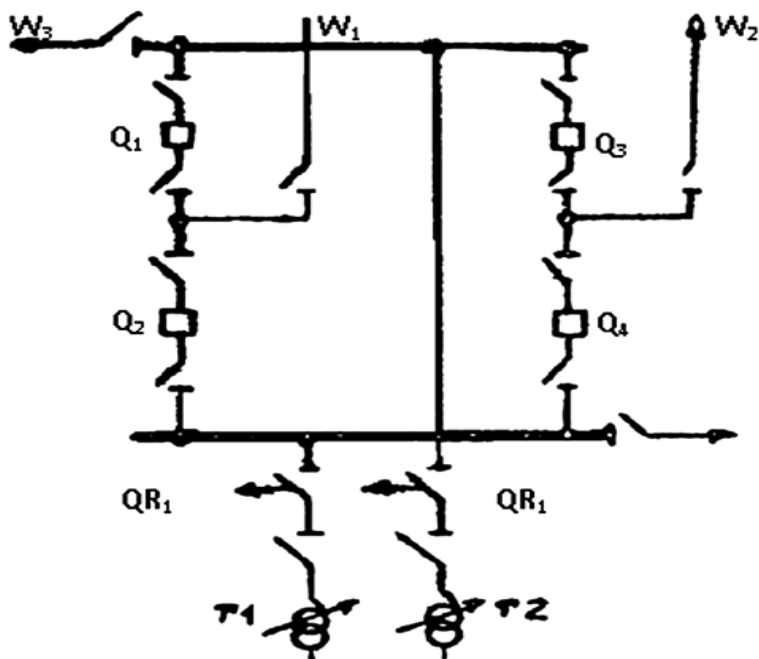


5.19-сурет. Көпірлі сұлба

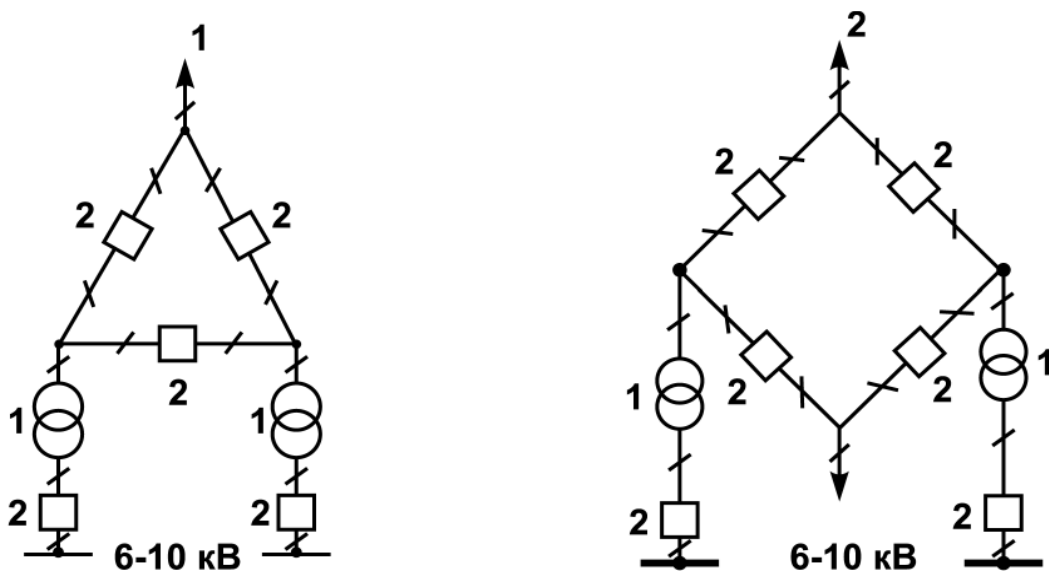
1 – желінің (а) ажыратқыштары жоқ, 2 – желінің (б) ажыратқыштары бар. 3 – күштік трансформаторлары (T1, T2) мен желілердің (W_1, W_2) аралығында ажыратқыштар бар.



5.20-сурет. Қосқыш құрылғыда ажыратқышы және трансформаторлар тізбектерінде бөлгіштері бар көпірлі сұлба



5.21-сурет. Кеңейтілген төртбұрыш сұлбасы.



5.22-сурет. Сақиналы электр сұлбасы (көпбұрышты)

1 – үш бұрышты сұлба. 2 – төрт бұрышты сұлба.

Желі – трансформатор сұлбасының желідегі барлық кернеуде (35-330 кВ) кеңінен қолданылуы, сұлбаның қарапайымдылығы, желі мен трансформатор жұмыстарының едәуір сенімділігі – блокты тұтастай қорғауға әрі қондырғыны едәуір арзандатуға мүмкіндік береді.

Қысқа тұйықтағыштан және бөлгіштен тұратын екі блокты желі –

трансформаторлы сұлба 5.18-суретте көрсетілген. Сұлба тұйық қосалқы станцияда қолданылады, бұған ток тұтынатын орындардағы электр қондырғылары қосылады, немесе соңғысы басқа қосалқы станциядан резервті қорек алады, өйткені бір желі істен шыққан жағдайда екі трансформатор қалған желімен жұмыс істей алмайды.

Желі – трансформатор блогы сұлбасының негізгі кемшілігі – трансформатор немесе желі істен шықса, не жөндеу кезінде барлық блок жұмыс істемейді.

Көпірлі сұлбасы (5.19 және 5.20-суреттер) жол бойындағы транзиттік қосалқы станцияларда қолданылады, егер электрмен жабдықтау бойынша бір желі зақымданған кезде трансформаторды бөліп тастауға тура келеді. Көпірлі сұлба кернеуі 35-330 кВ қосалқы станцияларда қолданылады.

Жоғарыда келтірілген (5.21 және 5.22-суреттер) сақиналы қосылыс (көпбұрыштар) сұлбалары үшбұрыш, төртбұрыш (квадрат), бесбұрыш және алтыбұрыш түрінде жасалынып, олардың қабырғалары ажыратқыш ретінде орналасады, ал бұрыштарына желі немесе трансформаторлар жалғанады.

5.4.2 Электр станциялары мен қосалқы станциялардың бас электрлік сұлбалары

Электр станциялары мен қосалқы станциялардың бас электрлік сұлбалары – генераторларды, күштік трансформаторларды, электр жеткізу желісін, жинақтаушы шиналарды, коммутациялық және басқа да бірінші реттік аппараттарды бір-бірімен қосу сұлбаларының жинағы.

Бас электрлік сұлба станциялардағы және қосалқы станциялардағы барлық жабдықтарды, аппараттарды және олардың бір-бірімен қосылу сұлбаларын толық анықтайды.

Бас электрлік сұлбаны жобалау үшін ең алдымен станциялар мен қосалқы станциялардың құрылым сұлбаларын дайындайды.

5.23; 5.24; 5.25-суреттерде станциялардың және қосалқы станциялардың түрлеріне байланысты құрылым сұлбалары келтірілген. Құрылым сұлбаларында тек қана генераторлардың, күштік трансформаторлардың саны, әртүрлі кернеулі (ЖК, ОК, ТК) тарату құрылғыларының жүктемелері және олардың өзара байланысы көрсетіледі.

ЖЭО (ТЭЦ) тарату құрылғыларының байланыс трансформаторларының саны және қуаты төмендегідей өрнекпен анықталады:

– жүктемелердің минимальдық режимі:

$$S_{\min} = \sqrt{(\Sigma P_{\Gamma} - P_{H \min} - P_{CH})^2 + (\Sigma Q_{\Gamma} - Q_{H \min} - Q_{CH})^2} \quad (5.2)$$

мұндағы, $\Sigma P_{\Gamma}, \Sigma Q_{\Gamma}$ – генераторлардың активтік және реактивтік қуаттарының қосындысы, МВт;

$P_{H \min}, Q_{H \min}$ – генераторлық кернеуге жалғастырылған жүктемелердің минимальдық активті және реактивті қуаттары, МВт;

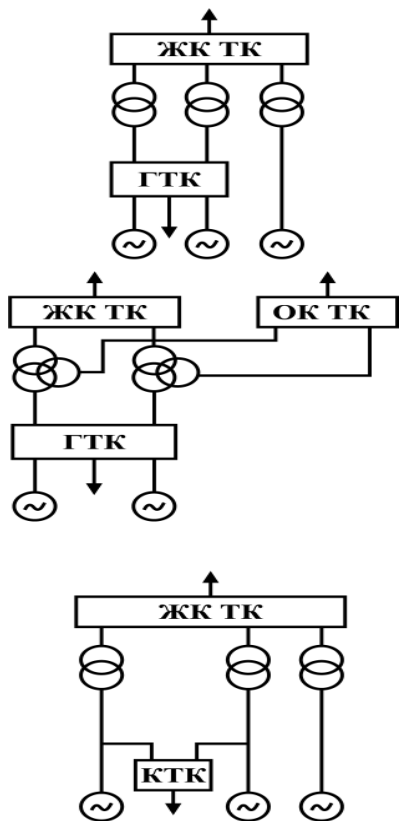
P_{CH}, Q_{CH} – өз мұқтажына керекті активті және реактивті жүктеме.
– жүктемелердің максимальдық режимі:

$$S_{\max} = \sqrt{(\Sigma P_{\Gamma} - P_{H.\max} - P_{CH})^2 + (\Sigma Q_{\Gamma} - Q_{H.\max} - Q_{CH})^2} \quad (5.3)$$

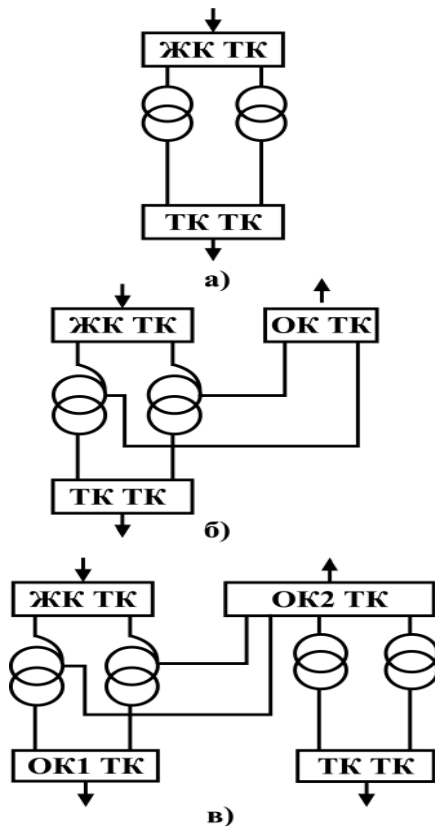
мұнда, $P_{H.\max}, Q_{H.\max}$ – генераторлық кернеуге жалғастырылған жүктемелердің
максимальды активтік және реактивтік қуаттары, МВт;
– апаттық режим:

$$S_a = \sqrt{(\Sigma P_{\Gamma} - P_{\Gamma.\max} - P_{H.\max} - P_{CH})^2 + (\Sigma Q_{\Gamma} - Q_{\Gamma.\max} - Q_{H.\max} - Q_{CH})^2}, \quad (5.4)$$

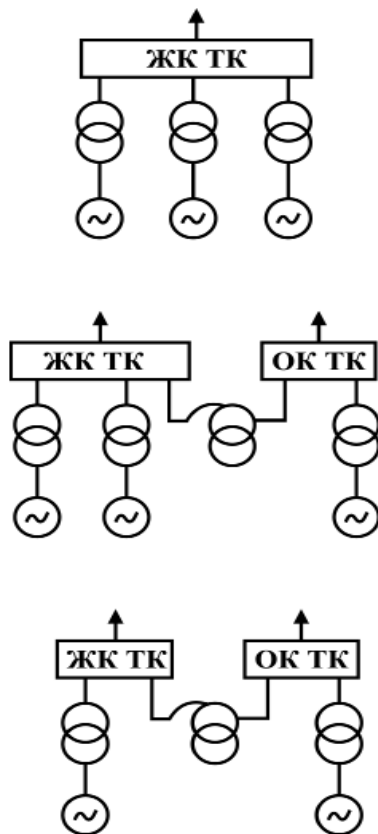
мұнда, $P_{\Gamma.\max}, Q_{\Gamma.\max}$ – ең қуатты генераторды ажыратқандағы активтік және
реактивтік қуат, МВт.



5.23-сурет. ЖЭО-ның құрылымдық сұлбасы



5.24-сурет. КЭС, СЭС, АЭС-ның құрылымдық сұлбасы



5.25-сурет. Қосалқы станцияның құрылымдық сұлбалары

Сонымен, ең үлкен есептік жүктеме бойынша ($S_{\min}, S_{\max}, S_a$) байланыс трансформаторларының қуаты анықталады.

Бір трансформаторды қондырғанда:

$$S_{T.ном} \geq S_{\min}; S_{\max}; S_a, \quad (5.6)$$

Екі трансформаторды қондырғанда:

$$S_{T.ном} \geq \frac{S_{\min}; S_{\max}; S_a}{K_n}, \quad (5.7)$$

мұндағы, K_n – рұқсат етілген асқын жүктеме коэффициенті (IV тарау).

Блокты ЖЭО (ТЭЦ) трансформаторының есептік қуаты төмендегідей өрнекпен анықталады:

$$S_{есеп.} = \sqrt{(P_{\Gamma} - P_{\text{H}} - P_{\text{CH}})^2 + (Q_{\Gamma} - Q_{\text{H}} - Q_{\text{CH}})^2}, \quad (5.8)$$

мұндағы, P_{H} – энергоблоқтың тармағына жалғанған жүктеменің қуаты, МВт;

Егер энергоблокқа тек қана өз мұқтажына керекті жүктеме жалғанса онда төмендегідей өрнекпен анықталады:

$$S_{есен.} = \sqrt{(P_{\Gamma} - P_{CH})^2 - (Q_{\Gamma} - Q_{CH})^2} \quad (5.9)$$

КЭС, АЭС және СЭС (ГЭС)-ның тарату құрылғыларының байланыс күштік трансформаторларының санын және есептік қуатын үш режимге байланысты анықтайды: минимальды, максимальды және орта кернеулі тарату құрылғыға қосылған блок ажыратылған мезгілдегі (осы уақытта тұтынушылардың жүктемесі максимальды). Әдетте, байланыс трансформаторлары ретінде автотрансформаторлар қолданылады. Оның қуаты мынадай өрнекпен анықталады:

$$S_{НОМ.АВТ} \geq \frac{S_{есен, max}}{K_n} \quad (5.10)$$

мұндағы, $S_{есен, max}$ – максимальды есептік жүктеме;

K_n – рұқсат етілген асқын жүктеме коэффициенті [2,12].

Автотрансформаторлар генераторлармен блокты сұлба бойынша жұмыс істесе, онда оның қуаты төмендегідей өрнекпен анықталады:

$$S_{жк} = S_{тип.} = K_{тн} \cdot S_{ном} \quad (5.11)$$

Жоғары және орта кернеулі тарату құрылғыларының байланыс автотрансформаторларының қуаты мынадай өрнекпен анықталады:

$$S_{есен.} = \sqrt{(\Sigma P_{\Gamma} - P_{CH} - P_C)^2 + (\Sigma Q_{\Gamma} - Q_{CP} - Q_C)^2} \quad (5.12)$$

мұндағы, $\Sigma P_{\Gamma}, \Sigma Q_{\Gamma}$ – генератордың активтік және реактивтік қуаты (генераторлар орта кернеулі шинаға қосылған);

$P_{с.н.}, Q_{с.н.}$ – блоктардың өз мұқтажына керекті активтік және реактивтік жүктемелері (блоктар орта кернеулі шинаға қосылған);

$P_{с.}, Q_{с.}$ – орта кернеулі шинадағы активтік және реактивтік жүктемелер.

Қосалқы станциялардың трансформаторларының саны және қуаты төмендегідей өрнекпен анықталады. Бір трансформаторлы құрылғыда:

$$S_{ном.тр.} \geq S_{max.жүкт} \quad (5.13)$$

Екі трансформаторлы құрылғыда:

$$S_{ном.тр} \geq 0,7 \cdot S_{max.жүкт} \quad (5.14)$$

Бірнеше (n) трансформаторлы құрылғыда:

$$S_{ном.тр.} \geq 0,7 \frac{S_{max.ж.х.}}{(n-1)}, \quad (5.15)$$

мұнда, $S_{\text{мах.жүкт}}$ – қосалқы станцияның 5 жылға есептелінген максимальды жүктемесі.

Электр станциялар мен қосалқы станциялардың құрылымдық сұлбаларын таңдағанда техникалық-экономикалық салыстыру тәртібі мен сол сұлбалардың үнемділігін минимальды шығынмен анықтайды:

$$З = P_n \cdot K + И + У \quad (5.16)$$

мұндағы, $P_n=0,12$ – үнемділіктің тиімділік нормативті коэффициенті;

K – электр қондырғыларды салуға жұмсалатын күрделі шығын, мың теңге;

$И$ – қондырғыны бір жыл пайдаланғандағы шығын, мың теңге/жыл;

$У$ – электр энергиясымен тұтынушыларды қамтамасыз еткендегі залал (зиян), мың теңге/жыл.

Бір жылдағы шығын төмендегі өрнекпен анықталады:

$$И = \frac{Pa + Po}{100} \cdot K + \beta \cdot \Delta W \cdot 10^{-5} \quad , \quad (5.17)$$

мұндағы, Pa, Po – амортизацияға және қызмет етуге бөлінетін шығын;

β – 1 кВт·сағ. электр энергия шығынның құны, теңге/кВт·сағ.

ΔW – электр энергия шығыны, кВт·сағ.

Оқу процесінде курстық жобаны орындағанда электр энергиясын тұтынушыларға бермегендегі залалды ($У$) есепке алмауға рұқсат етіледі [2,12].

Екі орамалы күштік трансформатордағы электр энергияның шығыны төмендегідей өрнекпен анықталады:

$$\Delta W = P_x \cdot T + P_{\kappa} \left(\frac{S_{\text{мах}}}{S_{\text{ном}}} \right)^2 \cdot \tau \quad , \quad (5.18)$$

мұндағы, P_x – бос жүрістегі қуаттың шығыны, кВт;

T – трансформатордың жұмыс істеу уақыты (әдетте 8760 сағат алынады); P_{κ} – қысқа тұйықталудағы қуаттың шығыны, кВт; $S_{\text{мах}}$ – трансформатордың максимальды есептік жүктемесі, МВ.А; $S_{\text{ном}}$ – трансформатордың номинал қуаты, МВ.А; t – максимальды шығынның уақыты, 5.6-сурет [12].

Үш орамалы күштік трансформатордағы (автотрансформатордағы) электр энергияның шығыны төмендегідей өрнекпен анықталады:

$$\Delta W = P_x \cdot T + P_{\kappa.жк} \cdot \left(\frac{S_{\text{мах жк}}}{S_{\text{ном}}} \right) \cdot \tau_{жк} + P_{\kappa.ок} \cdot \left(\frac{S_{\text{мах ок}}}{S_{\text{ном}}} \right) \cdot \tau_{ок} + P_{\kappa.тк} \cdot \left(\frac{S_{\text{мах тк}}}{S_{\text{ном}}} \right) \cdot \tau_{тк} \quad , \quad (5.19)$$

мұнда, ЖК, ОК, ТК белгілері жоғары, орта және төменгі кернеулі орамалардағы қуат;

$t_{жк}, t_{ок}, t_{тк}$ – белгілері 5,6-суретінен анықталады [12].

Есептің шешімін жеңілдету үшін, кейде төмендегі формула алынады:

$$t_{\text{ЖК}} = t_{\text{ОК}} = t_{\text{ТК}}. \quad (5.20)$$

Егер каталогта үш орамалы трансформаторлардағы энергияның қысқа тұйықталудағы шығыны ЖК және ОК ($P_{\text{КЖК-ОК}}$) деп берілсе, ол уақытта әрбір ораманың қуаты $100 S_{\text{НОМ}}$ – деп алынады да, ЖК және ОК орамаларының шығыны төмендегідей өрнекпен анықталады:

$$P_{\text{К.ЖК.}} = p_{\text{К.ОК}} = P_{\text{КТК}} = 0,5 P_{\text{К.ЖК.-ОК?}} \quad (5.21)$$

Үш орамалы трансформаторлардың, әрбір орамасындағы электр энергияның шығыны мынадай өрнекпен анықталады:

$$P_{\text{К.ЖК}} = 0,5 (P_{\text{К.ЖК-ОК}} + P_{\text{К.ЖК-ТК}} - P_{\text{К.ОК-ТК}}); \quad (5.22)$$

$$P_{\text{К.ОК}} = 0,5 (P_{\text{К.ЖК-ОК}} + P_{\text{К.ОК-ТК}} - P_{\text{К.ЖК-ТК}}); \quad (5.23)$$

$$P_{\text{К.ТК}} = 0,5 (P_{\text{К.ЖК-ОК}} + P_{\text{К.ОК-ТК}} - P_{\text{К.ЖК-ОК}}); \quad (5.24)$$

Егер үш фазалы автотрансформатордың ТК орамасының қуаты төмендегідей өрнекпен анықталса

$$S_{\text{ТК.НОМ}} = K_{\text{ТК}} \cdot S_{\text{НОМ}}, \quad (5.25)$$

онда ЖК, ОК, ТК орамаларындағы энергия шығыны (5.19) формуласымен анықталады.

Автотрансформаторлардың номиналды қуатына есептелінген ЖК, ОК, ТК орамаларындағы шығындар мынадай өрнекпен анықталады:

$$P_{\text{К.ЖК.}} = 0,5 \cdot \left(P_{\text{К.ЖК-ОК}} + \frac{P_{\text{К.ЖК-ТК}}}{K_{\text{ти}}^2} - \frac{P_{\text{К.ОК-ТК}}}{K_{\text{ти}}^2} \right); \quad (5.26)$$

$$P_{\text{К.ОК.}} = 0,5 \cdot \left(P_{\text{К.ЖК-ОК}} + \frac{P_{\text{К.ОК-ТК}}}{K_{\text{ти}}^2} - \frac{P_{\text{К.ЖК-ТК}}}{K_{\text{ти}}^2} \right); \quad (5.27)$$

$$P_{\text{К.ТК.}} = 0,5 \cdot \left(\frac{P_{\text{К.ЖК-ТК}}}{K_{\text{ти}}^2} + \frac{P_{\text{К.ОК-ТК}}}{K_{\text{ти}}^2} - P_{\text{К.ЖК-ОК}} \right). \quad (5.28)$$

Егер ТК орамының қуаты $S_{\text{ТК.НОМ}} \neq K_{\text{ТН}} \cdot S_{\text{НОМ}}$, онда 5.25; 5.26; 5.27 – өрнектеріндегі $K_{\text{ти}}$ орнына $S_{\text{ТК.НОМ}}/S_{\text{НОМ}}$ -ды қою керек.

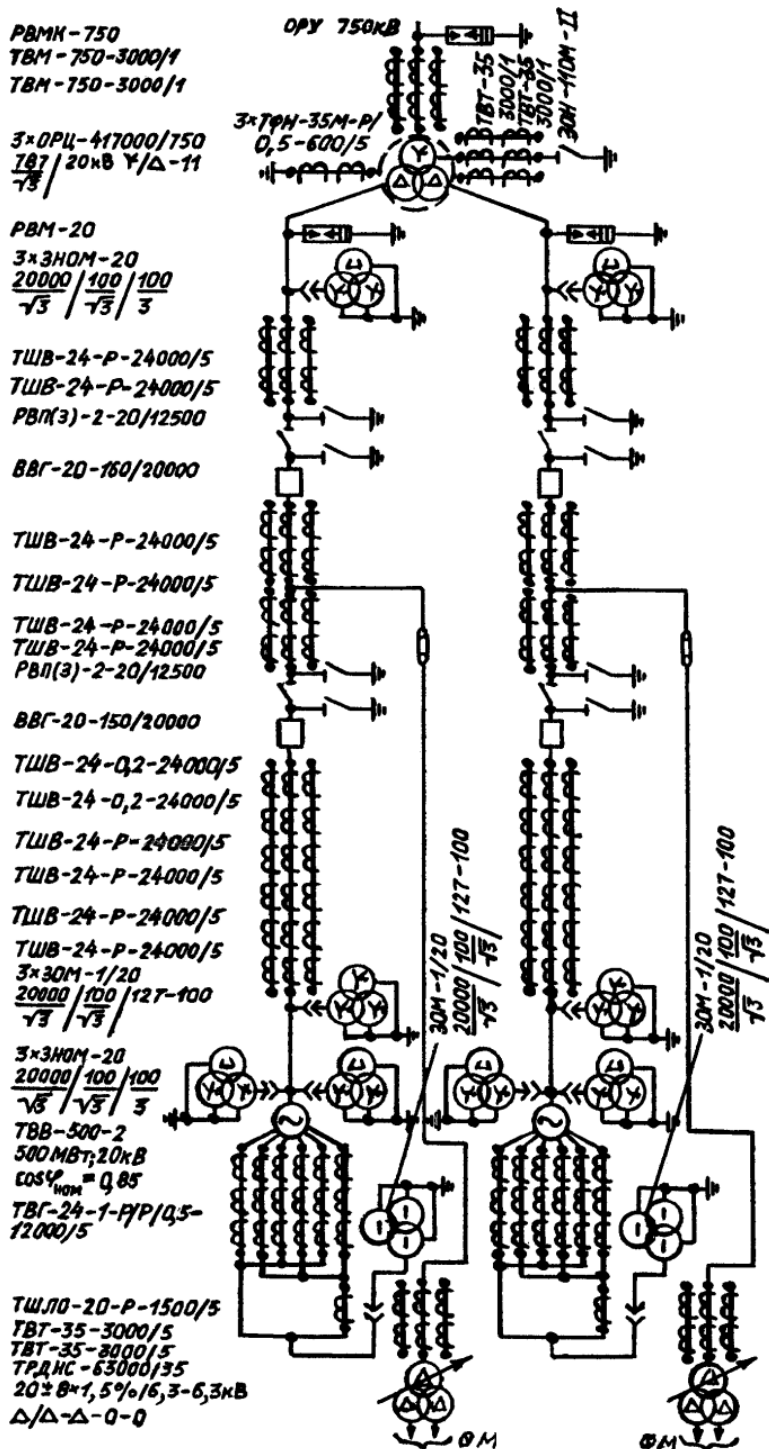
Параллель жұмыс істейтін бірнеше күштік трансформаторлардағы электр энергияның шығыны төмендегідей өрнекпен анықталады:

$$\Delta W = n \cdot \Delta W, \quad (5.29)$$

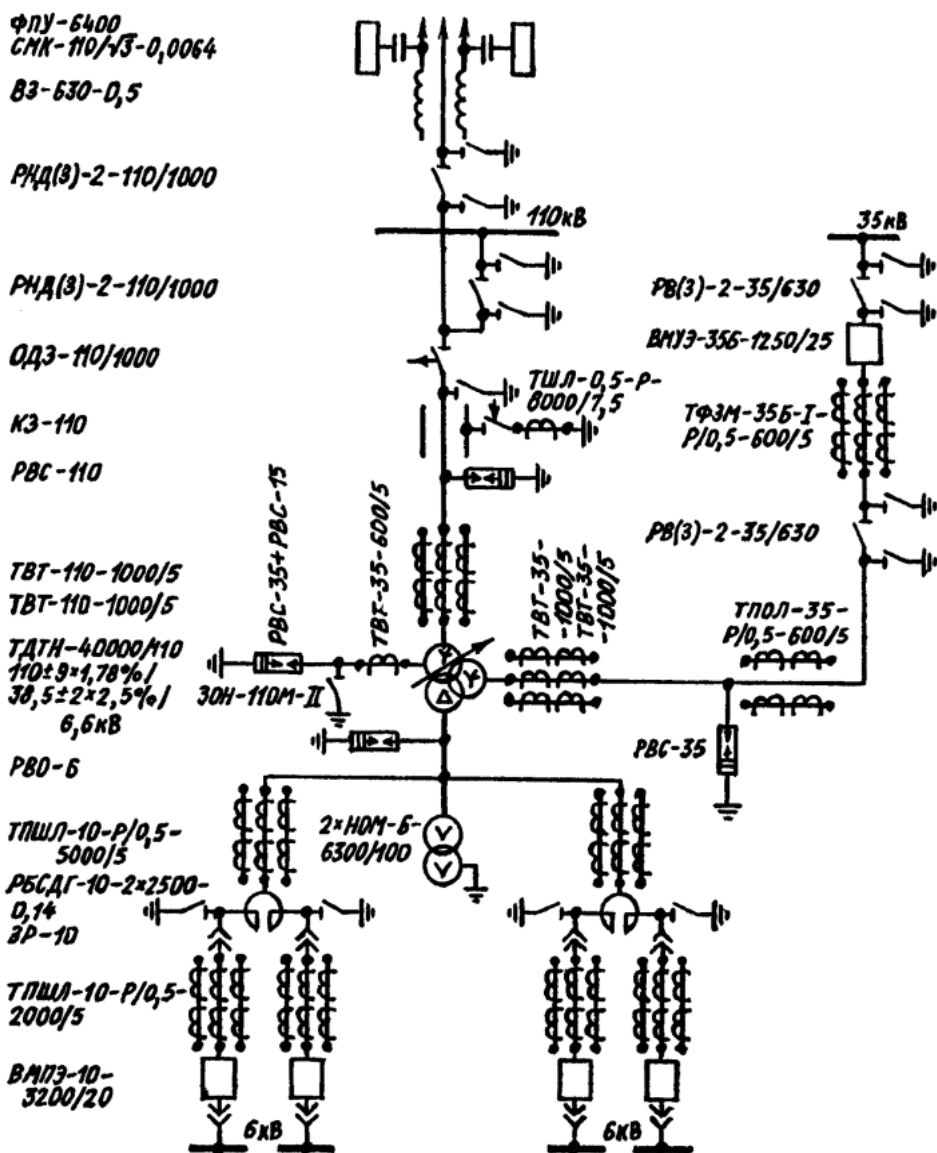
мұндағы, n – трансформаторлардың саны;

ΔW – 5.15 немесе 5.16 өрнектерімен анықталады.

5.26; 5.27; 5.28; 5.29; 5.30-суреттерде электр станцияларының (КЭС, АЭС, СЭС, ЖЭО) және тораптық қосалқы станцияның кейбір электрлік бас сұлбаларының үзіндісі (фрагмент) көрсетілген. Бұл сұлбаларда бас электрлік сұлбалардың элементтерін қалай орналастыру керек және оларды сұлбада қалай көрсету тәртібі келтірілген.



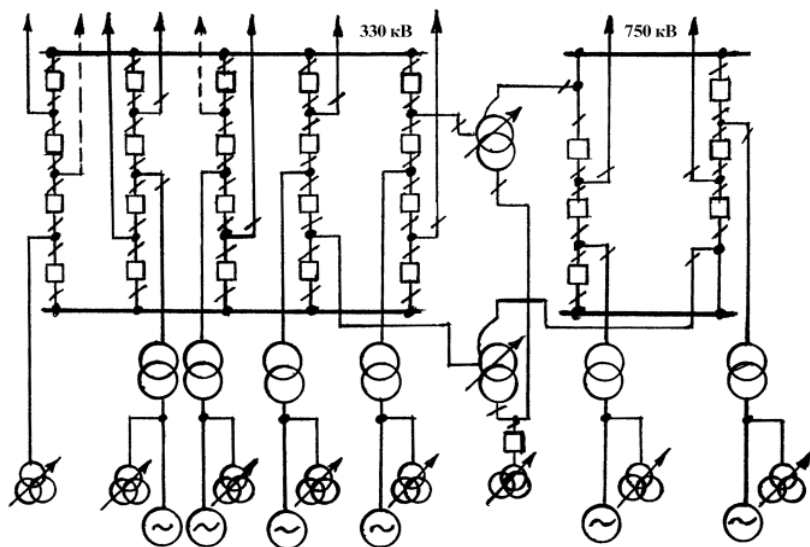
5.27-сурет. Блоктары 2x500 МВт АЭС-ның бас электрлік сұлбасының фрагменті.



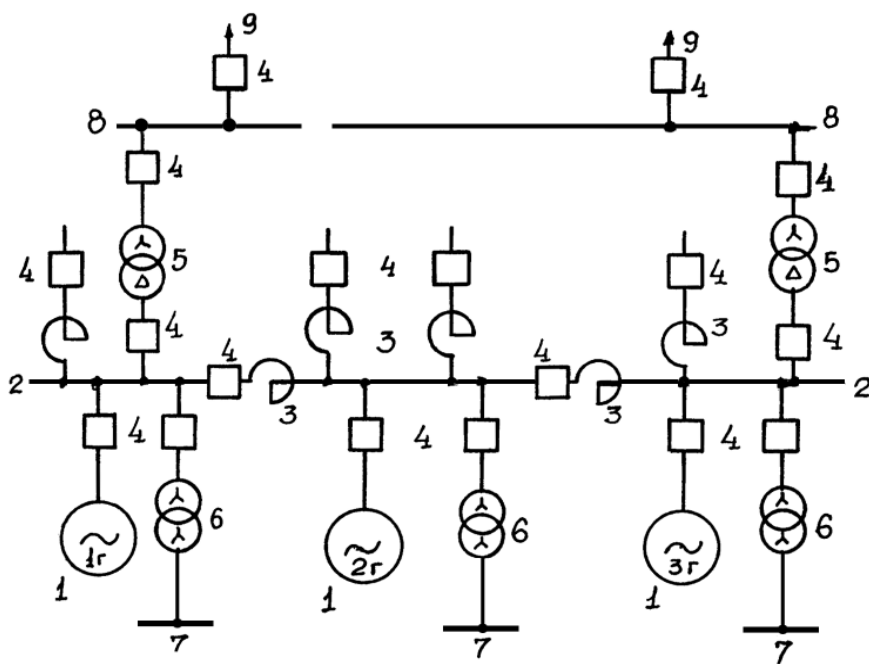
5.30-сурет. Қосалқы станцияның (110/35/6 6 кВ) бас электрлік сұлбасының фрагменті.

– 35 кВ және одан жоғары кернеуге есептелінген айырғыштардың жермен қосатын пышақтары болуы керек немесе арнайы жасалынған айырғыштар қолданылады;

– асқын кернеуден қорғау үшін зарядсыздандырғыштарды (разрядниктерді) орнату керек. Оларды трансформаторлар және автотрансформаторлардың шықпасына немесе орама нейтралында орнатады.

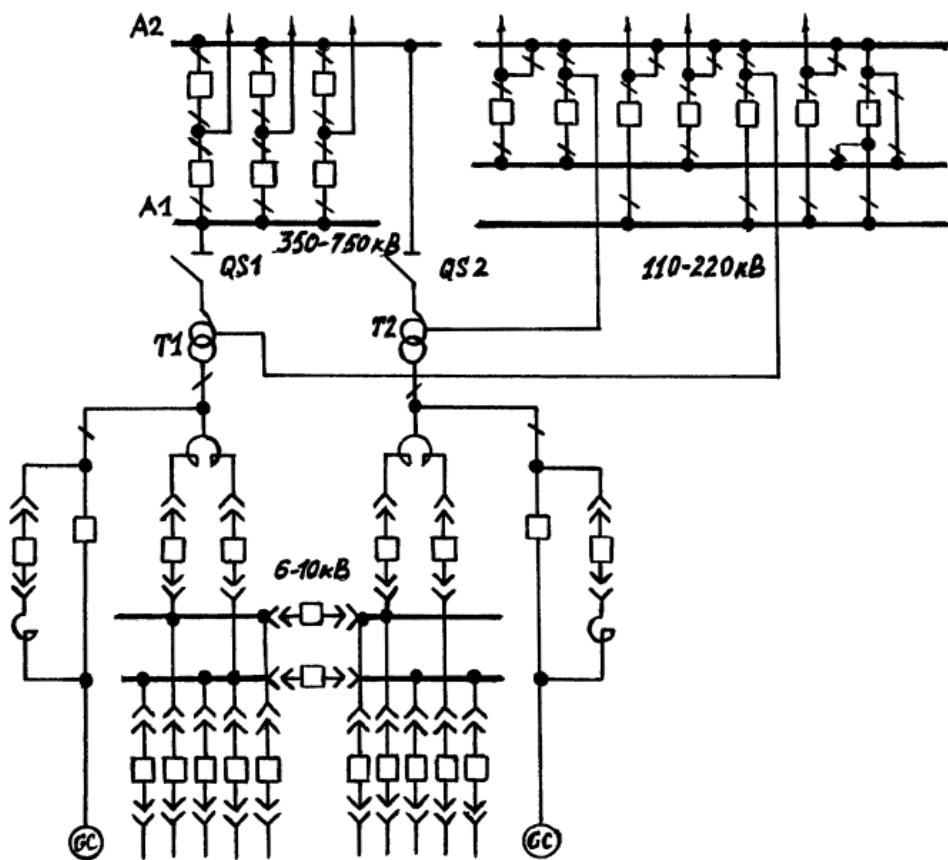


5.31 сурет. (6x800) МВТ -ның типтік сұлбасы.



5.32-сурет. Қуаты 200 МВт ЖЭО-ның (ТЭС) типтік электр сұлбасы

1 – үш фазалы айнымалы ток генераторы; 2 – генератор кернеуінің шиналары (6,0 немесе 10,0 кВ); 3 – тұтынатын орындарда қысқа тұйықталатын тоқты шектейтін реактор, мұның өзі қимасы шағын кабельдерді қолдануға мүмкіндік береді; 4 – ажыратқыштар; 5 – жоғарылатқыш күштік трансформаторлары; 6 – төмендеткіш күштік трансформаторлары; 7 – кернеуі 6; 10 кВ немесе 220; 380 В электр станцияның өзіне қажетті жинақтаушы шиналары; 8-35-220 кВ жоғары кернеулі жинақтаушы шиналар; 9 – жекелеген тұтынатын орындарды қоректендіретін немесе ЖЭО энерго жүйемен байланыстыратын электр желілері.



5.33-сурет. Тораптық қосалқы станцияның бас сұлбасы.

– өлшеу шамасын анықтау үшін, әдейі өлшеу приборларын қолданады (5.29). Қосалқы станцияларда ток өлшеу ереже бойынша барлық қосылыстарда бір фазада жасалады. Үш орамды трансформаторларда және автотрансформаторларда тоқты барлық кернеулерде, ал автотрансформаторларда жалпы орамда өлшейді.

Кернеуді өлшеу статор тізбегінде және синхронды компенсатордың қоздырғышында, жинақтаушы шинадағы өлшеу бір вольтметрмен жүргізіледі (үш фаза арасында 110 кВ болғанда). 110 кВ фаза арасындағы кернеуді және одан да жоғары кернеуді жинақтаушы шинаның аспаптары тіркейді. Синхронды компенсаторларда реактивті қуат өлшенеді.

Кернеуі 220 кВ және одан жоғары трансформаторлардың активтік және реактивтік қуатын, ал 110 кВ және одан да төмен кернеудегі трансформаторлардың активтік қуатын өлшейді.

5.30; 5.31; 5.32-суреттерде электр энергетика өндірісінде жиі пайдаланылатын КЭС, ЖЭО-ның және тораптық қосалқы станцияның типтік сұлбалары берілген.

6-тарау. ҚЫСҚА ТҰЙЫҚТАЛУ ТОҚТАРЫН ЕСЕПТЕУ ЖӘНЕ ЭЛЕКТР АППАРАТТАРДЫ, ӨТКІЗГІШТЕРДІ ТАҢДАУ

6.1 Жалпы түсініктер. Есептеу аймақтарын анықтау

Қысқа тұйықталу тақырыбы «Электротехниканың теориялық негіздері» пәнінен студенттерге толық мәлімет берілді деп есептеймін. Сол себепті бұл тарауда тек қана жалпы түсініктемелер беріледі.

Қысқа тұйықталу – электр қондырғыларының тікелей немесе тиімді жерлендірілген бейтараптамалары бар желілердің фазалық өткізгіштерінің әр түрлі жағдайлармен бір-бірімен қосылуы немесе фазалық өткізгіштің жермен (жерлендіргішпен – нөлдік сыммен) қосылуы.

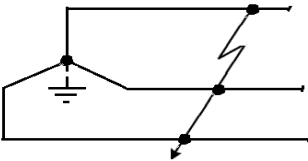
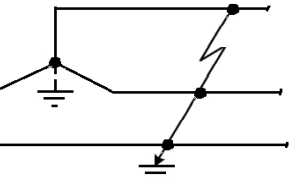
Қысқа тұйықталудың пайда болу себептері (негізгілері):

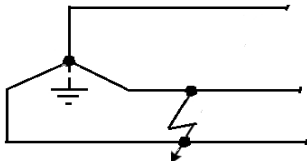
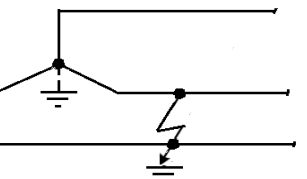
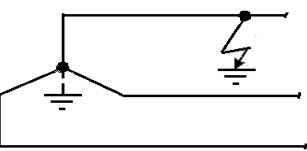
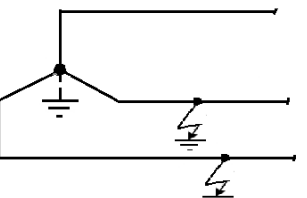
- Электр тізбегіндегі оқшамалардың бұзылуы;
- Электр берілісі желісінің өткізгіштерін басқа (бөтен) өткізгіштермен қосылуы;
- Өткізгіштің үзіліп жерге түсуі;
- Кабель желісінің механикалық немесе оқшауламасының бүлінуі;
- Электр берілісі желісін найзағайдың соғуы және т.б.б.

Электр тораптарының бейтараптамаларның режимдеріне байланысты энергетикалық жүйеде әр түрлі қысқа тұйықталу болуы мүмкін. Оларды топтастыру (жіктеу), анықтама сұлбалары және мемлекеттік стандарт белгілері 6.1-кестеде келтірілген [12,15].

6.1-кесте.

Қысқа тұйықталудың түрлері және мемлекеттік стандарт белгілері

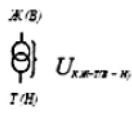
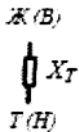
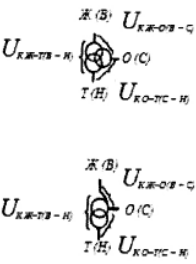
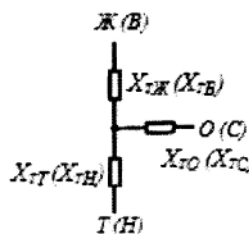
Сұлба	Қысқа тұйықталудың түрлері			
	Тікелей жерлендірілген немесе тиімді-жерлендірілген тораптар		Жерлендірілмеген немесе резонансты-жерлендірілген тораптар	
	Термин	Белгіленуі	Термин	Белгіленуі
	Үшфазалық қысқа тұйықталу	$K^{(3)}$	Үшфазалық қысқа тұйықталу	$K^{(3)}$
	Үшфазалық жермен қысқа тұйықталу	$K^{(1, 1, 1)}$	Үшфазалық жермен қысқа тұйықталу (жермен түйіспесі бар)	

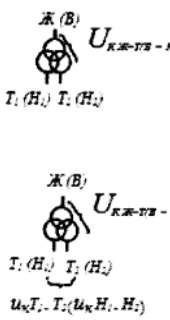
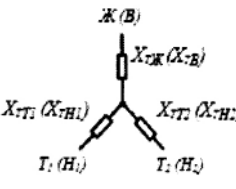
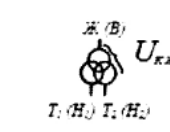
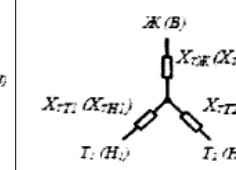
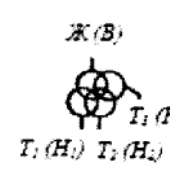
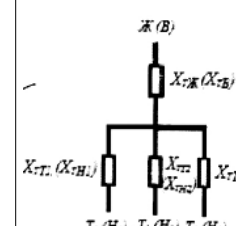
	Екіфазалық қысқа тұйықталу	$K^{(2)}$	Екіфазалық қысқа тұйықталу	$K^{(2)}$
	Екіфазалық жермен қысқа тұйықталу	$K^{(1,1)}$	Екіфазалық жермен қысқа тұйықталу (жермен түйіспесі бар)	$K^{(2\ 3)}$
	Бірфазалық қысқа тұйықталу	$K^{(1)}$	Бірфазалық жермен тұйықталу	$3^{(1)}$
	Екі бірдей жермен қысқа тұйықталу	$K^{(1+1)}$	Екі бірдей жермен қысқа тұйықталу	$3^{(1+1)}$

Күштік трансформаторлардың орамдарының индуктивті кедергілерін анықтағанда әрбір орамдары үшін белгілі теңдеулерді пайдаланады. Олардың негізгілері 6.2-кестеде көрсетілген.

6.2-кесте

Күштік трансформаторлар орамының кедергілерін анықтау.

Аталуы	Бастапқы сұлбалар	Алмастыру сұлбасы	Есептелу үлгісі
Екі ормады трансформатор			$x_T \% = u_{KЖ-T} \%$
Үшорамды трансформатор, автотрансформатор			$x_{TЖ} \% = 0,5(u_{KЖ-T} \% + u_{KЖ-O} \% - u_{KO-T} \%)$ $x_{TO} \% = 0,5(u_{KЖ-O} \% + u_{KO-T} \% - u_{KЖ-T} \%)$ $x_{mT} \% = 0,5(u_{KЖ-T} \% + u_{KO-T} \% - u_{KЖ-O} \%)$

Үшфазалы трансформатордың төменгі кернеу орамасы екі тармаққа бөлінген			a) $x_{ТЖ} \% = 0,125 \cdot u_{\kappa Ж-Т} \%$ $x_{ТТ1} \% = x_{ТТ2} \% = 1,75 \cdot u_{\kappa Ж-Т} \%$ ә) $x_{ТЖ} \% = u_{\kappa Ж-Т} \% - 0,5 u'_{\kappa Т1-Т2} \%$ $x_{ТТ1} \% = x_{ТТ2} \% = u'_{\kappa Т1-Т2} \%$ $u'_{\kappa Т1-Т2} \%$ - шартты түрде кестеде беріледі; $S_{Т1} = S_{Т2} = 0,5 \cdot S_{ном}$
Екіорамды бірфазалы трансформаторлар тобының төменгі кернеу орамасы екі тармаққа бөлінген			$x_{ТЖ} = 0$ $x_{ТТ1} \% = x_{ТТ2} \% = 2 \cdot u_{\kappa Ж-Т} \%$
Бірфазалы трансформаторлар тобының төменгі кернеу орамасы екі тармаққа бөлінген			$x_{ТЖ} \% = 0$ $x_{ТТ1} \% = x_{ТТ2} \% = x_{ТТ3} \% = 3 \cdot u_{\kappa Ж-Т} \%$

Есептелінетін сұлбада әуе және кабелді электр берілісі желісінің ұзындығы және орташа меншікті индуктивті кедергілері келтіріледі, 6.3-кесте.

6.3-кесте.

Әуе және кабелді электр берілісі желісінің орташа меншікті индуктивті кедергілері

Электр берілісі желісі	$X_{менш}$, Ом/км
Бір тізбекті әуе желісі: 6 – 220 кВ 220 – 330 кВ фазада екі сымға тармақталған 400 – 500 кВ фазада үш сымға тармақталған 750 кВ фазада төрт сымға тармақталған	0,4 0,32 0,3 0,28
Үшталсымды кабель: 6 – 10 кВ 35 кВ	0,08 0,12
Бірталсымды май толтырылған кабель 110 – 220 кВ	0,16

Есептелінетін сұлбада генераторлар, синхронды қарымталауыш және электрқозғалтқыштар үшін электр қозғаушы күшінің (ЕҚК) мәндері берілуі қажет, 6.4-кесте.

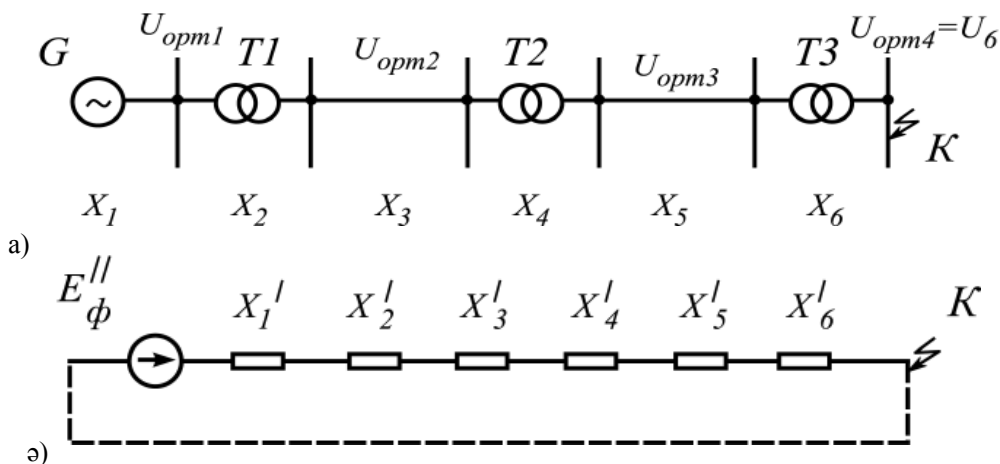
6.4-кесте.

Энегия көздерінің ЕҚК-нің мәндері

Энергия көздері	$E''_{*(ном)}$
Турбогенератор:	
100 МВт-қа дейін	1,08
100 – 1000 МВт	1,13
Тыныштандырғыш орамасы бар гидрогенератор	1,13
Тыныштандырғыш орамасыз гидрогенератор	1,18
Синхронды қарымталауыш	1,2
Синхронды электр қозғалтқыш	1,1
Асинхронды электр қозғалтқыш	0,9

Алмастыру сұлбасы деп есептік сұлбадағы берілген мәндерге сәйкес келетін, бірақ барлық магнитті (трансформаторлық) байланыстар электр байланыстарымен алмастырылған электрлік сұлбаны айтады, 6.1-сурет

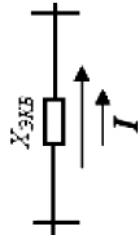
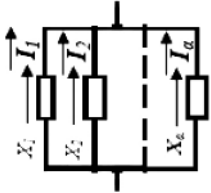
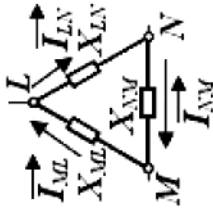
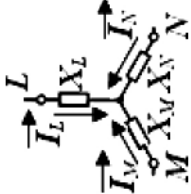
Жоғарыда айтылғандай, есептің сұлбадағы параметрлері атаулы және салыстырмалы бірлікте берілуі мүмкін. Егер есепті атаулы бірлікке негіздеп шығару керек болса, онда сұлбадағы барлық кедергілер Ом арқылы есептеліп, ортақ бір базалық кернеу мәніне келтірілуі керек (бір электр аралығының орташа кернеу мәні).

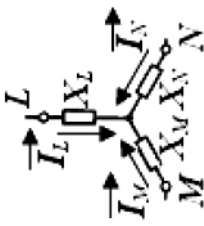
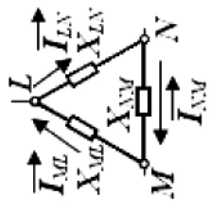
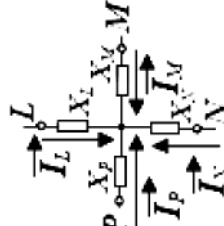
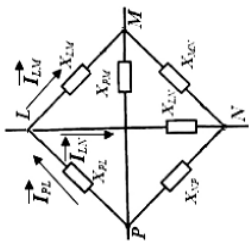
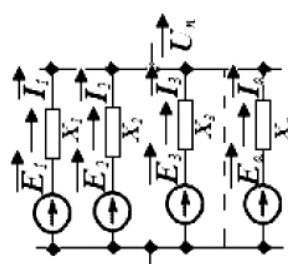
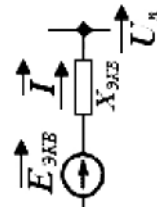


6.1-сурет. Есептік радиалды сұлба (а) және оның алмастыру сұлбасы (б).

Есептелінетін сұлбаны түрлендіргенде оның бағыты қысқа тұйықталу тоғын (Қ.Т.Т) қоректендіретін энергия көзінен қысқа тұйықталу нүктесіне қарап орындалуы қажет. Бұл жағдайда белгілі сұлбаны тізбектей немесе параллель жалғау, үшбұрышты, эквивалентті жұлдызша түрлендіру немесе жұлдызша эквивалентті үшбұрышқа түрлендіру орындалады, 6.5-кесте.

Ток таралымын аныктайтын және сұлбаларды түрлендіруге қажетті негізгі формулалар

№	Түрлендіру түрі	Түрлендіруге дейінгі сұлба	Түрлендірілген сұлба	Түрлендірудің шартты белгісі	Түрлендіру нәтижесінде пайда болған сұлба параметрлерін анықтауға арналған формулалар	Бастапқы сұлбадағы ток таралымын анықтауға қажетті формулалар
1	Тізбектеп жалғау			+	$X_{ЭКВ} = X_1 + X_2 + \dots + X_\alpha$	$I_1 = I_2 = \dots = I$
2	Параллель жалғау			=	$X_{ЭКВ} = \frac{1}{\frac{1}{X_1} + \frac{1}{X_2} + \dots + \frac{1}{X_\alpha}} = \frac{1}{Y_{ЭКВ}} = \frac{1}{Y_1 + Y_2 + \dots + Y_\alpha}$ ал екі тармақ болса, $X_{ЭКВ} = \frac{X_1 X_2}{X_1 + X_2}$	$I_\alpha = I \frac{X_{ЭКВ}}{X_\alpha}$
3	Үшбұрышты эквивалентті жұлдызшаға түрлендіру			Δ / Y	$X_L = \frac{X_{LN} X_{ML}}{X_{LN} + X_{NM} + X_{ML}}$ $X_N = \frac{X_{LN} X_{NM}}{X_{LM} + X_{NM} + X_{ML}}$ $X_M = \frac{X_{MN} X_{ML}}{X_{LN} + X_{NM} + X_{ML}}$	$I_{LN} = \frac{I_L X_L - I_N X_N}{X_{LN}}$ $I_{NM} = \frac{I_N X_N - I_M X_M}{X_{NM}}$ $I_{ML} = \frac{I_M X_M - I_L X_L}{X_{ML}}$

6.5-кестенің жалғасы					
4	Жұлдызшаны эквивалентті үш бұрышқа түрлендіру			Y / Δ	$X_{LN} = X_L + X_N + \frac{X_L X_N}{X_M}$ $X_{NM} = X_N + X_M + \frac{X_N X_M}{X_L}$ $X_{ML} = X_M + X_L + \frac{X_M X_L}{X_N}$ $I_L = I_{LN} - I_{ML}$ $I_N = I_{NM} - I_{LN}$ $I_M = I_{ML} - I_{NM}$
5	Көпбұрышты жұлдызшаны диагональды көпбұрышқа түрлендіру				$X_{LM} = X_L X_M \sum y$ $X_{MN} = X_M X_N \sum y$ $\dots$ мұндағы $\sum y = \frac{1}{x_L} + \frac{1}{x_M} + \frac{1}{x_N} + \frac{1}{x_P}$ $I_L = I_{LM} + I_{LN} + I_{PL}$ $\dots$ және т.с.с.
6	Бірнеше мөндерді эквивалентті мөнге түрлендіру				$E_{ЭКВ} = \frac{1}{y_{ЭКВ}} \sum_{k=1}^{\alpha} Y_{\alpha} E_{\alpha}$ $y_1, y_2, \dots, y_{\alpha}, y_{ЭКВ}$ параллель жалғанған элементтер; Екі тармақ болғанда: $E_{ЭКВ} = \frac{E_1 x_2 + E_2 x_1}{x_1 + x_2}$ $I_{\alpha} = \frac{E_{\alpha} - U_n}{x_{\alpha}}$

Базалық кернеу ретінде қысқа тұйықталу тоғы қарастырылып отырған нүктенің кернеуі қабылданады. Ол бірлік өлшеммен берілген кедергілер сол базалық кернеуге келесідей формуламен келтіріледі:

$$x' = (n_1 n_2 n_3 \dots n_k)^2 x, \quad (6.1)$$

мұндағы, $n_1 n_2 n_3 \dots n_k$ - трансформатордың трансформация коэффициенті. Дәл осы коэффициент арқылы базалық кернеу сатысы мен x кедергі арасындағы байланыс жүзеге асады. Яғни трансформация коэффициенті таңдалынған базалық сатының, қарастырылып отырған кедергіге қосылған сатыға бағытталуын анықтайтын шама.

Әрбір электрлік саты үшін кернеудің орташа мәні сәйкес келетіндіктен, кедергілерді келтіру үшін пайдаланылатын трансформация коэффициенті, белгіленген екі электрлік сатыдағы кернеудің орташа мәндерінің қатынасымен сипатталады. Осыған сәйкес аралық трансформация коэффициенттерін қысқартып, келесі формула арқылы қайта есептеуге болады:

$$x' = x \frac{U_{\delta}^2}{U_{opt}^2}, \quad (6.2)$$

мұндағы, $x - U_{opt}$ белгілі сатыға қосылған берілген элементтің индуктивті кедергісі. x' – тура U_{δ} базалық кернеуге келтірілген берілген элементтің индуктивті кедергісі.

Есептеліп отырған сұлбадағы элементтердің кедергілері әртүрлі өлшем бірлікте берілуі мүмкін. Сол себепті 6.6-кестеде кедергілерді атаулы бірлікте анықтау және оларды базалық кернеуге келтіру шаралары көрсетілген.

Егер есептеу салыстырмалы бірлікте орындалатын болса, онда алдын ала алмастыру сұлбасындағы элементтердің барлық кедергілерін бірдей және негізгі шарттарға сәйкестендіру керек. Негізгі шарттар есептелудің ыңғайына қарай таңдалуы керек. Осыған байланысты базалық қуат ретінде көбіне 100, 1000 немесе 10 000 МВА алынады, бірақ кей жағдайда сұлбада көп қайталанатын жекеленген элементтердің қуатыда базалық қуат ретінде қолданыла береді. Ал базалық кернеу ретінде сәйкес келетін кернеудің орташа мәнін алған ыңғайлы.

6.6-кестедегі формулалармен анықталған кедергілердің мәні, алмастыру сұлбасында көрсетілуі керек. Сұлбадағы кедергілерге, есептеу соңына дейін сақталатын, арнайы сандық көрсеткіштер белгіленеді.

Үшфазалы q т кезіндегі q т тоғының периодикалық құраушысының мәнін анықтау үшін, тек бір фазасына (6.1 ә-сурет) негізделген алмастыру сұлбасы құрылады. Себебі барлық фазаның тізбегі бірдей шартқа негізделген.

Алмастыру сұлбасы құрылып, ондағы элементтердің барлық кедергілері анықталғаннан кейін, келтірілген алмастыру сұлбасы салыстырмалы түрде жеңілденген сұлбаға (6.2-сурет) түрлендіріледі. Сұлбаны түрлендіру немесе жинақтау қорек көзінен q т нүктесіне бағытталған негізде орындалады. Бұнымен қоса түрлендіру немесе жинақтау кезінде белгілі түрлендіру ережелері қолданылады. Олар: кедергілерді тізбектеп және параллель жалғау ережелері, үшбұрышты жұлдызшаға және керісінше түрлендіру, көпбұрышты жұлдызшаны диагональды

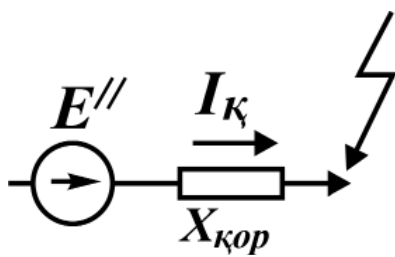
көпбұрышқа және т.б. Жоғарыда айтылған ережелер 6.5-кестеде көрсетілген.

Алмастыру сұлбасын түрлендіру барысында жиі кездесетін жағдай, ол – байланысқан тізбекті ажырату қажеттілігі. Мұндай тізбекті ажырату реттілігі 6.3-суретте көрсетілген.

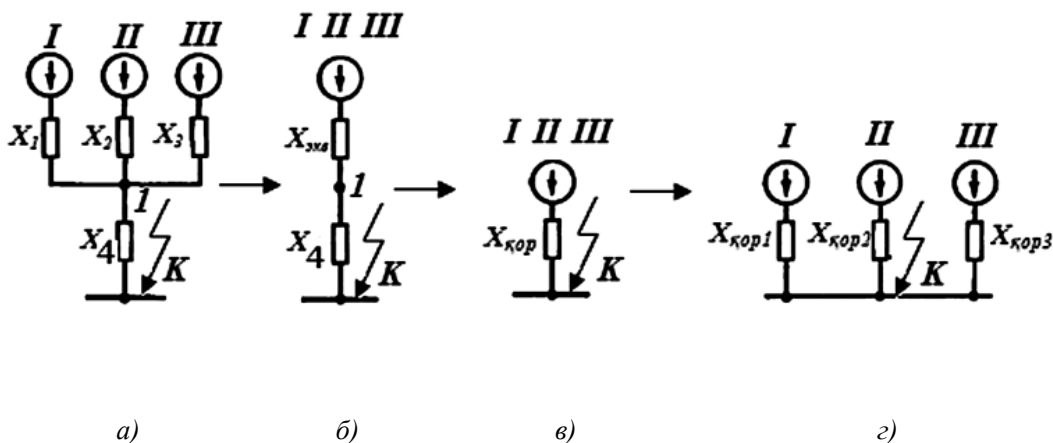
I, II, III энергия көздерінен келетін токтар жалпы x_4 кедергісі арқылы өтеді. ҚТ нүктесіне келетін токты анықтау үшін, әрбір энергия көзінен келетін токты анықтап, алмастыру сұлбасын, 6.3 а-суретінде көрсетілгендей, сәуле түріндегі сұлбаға келтіру керек.

Осындай түрлендіруден кейін алынған алмастыру сұлбасында есептеу жүргізу кезінде келесі жайтты ескеру керек. Зақымданған нүктеге әрбір энергия көзінен келетін токтар, түрлендіруге дейінгі сұлбадағы токтармен бірдей шамада болуы керек. бұндай есептеулер келесі реттілікпен жүргізіледі.

Берілген ҚТ нүктесіне негіздеп алмастыру сұлбасы құрылады және біртіндеп түрлендіру ретімен сұлбаны 6.3 а-суретіндегідей түрге келтіреміз. Жалпы жағдайда энергия көзінің тармақтарының санын мүмкіндігінше алуға болады.



6.2-сурет. Қорытынды алмастыру сұлбасы



6.3-сурет. Байланысқан тізбекті ажырату.

Сұлбаның қорытынды кедергісін анықтау (6.3 а,в-сурет):

$$x_{кор} = x_{экв} + x_4, \quad (6.3)$$

мұндағы, $x_{экв}$ сұлбадағы 1 нүктеге қатысты барлық қоректену көзінің эквивалентті кедергісі:

$$x_{экв} = x_1 \parallel x_2 \parallel x_3. \quad (6.4)$$

Зақымданған жердегі токтың периодикалық құраушысын салыстырмалы түрде бірге тең ($I_{П*}=1$) деп алады және таралу коэффициенттерін анықтайды. Ол дегеніміз, әрбір қоректену көзінің $қт$ тоғындағы үлесін анықтайтын шама. Кирхгоф заңдарына сүйене отырып мына түрде жазуға болады:

$$I_{П*I} = I_{П*II} = I_{П*III} = I_{П*} = 1, \quad (6.5)$$

сонымен қоса

$$\frac{I_{П*I}}{I_{П*}} = \frac{x_{экв}}{x_1}; \quad \frac{I_{П*II}}{I_{П*}} = \frac{x_{экв}}{x_2}; \quad (6.6)$$

және т.б.

Осыдан тармақ бойынша тарау коэффициенті мынаған тең:

$$\begin{aligned} C_1 &= I_{П*I} = x_{экв} / x_1; \\ C_2 &= I_{П*II} = x_{экв} / x_2 \end{aligned} \quad (6.7)$$

және т.б.

Нәтижесінде, таралу коэффициентін пайдаланып, $қт$ тоғының жалпы мәніне карап, токтың тармақтарға қалай таралатынын анықтауға болады.

Коэффициенттердің есептелу дұрыстығын келесі шарт бойынша тексеруге болады:

$$C_1 + C_2 + C_3 = 1. \quad (6.8)$$

Ток таралымының тармақтар бойынша өзгеріссіз қалатынын ескере отырып, келесі теңдікті алуға болады (6.3 г-сурет):

$$\begin{aligned} x_{рез1} &= x_{рез} / C_1; \\ x_{рез} &= x_{рез} / C_2 \end{aligned} \quad (6.9)$$

және т.б.

Енді қорытынды алмастыру сұлбасындағы $қт$ тоғының периодикалық құраушысының бастапқы мәнін анықтау ешқандай қиындық тудырмайды.

Салыстырмалы бірлікте есептесек:

$$I_{П,0} = \frac{E_*^{//}}{x_{кор*}} I_6, \quad (6.10)$$

мұндағы, $E_{*}^{//}$ – қоректену көзінің ЭҚК, с.б.; $x_{кор*}$ – негізгі шарттарға келтірілген, $қт$ тізбегінің салыстырмалы қорытынды кедергісі; I_{ϕ} – $қт$ нүктесінде $U_{\phi} = U_{орт}$ болған кездегі берілген базалық қуаттың S_{ϕ} шамасымен анықталатын базалық ток.

Атаулы бірлікте есептесек:

$$I_{П,0} = \frac{E_{\phi}^{//}}{x_{кор}}, \quad (6.11)$$

мұндағы, $x_{кор}$ – қт тізбегінің қорытынды кедергісі, Ом; $E_{\phi}^{//}$ – қт қарастырылып отырған сатыдығы қоректену көзінің ЭҚК:

$$E_{\phi}^{//} = E_{корек}^{//} \frac{U_{\phi}}{U_{орт,корек}}. \quad (6.12)$$

Кернеуі 1кВ дейінгі электр тораптарындағы $қт$ тоғынның бастапқы мәнін есептеудің және алмастыру сұлбасын құрудың өз ерекшеліктері бар. Мұндай тораптарда ең алдымен тізбек элементтерінің активті және индуктивті кедергілерін ескеру керек, себебі олар шамалары жағынан өлшемдес болып келеді.

Кернеуі 1кВ дейінгі қондырғылардың $қт$ тоғына кей элементтердің кедергілері айтарлықтай өз әсерін тигізеді. Олар: өзіндік қимасы аз қысқа өткізгіштер, ток трансформаторлары, тоқтық орамсымы бар автомат, әдетте жоғары кернеулі қондырғыларда ескерілмейтін, түйіспелі қосылыстардың кедергілері.

Сонымен қоса есептеуде едәуір қателіктерді болдырмау үшін сыртқы байланыстарды ескермей, төменгі кернеулі тораптан қоректенетін, жоғарғы кернеулі трансформатор шинасын, тұрақты кернеулі шина ретінде қарастыруға болады.

Кернеуі 1кВ төмен қондырғылардың алмастыру сұлбасының параметрлерін атаулы бірлікте алып есептеген ыңғайлы. Осы қондырғыларда орташа кернеу есебінде келесі қатардағы кернеулер алынады: 690, 525, 400, 230, 127 В.

ҚТ тоғының бастапқы мәнін мына формула арқылы есептейді:

$$I_{П,0} = \frac{E_{\phi}^{//}}{x_{кор}}, \quad (6.13)$$

бірақ, мұнда, $E_{\phi}^{//}$ орнына, $U_{cp} / \sqrt{3}$ ал $x_{кор}$ орнына $Z_{кор}$ алынады. $Z_{кор}$ келесі формуламен анықталады:

$$Z_{кор} = \sqrt{(\sum r_i)^2 + (\sum x_i)^2} \quad (6.14)$$

r_i және x_i мәні i торап элементі үшін арнайы анықтамалық деректерден алынады. Әсіресе күштік трансформаторлар үшін олар «Электр машиналар» бөлімінен белгілі келесі формулалармен анықталады, мОм:

$$r_i = \frac{\Delta p_k U_{ном}^2}{S_{ном}^2} 10^6; \quad x_i = \frac{\sqrt{u_k^2 - \left(\frac{100 \Delta p_k}{S_{ном}} \right)^2} U_{ном}^2}{S_{ном}} 10^4; \quad (6.15)$$

мұндағы, $S_{ном}$ – трансформатордың номиналды қуаты, кВА; $U_{ном}$ – трансформатордың төменгі кернеулі орамасының сызықтық номиналды кернеуі, кВ; Δp_k – трансформатордағы $қт$ шығыны, кВт; u_k – трансформатордың $қт$ кернеуінің шамасы, %.

Курстық жобалауда электр қондырғыларды таңдау мен тексеру үшін үшфазлық қысқа тұйықталу тоғын (қ.т.т) анықтау жеткілікті, оның есептеу реті келесі жолдармен анықталады [23-24];

а) электр қосылысының басты сұлбасы бойынша есептеу сұлбасы содан кейін электр алмастыру сұлбасы қарастырылуы қажет;

б) алмастыру сұлбасын түрлендіру жолымен біз оны жай түріне келтіреміз; ол жағдайда Э.Қ.К. белгілі мәнімен сипатталатын қорек көзі немесе қорек көздер тобы, бір қорытынды кедергі арқылы $қ.т.$ нүктесімен байланыста болуы керек;

в) қорытынды Э.Қ.К. мен қорытынды кедергінің шамасы бойынша $қ.т.$ тоғының периодикалық құрамының бастапқы мәні содан соң $қ.т.$ тоғының аperiodикалық құрамасы, соққы тоқ және бөлек тармақтардағы тоқтың периодикалық құрамасы, және де керек жағдайда берілген t -уақыт моменті үшін $қ.т.$ тоғының құрамаларының шамасы анықталады.

Қондырғының есептеу сұлбасы жұмыстың қалыпты режимін көрсету керек. Сұлбада $қ.т.$ нүктелерін, аппараттар мен өткізгіштердің неғұрлым ауыр жұмыс режимінде, $қ.т.$ тоғының ағыны болатындай жағдайда, таңдайды.

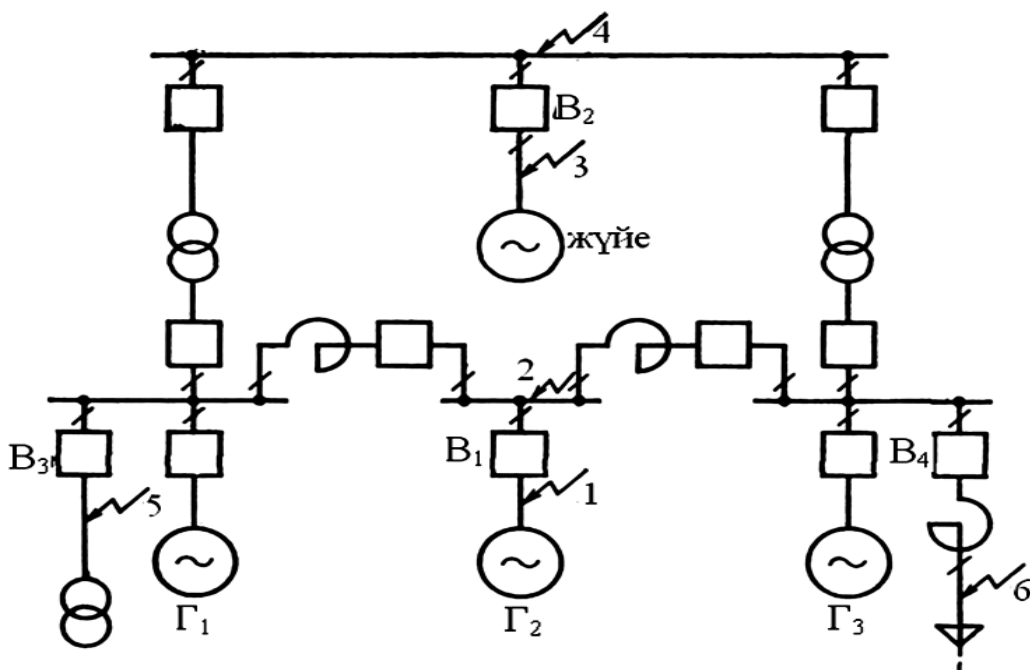
Мысалы, 6.4-суретпен сәйкес В1 ажыратқышының генераторын таңдау үшін, екі нүктені қарастыру қажет. Қ.т. кезінде 1 нүктеде генератор тоғынан басқа, ажыратқыш арқылы барлық көздердің тоқтары ағып өтеді; ал 2 нүкте арқылы тек бір генератордың тоғы ағып өтеді.

Ажыратқыш $қ.т.$ тоғының ең үклен мәніне қарап таңдалады. В2 ажыратқышы арқылы $қ.т.$ кезінде 3 нүктеде тоқ қарастырылып жатқан станцияның көздерінен ағып шығады; ал 4 нүктеде – тоқ жүйе көзінен ағады.

В3 ажыратқышы үшін есептеу нүктесі 5 нүкте болып есептеледі. Бұл ажыратқыш апатты режим кезінде берілген кернеу ажыратқыштарына қарағанда неғұрлым ауыр режимде болады.

Реакторлы тармақталып орналасқан В4 ажыратқышы үшін есептеу нүктесі болып реактордағы 6 нүкте қарастырылады.

Есептеу көлемінің жұмысын қысқарту үшін электр қондырғылар бірдей шарттарда $қ.т.$ режимінде шамамен бір шартта болатын, электр қондырғыларының бірнеше тізбектерін топтастыру мүмкіндіктерін қолданады. Мұндай жағдай электр қондырғының сұлбасын жалпы есептік шарттар қалыптасатын бірнеше аймаққа бөлуге мүмкіндік туғызады [23,24,25].



6.4-сурет. Қысқа тұйықталу тоқтарын есептеудің сұлбасы

6.1.1 Қысқа тұйықталу тоғын үйлестірудің (координация т.к.з) құндылығы:

- Электрлік жабдықтарды, аппараттарды және өткізгіштерді алдын ала жоспарлап, оларды дұрыс, тиімді, сенімді пайдалануға мүмкіндік туғызады;
- Кенеттен энергетикалық жүйені ұлғайтқанда, осы энергетикалық жүйенің сенімділігін және үнемділігін төмендететін қысқа тұйықталу тоғын шектеуден мәжбүр болмайды;
- Қысқа тұйықталу тоғының мөлшерін үйлестірудің нәтижесінде керекті электр жабдықтарды, аппараттарды, өткізгіштерді және оқшауламаларды электр қондырғыларында үлкен сенімділікпен тиімді пайдаланады;
- Қысқа тұйықталу тоғын шектейтін электр аппараттарын, құрылғыларын ұтымды түрде қолдануға әсерін тигізеді;
- Электр қондырғылардың төзімділігін (беріктігін), үнемділігін арттырады да, оның элементтерінің габариттерін азайтады;
- Электр энергияның сапасы жоғары болады да, ал құны (бағасы) төмендейді.

Электр тізбегіндегі қысқа тұйықталу тоғының өзгеруі төмендегідей негізгі факторларға байланысты:

- Энергия қорының қуатына;
- Апериодикалық токтың сөну (өшу) уақытына;

- Генератордың қоздыру (ротор) орамында автоматтық реттеу (Қ.А.Р. – АРВ) құрылғысы бар ма немесе ол жақпа генератордағы қоздыру жүйесінің түрлеріне;

- Электр қондырғының жұмыс режиміне (қалыпты, апаттық, жөндеу режимі, апаттан кейінгі режим).

Қысқа тұйықталу тоғын (ҚТТ) есептеу үшін алдын ала төмендегі мәселелерді анықтау керек [12,15,46]:

- Электр қондырғының есептелінетін сұлбасын;
- Қысқа тұйықталу тоғының есептелінетін нүктесін;
- Қысқа тұйықталу тоғының ұзақтығын;
- Электр қондырғының жұмыс режимін.

Қысқа тұйықталу тоғының мөлшерін (мәнін) есептеудің не үшін керектігі (негізгілері) [12,15,46]:

- Электр станциялар мен қосалқы станциялардың бас электр сұлбаларын салыстыру, бағалау және талдау;
- Электр аппараттарын және өткізгіштерін қимасын дұрыс таңдау;
- Апаттық режим мезгілінде тұтынушылар (жүктеме) графигін бағалап, және қандай режимге берілетіндігін анықтау;
- Релелік қорғаныс пен автоматика құрылғыларын жобалау және баптау;
- Жермен қосатын құрылғыны жобалау;
- Байланыс желісіне әсерін анықтау;
- Разрядтауыштарды таңдау;
- Электр қондырғылардағы және электр тораптарындағы апаттарды талдау;
- Электроэнергетикалық жүйедегі рұқсат етілетін режимдерді бағалау және сынау (сынақ) әдістемелігін жасау;
- Энергетикалық жүйенің жұмыс орнықтылығын талдау.

Қысқа тұйықталу тоғын шектейтін шаралар [12,15,46], жалпы мәлімет:

- Электр тораптарын секциялау;
- Қ.т тоғын ажырататын ажыратқыштың жұмысын жеңілдету үшін, электр торабын алдымен автоматты құрылғылармен бөлу;
- Электр торабындағы күштік трансформаторлардың (автотрансформаторлардың) бейтараптамаларын жерлендіргіштен бөлу (арнайы есептегеннен кейін);
- Күштік трансформаторлардың (автотрансформаторлардың) бейтараптамаларына реакторларды немесе резисторларды қосу;
- Күштік трансформаторларды (автотрансформаторларды) және электр берілісі желісін іске даралап (жеке-жеке) қосу (паралельді емес);
- Қысқа тұйықталу тоғын шектейтін құрылғыны (Т.Ш.Қ-ТОУ) пайдалану;
- Тарамдалған орамдары бар күштік трансформаторларды қолдану.

Қысқа тұйықталу тоғының қуаты келесі формуламен анықталады:

$$S_{.m}^{(3)} = \sqrt{3} \cdot U_{opt} \cdot I_{no}^{(3)} \quad (6.16)$$

Апаттан кейінгі немесе жөндеу жұмыстарынан кейінгі режимдерінде генератордың тізбегінде ең үлкен ток генератор кернеуін 5% төмендетіп анықталынады, яғни [12]

$$I_{\max} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot 0,95 \cdot \cos \varphi_{ном}}; \quad (6.17)$$

Кернеуі өзгермейтін шина дегеніміз ол шартты түрде қуатты энергия көзінің шинасы (энергетикалық жүйенің). Бұндай қуатты энергия көзін шартты түрде шексіз қуатты жүйе деп атайды. Шексіз қуатты жүйеде қысқа тұйықталу тоғының мәні қалай өзгерсе де, қуатты энергия көзінің шинасындағы кернеудің деңгейі өзгермейді. Мұндай қуатты энергия көзінің өзіндік кедергісі қысқа тұйықталу тоғы тізбегіндегі кедергімен салыстырғанда өте аз, болмашы ғана. Сондықтан қуатты энергия көзінің кедергісі қысқа тұйықталу тізбегінің кедергісінен 5-10% аспаса, онда қуатты энергетикалық жүйенің кедергісін ескермеуге болады [12].

6.1.2 Кернеуі өзгермейтін шинадан қоректенетін қысқа тұйықталу тоғы

Қысқа тұйықталу тоғы пайда болғанда тізбектегі кернеудің өзгеруі келесідей теңдеумен анықталынады («Электротехниканың теориялық негіздері» пәнінен) (6.5-сурет) [12]:

$$U = i \cdot z_k + L_k \cdot \frac{di}{dt} \quad (6.18)$$

мұнда, U, i – қарастырылып отырған фазадағы кернеудің және токтың лездік мәндері.

Көрсетілген теңдеуді пайдаланып токтың лездік мәнін кез келген уақытқа анықтауға болады:

$$I_{n.o} = \frac{E_{*ном}^{//}}{X_{қосынды}} = \frac{E_{*ном}^{//}}{X_{d*}^{//} + X_{қ.т.тізбегі}}, \quad (6.19)$$

мұнда,

U_m – энергия көзінің фазалық кернеуінің амплитудалық мәні;

Z_k – энергия көзіне қосылған тізбектің қысқа тұйықталу болғандағы толық кедергісі;

W – бұрыштық жиілік, уақыты t ;

φ_k – қысқа тұйықталу тізбегіндегі қарастырылған фазадағы токтың энергия көзінің кернеуіне қатысты ығысуы (Z_k және X_k қатынастарымен анықталынады);

i_{ao} – қысқа тұйықталу тоғының апериодикалық құрамы, бастапқы мәні;

T_a – қысқа тұйықталу тізбегінің уақыт тұрақтысы.

Қысқа тұйықталу тізбегінің уақыт тұрақтысы келесі формуламен анықталынады:

$$T_a = \frac{X_k}{\omega \cdot Z_k}, \quad (6.20)$$

Қысқа тұйықталу тоғының периодикалық құрамы уақыты $E=0$ болғанда келесідей формуламен анықталынады:

$$I_{n.o} = \frac{E_{*ном}^{//}}{X_{қосынды}} = \frac{E_{*ном}^{//}}{X_{d*}^{//} + X_{қ.т.т.тізбегі}^{//}}, \quad (6.21)$$

мұнда, $E_{*ном}^{//}$ – қысқа тұйықталу тоғын қоректендіретін энергия көзінің Э.Қ.К-Э.Д.С.

$X_{d*}^{//}$ – синхронды генератордың асқын индуктивті кедергісі, салыстырмалы бірлікте,

$X_{қ.т.т.}$ – қысқа тұйықталу тізбегінің толық кедергісі.

Қысқа тұйықталу тоғының аperiodикалық құрамы келесі формуламен анықталады:

$$i_{a\tau} = \sqrt{2} \cdot I_{n.o} \cdot e^{\frac{-\tau}{T_a}} \quad (6.22)$$

мұнда, $\tau = t_{\theta.y} + 0,01c$,

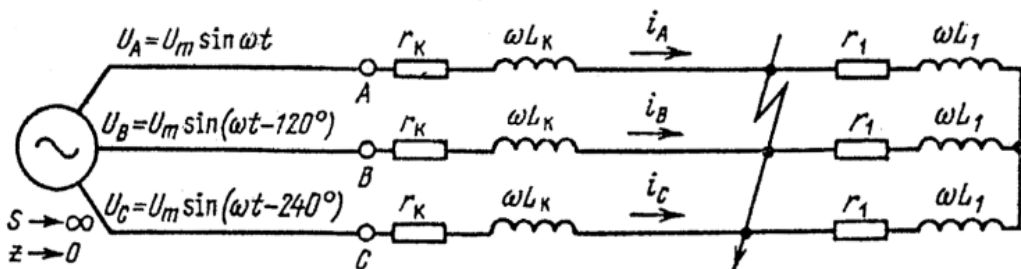
Қысқа тұйықталудың соққы тоғы келесідей формуламен анықталынады:

$$i_c = \sqrt{2} \cdot K_c \cdot I_{n.o}, \quad (6.23)$$

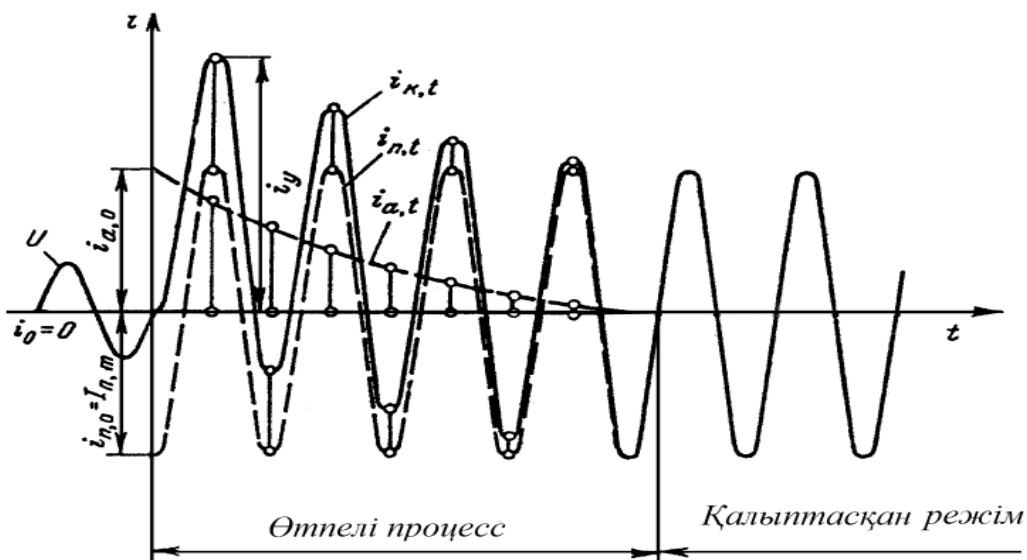
мұнда, K_c – қысқа тұйықталудың соққы коэффициенті 6.7-кестеден алынады.

Тізбектегі толық қысқа тұйықталу тоғының мәні келесідей формуламен анықталынады:

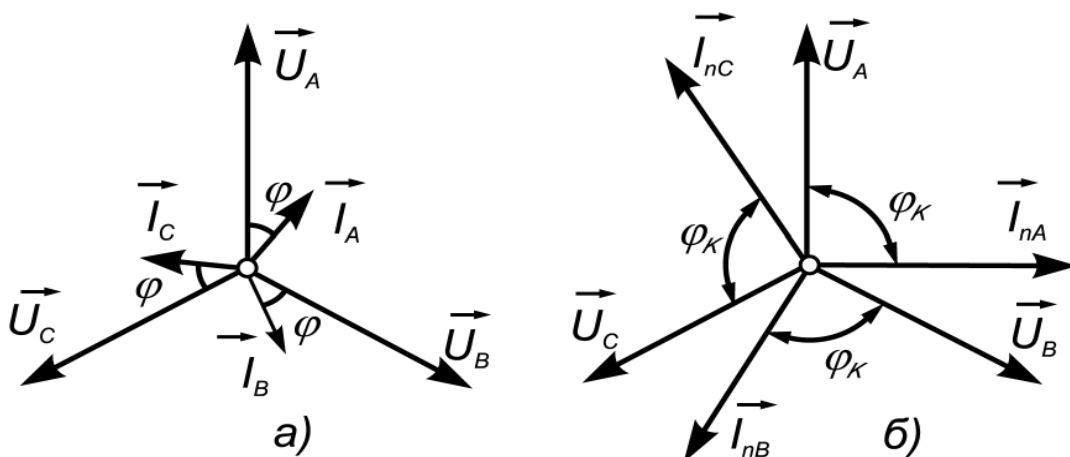
$$I_{K.t} = \sqrt{I_{n.t}^2 + i_{a.t}^2}, \quad (6.24)$$



6.5-сурет. Үш фазалы симметриялы тізбектегі қысқа тұйықталу тоғының кернеуі өзгермейтін шинадан қоректену сұлбасы (шексіз қуатты жүйеден)



6.6-сурет. Кернеуі өзгермейтін шинадан қоректенгендегі тізбектегі қысқа тұйықталу тоғының өзгеруі, аperiодикалық құрамының мәні максималды.



6.7-сурет. Ток пен кернеудің векторлық диаграммалары
а – қалыпты режим, б – үш фаза қысқа тұйықталғанда.

6.2 Сұлба элементтерінің кедергісі және оларды базисті шарттарға келтіру

Қ.т. токтарын есептеу кезіндегі алмастыру процесін жеңілдету үшін шамалардың барлығы базистік шарттарға келтіріледі. Базистік шама деп базистік қуаттарды және базистік кернеулерді қарастырады, оның көмегімен базистік ток пен базистік кедергі анықталынады.

Базистік қуаты кез келген шамамен беріледі, ондық еселікті $S_6=100$ МВА немесе 1000 МВА қолданған ыңғайлы. Базистік кернеу, *қ.т.* болжанатын орташа қолданыстық кернеу қадамымен (0.4; 3.15; 6.13; 10.5; 13.8; 15.75; 20; 37; 115; 154; 230; 340; 575 кВ) анықталады.

Базистік тоқ келесі формуламен анықталады

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_6} \quad (6.25)$$

осыған сүйене отырып жеңіл түрлендіру жолымен базистік шарттағы салыстырмалы бірліктегі *қ.т.* тізбегінің барлық элементтерінің кедергілерін анықтауға болады [24;25;26].

Синхронды генераторлар мен компенсаторлар үшін қолданылатын формула

$$X_{*2} = X_{d*}'' \cdot \frac{S_6}{S_{ном.}} \quad (6.26)$$

мұнда - анықтама деректері бойынша, компенсатор немесе генератордың бойлық X_{d*}'' осьтерінің полюстары бойынша асқын индуктивті кедергісі.

Екі орамды трансформатор үшін қолданылатын формула

$$X_{*m} = \frac{U_k \%}{100} \cdot \frac{S_6}{S_{ном}} \quad (6.27)$$

мұнда, $U_k \%$ – анықтама немесе құжат деректерімен анықталатын *қ.т.* кернеуі.

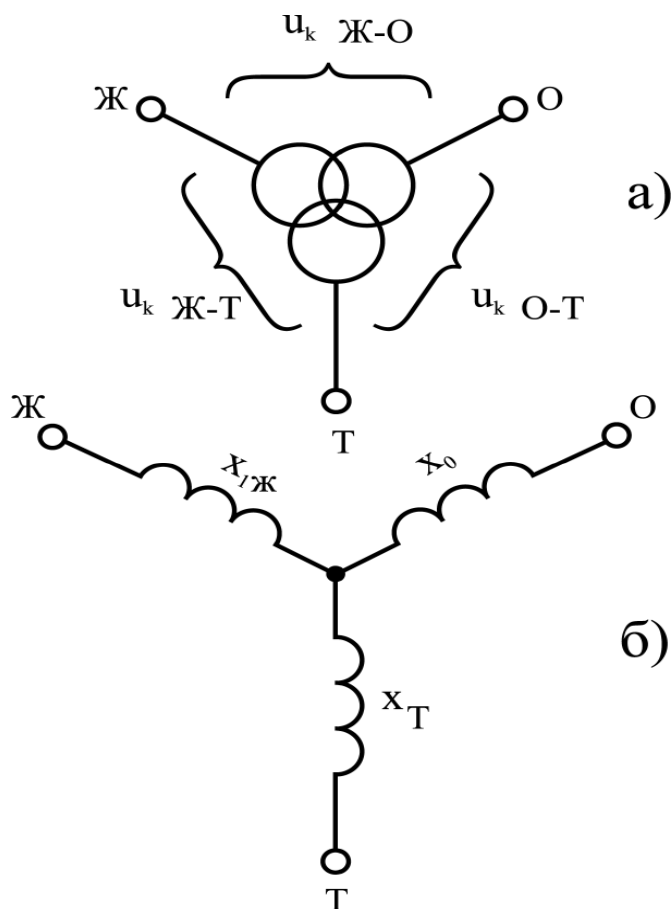
Үш орамды трансформатордың немесе автотрансформатордың, *қ.т.* кернеуі әрбір жұптасқан орамдары $U_{кв-н} \%$, $U_{кн-н} \%$, $U_{кв-с} \%$ үшін трансформатор немесе АТ номиналды қуатына келтірілген.

Бұл трансформаторлардың сұлбалары 6.8-суретте көрсетілген. Базистік шарттарға келтірілген сұлбаның салыстырмалы кедергісін келесі формулалар көмегімен анықтауға болады.

$$X_{*m} = \frac{1}{200} (U_{кв-н} \% + U_{кн-н} \% - U_{кв-с} \%) \cdot \frac{S_6}{S_{ном}}, \quad (6.28)$$

$$X_{*op} = \frac{1}{200} (U_{кв-с} \% + U_{кн-н} \% - U_{кв-с} \%) \cdot \frac{S_6}{S_{ном}}, \quad (6.29)$$

$$X_{*жс} = \frac{1}{200} (U_{кв-н} \% + U_{кв-с} \% - U_{кн-н} \%) \cdot \frac{S_6}{S_{ном}} \quad (6.30)$$



6.8-сурет. Үш орамды трансформатордың алмастыру сұлбасы

6.9-суретте көрсетілгендей, базистік шарттарға келтірілген, екі орамды трансформаторлар әр жағдайда екі немесе үш тарамдалған орамды сұлбаға реактивті кедергілерімен енгізіледі.

$$X_{Ж} = X_{Ж-Т} - \frac{X_{тарамд.}}{2n}, \quad (6.31)$$

$$X_{T1} = X_{T2} = \dots = \frac{X_{тарамд.}}{2n} \quad (6.32)$$

$$X_{тарамд.} = X_{T1} - X_{T2} \quad (6.33)$$

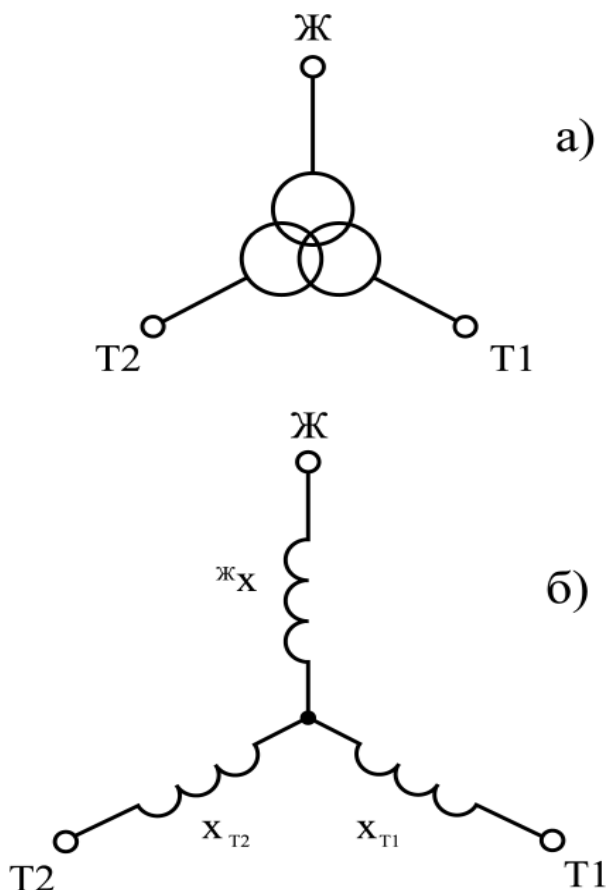
Тарамдалған орамды трансформатордың тоқ шектейтін эффектісі келесіні сипаттайды

$$K_{тарамд.} = \frac{X_{тарамд.}}{X_{Ж-Т}} \quad (6.34)$$

Тәжірибе деректері бойынша үшфазалы трансформаторларда $K_{есеп} = 3,5$

тарамдалу коэффициенті бар, сондықтан $n=2$ жағдайында алмастыру сұлбадағы трансформатор түрі 6.9 а-суреттегідей сұлбаға сәйкес болады.

Бір фазалы трансформатор үшін $K_{\text{сеп}}=2$ тең ал $n=3$ кезінде алмастыру сұлбадағы трансформатордың түрі 6.9 б-суретіне сәйкес болады.



6.9-сурет. Тарамдалған орамы бар трансформатордың алмастыру сұлбасы

Әуе және кабель желілері үшін кедергілер аталған бірлік түрінде алдын ала анықталады, яғни олар геометриялық өлшемдермен және номиналды кернеумен беріледі. Желілер кедергілерін келесі анықтамалардан табуға болады [15].

1 км желі үшін индуктивті кедергінің орташа мәндерін қолданып (6.3-кесте) базистік шарттарға келтірілген желінің салыстырмалы кедергісін анықтауға болады

$$X_{*Ж} = X_0 \cdot l \cdot \frac{S_0}{U_{\text{орт}}^2} \quad (6.35)$$

мұнда, l - желі ұзындығы, км.

Тоқ шектейтін реакторларды қолданатын болсақ, реактордың салыстырмалы базистік кедергісі келесі формуламен анықталады

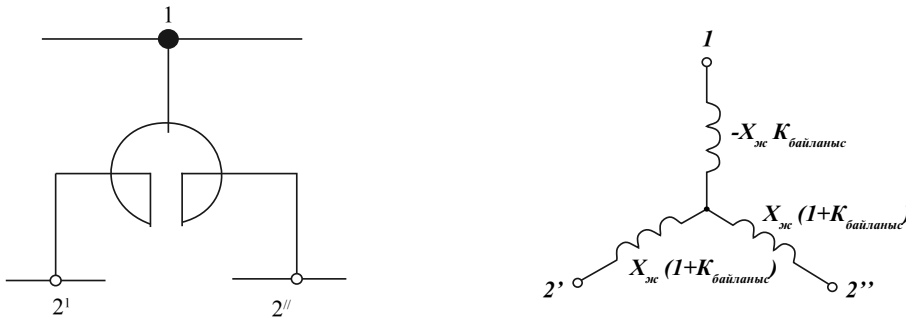
$$X_{*p} = \frac{X_p \% \cdot I_B \cdot U_{\text{НОМ.}}}{100 \cdot I_{\text{НОМ}} \cdot U_B}, \quad (6.36)$$

$$X_{*p} = \frac{X_p \% \cdot S_{\delta}}{100 \cdot S_{ном}}, \quad (6.37)$$

мұнда, $S_{ном}$ – реактордың номиналды қуаты;

$X_p\%$ – каталог бойынша реактордың салыстырмалы кедергісі.

Тарамдалған қосарлы реактордың салыстырмалы кедергісі қ.т. жеріне және 6.10-суреттегі қосарлы реактордың алмастыру сұлбасына байланысты анықталады. Базистік шарттарға келтірілген салыстырмалы кедергі реактордың қарапайым анықталу жолдарымен табылады.



6.10-сурет. Қосарлы реактордың алмастыру сұлбасы

Электр жүйемен параллель жұмыс істеп тұрған электр станциялардың қ.т. тоқтарын есептеу кезінде, жүйені сипаттайтын мәліметтерді міндетті түрде қарастыру қажет.

Егер жүйе сұлбасы және элементтер параметрлері – генераторлар, трансформаторлар, ЭБЖ (ЛЭП) белгілі болса, жүйедегі қ.т. тоқтары станциядан келетін қ.т.т сәйкес жүргізіледі. Бірақ жеңілдету үшін келесі жағдайларды қарастырамыз:

а) $S_{ном}$ жүйесінің қосынды қуаты белгілі болған жағдайда, X_{κ} сұлбаларының барлық элементтерінің қосынды кедергісі, жобаланатын қондырғының жалғанатын тораптың кейбір нүктесіне дейін кедергілері беріліп, есептеу қарапайым жолмен жүргізіледі;

б) тораптың белгілі нүктесінде жүйенің қ.т. кезінде асқын ауыспалы қ.т. қуатымен, жүйенің номиналды қуаты қарастырылуы мүмкін. Бұл жағдайда берілген нүкте бойынша салыстырмалы кедергі келесі формулалармен анықталады

$$X_{*ЭЖ} = \frac{S_{\delta}}{S_{Ж}}, \quad (6.38)$$

$$X_{есеп.ЭЖ} = \frac{S_{с.ном}}{S_{Ж}}; \quad (6.39)$$

в) жүйе өте қуатты деп ескерілген кезде, есептеу шектелмеген қуат жүйесінің әдісімен жүргізіледі, сол жағдайда жүйе кедергісі мына формуламен анықталады

$$X_{*эжс} = \frac{S_{\delta}}{S_{жс}}, \quad (6.40)$$

6.6-кесте.

Электр қондырғылардың элементтерінің кедергілерін есептеп анықтауға және оларды базалық кернеуге келтіруге керекті формулалар

Электр қондырғылардың элементтері	Белгілі (берілген параметр)	Атаулы бірлігі	Салыстырмалы бірлігі
Генератор	$x = x''_{d*ном} \frac{U_{\delta}^2}{S_{ном}}$	$x = x''_{d*(ном)} \frac{U_{\delta}^2}{S_{ном}}$	$x_* = x''_{d*(ном)} \frac{S_{\delta}}{S_{ном}}$
	$x''_{d*ном} \% \frac{U_{\delta}^2}{S_{ном}}$	$x = \frac{x''_{d*ном} \%}{100} \frac{U_{\delta}^2}{S_{ном}}$	$x_* = \frac{x''_{d*ном} \%}{100} \frac{S_{\delta}}{S_{ном}}$
Энергетикалық жүйе	$S_{к.т.}$	$x = U_{\delta}^2 / S_{к.т.}$	$x_* = S_{\delta} / S_{к.т.}$
	$I_{ном, ажср}$	$x = \frac{U_{\delta}^2}{\sqrt{3} I_{ном, ажср} \cdot U_{орт}}$	$x_* = \frac{S_{\delta}}{\sqrt{3} I_{ном, ажср} \cdot U_{орт}}$
	$x_{*жс(ном)} \frac{U_{\delta}^2}{S_{ном}}$	$x = x_{*жс(ном)} \frac{U_{\delta}^2}{S_{ном}}$	$x_* = x_{*жс(ном)} \frac{S_{\delta}}{S_{ном}}$
Трансформатор	$x_m \% \frac{U_{\delta}^2}{S_{ном}}$	$x = \frac{x_m \%}{100} \frac{U_{\delta}^2}{S_{ном}}$	$x_* = \frac{x_m \%}{100} \frac{S_{\delta}}{S_{ном}}$
Реактор	x_p	$x = x_p \frac{U_{\delta}^2}{U_{орт}^2}$	$x_* = x_p \frac{S_{\delta}}{U_{орт}^2}$
Электр берілісі желісі	$x_m \cdot l$	$x = x_m \cdot l \frac{U_{\delta}^2}{U_{орт}^2}$	$x_* = x_m \cdot l \frac{S_{\delta}}{U_{орт}^2}$

Ескерту: $S_{ном}$ – элементтердің номинальды қуаты (генератор, трансформатор, энергожүйесі), МВ·А; S_{δ} – базалық қуат, МВ·А; $S_{к.т.}$ – энергожүйенің қ.т. қуаты МВ·А; $\sqrt{3} I_{ном, ажср}$ – ажыратқыштың номинальды ажырату тоғы, кА; $x_{*жс(ном)}$ – энергожүйенің салыстырмалы номинальды кедергісі; x_m – трнасформатордың салыстырмалы кедергісі, трансформатордың ($U_{к.т.}$) қ.т. кернеуі арқылы анықталынады; I_{δ} – базалық ток, кА; ($U_{орт}$) – элементтің қондырылған жеріндегі орта кернеу, кВ; x_m – ұзындығы 1 км желінің меншікті индуктивті кедергісі, Ом/км; l – желінің ұзындығы, км.

6.3 Электрлік сұлбаларды түрлендіру, кедергілердің қосындыларын және қысқа тұйықталу тоқтарын анықтау

Базистік шамаларға келтірілген сұлба кедергісінің элементтері алмастыру сұлбасына қосылады. Ол үшін алмастыру сұлбасының әрбір элементін бөлшекпен белгілейді: алымында элементтің реттік нөмірін, ал бөлімінде – индуктивті кедергінің салыстырмалы мәнін белгілейді. Әрі қарай сұлбаны түрлендіру жолымен кедергілердің қосындыларын анықтау қажет. Сұлбалардың келесі түрлендіру мүмкіндіктері қарастырылады.

Тізбектей және параллель байланысқан кедергілердің қосындысын келесі формуламен анықтаймыз

$$X_* = X_{*1} + X_{*2} + \dots + X_{*n}, \quad (6.41)$$

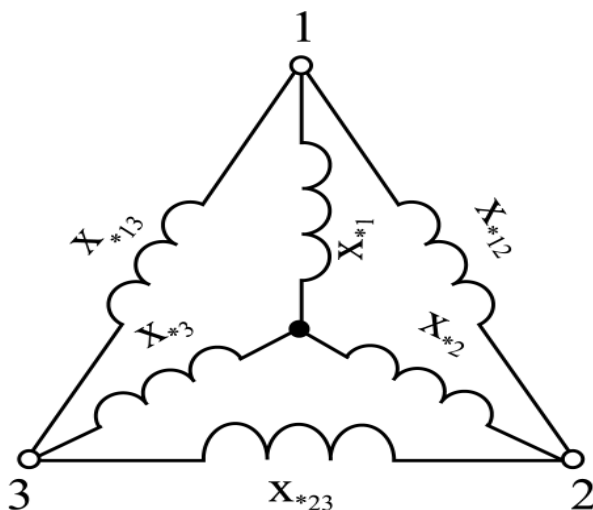
$$\frac{1}{X_*} = \frac{1}{X_{*1}} + \frac{1}{X_{*2}} + \dots + \frac{1}{X_{*n}}, \quad (6.42)$$

6.11-суретке сәйкес жұлдызша байланысқан X_{*1}, X_{*2}, X_{*3} , сәулелерді эквивалентті үшбұрыш немесе келесі формуламен алмастыра алады

$$X_{*12} = X_{*1} + X_{*2} + \frac{X_{*1} \cdot X_{*2}}{X_{*3}}; \quad (6.43)$$

$$X_{*13} = X_{*1} + X_{*3} + \frac{X_{*1} \cdot X_{*3}}{X_{*2}}; \quad (6.44)$$

$$X_{*23} = X_{*2} + X_{*3} + \frac{X_{*2} \cdot X_{*3}}{X_{*1}}; \quad (6.45)$$



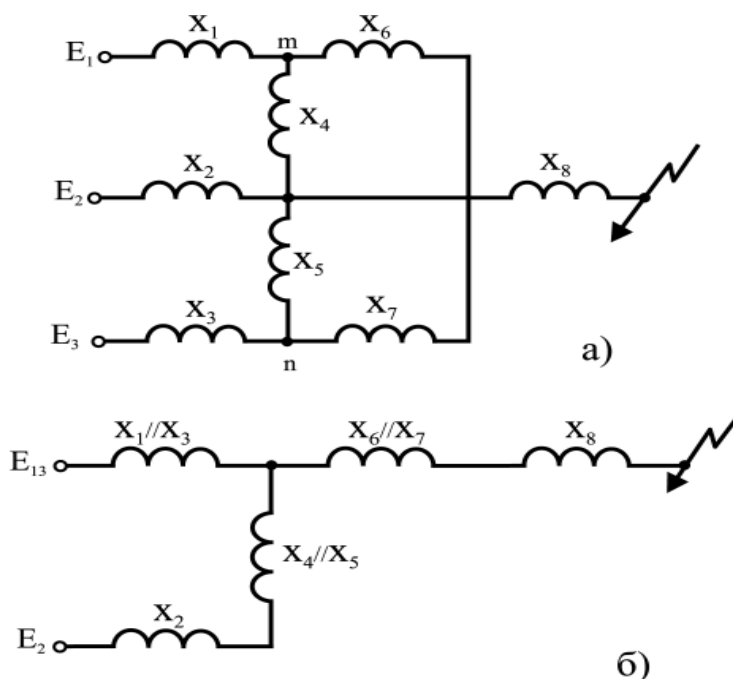
6.11-сурет. Үшбұрышты жұлдызшаны түрлендіру және керісінше түрлендіру сұлбасы

Салыстырмалы кедергілердің үшбұрыш сұлбасын эквивалентті жұлдызшаға түрлендіру келесі формулалардың көмегімен іске асады

$$X_{*1} = \frac{X_{*12} \cdot X_{*13}}{X_{*12} + X_{*13} + X_{*23}}; \quad (6.46)$$

$$X_{*2} = \frac{X_{*12} \cdot X_{*23}}{X_{*12} + X_{*13} + X_{*23}}; \quad (6.47)$$

$$X_{*3} = \frac{X_{*12} \cdot X_{*23}}{X_{*12} + X_{*13} + X_{*23}}; \quad (6.48)$$



6.12-сурет. Потенциалдары бірдей нүктелерді қосу, біріктіру жолымен өтетін сұлбаны түрлендіру

Бірдей потенциал нүктелерінің біріктірілуі жолымен сұлбаның жеңілдетуі іске асады. Егер де қорек көздерінің Э.Қ.К. бірдей деп алатын болсақ, онда 6.12-суреттегі сұлбада, m және n нүктелері тең потенциалды болып келеді. Әртүрлі потенциалды нүктелердің кедергілерінің элементтерін параллель біріктіретін болса, 6.12 б-суреттегідей сұлба шығады.

Нәтижесінде, түрлендірілген сұлба 6.13-әрбір генераторлардағы q, m токтарын есептеуді жеңілдететін ыңғайлы жағдайға келді.

Негізінен сұлбаны екі-үш сәулеге біріктіреді, сонымен қатар бөлек сәулені әртипті генераторларды немесе біртепті q, m нүктелері қатысты әртүрлі ұзындығына байланысты (бір станция генераторлары, әртүрлі кернеулі q, m) іріктейді. Әрбір сұлбаның нәтижелі кедергісі келесі өрнектермен анықталады.

6.13 а-суреттегі сұлба үшін

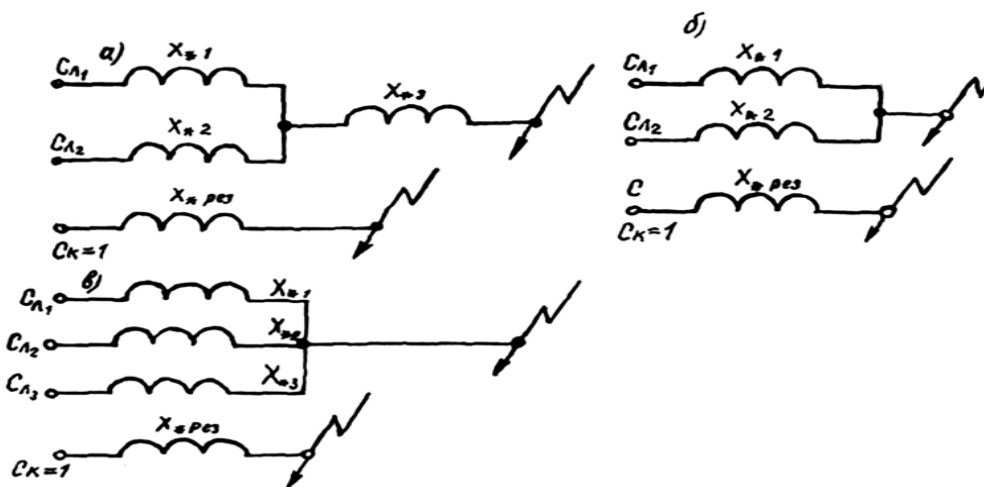
$$X_{*кор.} = \frac{X_{*1} \cdot X_{*2}}{X_{*1} + X_{*2}} + X_{*3} \quad (6.49)$$

6.13 б-суреттегі сұлба үшін

$$X_{*кор.} = \frac{X_{*1} \cdot X_{*2}}{X_{*1} + X_{*2}} \quad (6.50)$$

6.13 в-суреттегі сұлба үшін

$$X_{*кор.} = \frac{X_{*1} \cdot X_{*2} \cdot X_{*3}}{X_{*1} \cdot X_{*2} + X_{*1} \cdot X_{*3} + X_{*2} \cdot X_{*3}} \quad (6.51)$$



6.13-сурет. Жеке өзгерісті ескеріп отыратын қ.т. тоғын есептеудің сұлбасы

Бастапқы асқын өтпелі тоқ келесі формуламен анықталады

$$I'' = \frac{E_*''}{X_{*рез.}} \cdot I_0 \quad (6.52)$$

мұнда, $I_0 = S_0 / \sqrt{3}, U_0 - U_{opt.}$ кезіндегі базисті тоқ;

E_*'' – с.б. кезіндегі генератор Э.Қ.К.; есептеу кезінде Э.Қ.К. орташа мәнін 6.4-кестеден алуға болады [24; 25; 26].

Қысқа тұйықталу соққы тоғы (Қ.Т.С.Т):

$$i_c = \sqrt{2} \cdot K_c \cdot I'' \quad (6.53)$$

мұнда, $K_c = 1 + e^{-\frac{0.01}{T_a}}$ – соққы коэффициенті;

T_a – қ.т. тізбегінің уақыт тұрақтысы.

Әр типті корек көздері бар бірнеше сұлбаларда соққы тоғының есептеу әдістемелігі қ.т. нүктесінің орналасуына тәуелді болады, ол үшін соққы тоғын

анықтайды. Сонда, соққы тоғын анықтайтын үш сипаттық жағдайды қарастыруға болады:

1. Қашықтықтағы $q.m.$ кезінде (жоғары кернеулі ТҚ-да және станцияның жоғары кернеу тораптарында, төменгі кернеулі ТҚ-да, станцияның желілік реакторынан кейінгі, қосалқы станцияларының ТҚ-да)

$$i_c = \sqrt{2} \cdot K_c \cdot I_{\Sigma}'' \quad (6.54)$$

мұнда, I_{Σ}'' - барлық қорек көздеріндегі қосынды тоғы.

Уақыт тұрақтысын былай табады

$$T_a \approx \frac{x_{рез.}}{\omega \cdot r_{рез.}} \quad (6.55)$$

Барлық элемент сұбаларының активті және реактивті кедергілерін анықтаған соң, $r=0$ кезінде эквивалентті сұлбаны құрастырады және $x_{кор}$ табады, содан кейін $x=0$ кезінде эквивалентті сұлбаны құрастырып $r_{кор}$ табады. Жеңілдету үшін T_a шамасын қарастыру міндетті емес, оның орнына T_a және K_y орташа мәндерін қолдануға болады, олардың шамалары 6.7 кестеде көрсетілген.

2. Генератор (генератор кернеуінің жинақтағыш шиналарында немесе генератор блогының шықпасында жанындағы $q.m.$ кезінде, берілген станция генераторларының соққы тоғын және басқа да жүйе көздерінің соққы тоғын анықтайды

$$i_c = \sqrt{2}(I_G'' \cdot K_{c.G} + K_{c.ЭЖ} \cdot I_{ЭЖ}) \quad (6.56)$$

Генераторлар мен басқа энергия көздерінің тұрақты уақыттарын анықтағаннан кейін, K_c (6.7-кесте), соққы тоғының мәнін есептейді.

3. Қозғалтқыш жүктеме түйініндегі қ.т. кезіндегі соққы тоғы (ТҚ-3-6 кВ-ты жылу станциялары, ТҚ-6-10 кВ-ты қосалқы станциялары)

$$i_c = \sqrt{2}(K_C \cdot I_{\partial}'' + K_{ЭЖ.c} \cdot I_{ЭЖ}) \quad (6.57)$$

мұнда, $K_{c.к}, K_{ЭЖ}$ - қозғалтқыш пен жүйе тармақтарындағы соққы коэффициенттері;
 I_{∂}'' - қозалтқыштан келетін асқын өтпелі ток.

6.7-кесте.

Уақыт тұрақтысы және соққы коэффициенттерінің мәндері

№	Энергетикалық жүйенің элементтері мен бөлшектері	T_a, c	K_c
1	Турбогенераторлардың қуаты, МВт 12 – 60 100 - 1000	0,16 – 0,25 0,4 – 0,54	1,94 – 1,955 1,957 – 1,98
2	Блоктың құрамында қуаты 60 МВт турбогенератор және күштік трансформатор (жоғары кернеу жағында), генератордың номиналды кернеуі, кВ 6,3 10	0,2 0,15	1,95 1,935

3	Блоктың құрамында турбогенератор және жоғарлатқыш трансформатор. Генератордың қуаты, МВт 100 – 200 300 500 800	0,26 0,32 0,35 0,3	1,965 1,97 1,973 1,967
4	Энергетикалық жүйе әуе желісі арқылы қысқа тұйықталу тоғы қарастырылатын жинақтағыш шинамен байланысты, әуе желісінің кернеуі, кВ 35 110 – 150 220 – 330 500 – 750	0,02 0,02 – 0,03 0,03 – 0,04 0,06 – 0,08	1,608 1,608 – 1,717 1,717 – 1,78 1,85 – 1,895
5	Энергетикалық жүйе қысқа тұйықталу тоғы қарастырылатын кернеуі 6-10 кВ жинақтағыш шинамен күштік трансформатор арқылы қосылған. Күштік трансформаторлардың қуаты, МВА 80 және жоғары 32 – 80 5,6 - 32	0,06 – 0,15 0,05 – 0,1 0,02 – 0,05	1,85 – 1,935 1,82 – 1,904 1,6 – 1,82
6	Электр тізбегінің тармағы реактормен қорғалынған. Рактордың номиналды тоғы, А 1000 және жоғары 630 және төмен	0,23 0,1	1,956 1,904
7	Кернеуі 6-10 кВ тарату электр тораптары	0,01	1,369

$e^{\frac{\tau}{T_a}}$ мәнін есептеу

6.8-кесте.

τ, с	Та кезіндегі $e^{\frac{\tau}{T_a}}$					
	0,04	0,045	0,05	0,1	0,2	0,3
0	1	1	1	1	1	1
0,01	0,773	0,8	0,81	0,9	0,95	0,97
0,02	0,636	0,61	0,67	0,81	0,9	0,94
0,03	0,472	0,512	0,548	0,74	0,86	0,9
0,04	0,368	0,411	0,44	0,67	0,818	0,87
0,05	0,286	0,329	0,368	0,606	0,778	0,85
0,06	0,233	0,264	0,301	0,548	0,74	0,818
0,07	0,174	0,212	0,247	0,496	0,7	0,79
0,08	0,135	0,168	0,202	0,449	0,67	0,77
0,09	0,105	0,135	0,142	0,406	0,637	0,74

6.4 Электр қозғалтқыштардан қоректендірілуін ескере отырып, қысқа тұйықталу тоқтарын анықтау

Қысқа тұйықталу тоғының шамасына үлкен әсерін $қ.т.$ орнына жақын қосылған асинхронды және синхронды электр қозғалтқыштары тигізеді. Сондықтан жылу электр станцияларының $ө.м.$ желілеріндегі $қ.т.$ тоқтарын анықтау немесе екіншілік кернеудегі ірі өндірістік қосалқы станциялардың қорегін ескеріп отыру қажет [24, 25, 26].

Қысқа тұйықталу шарты бойынша өткізгіштер мен аппараттарды тексеріп, қолдану үшін өтпелі қозғалтқыш тоғын I_0'' , соққы тоғын i_c , периодикалық I_{nto} және аперидиалық i_{atd} тоқ құрамаларының t моментіндегі өтпелі процестің және $қ.т.$ өшуі кезінде δ , яғни I_{nto} , i_{atd} мәндерін білу қажет.

Асинхронды электр қозғалтқыштардың асқын өтпелі тоғын келесі формуламен анықтауға болады

$$I_o'' = \frac{E_*''}{X''} \cdot I_{к.ном.} = \frac{0.9}{0.2} \cdot I_{к.ном.} = 4.5 \cdot I_{к.ном.} \quad (6.58)$$

мұнда, $E_*''=0,9$ – қозғалтқыштың салыстырмалы Э.Қ.К орташа мәні;

$x_*'' = 0,2$ – салыстырмалы кедергінің орташа мәні.

Асинхронды қозғалтқыштар үшін асқын өтпелі индуктивті кедергі каталогта қарастырылмайды, сондықтан да асқын өтпелі тоқ, қосылу тоғының еселігі бойынша анықталады

$$I_k'' = I_{*қосылу} \cdot I_{ном} \quad (6.59)$$

Электр қозғалтқыштағы периодикалық және аперидикалық тоқ құрамаларының өшуінің уақыт тұрақтылығы бірі-біріне жақын, сондықтан да i_c анықтаған кезде екі құрамалардың өшуін міндетті түрде қарастыру қажет, яғни

$$i_c = \sqrt{2} \cdot I_{n0.01} + i_{a0.01} = K_c \cdot \sqrt{2} \cdot I'' \quad (6.60)$$

мұнда, $K_c = e^{\frac{0.01}{T_p'}} + e^{\frac{0.01}{T_a}}$.

Өртүрлі сериялы қозғалтқыштары үшін және соққы коэффициентінің мәндері T және T_a тоқтарының периодикалық және аперидикалық өшуінің уақыт тұрақтысы бойынша орташа мәндері келтірілген [27]. Топтық қозғалтқыштарының $қ.т.$ тоқтарын анықтау үшін, сол топты эквивалентті қозғалтқышпен алмастырады.

6.9-кестеде 100-300 МВт блоктарының өзіндік мұқтаждар ($ө.м.$) эквивалентті электр қозғалтқыштардың параметрлері көрсетілген.

6.9-кесте.

Ө.м. топты электр қозғалтқыштар тобының сипаттамалары

Блок Р, МВт	$I_{орт.іске.қосу}$	$Tэ, с$	$Tиэ, с$	$Kуэ$	$\gamma_{п\tau}$	$\gamma_{a\tau}$
100	5,7	0,08	0,04	1,65	0,29	0,08

150	-	0,08	0,03	1,59	0,29	0,04
200	5,8	0,09	0,035	1,65	0,33	0,03
300	5,5	0,05	-	-	0,14	-

Кесте деректері бойынша қозғалтқыш тоқтарын былай анықтайды

$$I_{\kappa}'' = I_{\text{қосу.ор.}} \cdot \sum I_{\text{ном.}} \quad (6.61)$$

мұнда, $\sum I_{\text{ном.}}$ – секцияның ө.м. электр қозғалтқыш номинал тоқтарының қосындысы.

$$i_c = K_{\text{сз}} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{\kappa}'' \quad (6.62)$$

$\tau = 0,1\text{с}$ ажыратқыштың өшуі кезіндегі тоқтар:
периодикалық құрамы

$$I_{n\tau} = \gamma_{n\tau} \cdot I_{\kappa}'' \quad (6.63)$$

апериодикалық құрамы

$$i_{a\tau} = \gamma_{a\tau} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{\kappa}'' \quad (6.64)$$

6.5 Қысқа тұйықталу тоқтарын анықтау әдістемелігі

Ажыратқышты таңдау үшін келесі есептеу тоқтарын білу қажет: $I'', i_{y\partial}, I_{n\tau}$ және $i_{a\tau}$ – τ ажыратқыштың доғаны сөндіретін түйіспені ажырату кезеңіндегі периодикалық және апериодикалық өшетін тоқтар τ – уақыты былай анықталады

$$\tau = t_{\text{қорғ.мин.}} + t_{r.y.} \quad (6.65)$$

мұнда, $t_{\text{қорғ.мин.}} = 0,01\text{с}$ – релелік қорғаныстың әсер ету минималды уақыты;
 $t_{r.y.}$ – ажыратқыш өшуінің өзіндік уақыты.

Ажыратқыштың тез әсер етуіне байланысты τ уақыты келесі түрлермен анықталады: ажыратқыш толық өшу уақыты 0,16 с және одан жоғары болса, τ 0,08 с тең болады; 0,10 – 0,06 с; 0,06 с – 0,04 с; өшу уақыты 0,04 с болғандағы τ 0,02 с тең.

Уақыттың кез келген моменті бойынша $I_{n\tau}$ анықталуы [24;27] қарастырылған. Бірақ, міндетті түрде, соққы тоқтың анықталуындай, *қ.т.* үш сипаттамалық жағдайларын қарастырған жөн. Қашықтықтағы *қ.т.* кезінде периодикалық тоқты өшпейтін және де *қ.т.* жеріндегі қосынды асқын өтпелі тоққа тең $I_{n\tau} = I_{\Sigma}''$ деп алады. Өшіру моментіндегі апериодикалық ток

$$i_{a\tau} = \sqrt{2} \cdot I_{\Sigma} \cdot e^{-\frac{\tau}{T_a}}. \quad (6.66)$$

Уақыт тұрақтысы қ.т. соққы тоғын есептегенде қарастырылады.

$e^{-\frac{\tau}{T_a}}$ есептеу үшін 6.8-кестені қолдануға болады.

Қ.т. кезінде τ моментінде синхронды машинаның жанында генератордан ток азаяды; жүйені қарастыратын болсақ, тоқты өшпейді деп қабылдаймыз

$$I_{n\tau} = \sum I_{n\tau_c} + I_c'' \quad (6.67)$$

мұнда, $\sum I_{n\tau_c}$ – қисық сызық бойынша анықталатын генераторлардың қосынды периодикалық тоғы;

I_c'' – жүйе тоғы.

Апериодикалық ток келесі қосындыға тең

$$i_{a\tau} = \sum i_{a\tau_c} + i_{a\tau_c} = \sqrt{2} \cdot (\sum I_c'' \cdot e^{-\frac{\tau}{T_c}} + I_c'' \cdot e^{-\frac{\tau}{T_{a0}}}) \quad (6.68)$$

қ.т. кезінде қуатты электр қозғалтқыштары жүктеме түйінінің жанында

$$I_{n\tau} = I_c'' + I_{n\tau 0} \quad (6.69)$$

мұнда, I_c'' – жүйенің өшпейтін периодикалық тоғы;

$I_{n\tau 0}$ – көмегімен анықталатын электр қозғалтқыштарының қ.т. өшірілуі моментіндегі периодикалық ток [24;29].

Апериодикалық ток

$$i_{a\tau} = i_{a\tau c} + i_{a\tau 0} = \sqrt{2} \cdot (I_c'' \cdot e^{-\frac{\tau}{T_{ac}}} + I_{a0}'' \cdot e^{-\frac{\tau}{T_{a0}}}) \quad (6.70)$$

Кейбір кезде, қ.т. симметриялы емес тоқтары үшфазалы қ.т. тоғынан үлкен болуы мүмкін, сондықтан ЭҚЕ (ПУЭ) бойынша қысқа тұйықталу тоғын есептеу үшін келесі мәселелерді қарастыру қажет:

а) аппараттардың және құралымдардың, тіректі қатты шиналардың динамикалық төзімділігін анықтау үшін – үшфазалық қ.т. тоғын;

б) аппараттардың және өткізгіштердің жылулық төзімділігін анықтау үшін – үшфазалық қ.т. тоғын;

в) аппараттардың қосатын немесе ажырататын қабілетін таңдау үшін, үшфазалы және бірфазалы жерге қосылған қысқа тұйықталу тоғының тораптағы ең үлкен шамасын алады (үлкен тұйықталу тоғымен жерлендірілген).

Асқын өтпелі екі және үшфазалы қ.т. тоқтары арасындағы байланысты [23;24]-ге сәйкес анықтауға болады. Қазіргі уақытта қ.т. тоқтарын есептеуге ЭЕМ (ЭВМ) кеңінен қолданылатынын атап өту керек.

6.6 Аппараттар мен электр қондырғылардың тоқ өткізгіштерін таңдау

6.6.1 Жалпы мәліметтер

Тарату құрылғыларының электр аппараттары қалыпты режимде де, болжамды ауытқуында да сенімді жұмыс істеуі қажет. Электр қондырғыларын жобалаудағы аппараттармен тоқ өтетін бөлшектерінің таңдалуы қалыпты режимдегі жұмыс шарты бойынша жүргізіледі және *қ.т.* кезіндегі жылулық және динамикалық төзімділігіне тексеріледі.

Аппараттар мен өткізгіштердің ұзақ қызуы шартына байланысты еселенген режимді келесі жағдайлардан қарастырамыз:

- а) параллель желілі тізбектерінің біреуі өшірілген кезінде;
- б) асқын жүктеме кезіндегі трансформатор тізбектері үшін;
- в) асқын жүктеме қабілеті бар кабельдерді қолдану кезінде;
- г) кернеудің 5%-ға төмендеуі мен номиналды қуаты кезіндегі генератор жұмысы үшін.

$$U_{opt} \leq U_H; \quad I_{ф.ж.ж.} \leq I_{H.т.ж.} \quad (6.71)$$

Электродинамикалық төзімділік аппараттың $i_{макс.}$ рұқсат етілетін максималды тоғымен сипатталады, ол үшін тоқ *қ.т.* үшфазалы соққы тоғына тең немесе одан үлкен болуы керек – $i_{макс.} \geq i_c$.

Аппараттардың және тоқ өткізетін бөліктердің жылулық төзімділігінің тексерілуі *қ.т.* тоқтары әсерінен болатын қыздырылуымен анықталады, ол үшін *қ.т.* тоғының есептеу уақытының әсерін білу керек. Бұл шамаға ажыратқышқа импульсті беру арқылы *қ.т.* тоғын өшіретін уақытын $t_{ош}$ және осы ажыратқышты ажыратудың толық уақыты кіреді.

$$t_{аж.} = t_{р.к.мин.} + t_{оз.} \quad (6.72)$$

$t_{аж.}$ мәні ажыратқыштардың техникалық сипаттамаларында келтірілген [23, 24, 25, 27, 28].

Жылулық төзімділігін тексеру үшін қ.т. жылу импульсінің $t_{ош}$ уақыты ішінде аппаратта және өткізгіште бөлінетін жылулық импульс мөлшерін сипаттайтын B_K шамасын анықтау қажет.

$$B_K = \int_0^{t_{ош}} i_{kt}^2 dt = B_{кн} + B_{ка} \quad (6.73)$$

мұнда, i_{kt} – t моментіндегі қ.т. тоғының лездік мәні;

$B_{кн}$ – периодикалық тоқтың жылулық импульсі;

$B_{ка}$ – аperiodикалық тоқтың жылулық импульсі.

Жылулық импульсті анықтау әдістемелігі [23,24,25] көрсетілген, бұл жерде *қ.т.* тоғының жылулық импульсі мына формуламен анықталады

$$B_K = I'' \cdot (t_{аж.} + T_a) \quad (6.74)$$

6.10-кестеде [23] электр аппараттары мен өткізгіштердің таңдалуында және тексерілуінде кейбір ерекшеліктері мен анықтағыш сипаттамалары келтірілген.

6.10-кесте.

Электр аппараттары мен өткізгіштерді таңдау және тексеру шарттары

Эл.аппарат немесе өткізгіш	Таңдау және тексеру шарттары (негізгілері)
Ажыратқыш	$U_{ном.} \geq U_{ном.жәлі}$ $I_{кос.} \geq I_{есеп.}$ $I_{кос.} \geq I_{есеп.} \quad (\text{рұқсат берілетін ажыратқыштың асқын жүктемесі кезінде})$ $I_{қалып.қосу.} \geq I_{п.о.}$ $i_{қалып.қосу.} \geq i_{сок.}$ $I_{шек.скв.} = I_{п.о.}$ $i_{шек.скв.} = i_{дин.} \geq i_{сок.}$ $I_{кал.тер.}^2 t_{кал.терм.} \geq B_K \quad \text{егер} \quad t_{аж.} \geq t_{кал.терм.}$ $I_{кал.тер.}^2 t_{аж.} \geq B_K \quad \text{егер} \quad t_{аж.} \geq t_{кал.терм.}$ $I_{ном.қосу.} \geq I_{аж.ном}$ $I_{кал.аж.} = \sqrt{2} \cdot (\beta_{ном.} / 100) I_{ном.аж.} \leq i_{ат}$ қондырғыда $\sqrt{2} \cdot (\beta_{ном.} / 100) I_{ном.ож.} \leq i_{ат}$ болса онда, келесі шартты орындау қажет: $\sqrt{2} \cdot (\beta_{ном.} / 100) I_{ном.аж.} \leq \sqrt{2} I_{аж.} + i_{ат}, \quad \text{одан соң}$ $u_{кал.в} > u_v \quad \text{тексеріледі.}$
Айырғыш	$U_{ном.} \geq U_{ном.жәлі}$ $I_{ном.} \geq I_{есеп.}$ $i_{шек.скв.} = i_{дин.} \geq i_{сок.}$ $I_{кал.тер.}^2 t_{кал.терн.} \geq B_K \quad \text{егер} \quad t_{аж.} < t_{кал.терм.}$ $I_{кал.тер.}^2 t_{аж.терм.} \geq B_K \quad \text{егер} \quad t_{аж.} \geq t_{кал.терм.}$

Бөлектеуіш	$U_{ном.} \geq U_{ном.жәлі}$ $I_{кос.} \geq I_{.есеп.}$ $i_{шек.скв.} = i_{дин.} \geq i_{сок.}$ $I_{кал.тер.}^2 t_{кал.терм.} \geq B_k \text{ егер } t_{аж.} \geq t_{кал.терм.}$ $I_{кал.тер.}^2 t_{а.ж.} \geq B_k \text{ егер } t_{аж.} < t_{кал.терм.}$
Қысқа тұйықтауыш	$U_{ном.} \geq U_{ном.жәлі}$ $i_{шек.скв.} = i_{дин.} \geq i_{сок.}$ $I_{кал.тер.}^2 t_{кал.терм.} \geq B_k \text{ егер } t_{аж.} \geq t_{кал.терм.}$ $I_{кал.тер.}^2 t_{а.ж.} \geq B_k \text{ егер } t_{аж.} < t_{кал.терм.}$
Сақтандырғыш	$U_{ном.} \geq U_{ном.жәлі}$ $I_{кос.} \geq I_{.есеп.}$ $I_{кос.а.ж.} \geq I_{п.о.}$
Жүктеме ажыратқышы	$U_{ном.} \geq U_{ном.жәлі}$ $I_{кос.} \geq I_{.есеп.}$ $I_{кос.кос.} \geq I_{п.к.}$ $I_{кос.кос.} \geq I_{сок.}$ $i_{калып.косу.} = i_{сок.}$ $i_{шек.скв.} = i_{дин.} \geq i_{сок.}$ $I_{кал.тер.}^2 t_{кал.терм.} \geq B_k \text{ егер } t_{аж.} \geq t_{кал.терм.}$ $I_{кал.тер.}^2 t_{а.ж.} \geq B_k \text{ егер } t_{аж.} < t_{кал.терм.}$ $I_{ном.а.ж.} \geq I_{ном.} \geq I_{жум.г}$ Кейбір жағдайда $I_{ном.ош.} \geq I_{ном.}$ (байланыс пайдалану қағаздарында көрсетілген).

Разрядтауыш	$U_{ном.} \geq U_{ном.жәлі}$ $u_{ном.} \geq u_{есеп.}$ $u_{кад.} \geq u_{есеп.}$ $i_{РБ. а.ж.} \geq i_{есеп.}$
Ток трансформаторы	$U_{ном.} \geq U_{ном.көнд}$ $I_{1ном.} \geq I_{есеп.}; I_{1ном.} \geq I_{max.}$ $i_{дин.} \geq i_{дин.} \sqrt{2} I_{1ном.}; i_{дин.} \geq i_c$ $I_{тер.}^2 t_{тер.} = (k_{тер.} I_{1ном.})^2 t_{тер.} \geq B_k$ $Z_{2ном.} \geq Z_{2есеп.} \quad (\text{дәлдік класы қажетінде}).$
Тіреуіш окшаулатқыш	$U_{ном.} \geq U_{ном.жәлі}$ $F_{кос.} \geq F_{бөлк.} \geq F_{есеп.} \quad (\text{жалғыз окшауландырғыш})$ $F_{РБ} \geq 0.6 \cdot F_{бөлк.} \geq F_{есеп.} \quad (\text{жалғыз окшауландырғыш})$
Өткерме окшаулатқыш	$U_{ном.} \geq U_{ном.жәлі}$ $I_{ном.} \geq I_{есеп.}$ $F_{РБ} \geq 0.6 \cdot F_{бөлк.} \geq F_{есеп.}$
Реактор	$U_{ном.} \geq U_{ном.жәлі}$ $I_{ном.} \geq I_{есеп.}$ $i_{дин.} \geq i_{сок.}$ $I_{кал.тер.}^2 t_{кал.тер.} \geq B_K.$ $X_p \geq X_{есеп.р.} \quad (\text{қалыпты жұмыс кезіндегі шектеулі қ.т. токтарының және шектеулі кернеу шығынының шарты бойынша анықталады}).$
Автоматтық ажыратқыш	$U_{ном.} \geq U_{ном.жәлі}$ $I_{ном.} \geq I_{есеп.}$ $i_{е.у.РБ..} \geq i_{сок.}$ $i_{дин.} \geq i_{сок.}$ $I_{кал.тер.}^2 t_{кал.тер.} \geq B_K.$ $I_{ном.а.ж.} \geq I_{к.т.п.о}$

Түйістіргіш	$U_{ном.} \geq U_{ном.жәлі}$ $I_{ном.} \geq I_{есеп.} = I_{жум.}$ $P_{РБ.} \geq P_{РБ.}$
Магнитті іске қосқыш	$U_{ном.} \geq U_{ном.жәлі}$ $I_{ном.} \geq I_{есеп.} = I_{жум.}$ $P_{РБ.} \geq P_{РБ.}$
Шаппа қосқыш	$U_{ном.} \geq U_{ном.жәлі}$ $I_{ном.} \geq I_{есеп.}$ $i_{дин.} \geq i_{сок.}$ $I_{кал.тер.}^2 \cdot t_{кал.тер.} \geq B_K, \quad I_{ном.ош.} \geq I_{жум.т}$
Кернеу трансформаторы	$U_{ном.} \geq U_{конт}$ $S_{2\Sigma} \leq S_{ном}$ $S_{2\Sigma} = \sqrt{(\Sigma S_{құрал} \cdot \cos \varphi_{құрал})^2 + (\Sigma S_{құрал} \cdot \sin \varphi_{құрал})^2} = \sqrt{P_{құрал}^2 + Q_{құрал}^2}$
Кабель, оқшауланған сым	$U_{ном.} \geq U_{ном.жәлі}$ $S = S_{эки.} = I_{кал.есеп.} / J_{эки.}$ $I_{ном.} \geq I_{есеп.}$ $I_{РБ.а.ж.} \geq I_{есеп.}$ $v_{РБ.} \geq v_{есеп} \text{ немесе } S \geq S_{тер.мин.} = \sqrt{B_K} / C_{тер.}$
Жабық шиналы ток өткізгіш сым	$U_{ном.} \geq U_{ном.жәлі}$ $I_{ном.} \geq I_{есеп.}$ $i_{дин.} \geq i_{сок.}$ $I_{кал.тер.}^2 \cdot t_{кал.тер.} \geq B_K.$
Шина, оқшауланбаған сым	$I_{жалг.} \geq I_{есеп.}$ $\sigma_{РБ.} \geq \sigma_{есеп.}$ $v_{РБ.} \geq v_{есеп} \text{ немесе } S \geq S_{тер.мин.} = \sqrt{B_K} / C_{тер.}$

Ескертулер

1. Оң жақ бөлігіндегі $i_{но}, i_{сок.}, B_K, I_{нт}, i_{ат}, u_{в}, I_{к.т.л.к.}, I_{пток.}, u_K$ шамалары көп жағдайда тізбек немесе қондырғы шарттарында есептеу мәндерімен көрсетілу керек. Мәтінде $I_{но}$ шамасы I'' деп көрсетілген;

2. Кестеде келесі белгілер қолданылған: $I_{но}$ – бастапқы моменттегі қ.т.

күтілетін тоғының периодикалық құрамының әрекет мәні; $I_{пто}$ – бастапқы моменттегі аппараттық доға сөндіргіш түйіспенің ажыратылуы; $I_{жсжм.т}$ – аппараттық доға сөндіргіш түйіспелерінің ажырату моментінің тізбектегі жұмыс тоғы; $u_{сок.}$ – разрядтауыштың импульстық, соккы кернеуі; $u_{кал.}$ – разрядтауыш арқылы ток өткен кездегі, разрядтауыштағы үлкен кернеу; $u_{РБ}$ – разрядтауыш қорғайтын, электр қондырғы элементтерінің оқшауламасындағы берілетін рұқсатты есептік кернеу; $i_{р.б.есеп.}$ – разрядтауыш үзе алатын ілеспе шекті тоғының рұқсат берілген мәні; $P_{РБ}$ және $P_{есеп.}$ – электр аппарат көмегімен, торапқа қосылатын электр қозғалтқыштардың сәйкесінше рұқсат берілетін және есептік қуаттары; $T_{е.у.}$ – жүктемені пайдалану уақыты; $I_{нт}$ – асқын жүктеме тоғы; $K_{мер.}$ – жылулық тұрақтылықтың ток еселігі; $K_{дин.}$ – динамикалық тұрақтылықтың ток еселігі.

6.6.2 Ажыратқыштарды таңдау

Ажыртақышты U номиналды кернеу, $I_{ұз.н.}$ ұзақ номиналды ток, ажырату қабілеті бойынша таңдайды, одан соң оның жылулық және динамикалық төзімділігін тексереді. Сондықтан, ажыратқыштар үшін номиналды ток өшірілу кезіндегі қалпына келу кернеуінің параметрлерімен қамтамасыздандыру керек (қалпына келу кернеуінің қалыпты қисығы, dU_B / dt қалпына келу кернеуінің жылдамдығы; $q_{а.ж.}$ амплитуда жоғарылату коэффициенті). Қалпына келу кернеуінің жылдамдығын завод-өндіруші өткізеді және жобалау тәжірибесінде тексеру өткізілмейді.

Электродинамикалық төзімділігін I'' және i_y анықтау жолымен өткізіледі және бұл мәндерді $I_{нр.с.}$ тесіп өтетін симметриялық тоғымен салыстыруы көмегімен және $1.8 \cdot \sqrt{2} \cdot I_{нр.с.}$ тең болғанда ассиметриялы шектеуші тоғы мына шартқа тексеріледі

$$I_{нр.с.} \geq I''; \quad 1.8 \cdot \sqrt{2} \cdot I_{нр.с.} \geq i_c \quad (6.75)$$

Термиялық төзімділікке тексеру шарты

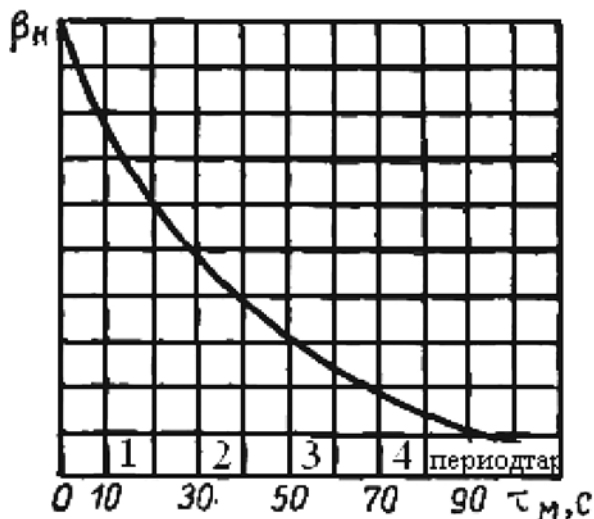
$$B_k \leq I_{mn}^2 \cdot t_{mn} \quad (6.76)$$

$$I_{\infty}^2 \cdot t_{\phi} \leq I_{mn}^2 \cdot t_{mn}$$

мұнда, I_{mn} - t_{mn} жылулық төзімділіктің номиналды уақыты кезіндегі бұзылусыз жұмыс істейтін аппараттың жылулық төзімділігінің номиналды тоғы.

ГОСТ 687-70 бойынша $I_{mn} = I_{н.ошп.}$; $t_{mn} = 4$ с – ажыратқыштар кернеуі 35 кВ дейін және де кернеуі 110 кВ, солай да $t_{mn} = 3$ с жоғары мәндерге арналған.

Одан басқа, ажыратқыштар ажырату қабілеттілігімен тексеріледі және келесі жағдайлармен сипатталады: $I_{н.ош.}$ номиналды симметриялы ажырату тоғын (каталогта берілген) және β_{τ} аperiodикалық құрамының номиналды салыстырмалы құрамымен (τ уақытына арналған қ.т. тоғы пайда болуынан, түйіспелердің ажырауына дейін 6.14 суреті бойынша $\beta_{\tau} = f(\tau)$ қисығымен анықталады).



6.14-сурет. Қысқа тұйықталу тоғынын салыстырмалы номиналды апериодикалық құрамының ажыратылу уақытының есептелінуіне тәуелділігі

Өшірілу қабілетін тексеру үшін қ.т. есептеу тоғынан туындайтын $I_{n\tau}$, $I_{a\tau}$ білу қажет.

6.6.3 Айырғыштарды таңдау

Айырғыштар ұзақ уақытқа есептелінген номиналды тоғы және номиналды кернеуі бойынша таңдалады және каталогтық есептеу деректерімен салыстыру жолымен 6.10-кестеде келтірілген шарттары бойынша термиялық және динамикалық төзімділігін тексеру керек. Айырғыштардың есептеу шамалары, ажыратқыштар шамаларымен сәйкес.

6.6.4 Реакторларды таңдау

Реакторлар номиналды ток, кернеу және индуктивті кедергі бойынша таңдалады. Термиялық төзімділікке барлық реакторлар таңдалады; ал электродинамикасында – 3% дейін реактивтілігін қоса есептейді.

Электрқондырғылардың сұлбаларында желілі және секциялы реакторлар қаралады. Желілік реаактор каталогы бойынша $I_{жұм}$ және $Xp\%$ шамаларымен таңдалады. Қажетті тарату желілеріндегі индуктивті кедергі қ.т. тоқтарының шектеу шарттарымен анықталады. Әдетте электр берілісі желілерінің шықпаларында ажыратқыштың типі (мысалы, ВМТ-10, $I_{н.ош} = 20\text{кА}$) және 6.15-суретіндегі реактордағы қ.т. нүктесіне сәйкес барлық сұлбаның эквивалентті кедергісін анықтайды

$$X_{*рез.к2} = \frac{I_{\delta}}{I_{аж.ош.}} = X_{*c} + X_{*p} \quad (6.77)$$

мұнда X_{*c} – реактор қосылу жеріне дейінгі *қ.т.* тізбегінің қорытынды кедергісі (К1 нүктесіндегі қ.т. тоқтарының есептеуінен белгілі);

X_{*p} – базистік шарттарға келтірілген реактордың индуктивті кедергісі.

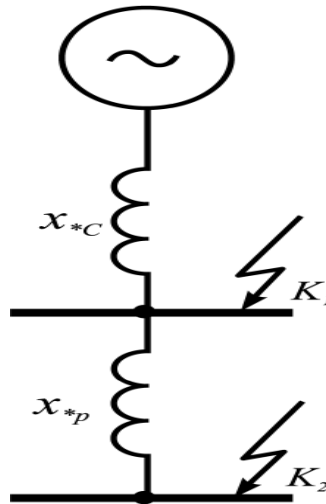
Осыдан реактордың кедергісі

$$X_{*p} = X_{*к2} - X_{*c} \quad (6.78)$$

$$Xp\% = X_{*p} \cdot \frac{I_n}{I_{\delta}} \cdot \frac{U_{опн.}}{U_n} \cdot 100\% \quad (6.79)$$

$Xp\%$ үлкен стандартты мәнімен реактор таңдалады, реактордағы *қ.т.* әрекет тоғын есептейді және реакторды термиялық және динамикалық төзімділікке тексереді. Реактордағы *қ.т.* тоғының периодикалық қосындысын уақыт бойынша өзгермейтін деп қарайды. Реакторлардың желілік кедергісін 3-5% деп алады, өйткені қалыпты режимде реакторда кернеу шығыны болатындығы келесі формуламен айқындалады

$$\Delta Up\% = X_p \cdot \frac{I_{жсум.}}{I_{н.уз.}} \cdot \sin \varphi \quad (6.80)$$



6.15-сурет. Реактор кедергісін анықтау үшін есептік сұлба

Кернеуді реттеу шарты бойынша $\Delta U_{кос\%} = 1,5-2\%$.

Реактордағы *қ.т.* кезінде желілік реакторлар орналасу шиналарында қалдық кернеуін ұстап тұрады

$$U_{қалд.\%} = Xp\% \cdot \frac{I_{к2}}{I_{уз.н.}} \quad (6.81)$$

Қозғалтқыштың өзін қосумен қамтамасыздандыру шарты бойынша

$$U_{\text{кал.}\%} \geq 65 - 70$$

Электр желілерінің сандарының көп болуы жағдайында топтық реакторларды қолданады. Олар желілік реактордың санын азайтады және ТҚ арзандатады.

Қосарлық реакторды да орналастыруға болады. Қосарлы реактор шықпасына энергия көзін қосады, шеткілеріне – тұтынушылар желісін. Қ.т. кезінде желіде қосарлы реактор бір тізбекті режімінде жұмыс істейді және де жоғарыға сәйкесті тармақ индуктивті кедергісіне таңдау жүргізіледі. Жұмыс режіміндегі қосарлы реактордағы кернеу шығыны

$$U_{\text{кал.}\%} = X_p\% \cdot \frac{I_{\kappa 2}}{I_{\text{уз.н.}}} \cdot (1 - k) \cdot \sin \varphi \quad (6.82)$$

мұнда, k – байланыс коэффициенті; әдетте $k = 0,5$ тең.

Солай да қосарлы реакторға үлкен кедергі қабылдауға болады, ал кернеу шығыны бұл жағдайда рұқсат берілетін шегінде болады. Секциялық реактордың индуктивтік кедергісін $X_p = 8-12\%$ деп алады.

6.6.5 Кабельдерді таңдау

Күштік кабельдер қалыпты режім шарты және қ.т. кезіндегі термиялық төзімділігі бойынша таңдалады.

Қалыпты режім шартынан кабельді номиналды кернеу бойынша, ал жеделдетілген жұмыс кезіндегі тоқтың экономикалық тығыздығы және ұзақ жылуландыру тоғы бойынша таңдалады.

Стандартты қима үшін арналған рұқсат берілетін ұзақтық тоқтар кестесі бойынша жеделдетілген жұмыс режімінің $I_{\text{фор.жұм.}}$ тоғын біле отырып, үшталсым кабель қимасын анықтай аламыз. Бұл кестелер температурасы 15°C дейін және әуеде 25°C температурасындағы салынған бірлік кабельдер үшін құрастырылған. Берілген шарттардан айырықша болғанда жер температурасына, және кабель саны үшін түзеу коэффициенттерін енгізу керек. Ұзақтығы берілетін тоқтың шамасы

$$I'_{\text{бер.}} = K_1 \cdot K_2 - I_{\text{кос.}} \quad (6.83)$$

Таңдау шарты

$$I'_{\text{бер.}} \geq I_{\text{форс.жұм.}} \quad (6.84)$$

Тоқтың экономикалық тығыздығы бойынша кабель қимасын таңдау келесі формуламен анықталады

$$S_{\text{эк.}} = \frac{I_{\text{ном.}}}{j_{\text{эк.}}} \quad (6.85)$$

мұнда, $j_{\text{эк.}}$ – 6.11-кестеде, тоқтың экономикалық тығыздығы, А/мм^2 келтірілген.

Тоқтың экономикалық тығыздығы

Тоқтың экономикалық тығыздығы $J_{\text{эк}}, \text{А/мм}^2$	$T_{\text{мах}}$, жүктемені пайдалану уақыты, с/жыл		
	3000 дейін	3000-5000	5000
Қағаз оқшауламалы кабельдер:			
• мыс талсымы	3,0	2,5	2,0
• алюминий талсымы	1,6 (1,8)	1,4 (1,6)	1,2 (1,5)
Сымдар және шиналар:			
• мысты	2,5	2,1	1,8
• алюминийлі	1,3 (1,5)	1,1 (1,4)	1,0 (1,3)

Оқу жобасында $T_{\text{мах}}$ генератор кернеуіндегі тұтынушылар кабельдерін 3000-5000с. аралығында таңдауға болады. Байланыс генераторлары мен трансформатор кабельдері үшін $T_{\text{мах}} > 5000$ с деп қабылдауға болады (шартты түрде).

Тоқтың экономикалық тығыздығы оның орналасу аймағына байланысты. 6.11-кестеде жақшасыз ТМД-ның еуропалық бөлігіне, Закавказье және Шығыс жерлері үшін мәндер берілген, ал жақшада – орталық Сібір, Қазақстан және Орталық Азия жерлері үшін.

Термиялық төзімділік шарты бойынша кабельдің орташа қимасы

$$S_{\text{мин.}} = \sqrt{\frac{B_{\kappa}}{A_{\text{бер.к.}} - A_{\kappa}}} \quad (6.86)$$

мұнда, $A_{\kappa} - \theta_{\kappa}$ температурасы кезіндегі қалыпты режимдегі өткізгіштің жылулық күйін сипаттайтын шама;

$A_{\text{бер.к.}} - \theta_{\text{бер.к}}$ температурасы қ.т. аяқтау кезіндегі өткізгіштердің берілетін жылулық күшін сипаттайтын шама.

Егер қалыпты режим бойынша қима $S_{\text{мин.}}$ жоғары болса, кабель термиялық төзімді болады.

6.6.6 Шиналарды және оқшаулатқыштарды таңдау

Шиналар қалыпты режим шарты бойынша таңдалады, сонымен қатар термиялық және электродинамикалық төзімділікке тексеріледі де, кернеуі 20 кВ-қа дейін ЖТҚ-дағы жинақтаушы шиналары алюминийлік парақтарынан жасалады. Болатты шиналар жүктеме 300-400 А-ден аспайтын аз қуатты электр қондырғыларында қолданылады. Шеңберліге карағанда тікбұрышты өткізгіштерді қолдану үнемдірек болады. Аймағы тең жағдайда шеңберімен салыстырғанда тікбұрышты бүйірлі шиналардың салқынлату беті үлкен.

35 кВ және одан да жоғары қондырғылардағы тәждегі шығынын азайту үшін шеңберлі қимасы бар сымдар қолданылады. Қимасы тікбұрышты шиналардың орналастыруының әртүрлі жолдары 6.16-суретте көрсетілген.

Бір полюсті шиналармен бірге мына параметрлер $I_{\text{кос.}} = 2070 \text{ А } 120 \times 10 \text{ мм}^2$ алюминийлік шиналарға арналған. Үлкен тоқ кезінде фазасы үшін үш сызықтан құрастырылған көп сызықты шина-пакеттері қолданылады. Көп сызықты шиналарды ауыспалы тоғы бар қондырғыларда жақындату эффекті әсерінен тоқ шина қимасы бойымен тең емес таралады. Солай ғана, үш сызықты пакеттегі шеткі сызықтарында 40%, ал ортанғысында – тек 20% ғана тоқ өтеді.

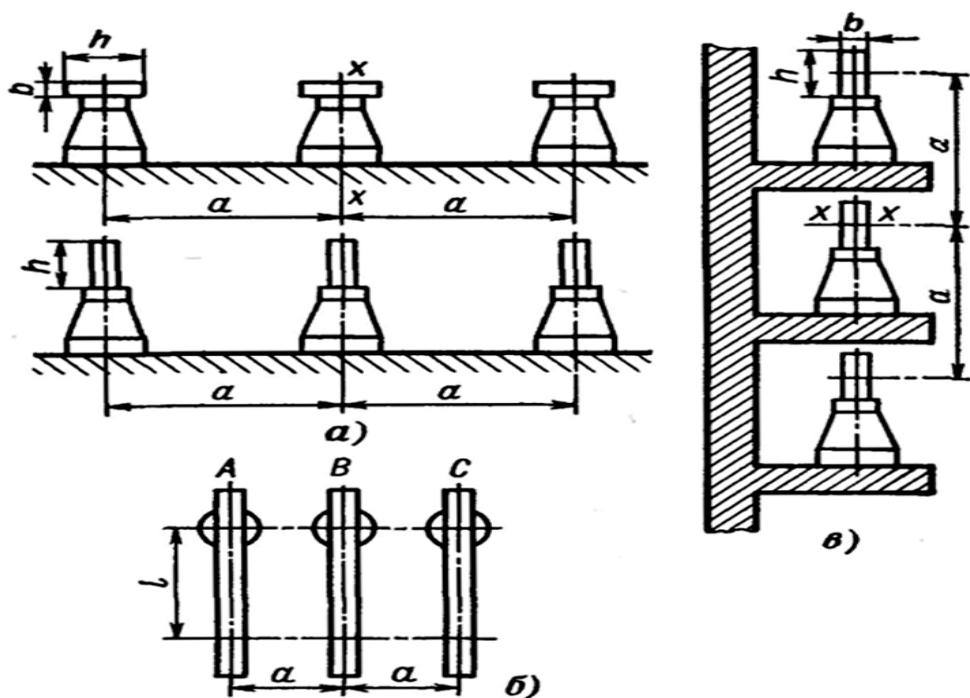
Екі сызықты шинаға рұқсат берілетін, асып кететін жұмыс тоқтары үшін қырынан қарағандағы көрінісі астаулы кескінді шиналарды қолданған жөн, яғни фазасына екі швеллері орналасқан пакеттер 6.17-суретпен сәйкес формасы бойынша толық шаршыға сәйкес келеді.

ТҚ шиналары стандартталған. Стандартты қима шиналарынан $I_{\text{бер.уз}}$ берілетін тоқтардың деректері анықтама және каталогтарда келтірілген. Айналасы $+25^\circ\text{C}$ жететін ауа температурасы кезінде кесте құрастыруының берілетін жылыту температурасы 70°C болады. Жатқызылған қимасы тікбұрышты шиналар үшін берілген ұзақтық тоқтың шамасы кестенің мәндерімен салыстырғанда: ені 60 мм шина үшін 5%-ға, ал 60 мм-ден көп болса – 8%-ға төмендейді.

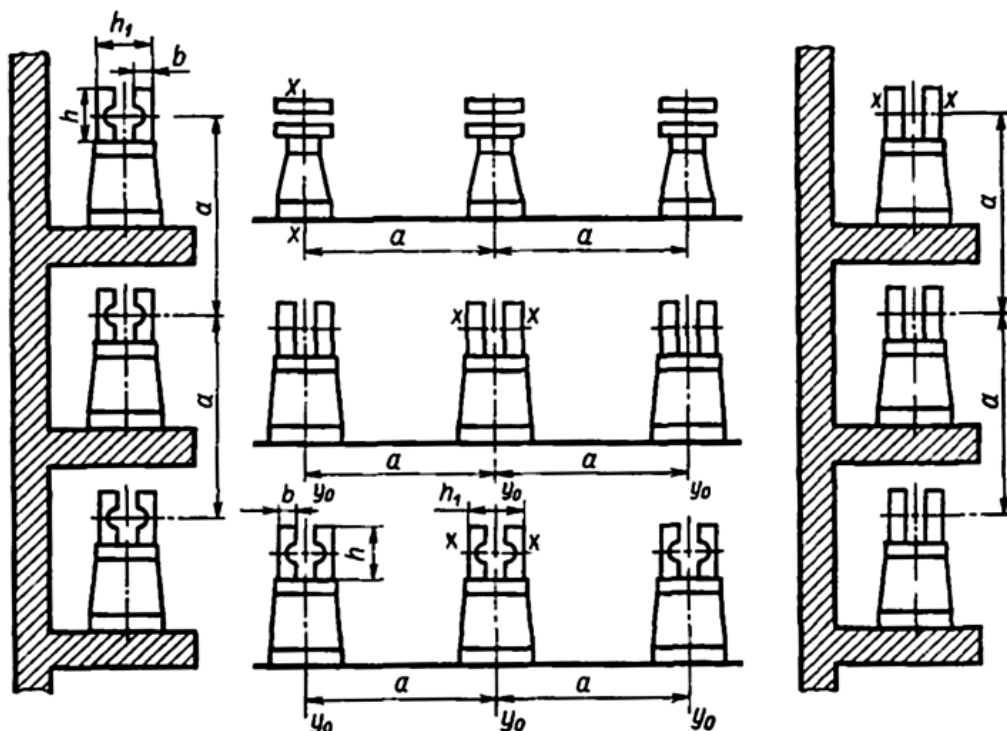
Жұмыс режимі бойынша шина таңдау шарты

$$I_p \geq I_{\text{ж.ж.ж.м}} \quad (6.87)$$

$I_{\text{фор.ж.ж.м}}$ станция мен қосалқы станция жинақтаушы шиналары үшін қалыпты емес пайдалану режимдеріндегі максималды мүмкін болатын тоғы.



6.16-сурет. Бір сызықты шиналардың орналасуының әртүрлі жағдайлары



6.17-сурет. Шина пакеттерінің орналасуының әртүрлі жағдайлары

Шиналардың үнемдік қимасы: $S_{эк.} = I_{ном.} / j_{эк.}$, $j_{эк.}$ мәндері 6.11-кестеде келтірілген.

Барлық кернеулердің ТҚ жинақтаушы шиналарын тоқтың экономикалық тығыздығы бойынша тандамайды. Шиналардағы термиялық төзімділікке тексеру кабельге сәйкес, яғни ең аз термиялық төзімділікті қима анықтайды

$$S_{мин.} = \sqrt{\frac{B_{к.}}{A_{бер.к.} - A_{к.}}} \quad (6.88)$$

мұнда, $A_{к.бер.}$ – алюминий шиналары үшін $\Theta_{к.бер.} = 200^\circ$ кезінде анықтамалардағы [12,15] қисық сызықтары бойынша анықталады және $\Theta_{к.бер.} = 300^\circ$ кезінде мысты шиналары үшін; $A_{н.}$ шамасы $\Theta_{к.бер.} = 70^\circ$ кезінде анықталады.

Егер шина жүктемесі жылыту шарты бойынша берілгеннен төмен болса, яғни $I_{н.} \leq I_{бер.}$, онда шиналау қалыпты режимде жылынады және 70°C төмен болады

$$\Theta_{н.} = \Theta_{орт.} + (\Theta_{н.бер.} - \Theta_{орт.}) \cdot \left(\frac{I_{н.}}{I_{бер.}} \right)^2 \quad (6.89)$$

мұнда, $\Theta_{орт.}$ - қоршаған ортаның температурасы (25°).

Шиналар мен өткізгіштерді электродинамикалық төзімділікке тексеру электродинамикалық күшейту және тоқ өткізгіш құрылысының механикалық есептеуінен анықталады.

Механикалық есептеу кезінде әрбір фазаның шинасы, тіректе босап жатқан тең

таралған жүктеменің әсерінен көп аралық балкаға сәйкес. Бұл жағдайда жүктеме үшін майысу моменті

$$M = \frac{f \cdot l^2}{10} \quad (6.90)$$

мұнда, l – шина бойындағы оқшаулатқыштар арасындағы арақашықтық, м;
 f – шина ұзындық бірлігіне келетін күш, Н/м.

Үш фазалы қ.т. кезінде ортаңғы фазаның ұзындық бірлігіне келетін күш

$$f_{\text{макс}} = 176 \cdot \frac{i_y^2}{a} \cdot 10^{-7}, \text{ Н/м} \quad (6.91)$$

мұнда, a – шектес фазалар арасындағы арақашықтық, м;

i_y – қ.т. соққы тоғы, А.

Майысу моменті әсерінен шина ішінде пайда болатын кернеуді $\delta_{\text{бер.}}$ берілетін мәнімен салыстыру қажет

$$\delta_{\text{есеп.}} = \frac{M}{W} = \frac{f \cdot l^2}{10W} \leq \delta_{\text{бер.}} \quad (6.92)$$

мұнда, $\delta_{\text{бер.}}$ – шина кедергісінің моменті, м³.

Әртүрлі материал үшін $\delta_{\text{бер.}}$ мәні: МТ мыс – 140; АТ - 70 алюминий;
 болат - 160.

Кедергі моменті шина формасы өлшеміне және өзара орналасуына байланысты.
 6.16 а, в-суретпен сәйкес майысу күш сызығы қырына әсер еткендегі тікбұрышты қималы шина үшін

$$W_x = \frac{b \cdot h^2}{6} \quad (6.93)$$

ал ендік жағына, онда

$$W_y = \frac{b \cdot h^2}{6} \quad (6.94)$$

Шеңберлі құбырлы қима үшін

$$W = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{D^4 - d^4}{D} \approx 0,1 \frac{D^4 - d^4}{D} \quad (6.95)$$

W кедергі моментінен басқа негізгі есептеу шартын қарастыру қажет

$$\delta_{\text{есеп.}} \leq \delta_{\text{бер.}} \quad (6.96)$$

Ол үшін l тіреуіш оқшаулағыш арасындағы шиналар мен өткін арақашықтарын таңдау қажет.

6, 10, 20 кВ кернеулі қондырғыларда ТҚ әуедегі электр беріктік шарттары бойынша жарықтағы фазалар арасы 100, 130, 200 мм сәйкес болу керек.

Құралымдық пікірді ескергенде $a=400-600\text{мм}$.

Тіреуіш оқшаулатқыштар арасындағы өткінді $1,5\div 2\text{ м}$ ауқымында және ТҚ ұяшығының қысқа қадамында таңдайды.

Сонымен l өткін шамасынан тіреуіш шина оқшауламалардың механикалық беріктігі байланысы деп есептелінеді, сондықтан оқшауламаларды таңдау шиналарды таңдаумен бір сәтте жүргізіледі. Фазааралық күштен шығатын тіреуіш оқшаулағыштардың жүктеме шамасы

$$F_{\text{макс}} = f_{\text{макс}} \cdot l \quad (6.97)$$

мына берілгеннен аспау керек

$$F_{\text{макс}} \leq F_{\text{бер.}} \quad (6.98)$$

Ішкі қондырғыдағы тіректік оқшауландырғыштар механикалық беріктігі бойынша 6.12-кестеде келтірілген топтарғы бөлінеді. Есептеу кезінде тірек оқшауламаларының беріктігі жүктемені бұзатын $0,6$ -дан қабылданады ($0,6 F_{\text{бұз.}}$).

Көп сызықты шиналарға, яғни пакетке 2 немесе 3 сызық кіргенде, ішкі пакет сызықтары және фазалар арасындағы электродинамикалық күштер пайда болады. Екі сызықты пакетті шина материалындағы толық кернеу, пакет пен фазалар сызықтарының өзара әсерлесуінен пайда болады.

$$\delta_{\text{есеп.}} = \delta_{\phi} + \delta_n \quad (6.99)$$

6.12-кесте.

Оқшаулатқыштарға рұқсат берілетін жүктеме

Оқшауландырғыштың түрі	$F_{\text{бұз. айналмаға?}} H$
ОФ – 6 - 375, ОФ – 10 - 375, ОФ – 20 - 375, ОФ – 35 - 375	3750
ОФ – 6 - 750, ОФ – 10 - 750, ОФ – 20 - 750, ОФ – 35 - 750	7500
ОФ – 10 - 1250	12500
ОФ – 10 - 2000, ОФ - 20-2000	20000
ОФ – 20 - 3000	30000

δ_{ϕ} кернеуі бір сызықты шинада сияқты анықталады. Пакет ішіндегі күш басқа тәсілмен табылады.

Оқшаулатқышты таңдау

Барлық оқшаулытқыштарды кернеуіне, оны орнататын жеріне және шектеулі механикалық күшіне қарай таңдайды.

Өтпелі оқшаулатқыш номиналь ток бойынша, номинал кернеуден асатын

кернеу жағдайында сенімді жұмыс істейді. 15%-да 35 кВ-қа дейін және 10%-да 110 және 220 кВ, өйткені электр қондырғысының максималь жұмыс кернеуі номиналь кернеуден 5-10% ғана асатындықтан, оны кернеуі бойынша таңдаған кезде мынадай шарт орындалса жеткілікті [23,24,25,26,27]:

$$I_{т.ном} \geq I_{конд.ном} \quad (6.100)$$

мұндағы, $I_{т.ном}$ – оқшаулатқыштың номиналь кернеуі;
 $I_{конд.ном}$ – қондырғының номиналь кернеуі.

Орнатылу түріне қарай таңдау деп, ішке немесе сыртқа орнатылуын айтады. Оқшаулатқышты шектеулі механикалық күшіне қарай таңдағанда мынадай жағдайлар сақталуы тиіс:

$$F_{есепт.} \leq F_{бүлдр.} \quad (6.101)$$

мұндағы, $F_{есепт.}$ – үш фазалы қысқа тұйықталатын соққы тоғы оқшаулатқыштың ең көп есепті күші; $F_{бүлдр.}$ – каталог бойынша бүлдіретін күш; 0,6 – беріктік запасының коэффициенті.

Өтпелі номинал токтан шыққан кезде мынадай жағдай сақталуы тиіс:

$$I_{т.ном} \geq I_{норм.макс} \quad (6.102)$$

мұндағы, $I_{норм.макс}$ – тізбектегі токтың максималь мәні.

6.6.7 Комплектілі экрандалған ток өткізгіштер. Жалпы мәліметтер

Жоғарылатқыш күштік трансформаторлары бар қуатты турбогенераторлардың шықпаларын байланыстыру үшін қазіргі уақытта комплектілі экрандалған ток өткізгіштерді қолданады (КЭТ), оның әр фазасы металлды (алюминийлі) қорғанған қаптамаға оралған.

[30,37] ережелерге сәйкес, экрандалған токөткелдерді қолдану 160 МВт және одан да жоғары барлық турбогенераторларға арналған.

Алай да КЭТ-ті қолдану машина залында және ашық бөліктерде, қуаты 60 және 100 МВт дейінгі турбогенераторларда болады, егер жоғарылатқыш трансформатор машина залынан 15 м жерде орналасқан болса.

Үлкен қашықтықта ашық бөліктерде иілгіш ток өткізгіштерді, ал машзал шегінде комплектілі экрандалған токөткелдерді қолданған жөн.

Токөткелдер генератордың номиналды параметрлері бойынша таңдалады, ал жабық токөткелдердің электродинамикалық беріктігі электродинамикалық беріктіктің максимал $i_{макс}$ тоғымен сипатталады, және бұл ток қ.т. соққы тоғынан жоғары болуы керек.

Қысымда майысатын болат-алюминийлі сымдар түрінде болатын 35 кВ және одан да жоғары ТҚ-ның шиналары, жылыну [30,37,42] кезіндегі берілетін ток

жүктемесі бойынша таңдалады, термиялық төзімділікке және тәжденуге тексеріледі.

ЕҚЕ (ПУЭ)-ге сәйкес ТҚ-ның майысуын шиналарының қ.т. тоғының электродинамикалық әсерінен болатын түйісу және қауіпті жақындауға жағдайларын міндетті түрде тексеру қажет. Курстық және дипломдық жобалауда бұл жағдайлар тексерілмейді.

6.6.8 Өлшеуіштік ток және кернеу трансформаторларын таңдау. Жалпы түсініктеме

Барлық тізбектердегі өлшеуіш құралдарды қоректендіру үшін ток трансформаторларын (ТТ) қолданады.

Бірнеше өзекшесі бар ТТ-ны қолданған жөн. Бір немесе одан да көп өзекшелер бар өлшеуіш құралдарын сәйкес дәлдік класы үшін, ал басқалары – релелі қорғаныс үшін қолданады.

Өлшеуіштік жүйедегі немесе релелік қорғаныс қажеттілігіне байланысты ток трансформаторлары (ТТ) жинақтауыш шиналарда орналасқан. Одан өлшеуіштік құралдардың ток орауыштары, синхрондау, оқшаулама бақылау құралдары, релелік қорғаныс құралдары қоректенеді.

Генератор кернеуінің жинақтауыш шиналары бар жылу электр станцияларындағы өлшеуіш құралдары мен өлшеуіштік трансформаторлардың, генератор-трансформатор блогының тізбегіндегі орналасуы көрсетілген [12].

Жобада бір немесе екі байланыс тізбегіндегі кернеу және ток өлшеуіштік трансформаторлары таңдалады. Мысалы, генератордың немесе ө.м. трансформатордың немесе тұтынушыларға жіберілетін кабельді желілер таңдалынады. Ол үшін негізгі қондырғының қуатына байланысты, ЕҚЕ (ПУЭ) ережесімен сәйкес байланыс тізбегіндегі құралдардың қосылу сұлбасы құрылады, олардың түрі анықталады, ақыр аяғында анықтама дерегімен сәйкес параллель және тізбектей қосылған тізбектердің орамасының тұтынатын қуаты анықталады [29].

Генератор тізбектерінде, мысалы, үшфазадағы амперметрлер, вольтметрлер, жиілікметрлер, көрсететін және тіркейтін ваттметрлер және реактивті вольтамперметрлер, активті және реактивті энергияның санауыштары орналастырылады. Генератор тізбегіндегі генератор шықпаларында, әдетте екі өзекшесі бар, екі ток трансформаторлары орналастырылады, біреуі – релелік қорғаныс үшін, басқасы (дәлдік класы 0,5 болатын) – өлшеуіш құралдарын қосу және компаундау үшін.

Генератор тізбегінде бірнеше кернеу трансформаторлары орналасады: электромагниттік түзеткіштің қоздырғыш реттеуішін қоректендіру үшін үшбұрыш-жұлдызша сұлбасы бойынша қосылған бір фазадан құрылған үш трансформатор тобы; бесоқтаушалы үшфазалы трансформатор; өлшеуіш құралдарын, оқшаулама бақылауыштарды, синхрондалған және релелік қорғанысты қоректендіретін ашық үшбұрыш сұлбасы бойынша қосылған екі бір фазалы, өлшеу үшін кернеу трансформаторының екі тобы қолданылады, өйткені бесоқтаушалы үш фазалы трансформатордың үлкен қателігі бар және санауыштарды қоспау жөн. Ол тізбек

үшін екі бір фазалы кернеу трансформаторы орналасады. Өлшеуіш приборларды қоректендіретін тоқ трансформаторлары номиналды бір және екі ретті тоқ, дәлдік класы бойынша таңдайды, термиялық және динамикалық төзімділікке тексеріледі.

Тоқ трансформаторларының дәлдік класын [29] ережемен сәйкес таңдайды; санауыштарды қосу үшін – 0,5, басқа да қалқанша құралдары үшін-1. ТТ жұмысының дәлдік класы S_{2n} номиналды жүктемесі S_2 -ге тең болса, сонда ғана қамтамасыздандырылады.

Есептеу жүктемесі

$$S_2 = I_{2n}^2 \left(\sum z_{\text{құрал}} + R_{\text{өткіз}} \right) \quad (6.103)$$

мұнда, $\sum z_{\text{құрал}}$ – тізбектеп қосылған құрал орауыштардың кедергі қосындысы;

$R_{\text{өткіз}}$ – байланыс сымдардың кедергісі.

S_2 есептеу үшін келесі кестелік [6.13] форманы қолдану қажет.

S_{2n} және $I_{2n}^2 \sum z_{\text{құрал}}$ мәндерін біле отырып, сымдардың $R_{\text{өткіз}}$ байланыс кедергілерін және олардың минималды қимасын анықтайды

$$S = \rho \frac{l_{\text{есен}}}{R_{\text{өткіз}}} \quad (6.104)$$

мұнда, $l_{\text{есен}}$ – ТТ байланыс сұлбаларына және трасса ұзындығына байланысты байланыс сымдарының есептік ұзындығы.

6.13-кесте.

Тоқ трансформаторының екінші орамындағы жүктемені есептеудің түрі (формасы)

№	Аспаптардың аты	Түрі	Тоқ трансформаторының жүктемесі, ВА		
			А фаза	В фаза	С фаза
1	Амперметр				
2	Ваттметр				
3	Активті энергияның санауышы				
4	Варметр				
5	Барлығы				

ТТ толық жұлдызшаға қосқан кезде $l_{\text{есен}} = L$, мұнда $L - l_{\text{есен}} = \sqrt{3} \cdot L$ аралығы, ал ТТ-ны бір фазаға қосқандағы $l_{\text{есен}} = 2 \cdot L$.

Өлшеуіштік кернеу трансформаторларын (КТ) таңдағанда екінші орамындағы жүктемені S_2 анықтау керек.

S_2 есептеу үшін 6.13 кестеге сәйкес жазба формаларын караған жөн. Кернеу трансформаторын таңдау тәртібі:

$$U_{\text{ном}} \geq U_{\text{қонд.}}; S_{\text{ном}} \geq S_{2\Sigma}, \quad (6.105)$$

мұнда, $S_{\text{ном}}$ – кернеу трансформаторының номиналды қуаты (өзінің дәлдік класында);

$S_{2\Sigma}$ – екінші орамындағы жүктемелердің қосындысы. Есептелінген нәтижені 6.14-кестеге түсіру керек.

6.14-кесте.

Кернеу трансформаторының екінші орамындағы жүктемені есептеудің формасы

№	Құралдар	Құралдардың саны	Түрі	Бір орамның қуаты S, BA	Орамының саны	cosφ	sinφ	Жалпы тұтынылатын қуаты	
								P, Вт	Q, BA
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Вольтметр								
2	Ваттметр								
3	Варметр								
4	Частотметр								
5	Датчик активной мощности								
6									
7									
8									
	Барлығы								

Аспаптардың қуат коэффициентін ескеріп отыратын есептік қуат мына формуламен анықталады

$$S_{2\Sigma} = \sqrt{\left(\sum S_{\text{құрал}} \cdot \cos \varphi_{\text{құрал}}\right)^2 + \left(\sum S_{\text{құрал}} \cdot \sin \varphi_{\text{құрал}}\right)^2} = \sqrt{P_{\text{құрал}}^2 + Q_{\text{құрал}}^2}, \quad (6.106)$$

S_2 мәнін келесі тәртіп бойынша таңдайды: егерде бір фазалы кернеу трансформаторлары жұлдызша сұлбасы бойынша қосылған болса, онда үш фазаның қуатының қосындысы алынады, ал ашық үшбұрыш сұлбасы бойынша бір қ.т-ның екілік қуаты алынады.

6.6.9 Электр станцияларды жобалау кезіндегі техникалық-экономикалық есептеулер. Жалпы түсінік

Техникалық-экономикалық есептеулердің мақсаты құрастырылатын жобалы сұлбалардың нұсқаларының және оның бөлек элементтерінің салыстырмалы экономикалық тиімділігін анықтауы болып табылады.

Электр қондырғының ең үнемді нұсқасы есептелінетін шығынның ең аз мәнін талап етеді, яғни шығынның келтірілген минималды мәнін есептеп анықтау керек.

Ол минималды шығынды анықтайтын формулалар (5.16-5.19) осы оқулықта көрсетілген немесе [12, 15, 46] әдебиеттерден табылады.

6.6.10. Қысқа тұйықталу тоғының термиялық және электродинамикалық әрекеттері.

6.6.10.1 Қысқа тұйықталу тоғының термиялық әрекеті:

Электр тізбегінде қысқа тұйықталу тоғы пайда болғанда, ол өткізгіште немесе аппаратта белгілі жылу мөлшері бөлінеді. Ол жылу мөлшерін келесі формуламен анықтауға болады [12]:

$$dQ = I_{k.t}^2 \cdot r_o \cdot dt, \quad (6.107)$$

мұнда, $I_{k.t}$ – толық қысқа тұйықталу тоғының уақыты t моменті әрекетіндегі мәні, А;

r_o – өткізгіштің сөнген температурадағы активтік кедергісі, Ом;

$$r_o = \rho_0 (1 + \alpha \cdot \nu) \cdot \frac{l}{g} \quad (6.108)$$

мұнда ρ_0 – өткізгіштің $\nu = 0$ болғандағы меншікті активті кедергісі;

l – өткізгіштің ұзындығы;

g – өткізгіштің қимасы;

α – кедергінің температуралық коэффициенті.

Өткізгіштердің және аппараттардың қалыпты режимде рұқсат берілген қыздыру температуралары 6.15-кестеде берілген.

Қысқа тұйықталу тоғының жылу импульсін (яғни Джоуль интегралын) анықтау өте күрделі, себебі қысқа тұйықталу тоғының мәні басқада факторлармен қатар, сол қысқа тұйықталу тоғының өту ұзақтық уақытына байланысты. Қысқа тұйықталу тоғының жылу импульсін келесідей формуламен анықтауға болады:

$$B_k = \int_0^{t_{ажыр}} I_{k.t}^2 \cdot dt = \int_0^{t_{ажыр}} (I_{n.t}^2 + i_{a.t}^2) dt = \int_0^{t_{ажыр}} I_{n.t}^2 \cdot dt + \int_0^{t_{ажыр}} i_{a.t}^2 = B_{к.н} + B_{к.а}; \quad (6.109)$$

мұнда, $B_{к.а}$, $B_{к.н}$ қысқа тұйықталу тоғының периодикалық және аперидикалық құрамдарының жылу импульстері.

(6.109) формуладан қысқа тұйықталу тоғының периодикалық құрамының бастапқы мәнін табуға болады:

$$B_{к.н} = \int_0^{t_{ажыр}} I_{n.t}^2 \cdot dt = I_{no}^2 \cdot dt_{ажыр}, \quad (6.110)$$

Ал, қысқа тұйықталу тоғының аперидикалық құрамының өзгерісін келесідей формуламен анықтауға болады:

$$i_{a-t} = \sqrt{2} \cdot I_{n.o} \cdot e^{\frac{-t}{T_a}}, \quad (6.111)$$

мұнда, $e^{\frac{-t}{T_a}}$ – функцияның мәнін 6.8-кестесінен табуға болады;

(6.110) формуласын ескере отырып, қысқа тұйықталу тоғының аперидикалық құрамының жылу импульсін келесідей формуламен анықтауға болады;

$$B_{к.а} = \int_0^{t_{ажыр}} i_{a,t}^2 \cdot dt = \int_0^{t_{ажыр}} 2I_{н.о}^2 \cdot e^{\frac{-2t}{T_a}} \cdot dt = I_{н.о}^2 \cdot T_a (1 - e^{\frac{-2t_{ажыр}}{T_a}}), \quad (6.112)$$

Егерде тізбекті ажырату уақыты ($t_{ажыр}$) уақыт тұрақтысына (T_a) тең болса немесе одан көп болса, онда жылу импульсін $B_{к.а} = I_{н.о}^2 \cdot T_a$ -ден алуға болады.

Толық жылу импульсі келесідей формуламен анықталынады

$$B_{к} = I_{н.о}^2 \cdot (t_{ажыр} + T_a), \quad (6.113)$$

мұнда, $I_{н.о}$ – қысқа тұйықталу тоғының бастапқы мәні, А (кА);

$t_{ажыр}$ – тізбектегі ажырату уақыты, с;

T_a – тізбектің уақыт тұрақтысы, с.

Қысқа тұйықталу тоғының жылу импульсін (яғни Джоуль интегралын) анықтағанда уақыт тұрақтысын (T_a)(6.7) кестеден алуға болады [46].

Қысқа тұйықталу тоғы болғанда тізбекті ажырату уақыты ($t_{ажыр}$) келесідей формуламен анықталынады:

$$t_{ажыр} = t_{рел.корг} + t_{ажыр.ажырат}, \quad (6.114)$$

мұнда, $t_{рел.корг}$ – тізбектегі негізгі релелік қорғаныстың уақыты, с;

$t_{ажыр.ажырат}$ – тізбектегі ажыратқыштың толық аырату уақыты, с.

Тізбектегі қысқа тұйықталу тоғының бастапқы мәні келесі формуламен анықталынады:

$$I_{н.о} = \frac{E''}{X_{\Sigma}} \cdot I_{\sigma}, \quad (6.115)$$

мұнда, E'' – генератордың электр қорғаушы күші (ЭҚК – ЭДС). Оны 6.4-кестеден алуға болады.

X_{Σ} – есептелінудегі сұлбаның қосынды кедергісі;

I_{σ} – базистық ток.

Базистық ток келесідей формуламен анықталынады:

$$I_{\sigma} = \frac{S_{\sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_{OPT.K1,K2,K3}}, \quad (6.116)$$

мұнда, S_{σ} – базистық қуат, МВА. Есепті салыстырмалы бірлікпен шығарғанда, шартты түрде 100, 1000, 2000, 4000, 5000 МВА деп қабылданады.

U_{OPT} – қысқа тұйықталу тоғын есептеуді жеңілдету үшін тізбектегі фактылық кернеу мәнінің орнына орташа кернеу мәні қабылданады. Мысалы, 6,3; 10,5; 37; 230; 515; 770 кВ т.б. қысқа тұйықталу тоғының термиялық әрекетіне төзетін өткізгіштердің ең аз қимасын келесі формуламен анықтауға болады:

$$q_{min} = \frac{\sqrt{B_{к}}}{C}, \quad (6.117)$$

мұнда,

B_{κ} – толық жылу импульсі;
 C – 6.15-кестеден анықталынады.

Әдетте, электр аппараттарының ток өткізгіш элементтерін қыздырылу температурасына тексермейді, себебі завод ол элементтерді алдын ала есептеп қысқа тұйықталу тоғына төзімді ретінде дайындайды. Сондықтан электр аппараттарының қысқа тұйықталу тоғының термиялық әрекетіне беріктігін келесідей формуламен анықтауға болады:

$$B_{\kappa} \leq I_{тер}^2 \cdot t_{тер}, \quad (6.118)$$

мұнда,

B_{κ} – қысқа тұйықталу тоғының есептелінетін жылу импульсі;

$I_{тер}$ – термиялық төзімділік тоғы, кА;

$t_{тер}$ – термиялық төзімділік тоғының өту уақыты, с.

Термиялық төзімділік тоғын ($I_{тер}$) және термиялық төзімділік тоғының өту уақытын ($t_{тер}$) «Қосымша» кестесінен алуға болады [46].

Қорытып айтқанда, өткізгіштердің термиялық төзімділігін бағалау өлшемі, олардың қысқа тұйықталу тоғы уақытындағы ең соңғы қыздырылу температурасына байланысты, 6.16 кесте.

Сонымен, өткізгіштердің термиялық төзімділігін қамтамасыздандыру үшін келесідей талап орындалуы қажет.

$$q \geq q_{\min}, \quad (6.119)$$

мұнда, q – өткізгіштің каталогтағы қимасы, $м^2$;

$q_{\min}$ – өткізгіштің есептелінген ең аз қимасы, $м^2$.

Қысқа тұйықталу тоғының жылу импульсі (яғни Джоуль интегралы) негізінен үш мәселеге байланысты:

- Қысқа тұйықталу тоғын қоректендіретін энергия көзінің қашықтығына;
- Қысқа тұйықталу нүктесі генераторларға жақын жерде;
- Қысқа тұйықталу нүктесі қуатты электр қозғалтқыштар тобына жақын

жерде.

Кейбір нақтылы жағдайларда электр қондырғыларын құру ережелері (ЭҚКЕ→ПУЭ) ток өткізгіштерді және аппараттарды термиялық төзімділікке тексермеуге рұқсат береді. Ол нақтылы жағдайларды мезгілінде ЭҚКЕ→ПУЭ қарау керек.

**Қалыпты режимдегі өткізгіштер мен аппараттарға рұқсат берілген
қыздырылу температуралары**

Өткізгіштер және аппараттар	Рұқсат берілген температура, °C
• Өткізгіштер оқшауланған және шиналар • Кабелдер, оқшауламалары қағаз,кернеулері,кВ: • 3-дейін • 6 • 10 • 20 және 35 • Өткізгіштер, кабельдердің оқшауламалары резинка, поливинилхлорид немесе пластмасса • Аппараттардың нүктелері ажыратылмайды.	70 80 65 60 50 55
Түйіспелердің материалдары:	
• алюминий, мыс және алюминийдің қорытпасы	90
• күміспен жабынған қорытпасы	110
• күміспен жабынған мыс	120
• түйіспелері ауада ажыратылады	75
• болаттармен қосылған алюминийлі, мысты және олардың қорытпасынан істелген шина	90
• трансформатор майы:	
• ажыратқыштарда	80
• трансформаторларда, оқшаулатқыштарда	90

C-функциясының мәні

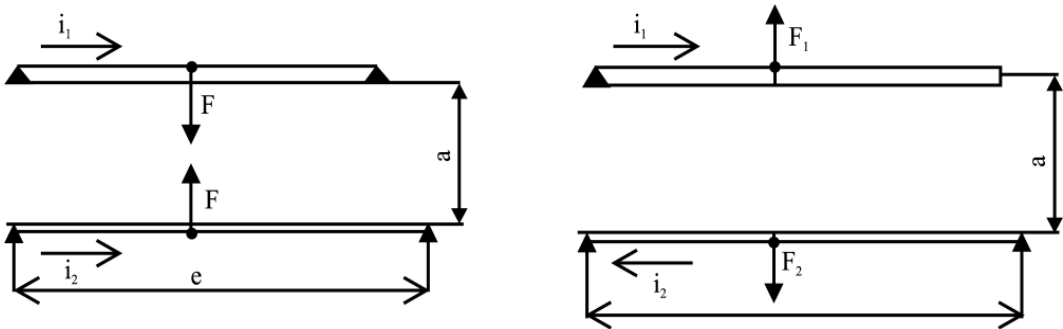
	Өткізгіштер	C-функциясының мәні, $A \cdot c^{\frac{1}{2}}_{mm^2}$	
1.	Шиналар: • алюминий • мыс	91 167	
		Номиналды кернеуі, кВ	
2.	Кабелдер: • тұтас талсымды алюминий, оқшауламасы қағаз • көп талшықсымды талсымды алюминий, оқшауламасы қағаз • тұтас талсымды мыс, оқшауламасы қағаз • көп талшықсымды талсымды мыс, оқшауламасы қағаз • талсымды алюминий, оқшауламасы поливинил-хлорид • талсымды мыс, оқшауламасы поливинилхлорид • талсымды алюминий, оқшауламасы полиэтилен • талсымды мыс,оқшауламасы полиэтилен	6	10
		92	94
		98	100
		140	143
		147	150
		75	78
		114	118
		62	65
		94	98

Қысқа тұйықталу болғанда өткізгіштер мен аппараттарға рұқсат берілген ең соңғы қыздырылу температуралары

Өткізгіштер және аппараттардың бөлшектері	Қыздырылудың соңғы температурасы, °C
• Оқшауламаланған мысты немесе латунды өткізгіштер, аппараттардың бөлшектері	300
• Оқшауламаланған алюминийлі өткізгіштер, аппараттардың бөлшектері	200
• Сіндірілген қағазды оқшауламалы 10кВ-ке дейін мысты немесе алюминийлі талсымды кабелдер	200
• 20-220кВ кабелдер	125
• Мысты немесе алюминийлі талсымды оқшауламалары поливинилхлорид кабелдер	150
• Мысты немесе алюминийлі талсымды оқшауламалары полиэтилен кабелдер	120

6.6.10.2 Қысқа тұйықталу тоғының электродинамикалық әрекеті

Өткізгіштер жүйелері арқылы ток өскенде, ол өткізгіштер бір-бірімен электродинамикалық әрекетте болады (едәуір механикалық әрекетте болады). Бұл жағдай «Электротехниканың теориялық негіздері» пәнінен белгілі (6.19-сурет).



6.18-сурет. Екі токөткізгіштердің токтарының бағыттары бірдей (а) немесе қарама-қарсы (б) болғандағы олардың өзара электродинамикалық әрекеттері

6.18-суретте келтірілген өткізгіштердің өзара әрекет күштерін келесі формуламен анықтауға болады (Био-Савара заңы) [12]:

$$F = K \cdot K_{\phi} \cdot i_1 \cdot i_2 \cdot \frac{l}{a}, \quad (6.120)$$

Мұнда,

F – өткізгіштердің өзара әрекет күші, Н;

$K=2 \cdot 10^{-7}$ тұрақты коэффициент;

K_ϕ – өткізгіштердің қалпын (түрін) ескереді (дөңгелек, тайпақ, үшбұрыш т.т.б, мәндері каталогтардан алынады);

i_1, i_2 – өткізгіштердегі токтардың мәні, А, кА;

l – өткізгіштердің ұзындығы, м;

a – өткізгіштердің ара қашықтығы, м.

Параллелді орналастырылған өткізгіштердің ұзына бойына F күші бір қалыпты бөлінген деп есептейміз (шартты түрде). Сонда өткізгіштің ұзындық бірлігінің меншікті әрекеті келесі формуламен анықталынады:

$$f = 2 \cdot 10^{-7} \cdot K_\phi \cdot \frac{i_1 i_2}{a}, \quad (6.121)$$

Ең үлкен (ең көп) меншікті әрекет ортаншы фазаның өткізгішінде болады да, келесідей формуламен анықталынады:

$$f = \sqrt{3} \cdot 10^{-7} \cdot K_\phi \cdot \frac{I_m^2}{a}, \quad (6.122)$$

мұнда, I_m – қысқа тұйықталу тоғының максималды мәні, А(кА).

Егер қысқа тұйықталу тоғының максималды мәні (I_m – амплитудалық мәні), соққы тоғына (i_c) тең деп алынса, онда өткізгіштер жүйесінде үш фазалық қысқа тұйықталу тоғының меншікті әрекеті келесідей формуламен анықталынады:

$$f^{(3)} = \sqrt{3} \cdot 10^{-7} \cdot K_\phi \cdot \frac{i_c^{(3)^2}}{a}, \quad (6.123)$$

мұнда, $i_c^{(3)}$ – үш фазадағы (үш фазалық) қысқа тұйықталу тоғының соққы тоғы, А (кА).

Екі фазада (екі фазалық) қысқа тұйықталу тоғы болғанда (үшінші бұзылмаған фазаның әрекеті аз деп есептелінеді), ол қысқа тұйықталу тоғының меншікті әрекеті келесідей формуламен анықталынады:

$$f^{(2)} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot K_\phi \cdot \frac{i_c^{(2)^2}}{a}, \quad (6.124)$$

мұнда, $i_c^{(2)}$ – екі фазалық қысқа тұйықталу тоғының соққы тоғы, А (кА).

Қысқа тұйықталу тоғының электродинамикалық әрекетін анықтағанда әдетте үш фазалы қысқа тұйықталу тоғының мәні ескеріліп алынады, себебі:

$$\frac{i_c^{(2)}}{i_c^{(3)}} = 0.87, \quad (6.125)$$

Көрсетілген формулаларды ескере отырып, үш фазалы және екі фазалы қысқа тұйықталу токтарының электродинамикалық әрекеттерін келесідей формулалармен анықтауға болады:

- Үш фазалы қысқа тұйықталу тоғының электродинамикалық әрекеті:

$$F^{(3)} = \sqrt{3} \cdot 10^{-7} \cdot K_\phi \cdot i_c^{(3)^2} \cdot \frac{l}{a}, \quad (6.126)$$

- Екі фазалы қысқа тұйықталу тоғының электродинамикалық әрекеті:

$$F^{(2)} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot K \varphi \cdot i_c^{(2)^2} \cdot \frac{l}{a}, \quad (6.127)$$

Қысқа тұйықталу тоғының электродинамикалық әрекетін бағалау өлшемі келесі формуламен анықталынады:

$$\delta_{\text{рұхсат}} \geq \delta_{\text{есепт.}}, \quad (6.128)$$

мұнда, $\delta_{\text{рұхсат}}$ – өткізгіштерге рұқсат берілетін механикалық беріктігі, каталогтардан алынады;

$\delta_{\text{есепт.}}$ – қысқа тұйықталу тоғының есептелінетін электродинамикалық әрекеті.

Мысалы, бір жолақты шина үшін қысқа тұйықталу тоғы болғанда электродинамикалық әрекеті келесідей формуламен анықталынады:

$$\delta_{\text{есепт.}} = \sqrt{3} \cdot 10^{-8} \cdot i_c^2 \cdot \frac{l^2}{W \cdot a}, \quad (6.129)$$

мұнда, i_c^2 – қысқа тұйықталу тоғының соққы тоғы, А (кА).

l – тірек оқшаулатқыштардың аралық ұзындығы, м;

W -оське қатысты (салыстырмалы) шинаның, кедергі моменті, күштің перпендикулярлық әрекеті, см^3 [4.2-кесте, 12].

Нәтижесінде, электр қондырғының барлық элементтерінің ток өткізгіштері қысқа тұйықталу тоғының электродинамикалық әрекетіне есептелінуі қажет. Бірақта келесідей мәселеге назар аудару керек. Кейбір деректі жағдайларда электр қондырғыларын құру ережелері (ЭҚЖЕ-ПУЭ) ток өткізгіштерді және аппараттарды электродинамикалық (механикалық) төзімділікке тексермеуге рұқсат береді. Ол жағдайларды уақытында ЭҚЖЕ-ПУЭ қарау керек.

6.6.11. Қысқа тұйықталу тоғын анықтау үшін есептерді (мысалдарды) шығару.

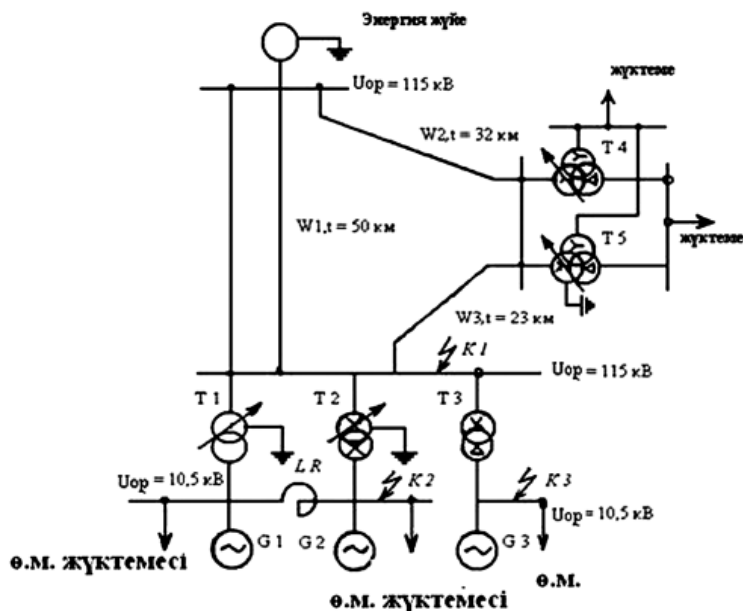
Қысқа тұйықталу тоғын анықтау бойынша есептерді шығару үшін есептерді салыстырмалы немесе атаулы бірлікпен шығарады.

6.20÷6.25 есептерде алмастыру сұлбасын құрастыру және түрлендіру тәртібі көрсетіліп, ажыратқыштарды, айырғыштарды тандау үлгісі келтірілген.

6.6.11.1 Есеп. Үш фазалы қысқа тұйықталу тоғын есептеу үшін алмастыру сұлбасын құру және электр станция тізбегіндегі $I_{\text{но}} - \text{қ.т.}$ тоғының периодикалық құрамының бастапқы мәнін анықтау қажет. Есептеу сұлбасы және берілген мәндері 6.19-суретте көрсетілген.

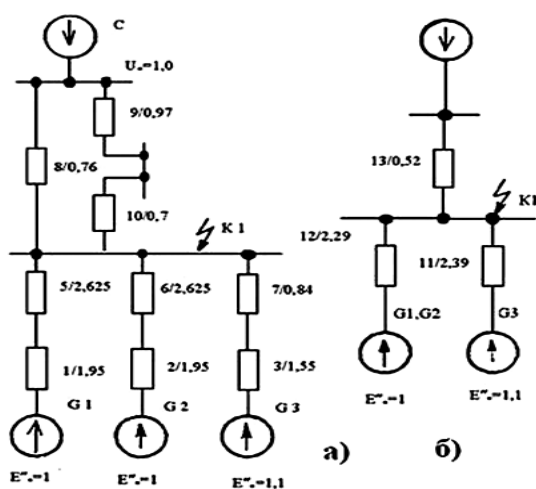
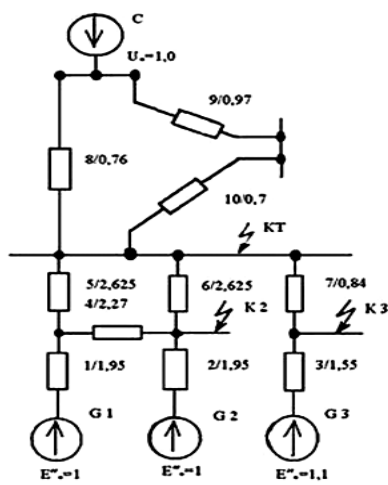
Берілген мәндері: жеке элементтердің параметрлері: T_1 және $T_2 - ТДН - 40000 / 110, 40 \text{ МВ} \cdot \text{А}, U_{\kappa} = 10,5\% \div ТЗ - ТД - 125000 / 110, 125 \text{ МВ} \cdot \text{А}, U_{\kappa} = 10,5\%;$
 T_4 және $T_5 - ТДТН - 40000 / 110, 40 \text{ МВ} \cdot \text{А}, U_{\kappa \text{Ж-Т}} = 10,5\%;$ G_1 және

$G_2 - TB\Phi - 60 - 2,75 MB \cdot A$; $x_{6*(ном)}^{//} = 0,146$; $G_3 - T\Phi H - 100 - 2,118 MB \cdot A$;
 $x_{6*(ном)}^{//} = 0,183$; $LR - PБДГ10 - 2500 - 0,25$, $I_{ном} = 2,5 кА$, $x_p = 0,25 Ом$.



6.19-сурет. Қысқа тұйықталу тогын анықтауға арналған есептелінетін сұлбаның мысалы (үлгісі)

Шешімі: Есепті екі нұсқада есептейміз: А – нұсқасы салыстырмалы бірлік бойынша; Б – нұсқасы атаулы бірлік бойынша (K1 нүктесі үшін ғана).



6.20-сурет. Толық алмастыру сұлбасы

6.21-сурет. K1 нүктесі үшін алмастыру сұлбасы

А. Салыстырмалы бірлікте есептеу

Үш фазалы қысқа тұйықталу тоғын есептеу үшін 6.20-суретте алмастыру сұлбасы көрсетілген. Сұлбадағы әр кедергіге өзінің реттік нөмірі беріледі, ол бүкіл есептеу кезінде сол кедергінің нөмірі болып қала береді. Сұлбада кедергі сызықша арқылы жазылады. Сызықша алымында кедергі нөмірі, бөлімінде кедергінің сан мәні.

G1 және G2 генераторына жақын орналасқан жүктемені генераторлардың Э.Қ.К $E_*'' = 1$ дейін төмендетілді деп ескеріледі. Салыстырмалы түрде мөлшері аз өзіндік мұқтаждық (ө.м) жүктемесінің әсері мен ҚТ-ның қашықтықтағы жүктемесінің әсері ескерілмейді.

Базалық қуат кезіндегі $S_6 = 1000 \text{ МВА}$ сұлба кедергісін анықтаймыз (6.20-сурет).

G1 және G2 генераторларының кедергілері:

$$x_{*1} = x_{*2} = x_{d*ном}'' \frac{S_6}{S_{ном}} = 0,146 \frac{1000}{75} = 1,95,$$

Одан ары есепті жеңілдету үшін «*» индексін қолданбаймыз, сол арқылы барлық алынған кедергілер салыстырмалы бірлікте берілгенін көреміз және базистік шартқа келтірілген деп есептейміз.

Сонымен, $x_1 = x_2 = 1,95$.

G1 және G2 генераторлары үшін Е.Қ.К жоғарыда ескерткендей $E_*'' = 1$ деп аламыз.

G3 генераторының кедергісі:

$$x_3 = 0,183 \frac{1000}{118} = 1,55,$$

G3 генераторлар ЕҚК-н анықтаймыз:

$$E_*'' = \sqrt{(I_0 x_d'' \cos \varphi_0)^2 + (U_{(0)} + I_{(0)} x_g'' \sin \varphi_{(0)})^2} = \sqrt{(1 \cdot 0,183 \cdot 0,85)^2 + (1 + 1 \cdot 0,183 \cdot 0,53)^2} \approx 1,1,$$

мұндағы, $I_{(0)} = 1$; $U_{(0)} = 1$; $\cos \varphi_{(0)} = 0,85$; $\sin \varphi_{(0)} = 0,53$.

Салыстырмалы бірліктегі параметрлер мәндерінде G3 генераторы қысқа тұйықталуға дейін номиналды жүктелінді деп есептелінді.

Реактор кедергісі:

$$x_4 = x_p \frac{S_6}{U_{орт}^2} = 0,25 \frac{1000}{10,5^2} = 2,27,$$

T1 және T2 трансформаторларының кедергісі:

$$x_5 = x_6 = \frac{u_k \%}{100} \cdot \frac{S_6}{S_{ном}} = \frac{10,5}{100} \cdot \frac{1000}{40} = 2,625,$$

T3 трансформаторының кедергісі:

$$x_7 = \frac{10,5}{100} \cdot \frac{1000}{125} = 0,84,$$

Электр берілісі желісінің кедергісі:

W1 (екі тізбекті):

$$x_8 = \frac{x_m l}{2} \cdot \frac{S_6}{U_{opt}^2} = \frac{0,4 \cdot 50}{2} \cdot \frac{1000}{115^2} = 0,76,$$

(110кВ желінің меншікті кедергісі 0,4 Ом/км тең деп алынған);

W2:

$$x_9 = x_m l \cdot \frac{S_6}{U_{opt}^2} = 0,4 \cdot 32 \cdot \frac{1000}{115^2} = 0,97,$$

W3:

$$x_{10} = 0,4 \cdot 23 \cdot \frac{1000}{115^2} = 0,7,$$

K1 нүктесіндегі қысқа тұйықталу тогы (ҚТ) (110кВ станция шинасы). G1 және G2 генераторлар тармақтары K1 қысқа тұйықталу нүктесіне салыстырмалы түрде симметриялы. Сондықтан реактор кедергісін x_4 алмастыру сұлбасынан алып тастауға болады, өйткені ол бірдей потенциалды түйіндер ортасына қосылған және тоққа әсер етпейді деп есептейміз. Осыны ескере отырып, K1 нүктесінде ҚТ үшін алмастыру сұлбасы 6.21 а-суретінде көрсетілгендей болады.

Сұлбаны жеңілдетеміз:

G3 генератор тізбегінің қорытынды кедергісі:

$$x_{11} = x_3 + x_7 = 1,55 + 0,84 = 2,39,$$

Жалпы қуаты 150 МВА G1 және G2 бір типті генераторлар тізбегінің қорытынды кедергісі (6.21 б суретті қараңыз):

$$x_{12} = (x_1 + x_5) // (x_2 + x_6) = \frac{1,95 + 2,625}{2} = 2,29,$$

Энергетикалық жүйе тармақтарының қорытынды кедергісі (кернеуі өзгермейтін шина):

$$x_{13} = (x_9 + x_{10}) // x_8 = \frac{(0,97 + 0,7) \cdot 0,76}{0,97 + 0,7 + 0,76} = 0,52,$$

ҚТ тоғының периодикалық құрамының бастапқы мәні:

$$I_{II,0} = \frac{E''}{x_*} \cdot I_B,$$

мұндағы, x_* – сұлба тармақтарының қорытынды кедергісі; I_B – базалы ток:

$$I_B = \frac{S_B}{\sqrt{3} \cdot U_{opt.K1}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 115} = 5,03 \text{ кА},$$

Токтардың тармақтар бойынша мәндері:

G1 және G2 генераторлары үшін

$$I_{II,0} = \frac{1}{2,29} \cdot 5,03 = 2,2 \text{ кА},$$

G генераторы үшін

$$I_{II,0} = \frac{1,1}{2,39} \cdot 5,03 = 2,31 \text{ кА},$$

Энергосистемасы үшін

$$I_{II,0} = \frac{1}{0,52} \cdot 5,03 = 9,67 \text{ кА},$$

K1 нүктесіндегі қысқа тұйықталудың қорытынды тоғы:

$$I_{II,0K1} = 2,2 + 2,31 + 9,67 = 14,18 \text{ кА},$$

K2 нүктесіндегі қысқа тұйықталу тоғы (КТ). Осы нүктенің қысқа тұйықталу тоғы үшін алмастыру нүктесін алдыңғы есептеменің алмастыру нәтижесін қолдана отырып, 6.22-суретінде көрсетілгендей алуға болады.

G3 генераторы қысқа тұйықталу болған жерден едәуір алыста орналасқан, сондықтан есептеуді жеңілдету үшін жүйе тармағының құрамына оның кедергісін өңдей отырып, оны қосқан дұрыс (6.22 б-суретті қараңыз):

$$x_{14} = x_{13} // x_{11} = \frac{0,52 \cdot 2,39}{0,52 + 2,39} = 0,427,$$

Осылай, қысқа тұйықталу нүктесіне ток үш қоректену көзінен келіп отырады, G2 генераторы қысқа тұйықталу нүктесіне әрдайым қосұлы.

G2 генераторынан қысқа тұйықталу тоғы:

$$I_{II,0} = \frac{E_*''}{X_*} \cdot I_B,$$

мұндағы, I_B – қысқа тұйықталу тоғында орташа кернеу кезіндегі токтың базалық мәні:

$$I_B = \frac{S_B}{\sqrt{3} \cdot U_{opt.K2}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 55 \text{ кА},$$

$$U_{opt.K2} = 10,5 \text{ кВ},$$

Осылай, G2 генераторынан үш фазалы қысқа тұйықталу тоғы:

$$I_{II,0} = \frac{1}{1,95} \cdot 55 = 28,2 \text{ кА},$$

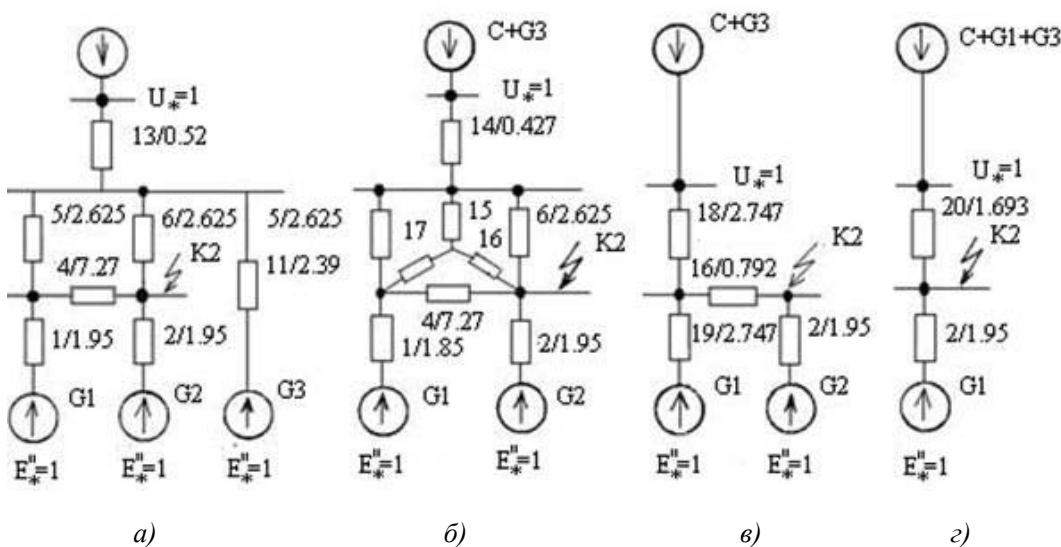
К2 нүктесіндегі қысқа тұйықталу тоғын қоректендіретін көздерін, яғни G1, G3 генераторларын және энергожүйесін бір эквивалентті тармаққа біріктірсек, анықтау оңайырақ болады. Осы жолдағы аралық адым жасалған - G1 және G3 тармақтары біріктірілген және x_{14} жинақтық кедергілер көрсетілген.

x_4, x_5, x_6 – үшбұрыш кедергілерді эквиваленттілік жұлдызға x_{15}, x_{16}, x_{17} түрлендіреміз [12].

$$x_{15} = \frac{x_5 x_6}{x_4 + x_5 + x_6} = \frac{2,625 \cdot 2,625}{2,625 + 2,625 + 2,27} = 0,916,$$

$$x_{16} = \frac{x_4 x_6}{x_4 + x_5 + x_6} = \frac{2,27 \cdot 2,625}{7,52} = 0,792,$$

$$x_{16} = \frac{x_4 x_5}{x_4 + x_5 + x_6} = \frac{2,27 \cdot 2,625}{7,52} = 0,792,$$



6.22-сурет. К2 қысқа тұйықталу нүктесінің алмастыру сұлбасы

6.22 б-суреттегі алмастыру сұлбасы, 6.23 в-суретіне түрлендіріледі, сонда

$$x_{18} = x_{14} + x_{15} = 0,427 + 0,916 = 1,343,$$

$$x_{19} = x_1 + x_{17} = 1,95 + 0,792 = 2,742,$$

К2 нүктесінде қысқа тұйықталу тоғын есептегенде қорытынды алмастыру сұлбасы 6.22 г-суретінде көрсетілген. Эквивалентті тармақтағы кедергі

$$x_{20} = x_{16} + x_{18} // x_{19} = 0,792 + \frac{1,343 \cdot 2,742}{1,343 + 2,742} = 1,693,$$

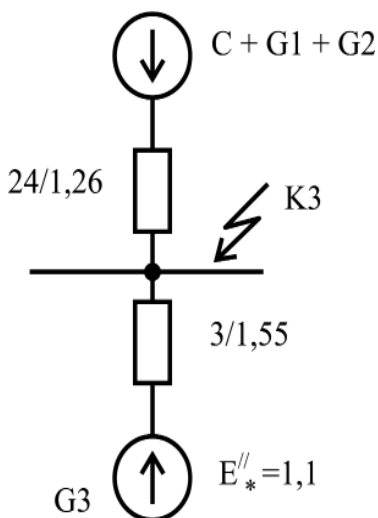
Эквивалентті қоректену көзінің қорытынды тоғы:

$$I_{\Pi,0} = \frac{E''_*}{x_{20}} \cdot I_B = \frac{1}{1,693} \cdot 55 = 32,49 \text{ кА},$$

К2 нүктесіндегі қысқа тұйықталу тоғының периодикалық құрамының бастапқы мәні:

$$I_{\Pi,0K2} = 28,2 + 32,49 = 60,69 \text{ кА},$$

К3 нүктесіндегі қысқа тұйықталу тоғы (ҚТ). G1 және G2 генераторлары қысқа тұйықталу тоғы болған жерден едәуір алыста орналасқан, сондықтан есептеуді жеңілдету үшін энергетикалық жүйе тармақтарының құрамына кедергілерін алмастыра отырып, оларды қосқан абзал. Қорытынды алмастыру сұлбасы 6.23-суретте көрсетілген.



6.23-сурет. К3 қысқа тұйықталу нүктесі үшін алмастыру сұлбасы

Мұнда,

$$x_{21} = x_7 + x_{12} // x_{13} = 0,84 + \frac{0,52 \cdot 2,29}{0,52 + 2,29} = 1,26,$$

(6.20 және 6.21 а, б-суреттегі сұлбаны қараңыз).

К3 нүктесіндегі қысқа тұйықталу кезінде, $U_{орт} = 10,5$ кВ және $I_6 = 55$ кА деп ескеріліп, сұлба тармақтары бойынша токтардың мәні анықталады:

G3 генераторы:

$$I_{\Pi,0} = \frac{E''_*}{x_3} \cdot I_B = \frac{1,1}{1,55} \cdot 55 = 39,03 \text{ кА},$$

Энергожүйесі:

$$I_{\Pi,0} = \frac{E''_*}{x_{21}} \cdot I_B = \frac{1}{1,26} \cdot 55 = 43,65 \text{ кА},$$

К3 нүктесіндегі үш фазалы қысқа тұйықталу кезіндегі қорытынды тогы:

$$I_{II,0K3} = 39,03 + 43,65 = 82,68 \text{ кА},$$

Б. Атаулы бірлікте есептеу

К1 нүктесіндегі үш фазалы қысқа тұйықталу алмастыру сұлбасы 6.24 а-суретінде көрсетілген, ол 6.21 а-суретіндегі сұлбаға ұқсас болады. Бірақ сұлбадағы барлық кедергілер Ом түрінде көрсетілген және ҚТ сатылы кернеуге келтірілген $U_6 = 115 \text{ кВ}$;

Кедергілер нөмірленуін бірінші нөмірден бастаймыз және алмастыру сұлбасының кедергілерінің мәндерін келесідей формулаға $U_6 = U_{орт.R1} = 115 \text{ кВ}$ келтіріп, анықтаймыз:

G1 және G2 генераторларының

$$x_1 = x_2 = x_{d(ном)}^{//} \frac{U_6^2}{S_{ном}} = 0,146 \frac{115^2}{75} = 25,75 \text{ Ом}$$

G3 генераторының

$$x_3 = 0,183 \frac{115^2}{118} = 20,51 \text{ Ом}$$

T1 және T2 трансформаторларының

$$x_5 = x_6 = \frac{u_k \%}{100} \cdot \frac{U_6^2}{40} = 34,7 \text{ Ом}$$

T3 трансформаторының

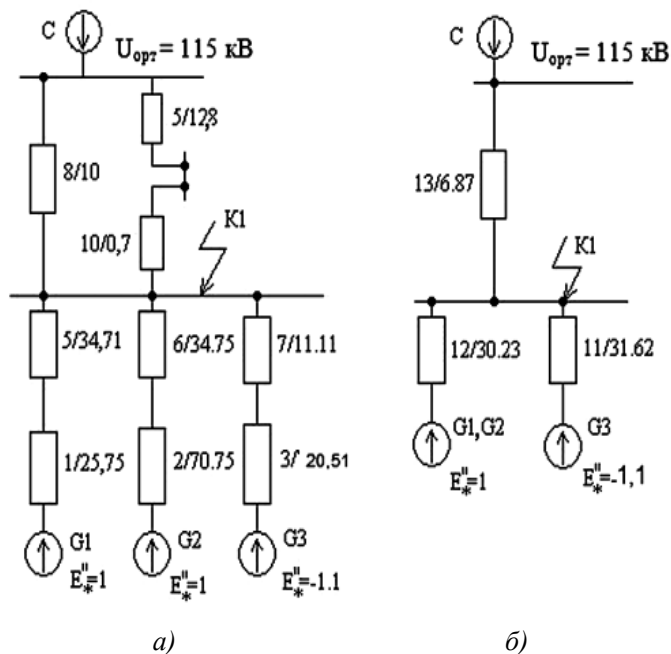
$$x_7 = \frac{10,5}{100} \cdot \frac{115^2}{125} = 11,11 \text{ Ом}$$

Электр берілісі желісінің:

$$\text{W1} \quad x_8 = \frac{x_{м.к}}{2} \cdot l = \frac{0,4 \cdot 50}{2} = 10 \text{ Ом}$$

$$\text{W2} \quad x_9 = x_{м.к} \cdot l = 0,4 \cdot 32 = 12,8 \text{ Ом}$$

$$\text{W3} \quad x_{10} = x_{м.к} \cdot l = 0,4 \cdot 23 = 9,2 \text{ Ом}$$



6.24-сурет. K1 қысқа тұйықталу нүктесі үшін алмастыру сұлбасы

Алынған мәндерді алмастыру сұлбасына енгіземіз. Сұлбаны 6.24 б-суретте көрсетілген түрге келтіреміз.

$$x_{11} = x_3 + x_7 = 20,51 + 11,11 = 31,62 \text{ Ом}$$

$$x_{12} = (x_1 + x_5) // (x_2 + x_6) = \frac{25,75 + 34,71}{2} = 30,23 \text{ Ом}$$

$$x_{13} = (x_9 + x_{10}) // x_8 = \frac{(9,2 + 12,8) \cdot 10}{12,8 + 9,2 + 10} = 6,87 \text{ Ом}$$

Қысқа тұйықталу нүктесіндегі периодикалық құрамасының бастапқы мәні, келесі өрнек арқылы анықталады, кА.

$$I_{\pi,0} = \frac{E_* U_\phi [\text{кВ}]}{\sqrt{3} x [\text{Ом}]}$$

Тармақтар бойынша ток мәндері:

G1 және G2 генераторлары үшін

$$I_{\pi,0} = \frac{1,0 \cdot 115}{\sqrt{3} \cdot 30,23} = 2,2 \text{ кА}$$

G3 генераторы үшін

$$I_{\pi,0} = \frac{1,0 \cdot 115}{\sqrt{3} \cdot 31,62} = 2,31 \text{ кА}$$

Энергожүйесі үшін

$$I_{п,0}=\frac{1,0\cdot115}{\sqrt{3}\cdot6,87}=9,67\text{ кА}$$

К1 нүктесіндегі қысқа тұйықталу тогының қосындысы:

$$I_{п,0К1}=2,2+2,31+9,67=14,18\text{ кА}$$

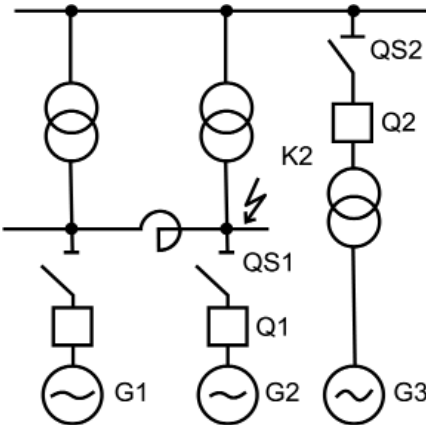
Қысқа тұйықталу аймағындағы жеке тармақтар бойынша есептеме қорытындысы бойынша қысқа тұйықталу тогының салыстырмалы бірліктегі есептелген ток мәніне тең болады. Атаулы бірліктегі есептеу аса айқын, бірнеше сатылы кернеулі күрделі сұлбаны зерттегенде салыстырмалы бірлік бойынша есептеу одан да ыңғайлы.

6.6.11.2 Есеп. 10,5кВ шинасында жұмыс істейтін ТВФ-63-2 генератор тізбегіндегі Q1 ажыратқышты және QS1 айырғышты сонымен қатар ТФВ-120-2 генераторы мен блок тізбегіндегі QS2 айырғыш пен Q2 ажыратқышты таңдау кажет.6.25-суретті қараңыз. 6.18-кестеде есептеу токтары берілген.

6.18-кесте.

Ажыратқыш пен айырғышты таңдау үшін қысқа тұйықталу тогының есептелінген мәндері алынды (шартты түрде).

ҚТ тогы	Қоректену көзі	$I_{н.0},\text{ кА}$	$I_{н.р},\text{ кА}$	$I_{y},\text{ кА}$	$i_{y,t},\text{ кА}$
К1	G1, G2	2,2	2	6,04	1,94
	G3	2,21	2,01	6,12	2,38
	энергетикалық жүйе	9,67	9,67	22,08	0,69
	Мәндерінің қосындысы	14,08	13,68	34,24	5,01
К2	G2	28,3	20,4	78,4	27,93
	энергожүйе + G1, G2	32	27,8	85,2	15,3
	Мәндердің қосындысы	60,3	48,2	163,6	43,23



6.25-сурет. 2-мысалға арналған жеңілдетілген сұлба

Шешімі: QS1, Q1 таңдау. Ұзақ мерзімді жұмыс режимінің есептеу токтары былай анықталады [12] :

$$I_{норм} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3}U_{ном} \cos \varphi_{ном}} = \frac{63 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 0,8} = 4330 A,$$

$$I_{норм} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3}U_{ном} 0,95 \cos \varphi_{ном}} = \frac{63 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 0,95 \cdot 0,8} = 4558 A,$$

1-кесте бойынша қысқа тұйықталу тоғының мәндері:

$$I_{n0} = 32 kA; I_{nr} = 27,8 kA; i_{nr} = 85,2 kA; I_{ar} = 15,3 kA,$$

$$B_k = 32^2 (4 + 0,14) = 4239 kA^2 \cdot c,$$

02.01.05-84 анықтамасы бойынша түрі МГГ-10-5000-45У3 аз майлы ажыратқышты таңдаймыз. (майлы генераторлық, 10кВ-ты, номиналды сөнудіру тоғы 45кА, орташа климат үшін, жабық қондырғыда), 6.19-кесте.

02.11.01-80 анықтамасы арқылы РВК-10-5000 айырғышын таңдаймыз $i_{дин} = 200 kA; i_{тер} = 70 kA; i_{тер} = 10 c$ Есептелінген және каталогты мәндері 6,18 кестеде көрсетілген.

QS2, Q2 Таңдау. Генератор-трансформатор блогындағы ұзақ режимге есептелінетін ток, түрі ТВФ-120-2 (125 МВА) генераторының ең үлкен электрлік қуаты бойынша анықталады.

$$I_{норм} = I_{max} = \frac{125 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 110} = 626 A,$$

Жоғары кернеу жағындағы барлық тізбектер шинадағы қысқа тұйықталу тоғының қосындысымен тексеріледі, яғни (6.18 кесте)

$$I_{no} = 14.08 kA, I_{nr} = 13.68 kA, i_c = 34.24 kA, i_{ar} = 5.01 kA, B_k = 14.08^2 (0,18 + 0,14) = 63,44 kA^2 \cdot c.$$

02.00.06-81 анықтамасы бойынша У-110-2000-40У1 майлы бакты ажыратқышты таңдаймыз (Урал сериясы, 110кВ, 2000А, сөнудіру тоғы 40кА, орташа климатқа арналған, ашық қондырғыда). ШПЭ - 44У1 ажыратқышына арналған жетек, 6.20-кесте.

02.10.05-81 анықтамасы бойынша РНДЗ 110/1000У1 типті айырғышты таңдаймыз (сыртқы қондырғыға арналған айырғыш, екі колонкалы жерге тұйықталу пышағы бар, 110кВ, 1000А). Жетегінің түрі ПР –У1.

Барлық есептелінген мәндер және анықтама (каталогтық) мәндері 6,19-6.20-кестелерге енгізілген.

Есептелінген және анықтама (каталогтық) мәндері

Есептелінген мәндері	Анықтама (каталогтық) мәндері	
	Ажыратқыш МГГ-10-5000-45У3	Айырғыш РВК-10-5000
$U_{дет} = 10,5кВ$	$U_{ном} = 10кВ$	$U_{ном} = 10кВ$
$I_{max} = 4558А$	$I_{ном} = 5000А$	$I_{ном} = 5000А$
$I_{n,x} = 27,8кА$	$I_{отк,ном} = 45кА$	—
$i_{a,\tau} = 15,3кА$	$i_{a,ном} = \sqrt{2} \cdot I_{ажыр.ном} \cdot \beta_{ном} / 100 =$ $= \sqrt{2} \cdot 0,1 \cdot 45 = 6,34 кА$	—
$\sqrt{2} \cdot I_{n,\tau} + I_{a,\tau} = \sqrt{2} \cdot 27,8 +$ $+ 15,3 = 54,5кА$	$\sqrt{2} \cdot I_{ажыр.ном} \cdot (1 + \beta_{ном} / 100) =$ $= \sqrt{2} \cdot 45 \cdot (1 + 0,1) = 69,8кА$	—
$I_{n,0} = 32кА$	$I_{дин} = 45кА$	$i_{дин} = 200кА$
$i_y = 85,2кА$	$I_{дин} = 45кА$	$I_{тер}^2 \cdot t_{тер} = 70^2 \cdot 10 =$ $= 49000кА^2 \cdot с$
$B = 4239кА^2 \cdot с$	$I_{тер}^2 \cdot t_{тер} = 45^2 \cdot 4 = 8100кА^2 \cdot с$	

Ескерту: Егер ажыратқыш, қ.т. тоғының апериодикалық құрамы бойынша ажырату талабына жарамсыз болса, онда МЕМСТ 687-78Е сәйкес оны қысқа тұйықталу тоғының толық тоғымен тексеру керек [12,14,15].

Есептелінген және анықтама (каталогтық) мәндері

Есептелінген мәндері	Анықтама (каталогтық) мәндері	
	Ажыратқыш У-110-2000-40У1	Айырғыш РНДЗ-110/1000У1
$U_{det} = 110кВ$	$U_{ном} = 110кВ$	$U_{ном} = 110кВ$
$I_{max} = 656A$	$I_{ном} = 2000A$	$I_{ном} = 1000A$
$I_{n,x} = 13,68кА$	$I_{отк,ном} = 40кА$	—
$i_{a,\tau} = 5,01кА$	$i_{a,ном} = \sqrt{2} \cdot I_{ажыр.ном} \cdot \beta_{ном} / 100 =$ $= \sqrt{2} \cdot 0,20 \cdot 40 = 11,3 кА$	— —
$I_{n,0} = 14,08кА$	$I_{дин} = 40кА$	$i_{дин} = 80кА$
$i_y = 34,24кА$	$I_{дин} = 102кА$	$I^2_{мер} \cdot t_{мер} = 31,5^2 \cdot 3 =$ $= 30000кА^2 \cdot c$
$B_k = 63,44кА^2 \cdot c$	$I^2_{мер} \cdot t_{мер} = 40^2 \cdot 4 = 4800кА^2 \cdot c$	

7-тарау. ДҮНИЕЖҮЗІ ЭНЕРГЕТИКАСЫНЫҢ, ТМД-ы ЕЛДЕРІНІҢ ЖӘНЕ ҚАЗАҚСТАН ЭНЕРГЕТИКАСЫНЫҢ ҚАЗІРГІ ЖАҒДАЙЫ. БОЛАШАҒЫ. ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКАНЫҢ ДАМУЫНЫҢ НЕГІЗГІ БОЛЖАМДАРЫ. ЭЛЕКТР ЭНЕРГЕТИКАДАҒЫ НАРЫҚТЫҚ ҚАТЫНАСТАР. ҚЫСҚАША МӘЛІМЕТТЕР.

7.1 Энергия тасымалдаушыларды пайдаланудың құрылымы. Энергетиканың үш аспектісі

Энергия тасымалдаушылардың құрылымы кейінгі жылдар ішінде ақырын өзгеруде [46]. Отын ретінде көмірді пайдалану басым.

Кейінгі уақытта, отын ретінде газды пайдалану өсіп, ал мұнайды пайдалану керісінше төмендеуде. АЭС-да энергияны өндіру де едәуір өсіп келе жатыр.

Энергетиканың үш аспектісі. Қазіргі замандағы энергетика және оның болашақта дамуы үш факторға байланысты. Олар техникалық, әлеуметтік-саясат және биосфералық (экологиялық) аспектілер. Бұл жағдайлар бір-бірімен өте тығыз байланысты.

Энергетикалық техникалық аспектісі орасан зор қуатпен сипатталады. Мысалы, бүкіл әлемдегі электр станциялардың қуаты шамамен 2 млрд. кВт, ал барлық энергетикалық қондырғылардың жалпы қуаты 10 млрд. кВт. Осындай үлкен қуатты қамтамасыздандыру үшін, адамдар жыл сайын шамасы 40-50 млрд. т. шартты отынды алып отырады [шартты отын дегеніміз отын 1 кг жанғанда 29.3 МДж жылу бөлінетін болуы керек].

Табиғаттан алынатын энергетикалық ресурстардың пайдалы әсер коэффициенті 0,25% артық емес. Бұл мәселе энергетиканың негізгі мәселелерінің бірі болып есептеледі. Ол үшін энергияны өндіру үдерісінен бастап, оны пайдалануға дейінгі сатылардағы шығынды азайту қажет. Бұл проблеманы, яғни пайдалы әсер коэффициентін көбейту, ол тек қана техникалық шешімдерге байланысты емес.

Отынды дұрыс пайдалануда әлеуметтік-саясат аспектісінің әсері өте зор. Мысалы, бүкіл жер шарының 30% халқы планетада өндірілетін энергияның 90% пайдаланады, ал қалған 70% тек қана 10% өндірілген энергияны пайдалануға мүмкіндігі бар. Сонымен қатар, өнеркәсіптің деңгейі, жұмыс жағдайына және мәдениеттің дамуына энергияның пайдалану санына тығыз байланысты екені баршамызға белгілі.

7.2 Дүниежүзіндегі электроэнергетиканың дамуының негізгі болжамдары.

Дүниежүзіндегі елдердің электроэнергетикалық дамуы үдерісі тек қана болжам ретінде беріледі де, жыл сайын анықталып отырады.

Пайдаланылатын есептеу үлгісіндегі негізгі бастапқы ақпараттардың айырмашылығы мынада:

– дүниежүзіндегі және аймақтарда экономиканың даму сценариясында;

– экономика және энергия тасымалдаушылардың арасындағы өсу байланысында;

– өндіруге және пайдалануға әсерін тигізетін материалдық экономикалық және саясаттық болжамды тоқтату факторларында;

– келешектегі энергия тасымалдаушылардың бағасында.

Әдетте, болжам жасалғанда негізгі нұсқалар келтіріледі, сонымен қатар төменгі және жоғарғы бағалар көрсетіледі. Бұл бағалар негізгі факторларға және олардың өзгеру беталысына ықпалын тигізеді.

2000 жылдан бастап АҚШ-тың энергетика министрлігі дүниежүзінің және кейбір аймақтардың энергетикасының даму болжамын жариялады. 2004 жылғы негізгі болжамға қарағанда, 2005 жылғы электрэнергияны пайдалану екі есе өскен. Электр энергияны пайдаланудың өсуі дамып келетін Азия елдерінде күтіледі.

Электр энергияны пайдалану қарқыны өндірістері дамыған елдерде жылына 1,6 % деп болжамдалды, ал дамитын елдерде жылына 35% деп есептелінуде.

Экономикасы өтпелі елдерде (бұрынғы ССРО) электр энергияны пайдалану қарқыны жылына 2% деп болжамдалуда. Бұл елдерде 1990 жылдары электр энергияны пайдалану едәуір төмендеді. Электр энергияның 1991 жылғы деңгейі, шамамен 2010 жылы сол қалпына келтірілуі мүмкін. Ол әртүрлі жағдайларға байланысты. Мысалы, жаңартылған техникаларды және технологияларды пайдалану, электр энергияны қарқынды тұтыну, т.б.

7.3 Тәуелсіз мемлекеттер достастығы елдерінің энергетикасы дамуының негізгі бағыттары.

Тәуелсіз мемлекеттер достастығы (ТМД) елдерінің энергетикасының дамуының негізгі бағыттарын (ГОЭЛРО жоспарына сәйкес) төмендегідей тұжырымдауға болады [46]:

1. Тандалынып алынған жеке аудандарды ғана емес бүкіл елді электрлендіру, шалғайдағы аудандардың бай шикізаттық және энергетикалық ресурстарын пайдалану;

2. Халық шаруашылығының барлық салаларын, оның ішінде ауыл шаруашылығын, мәдениет және тұрмыс салаларын жоспарлы түрде электрлендіру;

3. Электрлендіру ісін дамыту, электр қуатының резервін жасау;

4. Жылу электр станцияларын отын шығаратын жерлерге жақын салып, жергілікті отынды барынша толық пайдалану;

5. Су электр станцияларын салу;

6. Жылумен қамтамасыз ету ісін барынша дамыту;

7. Ең жаңа техниканы жоспарлы түрде енгізу: жоғары параметрлі бу өндіру, барынша жетілген әрі қуатты агрегаттарды пайдалану, өндірістік процестерін автоматтандыру, т.б;

8. Электр станцияларын салу арқылы халық шаруашылығының мәселелерін кешенді түрде шешуге, мысалы, су электр станцияларын электр энергиясын өндіру, кеме қатынасын жақсарту, жерді суару және шөлейт жерлерді суландыру үшін, ал

жылу электр станцияларында, отынды энергохимиялық тұрғыдан пайдалануға, яғни отыннан жанғыш газ бен шайыр алу және электр энергияны өндіруден қалған отын қалдықтарын пайдалану;

9. Энергетикалық жүйелерді құру арқылы электр станцияларын біріктіру және ТМД-ның біріктірілген энергетикалық жүйесін құру;

10. Қоршаған ортаны барынша ластамау ісін игере түсу.

7.4 ТМД-ның болашаққа арналған энергетикалық бағдарламасының негізгі қағидалары

Бұл бағдарлама болашақта ТМД-ның экономикасының өсуі мен отын-энергетикалық кешені салаларының даму деңгейін және негізгі бағыттарын белгілейді.

ТМД-ның энергетикалық бағдарламасының негізгі қағидалары:

– Халық шаруашылығы мен тұрмыстың барлық салаларында ғылыми-техникалық прогресс негізінде **энергия үнемдеу саясатын** белсенді түрде жүргізу; отын мен энергияны үнемдей отырып, ұлттық табыстың үлесті энергия сыйымдылығын елеулі түрде төмендету;

– Отын – энергетикалық кешені салаларындағы техникалық прогресті жеделдету, сонымен қатар кешенге қажетті жабдықтар, машиналар мен материалдар жеткізіп тұратын машина жасау және басқа да өнеркәсіптің күрделі салаларындағы техникалық прогресті жеделдету;

– Бастапқы энергетикалық ресурстарды өндіру және олардың энергетикалық өсімін қамтамасыз ету;

– Еліміздің ішкі мұқтаждары мен экспорт мұқтаждарын өтейтін газ өнеркәсібінің дамуын жеделдету;

– Мұнай өнімінің тұрақты жоғары деңгейін, оның ішінде мұнай қабатының пайдалы әсер коэффициентін арттыруды қамтамасыз ету;

– Отынның, әсіресе, мұнайдың өндірістік қорларын өз уақытында дайындау, мұнай кендерінің жоғары нәтижелігін арттыру;

– Мұнай кендерін тереңдету және оның көлемін арттыру есебінен моторлы отын ресурстарымен қамтамасыз ету, бұл ретте электр станцияларының мазутты жұмсауын, сол сияқты сығылған және сұйытылған моторлы отынды біршама қысқартып, сонымен қатар газ, көмір, жанғыш тақта тастан алынған синтетикалық моторлы отын өнеркәсібінің ғылыми-техникалық мәселелерін шешуді ұйымдастыру;

– Электр және жылу энергиясы өндірісіндегі ядролық энергетиканы жедел дамыту;

– Көмір өнеркәсібін дамыту; оны ашық жолмен өндіру тәсілін арттыру және осы көмірді пайдаланатын жылу электр станцияларының құрлысын жеделдету;

ТМД-ның болашаққа арналған энергетикалық бағдарламасының негізгі қағидалары – осы елдердің энергетика саласындағы қарым-қатынасты онан әрі дамыту болып табылады.

ТМД елдерінің біріктірілген электр энергия жүйесін басқаруды үйлестіру

мақсатында, 1992 жылы 14 ақпанда «Тәуелсіз Мемлекеттер Достастығы елдерінің электр энергетика саласындағы мемлекетаралық қатынастарды үйлестіру туралы» келісім жасалды. Осы келісімге сәйкес ТМД елдерінің электроэнергетикалық салаларындағы бірінші басшыларынан Электрэнергетикалық кеңес және оның тұрақты жұмысшы органы – Атқару комитеті құрылды. Кейінірек бұл келісімге Грузия қосылды. Сонымен, ТМД-ның Энергетикасының біріктірілуін қалыптастырудың бастамасы жасалды (ТМДЭ) [46].

Соңғы жылдары ТМД елдерінде өзінің жобалық ресурсын өтеген, ауыстыруды, жаңалауды және қайта құруды қажет ететін, ескірген жабдықтың көлемі айтарлықтай дәрежеде өсті. Инвестицияның тапшылығы электроэнергетика нысандарын техникалық қайта жабдықтауды қажетті көлемде іске асыруға мүмкіншілік бермейді, бұл мәселе келешекте ТМД елдері экономикасын көтеруде тежегіш факторға айналуы мүмкін.

Мұның бәрі ТМД елдерінде энергетикалық жүйенің тиімді қызмет етуін төмендетуге әкеліп соқтырды. Бұл жеке алғанда электр тораптарында энергия шығынының артуына, кернеу мен жиілікті сақтау сапасының нашарлауына, электр станцияларында отын шығынының артуына әкеледі.

Сөйтіп, ТМД елдерінің территориясындағы электр энергетика саласының міндеттерінің бірі – ұлттық энергия жүйелерінің, сондай-ақ әр түрлі меншік иелеріндегі энергетикалық нысандарының бірлескен жұмысының тиімді тегершіктерін жасау болып табылады. Осы негізде тиімді жұмыс істейтін бірегей энергобірлестікті қайта құрудың электроэнергетика саласының келешек дамуы үшін маңызы бар.

ТМД-да электр энергиясын өндірудің (ТМДЭ) болжамы (салыстырмалы түрде) төмендегі 7.1-кестеде келтірілген.

7.1-кесте.

ТМД елдерінің электр энергиясын өндірудің болжамы

Республика	Электр энергиясын өндіру, млрд. кВт сағ (min/max)
	2010ж.
Әзірбайжан	27/31
Армения	12/13
Беларусь	40/45
Грузия	12/15
Қазақстан	100/119
Қырғызстан	15/17
Молдова	8/11
Ресей	1040/1240
Тәжікстан	20/23
Түркіменстан	21/27
Өзбекстан	57/61
Украина	256/270
Жиыны	1608/1871

Қазақстан 2014 жылы электрэнергияны өндіруді 97,9 млрд.кВт.с, ал тұтынуды 96,8 млрд.кВт.с деп жоспарлауда. Соның ішінде жаңартылатын энергия көздері 1 млрд.кВт.с электрэнергияны өндіреді деп есептелінді.

Электрэнергетика саласын дамытудағы маңызды проблемалар:

- Жабдықтарды жаңарту және ауыстыру;
- Жаңа технологияларды игеру;
- Жаңа қуаттар қосу;
- ТМД экономикасының электроэнергетикалық секторында жүргізіліп жатқан реформаларды тереңдету мақсатындағы жұмыстарды үйлестіру;
- ТМД-ның электроэнергетикасын дамыту бағдарламаларын үйлестіру;
- ТМД-ның энергия жүйелерін басқа елдердің энергия жүйелерімен біріктіру процестерін үйлестіру болып табылады.

7.5 Қазақстан энергетикасы. Тарихы. Қазіргі жағдайы. Болашағы.

Ресей империясы жас Қазақ республикасына ешқандай энергетикалық мұра қалдырмады. Революцияға дейінгі Қазақстанның барлық электр станцияларының жылдық электр өнімі 1,3 млн. кВт болды. Бұл, негізінде Ертіс өңірі мен Орталық Қазақстанның тау-кен рудалы кәсіпорнына қызмет ететін кішігірім электр станциялары болатын. Олар локомобильдермен, не екі ырғақты мұнай қозғалтқыштарымен жабдықталды, яғни бу турбиналары болған жоқ.

1920 жылы Шығыс Қазақстан облысындағы Ұлба және Громатуха өзендерінде су электр станцияларын салу ісіне көңіл аударылды. ГОЭЛРО жоспарлары бойынша Қазақстанда, оның ішінде Шығыс Қазақстан және Алматы облыстарында су электр станцияларын салу ісі белгіленеді.

Қазақстанның энергетикасы дамуының өсу қарқынын техникалық деңгейі жағынан **шартты түрде** бірнеше кезеңге бөлуге болады.

Бірінші кезеңге 1920 жылдар кіреді. Бастапқы кезде империалистік және азамат соғысы салдарынан құлдырап кеткен шаруашылықтарда, әсіресе тау-кен өнеркәсібі үшін шамалы қуатты электр станциясын салу қажеттілігі туды. Мысалы, Орталық Қазақстандағы Қарсақпай және Шығыс Қазақстандағы Глубоков электр станциялары мыс балқыту зауыттарын электрмен қамтамасыз ету мақсатында салынды. 1928 жылы Риддер жанындағы қуаты 3 МВт Жоғарғы Хариуз су электр станциясы іске қосылды. Міне, бұл станция Қазақстан су энергиясы құрлысының бастамасы болды.

Бірінші кезеңнің аяғына таман республикадағы электр станцияларының қуаты 9 МВт, ал электр энергиясының өнімі 7 млн. кВт сағ-қа (1913 ж. 1,3 млн. кВт сағ болатын) жетті. Осы цифралар қазіргі түсінік бойынша, әрине, көзге тым қораш болып көрінеді.

Қазақстан энергетикасының дамуының **екінші кезеңі – 1930 жылдары** индустриялы Қазақстанның айқын түрін белгілеген, өнеркәсіп пен күрделі жаңа құрылыстың қарқындап даму уақыты болды. Ірі өнеркәсіп орындарымен қатар сол кездегі біршама қуатты электр станциялары салына бастады.

Электр станцияларының саны мен жалпы қуаты күрт артты. Бір ыңғай өнеркәсіптік станцияларымен қатар тұрмысқа және ауыл шаруашылығына қажет электр станциялары, сонымен бірге темір жол транспорты мен байланыс жолдарына қызмет ететін электр станциялары салынды.

1934 жылдың басында, республиканың барлық электр станцияларының жалпы қуаты 60 МВт-ға, жетті, бұл бірінші кезеңдегі жағдаймен салыстырғанда 6,5 есе көп еді.

Электр станциялары қуатының негізгі үлесі (80 % шамасында) ауыр өнеркәсіпке берілді. Олардың орташа бірлік қуаты, сол кезгі шамамен алғанда айтарлықтай көп еді. Тұрмысқа қажет электр станцияларының барлығы да кішігірім болатын, тек кейбір облыс орталықтарындағы станцияның қуаты бірнеше жүздеген киловатқа жетті. Бастапқыда тұрмыс мұқтаждарын өтеуге арналған бұл станциялар негізінен қалалардағы тез өсіп келе жатқан орташа және ұсақ өнеркәсіптерді электрмен қамтамасыз етуге пайдаланылды. Сондықтан олар сарқыла пайдаланылып, қалалардың көпшілігі электр энергиясына мұқтаж бола бастады.

Бірінші және екінші кезеңдер аралығында мынадай ірі өнеркәсіп орындары; Қарағанды көмір комбинаты, Шымкент қорғасын зауыты, Ақтөбе химия комбинаты, Шығыс Қазақстан облысындағы тау-кен металлургия кәсіпорындары, Семей ет комбинаты салынды. Бұл кәсіпорындарға тиісті энергетикалық база қажет болды. Осыған орай, Қазақстанда алғашқы бу турбиналық электр станциялары салынды, олардың қуаты мыңдаған киловатқа жетті. Оның ішіндегі ең ірілері: 1932 ж.іске қосылған Қарағанды орталық электр станциясы, Шымкент қорғасын зауытының орталық электр станциясы (1934 ж), Семей ет комбинатының жылу электр орталығы (1935 ж), Алға қаласындағы Ақтөбе химия комбинатының жылу электр орталығы (1935 ж), Қаратау орталық электр станциясы (1935 ж). Мұның бәрі зауыттың электр станциялары еді. Алайда, олардың үлкен қалаларда орналасқан кейбіреулері, кәсіпорынның тар шеңберінен шығып, қала тұтынушыларын энергиямен қамтамасыз ете бастады. Мысалы, Семей ет комбинатының жылу электр орталығы бірқатар кәсіпорындар мен қаланың бір бөлігін энергиямен жабдықтады.

1935 жылы алғашқы бу турбиналық электр станциясы – Алматы Орталық электр станциясы іске қосылды, ол республика астанасын 1944 жылға дейін электр энергиямен қамтамасыз етудің бірден-бір көзі болып есептелді.

1937 жылы Балқаш қаласында Қазақстандағы алғашқы ірі жылу электр станциясы іске қосылды. Дәл сол жылы Шығыс Қазақстан облысында қуаты 27,6 МВт Ұлба су электр станциясы пайдалануға берілді. Оның іске қосылуы Қазақстандағы алғаш энергия жүйесін құруға себебін тигізді («Алтайэнерго»).

Екінші кезеңнің аяғында бірқатар ірі энергетикалық объектілер Ертіс ГЭС-і, Қарағанды ГРЭС-і салына бастады. Екінші кезең-негізінен республиканың энергетикалық базасының қалыптасу кезеңі. 1940 ж. Қазақстанның барлық электр станцияларының қуаты 224 МВт-ға жетіп, электр станциясының өнімі – 0,63 млрд. кВт сағ болды.

Қазақстанның энергетикалық базасының даму қарқыны Кеңес одағы бойынша орташа цифрлардан әлдеқайда жоғары болды. Егер 1928-1940 жылдарда КСРО-да электр энергиясының өнімі 9,7 есе өссе, Қазақстанда осы уақыт ішінде ол 90

есе өсті. Электр энергияны өндіру жағынан ол бұрынғы Кеңес Одағының барлық аудандарын қуып жетіп, 1940 ж. Одақтас республикалар ішінде бесінші орынға ие болды.

Германия фашизмі біздің елімізге соғыс ашқан жылы Қазақстанның өзінің қуатты энергетикалық базасы болған. Бұл экономиканы, оның ішінде бірінші кезекте еліміздің шығыс аудандарының энергетикалық базасын жан-жақты әрі шапшаң дамытудың нәтижесі еді.

Үшінші кезең – Қазақстан энергетикасының дамуындағы елеулі кезең. Оған сұрапыл соғыс жылдары кіреді. Бұл кезеңде түсті металлдар өндірісін, көмір шығаруды тез арттырып, майдан мен тылды тағамдық азықтар мен жеңіл өнеркәсіп бұйымдарымен қамтамасыз ету қажет болды. Қазақстанда ірі машина жасау зауыттары қайта жасакталды. Өнеркәсіптік өндірістің өсуіне, кәсіпорындарды шапшаң түрде кеңейтуге және эвакуацияланған зауыттар мен фабрикаларды іске қосуға байланысты электр қуаты жеткіліксіз болды. Барлық қалалар мен өнеркәсіп орталықтары энергиядан қатты тапшылық көрді.

Өздерінің ерен еңбектерінің арқасында Қазақстан энергетиктері қысқа мерзім ішінде энергетикалық базаның онан әрі өсуіне және электр энергиясы өнімін біршама арттыруға қол жеткізді. Олар қондырылған энергетикалық жабдықтарды дұрыс пайдалануға, электр станцияларының құрылысын тездетуге бар күштерін жұмсады. 1942 жылы адам айтқысыз қиын жағдайда, сол кездегі ірі жылу электр станциясы 1- Қарағанды ГРЭС-і іске қосылды. Оның іске қосылуы елімізде тапшы болып отырған көмір өндіруді тездетуге мүмкіндік туғызды. Дәл сол 1942 жылы Ақтөбе жылу электр орталығы пайдалануға берілді, ол қару-жарак шығаруға қажетті ферроқорытпа өндірісінің құрылысын салуға ықпалын тигізді.

1943 жылы 1- Петропавл жылу электр орталығы (ТЭЦ), 1944 жылы 1-Текелі жылу электр орталығы және Шымкент май комбинатының жылу электр орталығы (қазіргі 1-Шымкент жылу электр орталығы) салынды. Республика астанасының тұрғындары Алматы электр станциясы тізбегінің құрылысына қызу араласты. 1944 жылы оның алғашқы екеуі, келесі жылы тағы да екі су электр станциялары іске қосылды.

Міне, осындай қызу еңбектің нәтижесінде соғыс жылдарында электр станцияларының қуаты 1,8 есе өсіп, 382,5 МВт-қа жетті.

Қазақстан энергетикасының дамуының келесі кезеңі – соғыстан кейінгі энергетикалық базаның қарқынды даму кезін қамтиды. Электр станциялардың қуаты 6,5 есе өсіп, 1960 жылдың басына таман электр энергия өнімі 2,53 млн. кВт сағатқа жетті. Қуат өндірудің жылдық орташа мөлшері соғысқа дейінгі кезеңмен салыстырғанда 7,5 есе артты.

Сөйтіп, республиканың энергетикалық шаруашылығының жаңа негіздері қаланды. Көптеген ірі электр станциялар салынды. Бай гидроэнергетикалық ресурстарды меңгеру жолындағы жұмыстар жүргізіліп, ірі гидроэнергетикалық құрылыстың тәжірибесі толықтырылды. Бұл ретте 1952 жылды атағанымыз орынды: бұл жылы Өскемен су электр станциясы іске қосылды. Қуаты 675 МВт Бұқтырма су электр станциясының құрылысы орасан зор қарқынмен алға басып, 1960 жылы оның бірінші кезегі берілді. Алматы су электр станциясы тізбегінің

құрылысы аяқталды: 1952 ж. 1-Озерная су электр станциясы, ал 1959 ж. 2- ГЭС іске қосылды. Бұл жоғары қысымды су электр станциялары болатын. Дәл осы кезеңде жылу электр станциялары да қарқынды түрде дами бастады. 1947 жылы Өскемен жылу электр орталығы іске қосылды, ол Қазақстандағы алғашқы жоғары қысымды жабдықтармен жарақталған ЖЭС болатын. 1952 жылы Жезқазған және 3-Жамбыл жылу-электр орталықтары, 1956 жылы Лениногорск ТЭЦ-і, ал 1956 жылы Қарағанды металлургия зауытының ТЭЦ-і және 2-Текелі жылу электр орталықтары іске қосылды. Оның үстіне мына электр станциялары кеңейтілді: 1-Қарағанды ГРЭС-і, Балқаш ТЭЦ-і, Кентау, Алматы жылу электр орталықтары, т.с.с.

Соғыстан кейінгі кезеңде электрмен қамтамасыз етуді орталықтандыру мен энергетикалық шаруашылықты жаңа негізге көшіру ісі жүргізілді. Электр станциялар ірілендіріліп, энергетикалық жүйелер пайда болып, әрі қарай жетілдірілді.

Ірі электр станцияларының құрылысымен қатар электр желілері құрылыстары дами бастады; 35,110,220 кВ-тағы бірнеше мың километрге созылған линиялары, электр желілері Қазақстанның ішінде ғана емес, сол сияқты республикадан шеткері: Өскемен – Рубцовск, Ақтөбе – Орск, Шымкент – Ташкент, Сарбай –Троицк және басқа да елді мекендерге тартылды.

50-жылдардан бастап қалаларды жылумен қамтамасыз ету ісі жетіле бастады. Бұл кезеңде Алтай және Қарағанды энергия жүйелері ерекше көзге түсті, олардың үлесіне Қазақстанда өндірілетін барлық жылу энергиясының тең жартысы келді.

1960 жылға таман бу турбиналарының қуатының тең жартысын жылумен қамтамасыз ету агрегаттары өндірді, бірақ та олардың қуаттылығы төмен болды. Сол кездегі магистральды жылу желілері әлсіз еді, мұндай желілер тек 60-жылдардан бастап жедел қарқынмен дами бастады.

Енді Қазақстан энергетикасының соңғы кезеңінде, оның қазіргі күйіне тоқталайық.

1959 жылдан бастап республиканың энергетикалық шаруашылығында бірқатар сандық әрі сапалық алға басушылықтар байқалды. Мысалы, 1958-1968 жылдар аралығында электр станцияларының қуаттылығы 3,3 есе артты. Осы уақыт ішінде 2-Петропавл жылу электр орталығы (1961 ж.), Алматы ГРЭС-і (1962 ж.), 4-Жамбыл ТЭЦ-ы (1963 ж.), 1-Павлодар ТЭЦ-і (1964 ж.) және басқалары салынып, пайдалануға берілді. Осы кезде іске қосылған станциялардың басым көпшілігі жоғары және ең жоғары бу параметрлері ірі агрегаттармен жабдықталды.

1960 жылы Бұқтырма ГЭС-інің бірінші кезегі пайдалануға берілді. Бұл Қазақстандағы ең ірі СЭС, оның қуаты 675 МВт, 1962 жылы қуаты 200 МВт/ жобалық қуаттылығы 700 МВт/ 2-Қарағанды ГРЭС-інің бірінші кезеңі іске қосылды. 1967 ж. Жамбыл ГРЭС-інің алғашқы блогі іске қосылды, ол республикадағы жобалық қуаттылығы млн. кВт-тан астам алғашқы электр станциясы еді. 1968 жылы жобалық қуаттылығы 2400 МВт (300 МВт-тық агрегаттар) Ермак ГРЭС-інің (қазіргі Ақсу ГРЭС-і) бірінші блогы пайдалануға берілді. Бұл Қазақстанның энергетикасының негізін құрайтын тұнғыш электр станциясы болатын.

Электр энергетикасының дамуы электрмен қамтамасыз етуді орталықтандыру ісімен ұштасып отырды. 1950 жылдары орталықтандыру ісін ұсақ электр

станциялар, әсіресе, селолық жерлердегі электр станцияларының қарқынсыздығы тежеп отырды. Соңынан бұл артта қалушылық жойылып, 1960 жылдан бастап ондаған мың километрге созылатын жаңа электр желілері салынды. Бұл желілердің жүргізілуі арқасында энергетикалық жүйенің дамуы кең етек ала бастады. Бұрынырақ құрылған Алтай, Қарағанды және Алматы энергетикалық жүйелері тек қуаттылығы жағынан ғана емес, сонымен қатар өз жүйесіне басқа да аудандарды қамти отырып, территориялық жағынан да өсті. Олармен қатар жаңа энергетикалық жүйелер: Гурьев, Батыс Қазақстан, Қостанай, Ақмола, Павлодар және Оңтүстік Қазақстанда құрылды. Республиканың солтүстігінде бес энергетикалық жүйе бір-бірімен өзара электр желілері арқылы байланды. Алтай, Павлодар, Қарағанды, Қостанай және Ақмола бір жүйені құрады. Оңтүстікте Алматы және Оңтүстік Қазақстан энергетикалық жүйелері Орта Азия энергетикалық жүйелерімен бірігіп, Орта Азия мен Оңтүстік Қазақстанның қуатты бірлескен электр жүйесін құрады.

Осы құрлыстың дамуы ауыл шаруашылығын электрлендіру ісіне игі әсерін тигізді. Мысалы, 1955 жылы ауыл тұрғындарын электрмен қамтамасыз ету ісі кішігірім дизельді және гидравликалық қондырғылар арқылы жүзеге асырылды. Ауылдық жерлерде жылдық энергия тұтыну небәрі 217 млн. кВт сағ болып, ол негізінен елді жарықтандыруда және механикалық шеберханаларда пайдаланылды. Ал 1968 ж. селолық жерлерде өндірістік және тұрғын үй, тұрмыстық мұқтаждарын өтеу мақсатында 1892,4 млн.кВт сағ энергия жұмсалды, немесе бұл 1955 жылмен салыстырғанда 8,8 есе көп деген сөз. Бұл энергияның 49 %-ы электр энергиясының орталықтандырылған көздерінен алынды.

Республикада 1960 жылдарда қарқынды түрде жылу желілерінің құрылысы басталды. 1967 жылы тек қана магистральді желілерінің жалпы ұзындығы 634 км-ге жетті. Қалалар тез арада бір орталықтан жылумен қамтамасыз етілді, қаланың ауа бассейнін ластайтын жүздеген ұсақ, тиімсіз қазандықтар жабылды.

Бұл уақытта Өскемен, Теміртау, Жезқазған, Балқаш, Лениногорск, Қарағанды, Алматы, Рудный қалалары түгелдей жылумен қамтамасыз етілді.

1957 жылы барлық энергетикалық шаруашылықтар совнархоздың қарамағында болғаны баршаға мәлім. Ведомстволық бой алған қалалар мен аудандарда бұл әрине, бір қадам алға басушылық болды, өйткені көпшілік пайдаланатын энергетикалық базалар құрыла бастады. Аудандық энергетикалық басқару жүйесі бар аудандарда (Алтайэнерго, Қарағандыэнерго, Алматыэнерго) совнархоздың қарамағына көшу прогресшіл қадам болмады, ведомстволық шектеулік территориялық шектеулікке ұласты.

1962 жылы энергетиканы басқаруды орталықтандыру мақсатымен республикада 9 аудандық энергетикалық басқару жүйелері бар энергетика және электрлендіру министрлігі құрылды. Бұл әрине, ведомстволық және территориялық кедергілерді бірден жойып, энергетиканың дамуының прогресшіл жолдарын ашты: ірі электр станциялар салу, желілі құрылысты тездету, энергетикалық жүйелерді құру, селолық жерлерді электрмен қамтамасыз етуді орталықтандыру, қалаларды жылумен қамтамасыз ету жолға қойылды. Бұл кезде Қазақстан энергетикасының сандық және сапалық көрсеткіштерінің біршама өсуі жоғары қарқын алды. Мысалы, 1985 жылы 1- Екібастұз ГРЭСі, ал 1993 ж. 2- Екібастұз ГРЭСі іске қосылды.

Электроэнергетиканың 2030 жылға дейінгі даму бағдарламасы (ҚР Үкіметінің 09.04.1999 ж № 384 қаулысымен бекітілген) тұжырымдамалық концептуалдық сипатқа ие және ол Қазақстан Республикасының 2030 жылға дейінгі дамуын іске асыратын бағдарламасының стратегиялық бөлігі ретінде әзірленген болатын. Электр энергетикасы базалық салалардың бірі бола отырып, кез келген мемлекеттің экономикалық, әлеуметтік саласында маңызды рөл атқарады. Сондықтан электроэнергетикалық кешен Қазақстан Республикасының экономикалық секторларының басымдықтарының бірі ретінде анықталған және ол жаңа жоғары тиімді технологиялар мен жалпы ішкі өнімнің энергия сыйымдылығын тұрақты төмендету базасында энергетика – экономика – табиғат-қоғам жүйесінің үдемелі теңестірілген жүйесі ретінде қарастырылады.

2030 ж. дейінгі бағдарламаның мақсаты және негізгі басымдықтары:

– Экономиканы және халықты электр энергиясымен өзін-өзі қамтамасыз етуге және елдің ұлттық қауіпсіздігінің бір көрінісі – энергетикалық тәуелсіздікке қол жеткізу;

– Электр энергияның экспорттық, бәсекеге қабілеттік ресурстарын, олардың шекаралас және үшінші елдердің энергетикалық нарығында сұраныс мүмкіндігін жасау;

– Өндірушілер, көлік және таратушы электр тораптары мен электр энергиясы ағындарының, диспетчерлік бәсекеліктік нарығын дамыту.

Электроэнергетикалық саладағы негізгі стратегиялық бағыттар:

– Қазақстанның біртұтас энергетикалық жүйесін (БЭЖ) қалыптастыру;

– Орталық Азия республикаларының энергия жүйелері мен Ресей біртұтас энергетикалық жүйесінің біріккен жұмысын қайта қалпына келтіру;

– Электр энергияның ашық бәсекелестік нарығының үлгілерін әзірлеу;

– Қолданыстағы энергия көздерін қайта құру және жаңарту арқылы бар мүмкіндігінше пайдалану;

– Импорт алмастырушы ретінде жаңа қуаттар енгізу;

– Дәстүрлі емес энергетиканы дамыту есебінен электр энергияны өндіру құрылымын жақсарту;

– Органикалық отын шығынын айтарлықтай қысқартуға және парниктік газ шығарылымдарын азайтуға мүмкіндік беретін тиімді энергия сақтағыш технологиялар ретінде, электр энергиясы мен жылуды түйдектеп өндірумен, қолданыстағы жылумен жабдықтау жүйелерін қайта құру және жаңалау;

– Экономикалық және экологиялық жағынан тиімді автономдық жоғары сапалы жылу көздерін енгізу.

Қазақстан электр энергиясының қазіргі жағдайы келесі мәселелермен сипатталады:

– Бір электр станциясында қуаты 4000 МВт-қа дейін энергия өндіретін станциялардың шоғырлануымен;

– Ірі электр станциялардың көбінесе отын кендері орындарына жақын орналасуымен;

– Өндірістік және коммуналдық қажеттіліктер үшін электр энергиясы мен жылу өндірудің құрама тәсілінің жоғары үлесімен;

– Республиканың электр қуаттарының балансында гидростанциялар үлесінің жеткіліксіздігімен (12% шамасында);

– Байланыс жүйелерінде кернеуі 500 және 1150 кВ әуе желісін қолданатын электр беріліс желілерінің дамыған сұлбасымен;

– Апатты және апаттан кейінгі жағдайларда бірыңғай энергетикалық жүйенің тұрақтылығын қамтамасыз ететін, қорғаныс пен апатқа қарсы релелік автоматика жүйесімен;

– Орталық диспетчерлік басқарумен, аймақтың диспетчерлік орталықтармен, электр энергиясын тұтынушылардың диспетчерлік орталықтарымен іске асырылатын бірыңғай ұйымдастырылған жедел жүйемен.

Қазақстан территориясы энергетикалық қатынасы бойынша үш жаңа аймаққа бөлінеді (шартты түрді):

– **Солтүстік және орталық аймақ;** энергия шаруашылығы ортақ торапқа біріктірілген және Ресеймен байланысы бар Ақмола, Шығыс Қазақстан, Қарағанды, Қостанай және Павлодар облыстары енеді;

– **Оңтүстік аймақ:** бұған Алматы, Жамбыл, Қызылорда және Оңтүстік Қазақстан облыстары енеді, олар жалпы электр торабымен біріккен және Қырғызстанмен, Өзбекстанмен дамыған байланысы бар. 1998 жылы Оңтүстік аймақ Солтүстік аймақпен қатарлас жұмысқа қосылды.

– **Батыс аймақ:** бұған Ақтөбе, Атырау, Батыс Қазақстан және Ақтау облыстары кіреді, жалпы электр торабымен біріккен, ал Ақтөбе энергия шаруашылығы бөлек жұмыс істеді.

Елімізге көмір өнеркәсібіне және энергетикаға ірі қаржылар салынды және оның келешектік дамуына елеулі жиынтық жасалды. Сөйтіп, көмір кендері негізінен Солтүстік және Орталық Қазақстанда шоғырланған, электр энергияның негізгі көздері де осында орналастырылған. Бұл аймақтар электр энергиямен өзін-өзі қамтамасыз етті, ішкі және сыртқы электр энергиясы нарығына ұсынатын мол әлеуеті бар.

Оңтүстік Қазақстан аймағының жеткілікті жергілікті энергетикалық ресурстары жоқ және оның электр энергетикасы тасымалды көмір мен газ импортына негізделген. Электр энергия қажеттілігінің бір бөлігі Орта Азия Республикаларының импорты есебінен өтеледі.

Батыс Қазақстан аймағы өзінің жеке көмірсутекті отын қоры бола отырып, электр энергия қажеттілігінің бір бөлігін Ресейдің импорты есебінен жабады. Отынның қолда бар ресурстарын өндіре отырып, қысқа мерзімде өз қажеттіліктерін қамтамасыз ететін экспорттық ресурстар жасау қажет.

Қазіргі уақытта Қазақстанның электр станциялары қуаты жағынан өз қажеттілігімізді толық қамтамасыз ететіндей әлеуеті бар, бірақ қалыптасқан торап сұлбалары мен нарықтық конъюктура Оңтүстік және Батыс аймақтарда электр энергиясы мен қуатты импорттауға мәжбүр етіп отыр.

Қазақстан Республикасының барлық электр станцияларының қуаттарының қосындысы 7.2-кесте көрсетілген (шартты түрде).

Электр станцияларының қуаттылығы

Электр станцияларының типтері	МВт	%
Органикалық отынды пайдаланатын бу турбиналы	15384,80	84,54
Газ турбиналы	314,00	3,1
Гидравликалық	2230,30	12,25
Дизельдік	20,26	0,11

Электр станциялары жабдығының есептік ресурстары төмендегі 7.3-кестеде келтірілген:

Электр станциялары жабдығының есептік ресурстары

Жабдық тобының атауы	Қуаты МВт	Белгіленген қуаты %	Шектен аса жұмыс мерзімі бойынша тозуы %
Блоктар 500 МВт	5000	27,5	32
300 МВт	2100	11,5	100
200 МВт	1860	10,2	73
ЖЭО 130 кГс/см ²	2453	13,5	56
90 кГс/см ²	3687	20,3	65

Республикадағы электр тораптары 110-220-500-1150 кВ кернеулер жүйесі базасында КСРО БЭЖ (ЕЭС)-ның негізгі ұстанымдары негізінде қалыптасқан болатын.

Қазақстан Республикасының электр тораптық шаруашылығы 0,4-6/10-35-110-220-500 кВ және 1150 кВ кернеулі электр беріліс желілерінен тұрады. 0,4-1150 кВ кернеулі электр беріліс әуе желілерінің барлық ұзындығы 454706,5 км және 35-1150 кВ кернеулі төмендеткіш қосалқы станциялардың саны 3069-61503 дана/МВА құрайды, соның ішінде кернеулері бойынша 7.4-кестеде деректер келтірілген.

Электр желілері мен қосалқы станциялардың деректері

ЭЖ 1150 кВ – 1422,9 км	ҚС 1150 кВ – 3/7005 дана/МВА
ЭЖ 500 кВ – 5470,3 км	ҚС 500 кВ – 15/10482 дана/МВА
ЭЖ 220 кВ – 20269,1 км	ҚС 220 кВ – 93/15740,03 дана/МВА
ЭЖ 110 кВ – 37931,9 км	ҚС 110 кВ – 173/18412,76 дана/МВА
ЭЖ 35 кВ – 59317,6 км	ҚС 35 кВ – 2085/9863,68 дана/МВА
ЭЖ 6 – 10 кВ – 208275,1 км	ТП 6 – 35/0,38 кВ – 90916/16949,26 дана/МВА
ЭЖ 0,4 кВ – 122019,6 км	

Орталық Азия, Ресейдің Шығыс және Батыс бөлігі энергия жүйелерінің географиялық орталық жағдайында орналасқан. БЭЖ-нің негізінде қалыптасқан Қазақстанның электр энергетикасы қазіргі уақытта саланы нарықтық қатынастар енгізу негізінде реформалаумен байланысқан, терең қайта құрулар кезеңін бастан өткізді.

Қазақстанда біртұтас энергия жүйесін қалыптастырудың орталығы Солтүстік аймақ болып саналады, мұнда электр энергия көздерінің үлкен бөлігі (72,7%) шоғырланған және Қазақстан БЭЖ-ін Ресей БЭЖ-мен байланыстыратын, дамыған 220-500-1150 кВ электр желілері бар.

Соңғы жылдары Қазақстанның БЭЖ-нің Екібастұз – Нұра – Ақадыр – ОҚГРЭС – Алматы ЭЖ-500 кВ транзиттік желісі бойынша Солтүстік және Оңтүстік бөлігі бірлестігі тұрақты жұмыс істейді, ал 1998-1999 жылдары олардың Орталық Азия БЭЖ қатарлас жұмыс істеуі ұйымдастырылды, бұл Оңтүстік Қазақстанның энергетикалық жүйесінің (Шымкент, Жамбыл, Қызылорда, Алматы) бірлескен жұмысының сенімділігін арттырады.

Қазақстан БЭЖ-нің Батыс бөлігі (Маңғыстау, Ақтөбе, Атырау, Орал), өзінің географиялық алыс орналасуына және электр байланыстарының болмауына байланысты, Қазақстан БЭЖ-нің қалған бөлігінен ерекше жұмыс істейді және онымен бірыңғай технологиялық процеспен байланыспаған.

Солтүстік және Оңтүстік Қазақстанның энергетикалық жүйелерін біріктіру Оңтүстік аймақтың Орталық Азия мемлекеттерінен энергетикалық тәуелсіз болуын қамтамасыз етеді.

Республикада электр энергиясын реформалау мынадай экономикалық құрылымнан тұрады (негізгілері):

1. 220-500-1150 кВ электр тораптарынан (мемлекетаралық және жүйеаралық) ірі тұтынушыларды қоректендіретін электр желісінен, ЖЭС және СЭС-ның қуаттарын жеткізетін желілер базасында қалыптасқан ұлттық электрэнергетикалық жүйеден – ҰЭЖ (KEGOC АҚ).

2. 110 кВ және одан төмен үлестіргіш тораптарды құрайтын Аймақтық электр тораптары компаниялары (АЭК).

3. Электр станцияларының ірі өнеркәсіптік тұтынушыларымен акционерлік қоғамдастық тұлғасында біріккен немесе тәуелсіз электр энергияны өндірушілерден.

БЭЖ-нің ұйымдық негізіне қолданыстағы біртұтас жедел диспетчерлік басқару жүйесін Ұлттық торап нысандары деп бұған Қазақстанның БЭЖ-нің ОДБ-сы іске асыратын, сондай-ақ “Электр энергетикасы туралы” Заң негізінде құрылатын энергия нарығының көтерме және аймақтық нормативтік-құқықтық базасын қоса отырып, есепке алуға болады.

Ұлттық энергетикалық жүйе төмендегідей рөл атқарады:

– Жалпы ішкі өнімнің барлық түрлері үшін бағалардың тепе-теңдігін қалптастыру;

– Қазақстан энергияпулын базаларын қалыптастыру;

– Отын-энергетикалық кешенінің ішкі балансын қалыптастыру.

KEGOC электр тораптары қуатты өндірушілер арасында байланыстырғыш буын бола отырып, республиканың әртүрлі формадағы меншіктегі энергетикалық кәсіпорындарды бір тұтас электроэнергетикалық жүйеге біріктіреді.

Сөйтіп, БЭЖ-нің технологиялық негізі келесі базада қалыптасқан Қазақстанның Ұлттық энергетикалық жүйесі болып табылады:

– Мемлекетаралық электр беріліс желілері;

- Аймақаралық электр беріліс желілері;
- Конденсациялық (жылу) және гидравликалық электр станциялары қуаттарын беру желілері;
- 50 МВт және одан жоғары қуатты тікелей тұтынушыларды қоректендіретін желілер;
- Мемлекетаралық, аймақаралық және аймақтық мәні бар тірек қосалқы станциялары;
- Ұлттық мәні бар электр станциялары.

Қазақстанның Ұлттық электроэнергетикалық жүйесін басқару мынадай техникалық құралдар көмегімен іске асырылады:

- Ақпарат жинау жүйелері;
- Ақпаратты өңдеу және қайта бейнелеу жүйелері;
- Телекоммуникациялық торап.

Бес елдің қатысуымен: Қазақстан, Қырғызстан, Өзбекстан, Түркімения және Тәжікстан.

– Орталық Азия БЭЖ Кеңесімен Орталық Азия мемлекеттері энергетикалық жүйелерінің қатарлас жұмыс істеуі туралы Қазақстан Республикасы Үкіметі, Тәжікстан Республикасы Үкіметі және Өзбекстан Республикасы Үкіметі араларында келісім жобасы енгізілді.

Электр энергиясының мемлекеттердің экономикасы мен әлеуметтік тұрақтылығын қамтамасыз етудегі ерекше мәнін, мемлекеттердің экономикасын тұрақты және сенімді электр жабдығымен қамтамасыз ету жөнінде бірлескен іс-әрекеттердің қажеттілігін түсіне отырып, қоршаған ортаны қорғау проблемаларын шешу жөнінде күш-жігерлерді біріктіру мақсатында Қазақстан Республикасы мен Ресей Федерациясы арасындағы электр энергетика саласының ынтымақтастығы туралы Хаттамаға қол қойылды.

Хаттамада ынтымақтастықтың негізгі бағыттары белгіленді:

- Электр энергиясын өндіру, беру және бөлу;
- Электр энергияның ішкі нарықтарына өзара ену мүмкіндіктерін зерттеу;
- Электр энергетикасы саласы жұмысының сенімділігі мен тиімділігін арттыру мақсатында энергия жүйелерінің қатарлас жұмыс істеуін қайта қалпына келтіру;
- Мемлекеттік энергия жүйелері тораптарының арасында электр энергиясы транзитін ұйымдастырудың келісімдік – құқықтық шартын орындау;
- Электр энергияның көтерме және басқа бөлшек нарықтарын ұйымдастыру.

Электр энергетикасын 2030 ж. дейін дамытудың стратегиялық бағдарламасы, электр энергияның 2030 ж. дейінгі болжамды сұранысы мен ұсыныстары негізінде жасалып, төрт кезеңге бөлінді:

Бағдарламаның

I кезеңі – 1999-2005

II кезеңі – 2006-2010 ж.

III кезеңі – 2011-2015 ж.

IV кезеңі – 2016-2030 ж.

**Электр энергиясының сұранысы мен өндірілуінің мөлшерлі болжамдары:
МЛРД кВт сағ**

	2005 ж	2010 ж	2015 ж	2030 ж
Қазақстан Республикасы				
Тұтыну	56,7 – 59	60,5 – 72	65 – 86	90 – 130
Өндіру	56,7 – 59	60,5 – 72	65 – 86	90 – 130
Сальдо – ағын	0	0	0	0
Солтүстік және Орталық аймақтар				
Тұтыну	39,2 – 40	41,8 – 48	47,7 – 56	62 – 80
Өндіру	41,27 – 41,87	42,99 – 49,79	46,14 – 60	64 – 82
Сальдо – ағын	+2,07 + 1,87	+1,19 + 1,79	+1,44 + 4,14	+2,0 + 2,0
Оңтүстік аймақ				
Тұтыну	10,4 – 11	11 – 14	12 – 17,5	16,5 – 30
Өндіру	8,33 – 9,13	9,81 – 12,21	10,56 – 13,36	14,5 – 28
Сальдо – ағын	-2,07 – 1,87	-1,19 – 1,79	-1,44 – 4,14	-2,0 – 2,0
Батыс аймақ				
Тұтыну	7,1 – 8	7,7 – 10	8,3 – 12,5	11,5 – 20
Өндіру	7,1 – 8	7,7 – 10	8,3 – 12,5	11,5 – 20
Сальдо – ағын	0	0	0	0

Электр энергетикасы секторының қызметі мен дамуының басты мақсаты – еліміздің барлық ішкі сұраныстарын, осы негізде елдің энергетикалық тәуелсіздігі мен қауіпсіздігін, тұрақты экономикалық өсуі үшін сенімді энергетикалық базасымен қамтамасыз ету.

Үдерістің үнемділігі Қазақстан Республикасындағы экологиялық талаптарды есепке алатын меншік иелерінің қолданыстағы энергетикалық нысандарын техникалық қайта жабдықтау бағдарламалары мен электр энергиясына сұраныс факторларымен анықталады.

Сонымен қатар, электроэнергетиканы дамыту үшін 2007-2015 және 2025 жылдарға арналған шаралар жасалынды.

Мамандардың болжамы бойынша 2015 жылы электр энергияны өндіру мөлшері 127,2 миллиард кВт. сағат, ал электр энергияны тұтыну 124,0 миллиард кВт.сағат болуы тиіс.

2007-2015ж. арналған шаралар бойынша және 2030ж. дейінгі электроэнергетиканы дамыту жоспарында көрсетілген келесідей негізгі жұмыстарды орындау қажет:

- Екібастұз ГРЭС-1-де 5 энергоблоқты қайта жаңартып және жұмыс істемейтін 3 энергоблоқты қайтадан қалпына келтіру;
- Ақсай ГРЭС-дегі блоктарды қайта құрастыру;
- Екібастұз ГРЭС-2-де (Қазақстан-Россия) қуаты 500 МВт 3-ші блоқты салып, іске қосып оның қуатын арттыру;

- Балқаш ЖЭС-ын (4х660МВт), Мойнақ су электр станцияларын (300 МВт), Қандыағаш ГТЭС-ын (100 МВт) жаңа құрылысын салып іске қосу;
- Торғай ЖЭС-ын (2000 МВт) салу. Торғай қоңыр көмір кенін пайдаланып, бірте-бірте іске қосу;
- Қазақстанда атом электр станциясын салып, іске қосу. Бірінші кезеңде 600 МВт (2015-2016ж.ж.), ал 2020ж. қуатын 1200 МВт-қа арттыру;
- Аз қуатты су электр станцияларын, жел энергиясын және күн сәулесінің энергиясын пайдаланатын электр станцияларын салу;
- Солтүстік-Оңтүстік-Батыс аймақтарды бір-бірімен қосатын 220-500 кВ-тық электр беріліс желісін құрастыру;
- Қарағанды ГРЭС-1, Рудный ЖЭО-ның және Өскемен ЖЭО-ның, Семей ЖЭО-ның және Ақтөбе, Атырау, Батыс Қазақстан облыстарындағы газотурбиналық электр станциялардың қуатын арттыру.

Сонымен қатар, келесі мәселеге назар аудару қажет. Қазақстан Республикасының Президенті Н.Ә. Назарбаев, өзінің «Қазақстан 2050: бір мақсат, бір мүдде, бір болашақ» атты Жолдауында «Әлем болашағы Атом станциясында» екенін атап өткен болатын. Қазіргі жағдайда Қазақстанда Курчатов қаласында (Шығыс Қазақстан облысы) атом станциясы салынатындығы жоспарлануда. Қазіргі кезеңде Курчатов қаласы мен Балқаш көлі маңында зерттеу жұмыстары жүргізілуде.

Маңызды мәселенің біреуі, мамандар бүгінгі таңда реттелінетін термоядролық синтез арқылы өндірілетін энергияға және сутегі энергетикаға да үлкен үміт артатындығы белгілі. Термоядролық қуатты игеру бағытындағы халықаралық жобалар бойынша ғылыми-зерттеу жұмыстарымен шұғылданатын ғылымдардың пікірінше, қуатты пайдаланудың нақты шешімдері 50-60 жылдардан кейін ғана белгілі болуы мүмкін. Шешімнің қиындығы қуат көзі болатын, қызуы жүздеген миллион градусқа жететін плазманы сақтайтын орта табиғатта жоқ. Ол плазманы басқаратын құрылғылар күрделі. Сондықтан, «Болашақтың энергиясы» ұранымен Бүкіләлемдік жетістіктер көрмесіне «Астана ЭКСПО-2017» қатынасатын мемлекеттер өздерінің жаңа материалдарын және озық технологияларын көрсетіп, Дүниежүзі энергетикасының дамуына үлестерін қосады деп есептелінуде.

Қазіргі уақытта Қазақстан энергетиктерімен келесідей жұмыстар орындалған:

- «Электроэнергетика туралы заңдар» (1993 ж; 1995 ж; 1999 ж; 2004ж; 2008ж) қабылданды;
- Электроэнергетиканы дамыту туралы 2030ж. дейінгі стратегиялық бағдарлама іске қосылуда (Қ.Р. үкіметі 09.04.1999 ж. бекіткен);
- Көтермелі нарықтық электроэнергия құрылды және сәтті жұмыс істеуде;
- Электр энергияны және қуаттың ағымын басқаратын Қазақстандық оператор (КОРЭМ) құрылды да, жемісті жұмыс істеуде.

Еліміздің оңтүстік өңіріндегі энергия қуатының жеткіліксіздігін толтыру мақсатымен Мойнақ су электр станциясы 2012 жылдың 9 қарашасында іске қосылды. Қуаты 300 МВт.

Елбасы Н.Ә. Назарбаев тың 2009ж. «Дағдарыс арқылы жаңару мен дамуға» атты Жолдауында: «Біздің болашағымыз экономиканың одан әрі жаңғырылуы мен базалық инфрақұрылымның дамуына байланысты», - деп атап көрсетуі осының

айғағы. Сондай-ақ, осы Жолдауда Президент дағдарыс өтеді кетеді дей келе, еліміздің энергетикалық инфрақұрылымын одан әрі жетілдіру мақсатында біраз жайттарға көңіл бөлді.

Атап айтқанда, 2008 жылы Қостанай облысында «Жетіқара» қосалқы станциясынан Ақтөбе облысының «Өлке» қосалқы станциясына ұзындығы 485 шақырымды құрайтын 500 кВ электр желісі тартылды. Бұл жоба Ақтөбе облысының өндірісі мен тұрғындарын электр энергиямен керекті мөлшерде қамтамасыз етуді көздейді.

Сонымен қатар, 2008 жылы қазан айында Оңтүстік Қазақстанның Шу қосалқы станциясы да іске қосылды. Бұл да 500 кВ-тық жоғары кернеулі электр желісі. Оның ұзындығы 248 шақырым. Бұл жобалар үкіметтің «30 корпоративтік көшбасшы» бағдарламасының аясында жүргізілді. Бұдан бөлек, 2009 жылдың 17 қыркүйегінде еліміздің президенті Н.Ә. Назарбаевтың тікелей қатысуымен 500 кВ-тық «Екібастұз» қосалқы станциясынан «Солтүстік-Оңтүстік» екінші электр желісі іске қосылғаны белгілі. Осының нәтижесінде электр желілерінің қуаты 1350 МВт-қа жетті. Өз кезегінде бұл оңтүстік аймақтарды электр энергиямен біркелкі қамтамасыз етіп, республика экономикасының дамуына үлкен үлес қоспақшы. Ал енді осы 500 кВ-тық «Солтүстік-Оңтүстік» екінші электр желісінің ерекшелігі неде? Ұзындығы 1097 шақырымды құрайтын электр желісінің құрылыс жұмысы 3 кезеңге бөлінді. Бірінші, кезеңі «Шу – ОҚГРЭСі», екінші кезеңі Оңтүстік Қазақстан «Ақадыр – Екібастұз» қосалқы станциясы. Мұндағы басты жаңалық ретінде полимерлік оқшауламалар, найзағайдан қорғайтын арқансыммен біріктірілген волоконды-оптикалық байланыс желісін айтуға болады. Сондай-ақ жаңа желіде алғаш рет инновациялық бірегей жабдық пайдаланып отыр. Ол дегеніңіз басқарылатын шунттық реактор. Елімізде 500 кВ-тық «Солтүстік-Оңтүстік» электр желісінің құрылысын және жабдықтардың монтажын қамтамасыздандыру үшін жаңа өндіріс орындары салынды.

Мәселен, Өскеменде SIEMENS технологиясымен жасалатын релелік қорғаныс шкафтары шығарылса, ал Талдықорғанда жоғары кернеулі электр желісіне керекті тіректер және темірбетонды бұйымдар дайындайтын зауыт ашылды. Алайда, KEGOG Ұлттық компаниясының деректері бойынша, 2020 жылға қарай еліміздің энергия тұтыну көлемі екі есеге дейін артады. Сондықтан, электр энергия саласындағы түбегейлі жұмыстардың жүргізілуі әлі де болса алда.

Жоғарыда айтылған «2030 жылға дейінгі электр энергетиканы дамыту бағдарламасында» кішігірім су электр станцияларын салу керектігі көрсетілген. Мәселен, тек 2009 жылдың ішінде қуаты 5,1 МВт-қа тең «Есік СЭС – 2» салынды. Ал, «Қаратал СЭС – 2» қосалқы станциясының қуаты 4,4 МВт. Бұл нысандар Алматы облысының тұтынушыларын электр энергиясымен біркелкі қамтамасыз етеді деген сөз. Енді, Алматы қаласының өзіне келетін болсақ, 2007-2009 жылдары ішінде «Алматы Жарық Компаниясы» жұмысының нәтижесінде қалада 1300 шақырым жоғары кернеулі электр желісі, 50 шақырымнан астам кабельдік электр желісі, 35-220 кВ-тық 72 қосалқы станциясы және 929 трансформаторлық қосалқы станциялар іске қосылды. Айта кету керек, тек 2009 жылы Алматы энергетиктері қуаты 480 МВА құрайтын алты бірдей қосалқы энергия көзі «Самал», «Новозападная», «Сайран», «Геологстрой», «Арман» және «Орталық» нысандарын өндіріске қосты. Сонымен

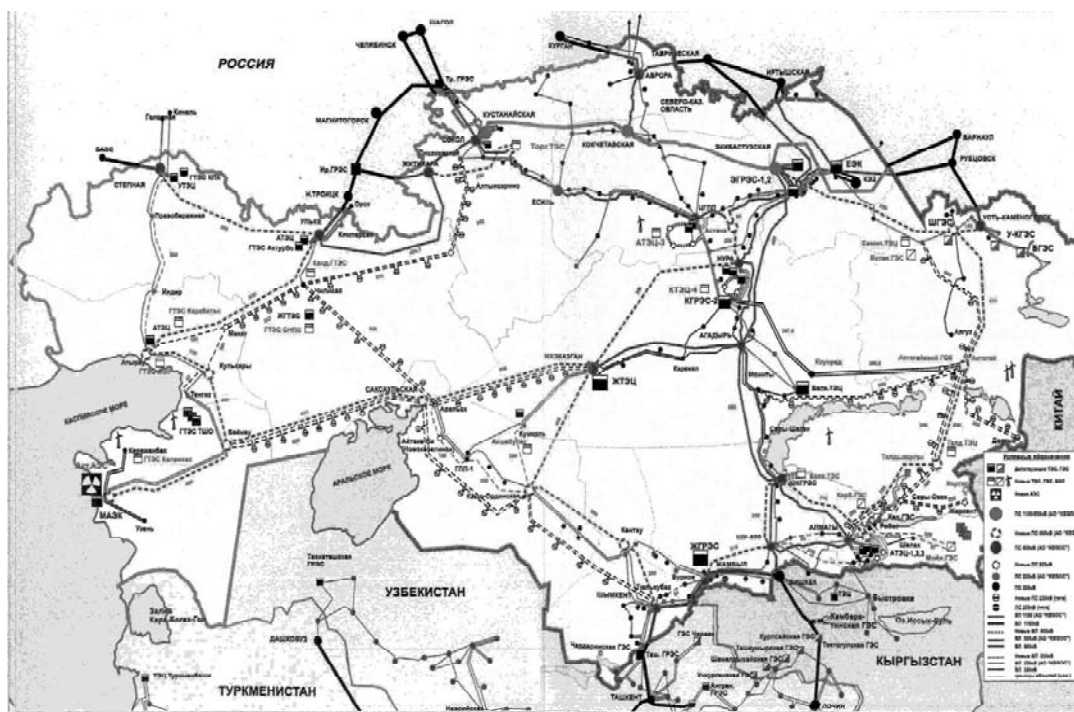
бірге, 2009-2010 жылдары «Самұрық Қазына» Ұлттық әл-ауқат қоры жоспары бойынша, тек Алматының өзінде қайта салынатын немесе жаңадан салынатын «Кеңсай», «Ерменсай», «Медеу», «Шымбұлақ», «Отырыр», «Алатау», «Алғабас», «КазГУ», «Қарасу» косалқы станциялары қарастырылуда.

Бұл энергия көздері шаһарды түгелдей, сондай-ақ, 2017 жылы өтетін Универсиаданы жеткілікті түрде энергиямен жабдықтауға бағытталып отыр. Осылайша, Қазақстанның 2030 жылға дейінгі электр энергетика саласын дамыту бағдарламасы және Алматы қаласын 200-2015 жылдар аралығындағы электр энергиясымен қамтамасыз ету жөніндегі бағдарламасы бірте-бірте орындалуда.

Қазақстан Республикасының Президенті Н.Ә. Назарбаевтың жарлығымен (2014 ж., 6 тамыз, №875) Қазақстан Республикасында Энергетика министрлігі құрылды. Бұл жаңа құрылған министрлікке қазіргі заманның талаптарына сәйкесті энергетикалық саланы басқару, жаңғырту және оның тиімділігін арттыру жүктелуде.

Осы көрсетілген жұмыстардың барлығы өндірістегі және тұрмыстық тұтынушыларды үнемі сапалы электр энергиямен қамтамасыздандырудың шаралары.

Қорыта айтқанда, Елбасы Н.Ә. Назарбаевтың тікелей қатысуымен республика аймағында энергетиктермен іске асырылып жатқан ауқымды жұмыстар Қазақстанның Біртұтас энергетикалық жүйесін қалыптастыра отырып, экономикалық және экологиялық жағынан тұтынушыларды жоғары сапалы электроэнергиямен қамтамасыздандыруды көздейді.



7.1-сурет. Қазақстан Республикасының 2030 жылға дейінгі электроэнергетика объектілерінің орналасу карта-сұлбасы.

Сөйтіп, саланың одан әрі дамуы Қазақстанның Солтүстік аймағын Оңтүстікпен және Батыс аймақтарымен қосатын, біріктірілген энергетикалық жүйесін, жүйеаралық электр беріліс желілерін салу жолымен елдің Біртұтас Энергетикалық Жүйесін құру арқылы анықталады (7.1-сурет):

– Электр энергиясына ішкі мұқтаждықтарды жабуды қамтамасыз ететін ірі энергия көздерін салу және саланың экспорттық – бағдарланған бағытын дамыту;

– Электр энергиясы нарығын одан әрі дамыту және энергия қорын жасау саясатын іске асыру;

– Энергияның қайта жаңғыртылатын және дәстүрлі емес көздерін пайдалану.

7.6 Электрэнергетикадағы нарықтық қатынастар. Қысқаша мәліметтер

Нарықтық экономиканың бірінші жылдары электр энергияны өндіру, сату және электр энергиямен қамтамасыздандыру қызметтері ашық болатын-ды. Әрбір компания өзінің ережесімен жұмыс істеді. XX ғасырдың ортасында мемлекет энергетика сапасын орталақтандыруды және басқаруды өз қолына ала бастады да, электр энергияны өндіретін, тасымалдайтын, бөлетін және іске асыратын тік – интегралды компанияларды құрастырды. Бұл саясат отын-энергетикалық кешеннің деңгейінің дамуының, жаңа электр станциялардың салынуының және электрлік желілердің электрлік жүйеге біріктірілуінің нәтижесі болатын [46].

1980-жылдары дүниежүзінің Мемлекеттері экономиканы басқарудың түлерін өзгерте бастады да, негізгі мәселені нарықтық экономиканың дамуына көшірді.

Нарықтық электр энергетиканың дамуының бірнеше үлгілері (модельдері) бар. Оның ішінде, нарықтық электр энергетиканың дамуын ұйымдастырудың негізгі 4 үлгісі бар [46].

Олар:

1. Монополды үлгі. Барлық деңгейде бәсекелестік және таңдап алу жоқ. Барлық процесс жалғыз монополды компаниямен орындалады.

2. Жалғыз сатып алушының моделі. Бұл жағдайда электр энергияны өндірушілердің арасында өндірілген электр энергияны сату үшін бәсекелестік болады. Бұл үлгіде жалғыз сатып алушы электр энергияны сатып алуда, тасымалдауда және жабдықтауда монополист болады.

3. Нарықтық екі деңгейлі үлгі. Бұл ретте электр энергияны санау үшін бәсекелестік бар. Көтермелеп сатып алушылар электр энергияны таңдап сатып алуларына құқығы бар (көтерме нарықтық деңгейі). Бұл жағдайда көтерме сатып алушылар электр энергиямен тұтынушыларды қамтамасыздандыруда монополист болады (дара нарықтық деңгей). Бұл үлгіде бәсекелестік көтерме нарықтықта болады да, дара нарықтықта бәсекелестік жоқ.

4. Нарықтық босанды үлгісі. Электр энергияны өндірушілердің арасында бәсекелестік болады, ал тұтынушылар электр энергиямен қамтамасыздандырушыларды еркін таңдай алады.

Осы көрсетілген үлгілердің (моделдердің) құндылығы да және кемшіліктері

де бар. Қазақстанда екі деңгейлі нарықтық үлгі жасалынды және сонымен жұмыс істейді. Бұл электр энергияны өндіруді, тасымалдауды және таратуды бөлудің нәтижесінде іске асырылды. Сонымен қатар көтерме нарықтық сатып алу және сату шартын ерікті түрде электр энергияны жеткізу желісіне бере алатын құқығына ие болды.

Нарықтық электр энергетиканың ерекшеліктері.

Батыс елдерінің электр энергетикада реформа жасаған негізгі себептері:

– Басқарып отырған монополистердің электр энергияның тиімді өндірілуінен ешқандай пайда таппағандары (электр энергияның тарифын жасау жұмсалған шығын принципімен орындалды);

– Монополистерді мемлекеттік тұрғыдан басқарудың қиындылығы (күрделілігі, жетіспеушіліктері).

Реформаны бастаған уақытта көптеген елдерде электр энергияның құны 4-6 цент/кВт. сағ өте жоғары болды, ал резервтік қуаттар артық болды (30-40 %-ға дейін)

Реформаның негізгі мақсаты – электр энергияның бағасын төмендету. Ол үшін электр станцияларды және электр энергетикалық жүйелерді пайдалану бәсекелестігін жетілдіру керектігі анықталды. Бұл шаралардың барлығы Калифорниядағы дағдарыстан (2000-2001 жж) кейін белгілі болды.

Негізінде реформаның ең негізгі мақсаты, электр энергетиканы реформалағаннан кейін оған инвесторларды қатыстыру.

Сол себепті, электр энергетикадағы нарықтықтың ерекшеліктерін талдауымыз қажет.

Нарықтық территориясының шектелуі (жергілікті нарық). Бұл жағдайда нарыққа электр энергетикалық жүйесіне тікелей қосылған өндірушілер мен тұтынушылар қатыса алады. Нәтижесінде жаңа қатысушы электр станциялар техникалық қиындықтың әсерінен бұл нарыққа кіре алмайды.

Нарықтық өндіруде түрлі-түрлі шығындары бар және электр станциялардың әр түрлері қатысады. Бұл жағдайда, ең төмен тиімділігі бар электростанцияның шығындарына байланысты шектелген баға белгіленеді. Ол баға монополистердің ұстап отырған орта бағасынан жоғары болуы керек. Электростанциялардың құрылымына байланысты шектелген баға 1,5-2 есе көбейуі мүмкін. Олай болса бәсекелестік өзінің тиімділігін жоғалтады.

Сондықтан электр энергияны өндіруші компаниялар (ЭӨК-ЭГК) шамамен электр станциялардың бір түрлерін алып нарыққа өздерінің орта бағаларымен шығуы керек. Олай болмаған жағдайда ЭӨК-ЭГК өздерінің тиімсіз электр станцияларын тоқтатады. Нәтижесінде нарықта электр энергияның тапшылығы (жетіспеушілігі) болады.

Нарықтағы электр энергияның жетіспегендігін (тапшылығын) ұзақ уақыт бойы жою. Бұл жағдайда жаңа электр станциялары керек. Оларды жобалау және салу шамамен 10 жылға дейінгі уақытты алады.

Егер бұл станцияларды жеке инвесторлар салса, онда салынған қаржыны қайтаруға тағыда 10 жыл керек. Сондықтан жеке инвестор, жаңа салынатын электр

станциялар туралы, электр энергетикалық жүйе туралы және көтерме нарықта электр энергияның бағасын білуі керек. Бұл мәселелер қиынға түсуде. Сол себепті мемлекет электр энергияның тапшылығына жібермеу үшін арнайы шараларды ұйымдастыруы қажет. Мысалы, электр энергияның жетіспеушілігін болдырмау, электр энергияның жүйесін (ЭЭЖ - ЭЭС) дамуын орталықтан ұзақ мерзімге болжау, жобалау және жоспарлау, т.б. Сонымен қатар жаңа электр станциялардың инвестициясын қамтамасыз ету керек.

Нарық жағдайында жаңа электр станцияларды салудың өлшемі, көтермелеуі және қаржыландыру механизімі басқарылатын монополистермен салыстырғанда принципиялды бөлек.

Бұл жағдайда дамыған электрлік желілер басқарылатын монополистердің ықпалында қалады. Бұрынғы электр станциялар нарыққа кіреміз дейтін жаңа электр станцияларға бөгет жасайды да, электр энергия тапшылығын ұйымдастырып, оның бағасын көтеруге әрекет жасайды. Бұндай жағдай Калифорнияда және Бразилияда болған дағдарысты еске түсіреді. Осы ерекшеліктерді Ресейде және ТМД-да, электр энергетиканы нарыққа көшіргеннен кейін, жеке инвесторларды қатыстыруға мүмкіндік тудырмайды.

Электр энергетиканы өндірушілер және тасмалдаушылар (таратушылар) деп бөлгенде, өндірушілердің (сатушылардың) жағдайы тұтынушыларға (сатып алушылар) қарағанда басым болып сақталынуда.

Өндірушілер компаниялары тәуелсіз болғандықтан, олар олигополияны құрастырады.

Олигополия – шағын санды сатушылар нарықтық электр энергия құрамында басым болады, бұл құрамға кіру қиын немесе мүмкін емес. Бұл нарықтық құрамда олигополиялардың өздерінің ықпалы және қалаулары бар.

Сонымен, электр энергетиканың нарығы басқа салалардың нарығынан мүлдем өзгеше. Нарықтық электр энергетика бәсекелестігі жетілдірілмеген нарық саласына жатады.

Міне, нарықтық электр энергетиканың дамуына соның ішінде электр энергетикалық жүйенің және оның қуатының дамуына Калифорния дағдарысынан кейін көп көңіл бөлінуде.

7.7 «АСТАНА ЭКСПО-2017» - Еліміздің ұлттық жобасы, Қазақстан Республикасының болашағы. Қысқаша мәліметтер

Бүкіләлемдік жетістіктер көрмесіне Қазақстан бірінші рет 2005 жылғы 25 наурыз бен 25 қыркүйек аралығында Жапонияның АИЧИ префектурасында болған көрмеге қатысты. Бұл көрменің ұраны – «Табиғат кемеңгерлігі». Көрменің негізгі мақсаты техногендік заманның ең жаңа технологияларының қоршаған ортаны қорғауға тигізетін ықпалын көрсету [47].

Бүкіләлемдік көрмеге қойылған Қазақстан жәдігерлері, көрмені тамашалауға келген туристтерге Қазақстандағы жан-жақты таныстыруға жағдай жасады. Кейін Қазақстан Испания Корольдігіндегі «ЭКСПО – 2008, Сарагосада», Қытай Халық

Республикасындағы «ЭКСПО – 2010, Шанхайда», Оңтүстік Кореядағы «ЭКСПО -2012, Есуда» көрмелеріне қатысты. Испания Корольдігінің Саргоса қаласында «Су және тұрақты даму» ұранымен өткен «ЭКСПО – 2008» Дүниежүзілік көрмесіне әлемнің 104 мемлекеті павильондарының арасында Қазақстан павильоны «С» дәрежесі бойынша Қола жүйені иеленді. Қазақстанда Дүниежүзілік көрме өткізу идеясын алғаш рет Елбасы Нұрсұлтан Әбішұлы Назарбаев осы көрменің ашылу салтанатында жариялады да, 2011 жылдың 10 маусымында ЭКСПО-2017-ні Астана қаласында өткізу жөніндегі ресми өтініш Париж қаласындағы Халықаралық көрмелер бюросына тапсырылды [47].

2012 жылы Халықаралық көрмелер бюросының штаб пәтері орналасқан Париж қаласында халықаралық ұйымға мүше 160 мемлекеттің 100-ден аса дауыс беріп Қазақстан елордасы – Астана қаласы 2017 жылғы Бүкіләлемдік көрмесін өткізетін басты құрметін жеңіп алды [48,49].

Бүкіләлемдік ЭКСПО-2017 көрмесін өткізу құқығына орталық Азия мен ТМД мемлекеттерінің арасынан бірінші болып Астана қол жеткізді.

2012 жылдың 7 желтоқсанында Қазақстан Республикасының Президенті Нұрсұлтан Әбішұлы Назарбаевтың ЭКСПО-2017 Халықаралық көрмесін Астанада өткізу туралы шешім қабылдануына байланысты Қазақстан халқына Үндеуі жарияланды. Онда Елбасы бұлай деді (қысқаша шолу) [48]: «Біз елеулі үміткер, осындай халықаралық форум өткізуде тәжірбиесі бар Бельгияның Льеж қаласын жеңіп шықтық.

Бұл – Қазақстанның зор табысы.

Халықаралық көрмелер өткен 160 жылдан астам уақытта олар негізінен экономикалық алыптар саналатын АҚШ, Франция, Канада, Ұлыбритания, Испания, Қытай және басқада елдерде өтті. Енді олардың қатарына Қазақстанда қосылып отыр. Бұл Қазақстанның әлеуметтік-экономикалық даму ісіндегі табыстарын халықаралық қоғамдастықтың мойындауы. Біз үшін халықаралық көрмелер бюросына мүше 160 мемлекеттің басым көпшілігі дауыс берді. Іс жүзінде Астананы бүкіл әлем таңдады.

Бұл – біздің еліміз үшін жаңа энергетиканың және «жасыл» технологиялар алуда аса зор мүмкіндік. Бұл Қазақстандағы тағы бір «халықтық құрылыс» болмақ. Мен «ЭКСПО – 2017-нің біздің тарихымыздың тағы бір алтын парағы болатына сенемін» деп Президент Н.Ә. Назарбаев Қазақстанның бүкіләлемдік жарқын, ерекше, табысты көрме өткізетіне зор сенімділігін білдірді [48].

2014 жылғы 11 маусымда Парижде Халықаралық көрме бюросының (ХКБ) Бас ассемблеясының 155 сессиясы өтіп, осы сессияда «Астана – 2017» Бүкіләлемдік көрмесін өткізетін ел – Қазақстанға салтанатты түрде ХКБ ұйымының туы тапсырылды [49,50].

Астана ЭКСПО-2017 көрмесінің басты ұраны – «Болашақтың энергиясы» бүгінде бұл бүкіл адамзатты толғандырып отырған көкейтесті мәселе екендігі даусыз. Дүниежүзілік көрмелердің басты ұраны – адамзатты толғандырып отырған мәселелерді шешу болып табылады. Мәселен [49, 50]:

- 1851-1900 жылдар аралығындағы көрмелер ХІХ ғасырда экономика мен сауданың толқынында туындаған өндірістік жаңалықтарды жария етті;
- 1900-1939 жылдар аралығындағы Дүниежүзілік көрмелер сипаты

«Дағдарыстан – болашақты көруге дейін» ұранымен өтті;

- 1958-1970 жылдар аралығындағы Дүниежүзілік көрмелер «Бейбіт уақыт және жаңғырту» ұранымен өтті. Адамзат шынайы экономикалық жетістіктерге ұмтылды. Ғарыш дәуірі басталды.

- 1974-1998 жылдардағы Дүниежүзілік көрмелер ұраны «Жаңа технологиялар дәуірі» сипатымен өтті;

- 2000-2010 жылдар аралығындағы көрмелер «Ертеңгі күн бүгіннен де жақсы болуы керек» ұранын күн тәртібіне шығарды;

- 2017 жылғы елордамыз Астанада өтетін Халықаралық мамандандырылған көрмесінің басты ұраны – «Болашақтың энергиясы» болып отыр. «Астана ЭКСПО-2017» аясында адамзат ертеңінің негізін айқындайтын энергетикалық қуат көздерінің болашағы шешілмек [50].

Қазақстанның балама энергия көздері жеткілікті. Эксперттердің зерттеулері бойынша, еліміздің құрамына гидроэнергия, жел және күн энергиясы кіретін ресурстың әуелеті 1 триллион кВт\сағат мөлшеріне тең деп жобалануда. Қазір елімізде өндірілетін электр қуатының көлемінде «Жасыл энергияның» үлесі аз. Сондықтан Мемлекет басшысы Н.Ә. Назарбаев Қазақстанды индустрияландыру стратегиясында «Жасыл энергияға» сара жол ашып отыр. Елімізде соңғы деректер бойынша «Жасыл энергия» қуатын 2000 МВт-ға жеткізу жөніндегі бірнеше инвестициялық жобаларды жүзеге асыру жұмысы қолға алынды [49,50].

Бүкіләлемдік жетістіктер көрмесі өзінің 160 жылдан астам тарихында өркениет шежіресіне алтын әріптермен жазылған сәулет өнерінің жетістіктерін қалдырды. Мысалы: ЭКСПО мұралары – Лондондағы Хрусталь сарайы, Париждегі Эйфель мұнарасы, Париждегі Александр III көпірі, Лион вокзалы, Венадағы Ротонда – әлемдегі ең үлкен күмбез астындағы павильон, Мельбурндағы патшалық көрме павильоны бұлар мәңгілік өнер ерекшеліктері болып табылады [49].

2013 жылдың жазында Қазақстан халқының дауыс беру қорытындысы бойынша (интернет ресурстар және әлеуметтік желілер арқылы) және Мемлекеттік комиссияның шешімімен ЭКСПО-2017 халықаралық мамандандырылған көрмесінің жаңа фирмалық белгісі ретінде «Жел энергисы» логотипі бекітілді [49].

«Астана ЭКСПО-2017» бүкіләлемдік көрме қалашығында адамзат ертеңінің болашағы болып табылатын жер энергиясы, күн энергиясы және жел энергиясы жан-жақты пайдаланылатын болады [49].

2013 жылдың қазан айының 22 жұлдызында ЭКСПО-2017 Бүкіләлемдік көрме кешенінің үздік эскиз-идеясы Халықаралық архитектуралық конкурсының қорытындысы жарияланды. Америкалық жоба жеңімпаз аталды. ЭКСПО-2017 Бүкіләлемдік көрменің басты символы болып шар (сфера) қабылданды. Осы қабылданған жоба туралы қысқаша мәлімет: Қазақстан павильоны киіз үйге ұқсайды. Ол шар (сфера) айрықша нысан. Ол үш қабатты ғимарат, диаметрі 150 м. Автордың көзқарасы бойынша, осы эскиз-жоба қазақтың ұлттық дәстүрлерін «үшінші өнеркісіптік ревалюция» және «Болашақтың энергиясымен» байланыстырады [51,52]. Эскиз-жобадан одан әрі өз орындарын тапқан нысандар «Энергия әлемі», «Тіршілік үшін энергия», «Қолжетімді энергия», «Менің болашақ энергиям» тақырыптық павильондары.

«Астана – ЭКСПО-2017» бүкіләлемдік көрмесіне жүзден астам қатысушы елдер

өз павильондарын ұсынады. Ерекше нысан – өнер орталығы. Бұл ЭКСПО-2017 көрмесіне мәдени ойын-сауық бағдарламасы үшін арнайы жасалынатын алаң. Одан кейін корпоративтік павильондар қарастырылған – бұл көрме демеушілері мен серіктестерінің павильондары. Тәжірибелер аймағы – бұл жерде баламалы энергияны қолданудың үздік мысалдары ұсынылады. Конгресс орталығында конгрестер, конференциялар және форумдар өткізіледі. 10 мың орынға арналған көлік тұрағы жобаланған [52].

Астанада 2017 жылы ЭКСПО бүкіләлемдік көрмесін өткізу елорданың, жалпы бүкіл еліміздің экономикалық және инфрақұрылымдық дамуына жаңа серпін береді. Яғни, 2017 жылдың 10 маусымы мен 10 қыркүйегі аралығында көрмеге әлемнің 100 елі мен 10 халықаралық ұйымның 5 миллионға тарта туристтер келмек. Бұл Қазақстанның халықаралық сахнадағы беделін бұрынғыдан да арттырып, Астананың аймағын тағы да әлемге жария етеді. Астана энергетика саласында үздік идеялар мен тәжірибелерді жинайтын, ғылым мен техниканың, жаңа технологияның ең озық нәтижелерін ұсынатын орталыққа айналады [51].

Бірінші индустриялық революция XVIII ғасырдың аяғында Англияда қарапайым тоқыма өндірісін механикаландырудан басталғаны белгілі. Бұрын қолмен істелген қара жұмыс бір жүйеге бағындырылды. Осылайша завод, фабрикалар пайда болды. Бірінші өнеркәсіптік революциясының жетістіктеріне жол ашқан негізгі қозғалтқыш күш – көмір мен бу болды деп есептейді Джереми Рифкин [51]. Джереми Рифкин – америкалық экономист, саясат танушы [50.51].

Екінші индустриялық революция XX ғасырдың бас кезіне сәйкес келді. Екінші индустриялық революция кезінде электр энергияны өндіру кеңінен тарады. Эдиссонның электрлік жарықтандыру шамы іске қосылды. Телефон, радио, теледидар құралдары пайда болды. Мұнай мен газ өндіру барынша дамыды. Оның өнімдерін пайдаланатын автокөліктер, басқа тұрмыстық техникалар дүниеге кеңінен тарады. Осы үдерістің ақырында адамзат қауымы мұнай мен газдың, басқа да минералды шикізат көздерінің жетіспеушілігіне ұрынды. Жер шарының экологиялық жағдайы нашарлады. Джереми Рифкин адамзатты осы дағдарыстан шығарудың жолы ретінде **үшінші индустриялық революцияның** жеткенін мәлімдейді. Оның бастапқы да негізгі белгісі ретінде цифрлық байланыс құралдарының өмірге келіп, ерекше екпінмен дами түскенін айтады. «Интернет» әлемді өзгертті. Бірақ адамзат тұтынып келе жатқан қуат көздері бұрынғы қалпында қалып отыр. Адамзат ұрынып отырған қазіргі экономикалық дағдарыстар міне осы жағдайдан бастау алып отыр дейді Джереми Рифкин [51].

Еуропа елдері қазірдің өзінде күн мен жел энергиясын сенімді түрде молынан игеруде. Болашақта таусылмайтын қуат көзі ретінде сутегін игеруді жолға қоюда.

Демек, баламалы және қайта жаңғыртылатын қуат көздерін игеруге, «Жасыл» экономикаға көшу мәселесін Елбасымыз алдағы 40 жылдың аса өзекті мәселесі ретінде бекерден-бекер атап көрсеткен жоқ. Әрине, Қазақстан мұнай мен газға, басқа да шикізат көздеріне бай ел ретінде таяудағы болашақта дәстүрлі қуат көздерін дамытуға ерекше көңіл бөлетін болады. Президентіміз Н.Ә. Назарбаевтың 2014 жылғы (17қаңтар) жолдауында бұл жайында анық жазылған. Осы жылдарда Астана энергетика саласында үздік идеялар мен тәжірибелерді жинайтын, ғылым мен

техниканың ең озық нәтижелерін ұсынатын орталыққа айналады деп көрсетілген. [51,52].

Қай қоғамның болсын қозғаушы күші – өндіріс. Ал өндіріске ең бірінші керегі – энергетика, электроэнергетика. Оның ішінде айнала қоршаған ортаға залалы тимейтін «Жасыл энергия» – бұл заман талабы. Баршамызға белгілі, бүгінгі күні жоғары технология тез жылдамдықпен дамуда. Адамзат баласы цифрлық әлемге де енді. Жоқтан барды жасауға қабілетті 3Д принтерлер пайда болды. Болашақта өте жаңа технология, техника және 3Д принтерлері өндіріске ұласуы әбден ықтимал [51,52].

Бүкіләлемдік «Астана ЭКСПО-2017» көрмесін жоғары деңгейде ұйымдастыру бүкіл әлемге экономика, техника, жаңа технология, инновация салаларындағы үздік үлгілерді көрсету, түсіндіру, жеткізу және дұрыс пайдалану Қазақстан елінің негізгі мақсаты болып табылады.

8-тарау. ЭКОЛОГИЯ ЖӘНЕ ЭНЕРГЕТИКАДАҒЫ ПРОБЛЕМАЛАР. ЭНЕРГЕТИКАНЫҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ҚАУІПСІЗДІГІ. ЭЛЕКТР СТАНЦИЯЛАРДЫ ЖОБАЛАУДЫҢ НЕГІЗГІ ҰСТАНЫМДАРЫ.

8.1 Энергетика және экология

Отынды жағудың салдарында одан газ тәріздес көміртек және азот қосындылары бөлінеді (CO_2 , CO , CH_4 , NO_x). Ол бөлінген газдарды шартты түрде «парниктік» деп атайды. Ол газдар атмосферада орналасып, жер бетінің температурасының көбейуіне әсерін тигізеді. Соның нәтижесінде ауа райы өзгеріп тұрады. Қоршаған ортаға, ауа райының өзгеруіне космостық ракетаның және табиғатты дұрыс пайдаланбаудың да әсері зор. Өмірден түңілушіліктердің (пессемистердің) болжамы бойынша, егерде ауаның табиғатқа, ауа райына, климатқа әсерін шектемесе, онда 2100 жылға атмосфераның температурасы $2-2,5^\circ$ -қа өседі деп есептелінеді (негізінде «парниктік» газдардың көбейуінен). Әзірге дүниежүзілік мұхиттардың бұл үдеріске әсері ескерілмеген. Күн сәулесінің жылу энергиясы мұхит суының жоғары бетінде жиналатындығы белгілі [3,4,46].

Екі жүйенің «атмосфера-мұхит» бір-бірімен тығыз байланыстылығы және атмосферадағы үдерістердің тұрақты еместігі ірі мұхиттардың ағындарының бағытын өзгертуі мүмкін. Оның әсері әрбір аймақтағы ауа-райының және климаттың нашарлауына әкеліп соқтыруы ықтимал.

Энергетиканың экологиялық қауіпсіздігі.

Энергетика дамуындағы экология проблемаларын шартты түрде екі топқа бөлуге болады: Олар:

- бүкіл жер шарын қамтитын (глобалды);
- жергілікті (локалды).

Бүкіл жер шарын қамтитын (глобалды) экологиялық проблемалар бірнеше ондаған, жүздеген жылдар бойы адамзаттың немесе өндірістердің планетаның биосферасына тигізген теріс әсерлерінің нәтижесі.

Жергілікті (локалды) экологиялық проблемалар, олар бір аймақтағы немесе аудандағы энергетикалық өндірістердің сол жердегі тұрғындардың көңіл-жайларына және жұмыстарына тигізетін әсері.

Энергетиканың дамуы, еліміздің экономикасының инфраструктурасына елеулі түрде әсер етумен қатар, айналадағы ортаның жайына қолайсыз ықпал етеді. Бұрын атап өтілгендей, электр энергиясын өндіру кезінде (үдерісінде) органикалық отын атмосфераға күлдің белгілі бір мөлшерін және алуан түрлі газ тектес қосындылардың (көміртегі мен азоттың оксидтерін, күкірт диоксидін) бөлшектерін шығарады. Мәселен, қуаты 2,4 млн. кВт қазіргі заманғы **жылу электр станциясы тәулігіне** шамамен 20 мың тоннаға дейін көмір жағып, ауаға тәулігіне 680 тонна SO_2 және SO_3 шығарады. Бұл кезде отынның құрамындағы күкірт 1,7 % болады, шаң-тозаң тұтқыш жүйенің тиімділігі 94-98 % болғанда 200 тонна азот оксидін, 120-240 тонна қатты бөлшектер (күл, шаң, ыс) шығарады.

Сонымен қатар көмір немесе күкіртті мұнай жағатын жылу электр станцияларының қоршаған ортаға лақтыратын қалдықтарының ішінде денсаулыққа зиянды металдарда бар. Олар: мышьяк, кадмий, сынап, қорғасын, таллий, хром, натрий, калий, ванадий, бор, мыс, темір, марганец, молибден, селен, мырыш және т.б (радиоактивті элементтер, тұз қышқылының буы, т.б).

Энергия қондырғыларының қоршаған ортаға тигізетін әсері жағылатын отынның түріне байланысты болады.

Отынның кез келген түрін жағу табиғи ортаның «жылумен ластануына» әкеліп соғады. Алайда қазіргі замандағы энергия тұтынушылардың ұлғаюымен салыстырғанда жылумен ластанудың зардабы жүз есе артатын болады [6,7,46].

1992 жылы БҰҰ-ы бүкіл жер шарын қамтитын ортаның «жылумен ластанудың» күрделі және теріс әсерін оң шешетін мүмкіндік туғызатын НАТО-лық конвенцияны қабылдады. Бұл конвенцияға 157 мемлекет қол қойған. Соның ішінде Қазақстанда бар. Осы конвенцияны Қазақстан Президенті Н.Ә. Назарбаев 1992 жылдың маусым айында ратификациялады. Бұл конвенцияға сәйкесті Қазақстан БҰҰ-на келесі құжаттарды тапсырып отырады:

- «Парниктік газдардың» құрамы туралы ұлттық кадастрды;
- Оларды шектейтін шарттарды;
- Климаттың өзгеруіне бейімделуге керекті шараларды.

ЖЭС-ның қоршаған ортаға әсерін кешенді шаралармен реттеуге болады.

Олар:

- Электр станциялардың салынатын орнын дұрыс таңдау;
- ЖЭС-ның қуатын және жағылатын отынды ұтымды таңдау;
- Экологиялық қауіпсіздікті қамтамасыздандыратын техникалық және технологиялық жабдықтарды таңдау;
- Қазіргі заманғы отынды жағу жаңа тәсілдерін пайдалану;
- Түтін газдарын күкірт оксидтері мен азот оксидтерінен тазалайтын тиімді тәсілдерді қолдану.

Атом электр станцияларындағы ядролық реактор – радиоактивтік қуаттың қайнар көзі. Реактордан шығатын иондалған сәулелердің мөлшерін білу үшін сәулеленудің бір салым мөлшері (доза) деген түсініктеме енгізілген. Ол доза иондалған сәулеленудің сіңірілген энергиясының мөлшерін анықтайды. Радиоактивтік иондалған сәулеленулердің зиянды әсері адамдарға тек қана олардың санынан емес сонымен қатар оның уақытына да байланысты.

Радиоактивтік иондалған сәулеленулерден қорғанудың негізінде үш тәсілі бар:

- Сәулеленудің қайнар көзінен қашықтықты ұлғайту керек; себебі сәулелену ара қашықтыққа байланысты төмендейді (қашықтықтың екінші дәрежесіне пропорционалды);
- Сәулелену ортасында аз уақыт болу қажет;
- Сәулеленуде әрқандай биологиялық қорғаныс материалдарын пайдалану керек.

Сонымен, атомдық энергетиканы дамытуды қарастырғанда ең бір басты мәселе – экология мәселесі. Чернобыль (26 сәуір 1986 ж) және Фукусима (2011ж) апаттары сияқты апаттар болмайды десек, яғни АЭС жобалық (апатсыз) тәртіпте жұмыс

істегенде оның қоршаған ортаға тигізетін ықпалы әзірше ешкімге дәл белгісіз. Тек жеке жайттар белгілі:

- АҚШ-та АЭС-тың айналасында бастапқы 10-15 жылдары сүт бездерінің рак ауруының көбейгені байқалды;

- Швейцария АЭС-ның жақын жердегі өсімдіктерге тигізетін едәуір ықпалы анықталды;

- Неміс АЭС-ның айналасында балалардың қан аурулары өсті;

- АЭС «пайдаланудың барлық ережелерін орындағанда» радиактивті ұзақ өмір сүретін изотоптарды: криптон – 85, көміртек – 14, сутек – 3 шығарады.

Мысалы, ауадағы криптон 85-ның мөлшері атомдардың әрекетінен мың есе өсті. Бұл жер биологиясына қалай әсер етеді? Ол белгісіз. Осындай мәселелер көп туындап жатыр. Олардың адамзатқа, қоршаған ортаға тигізетін зардабын біз әзірше білмейміз [3,46].

1971-1985 жылдары дүниежүзінің 14 елінде атом станцияларында 151 апаттық жағдай болды. Олардың әрқайсысы жұртшылыққа және қоршаған ортаға әртүрлі сатыдағы күрделі және ауыр нәтижемен аяқталды.

Су электр станцияларын салу үшін арнайы су қоймасы керек, яғни жердің керекті көлемі сумен толтырылады. Бұл жағдай ауыл шаруашылығына және балық шаруашылығына үлкен зиянын тигізеді.

Сонымен қатар су қоймасы ластанады және онда зиянды бактериялардың болуы мүмкін [6,7,46].

Су электр станцияларында электр энергияны өндіру қоршаған ортаны ластанады.

Дегенмен құрылысты салу мен су электр станцияларын пайдалану жер бетінің едәуір территориясын су алып, гидрометеорологиялық жағдайлардың өзгеруіне әкеліп соғады. Бұған қоса таулы жердегі биік дамбылардың алдындағы үлкен су қоймалары сол ауданның сейсмикалық жағдайын арттырады.

Жел энергиясын пайдаланатын қондырғылардың қоршаған ортаға тигізетін зияндылығы:

1. Табиғи суретін (пейзажды) бұзады;
2. Шу, гуілдеу пайда болады;
3. Электромагниттік кедергіні туғызады.

Көрсетілген 1,2 факторлар салыстырмалы түрде онша зиянды емес. Ал 3 фактордың залалы көп (телевизор арналарының жиілігін қамтиды және т.б). Бұл мәселені шешу үшін қазіргі уақытта жел қондырғыларының дөңгелегін әйнекті талшықтан (стекловолокно) жасайтын болды.

Электр энергия қашықтыққа жеткізу әуе электр беріліс (ЭБЖ-ЛЭП) желісі арқылы қамтамасыздандырылады. Мұнда ЭЭБ-ЛЭП астындағы жер көлемі иесіздендіріледі (отчуждение площади). Осы ЭБЖ-ЛЭП айналасындағы электромагниттік өріс адам ағзасына үлкен әсерін тигізеді. Мысалы, электромагниттік өрістің мөлшері 20 кВ/м болса, онда адам денесіндегі жағымсыз жағдайды сезеді, ағзаның қызметі бұзылады. Егерде электромагниттің өрістің деңгейі 5 кВ/м – болса, онда адам жағымсыз жағдайды сезбейді.

Қазіргі уақытта ЭЭБ-ЛЭП кернеуі 500 кВ болса, онда осы ЭЭБ-ЛЭП астындағы

иесіздендірілген жердің ені шамамен 300 м құрайды. Кернеудің деңгейінің одан әрі қарай өсуі босатылатын «дәліздің» (коридордың) бірнеше есе кеңейтілетінін көрсетеді. Сөйтіп, тек қана ӨЭБ-ЛЭП арқылы электр қуатын жеткізу еліміздің жер қорының қыруар территориясын алады. Сондықтан аса актуалды проблеманың бірі электр энергиясын алыс немесе жақын жерге жеткізудің жаңа әдістерін іздестіру болып табылады. Мұндағы ұтымды бағыттың бірі электр қуатын берудің әуе жүйесінен «криогенді» жоғары өткізгіш жүйесіне көшу ықтимал болып табылады.

8.2 Электр станцияларды жобалаудың негізгі ұстанымдары.

8.2.1 Энергетика үлкен жүйе ретінде

Энергетика, қайта өңдеуді, түрлендіруді, тасымалдауды, сақтау мен энергоқорды пайдалануды және энерготаратудың барлық түрін өзіне қосып алады. Энергетика, ішкі және сыртқы терең дамыған байланыстың иеленушісі. Оның дамуы адамның барлық қызмет түрлерінің дамуымен пара-пар. Осындай түрлі-түрлі сыртқы және ішкі байланыстың қиын құрылымдарын үлкен жүйе ретінде қарастырамыз. Оларды талдау жүйелік шешімді талап етеді.

Үлкен жүйелі энергетиканы (ҮЖЭ) анықтағанда, үлкен жүйені кіші жүйеге бөлу шарты төмендегідей: құрылымдарының сатыларына, ішкі жүйе арасындағы байланыстың дамуына, есептерінің бірігуі мен әрбір кіші жүйенің өз мақсаттары болуына, өзіндік мақсаттардың жалпы мақсатқа бағынуына және баламаның болуына көңіл бөлеміз. ҮЖЭ-ны көп түрлі сыртқы байланысы бар топтарға, халықшаруашылық саласына, ғылыми-техникалық жетістіктерді есептей отырып, әлеуметтік-экономикалық жағдайларға және қоршаған ортаға бөледі.

Үлкен жүйенің жұмысын анықтағанда оған кіретін ішкі жүйенің толық мәселелерін қарастырып, сонымен қатар оған кіретін барлық проблемаларды талдау керек. Л.А. Меленьтев көрсеткендей екі көріністі қарастыруға болады: экономикалық жүйе немесе кибернетикалық техникалық жүйе ретінде. Экономикалық жүйені үлгі ретінде қарастырғанда адам рөлін жүйелердің байланысының барлық түрлерінде, әлеуметті-экономикалық әдістің ықпалында және үлкен жүйені басқару құралдарында ескеру қажет. Кибернетикалық техникалық жүйе ретінде, адам болып жатқан үздіксіз энергетикалық үдерістерге бақылаушы (оператор). Бұл қатаң математикалық мінездемелерді суреттейді. Жүйелі талдаудың негізгі бағыты үлкен жүйе тізімінің пропорционалды дамуын қамтамасыз ету. Үлкен жүйе қасиетін және байланысын, ғылыми болжам тенденция әдісін және салдарын пайдалана отырып анықтаймыз.

Жүйе талдаудың басты аспабы болып функцияландырылған сипатқа жақын келетін математикалық үлгі, теңдеулер және шектеулер көмегімен дамып моделденген жүйе болып саналады. Үлгі әртүрлі қорытынды деректерден алынған вариантты есептерді қамтамасыз етеді.

ҮЖЭ-ның кіші жүйелерге бөлінуі, өндірістік және аумақ белгісі арқылы

жүзеге асырылады. Егерде кіші жүйе ҮЖЭ-ге бағынышты қатынасы болса, бойлық байланыс болады. Егерде кіші жүйе ҮЖЭ-ге бірдей мәнді қатынасы болса, онда көлденең байланысы бар деп есептелінеді.

Істеп тұрған отын-энергетикалық кешенге (ОЭК), ҮЖЭ-мен қатар көмір жабдықтаушы, мұнай жабдықтаушы, газ жабдықтаушы және ядро-энергетикалық жүйе саласы да кіреді [32,46].

Өнідірістік саты, басқа ОЭК жүйелерімен және халық шаруашылығында сырттай байланысы бар жүйе ретінде қарастырылады. Энергетикалық жүйенің дамуын есептегенде, шығарылған есепті жүзеге асырғанда, оның инерциялығын ескеру керек. Бұл инерционность энергетикалық құрылыс объектісінің мерзімін анықтайды. Мысалы: су электр станциясы (СЭС-(ГЭС)) – 10-15 жылда, конденсациялық электр станциясы (КЭС) – 8-12 жылда, таңдаулы жақсы электр беріліс желісі (ЭБЖ)-3-5 жылда, 110-500 кВ-тық ЭБЖ 1-3 жылда салынуы тиіс.

Энергетикалық жүйенің дамуы уақыт есептеу сатысымен төмендегідей болып бөлінеді: болашақты болжау 20-30 жыл, ұзақ мерзімді жоба 10-15 жыл, орташа мерзімді жоба 5-7 жыл, қысқа мерзімді жоба 1-2 жылға бөлінеді.

Елдің отын-энергетика балансын құрастырғанда энергетикалық жүйенің ұтымдылығын, электр жүктемелерінің болашақ кестелерін, сипаттамаларын және орнықтылығын ескеру қажет. Әртүрлі типті электр станциялардың генерация қуатының кіріс көлемін анықтау керек. Берілген мәнін қарастырғанда энергетикалық жүйеге берілетін отын қорының көлеміне және де ішкі жүйенің көріністеріне тәуелділігі ескерілуі жөн: әртүрлі типті агрегаттардың жұмыс істеуі, энергетикалық жүйе жүктемелерінің кестесінің конфигурациясы, атом электростанциясының (АЭС) даму жағдайлары, т.б.б.

8.2.2 Электр станцияларды жобалаудың түсініктемелері, анықтамалары, көлемі және сатысы

Жобалау – бұл белгілі бір шартта жұмыс істейтін, бірақ әлі жасалмаған объектіні суреттейтін үдеріс. Объектіні алдын ала суреттегенде, біріншілік берілген оптимизация объектінің үйлесімді сипаттамаларына және кейіннен түрлі-түрлі тілдерде жазылған негіздемелерге сүйенеді. Бірінші рет объектіні суреттегенде, берілген тапсырма жобалаудың техникалық көрсеткіштері болып есептелінеді.

Жобалау үдерісін үш этапқа бөледі: автоматтандырылмаған жобалау, автоматтандырылған жобалау және автоматты жобалау. *Автоматтандырылмаған жобалауда* барлық өзгерістерді және әртүрлі тілде жазылған түсініктерді жүзеге асыратын адам (жобалаушы), ол керекті есептерді калькулятор арқылы, ал жобалау-кестесін механикалық әдістер арқылы сызба тақтайларда атқарады.

Автоматтандырылған жобалауда кейбір объектінің бөліктері және әртүрлі тілдерде жазылған түсініктемелер адам және ЭЕМ арқылы жүзеге асады. Мысалы, электростанцияның электр бөлігін жобалағанда, қысқа тұйықталу тоғын есептегенде, электр қозғалтқыштар өзіндік мұқтаждық механизмдерін ойдағыдай өздігінен іске қосуды тапқанда, жермен қосушы құрылғыны есептегенде және т.б. ЭЕМ-ді қолданады.

Автоматты жобалау, жоғары деңгейлі машинада орындалады. Айта кеткенде объектіні түрлендіргенде және әртүрлі тілде даму этап процесін жобалағанда, құрылыс және монтаж жүріп жатқан объектінің жобалау документін дайындағанда, оның барлығы жобалаушысыз орындалады.

Жобалауды орындағанда біріктіруді игеретін жобалау алгоритмі құрастырылады. Барлық жобалау үдерісі жобаның процедура қатарынан тұрады. Әр бір жобалану процедурасы жобаланған шешімінің жиынтық әрекет қатарынан тұрады, яғни жобаланған объект түсіндірмелерден немесе оның элементтік бір бөлігінен тұрады. Жобалану процедураның бір бөлігі, жобаланған операциядан алгоритімі өзгермейтін жобаланған шешім процесінен тұрады. Жобаланған шешімді, тексті жиынтық және кестелік үлгі және жаңа объектіні бейнелеп, жобаланған құжат ретінде ресімдейді.

Электростанция сатылы құрылымды күрделі техникалық жүйе ретінде элементтен, үзіндіден және кіші жүйеден тұрады. Электростанция элементіне электрлі аппараттары, тоқ өткізгіштері, электр машиналары және т.б. кіреді. Электростанция үзіндісі элементтердің функцияланған байланысынан тұрады. Үзіндіні таңдағанда жобаланған процедура көмегімен жүзеге асады. Станция үзіндісінің үлгісі болып тарату құрылғысы (Т.Қ) қызмет көрсетеді. Кейбір бөлек орналасқан жүйе басқа энергетикалық жүйемен нашар байланысқан болса, оларды бір-бірімен қосып кіші жүйені (подсистема) құрайды. Электростанцияда келесі кіші жүйелерді атап көрсетуге болады: электрлік, гидротехникалық, технологиялық және т.б. Егер қажет болса кіші жүйені бірінші, екінші және т.б. деңгейлерге бөлуге болады.

Кіші жүйені жобалауда, жобалау процедурасын пайдалану арқылы орындауға болады.

Техникалық тапсырманы жобалауды және түрлендіруді әр түрлі жоба тілдерін қолданып шешуге болады. Жобалауға кіретін *кіріс тіл*, жобаланатын тапсырманы қамтамасыздандырады. *Базалық тіл* көмегімен жобаланатын объектіге, жобаланған шешімге және жоба процедурасына қосымша деректер құрастыруға болады. *Шығыс тіл* жобасы келешекте қолдануға ыңғайлы жоба шешімдерді ұсынуға арналған.

Автоматтандырылған жоба жүйесі (АЖЖ) автоматтандырылған жобалауды орындайтын жоба ұйымының қажетті бөлігімен өзара байланыста болатын, автоматтандыру құрал кешенінен тұрады. Жобалауды автоматтандыру кешеніне техникалық, математикалық бағдарламамен және ақпаратпен қамтамасыз ету кіреді. *Жобалануды автоматтандырудың негізгі мақсаты*: жобалау процедурасын формализациялау, жобалау процестерін құрылымдау, типтеу және жобалау есеп шешімінің моделін, әдісін алгоритмін, және де техникалық құралды, тілдерді, бағдарламаны, берілгендер банктерін құрастыру әдістері, сонымен қатар оларды біріктіріп бір жүйеге келтіру сұрақтары болып саналады [32,34,43, 44, 45,46].

Электр станцияларды жобалау процесі техникалық берілгеннен (ұсыныстан) және екі сатыдан құрастырылады: техникалық жобадан және жұмысшы жобадан тұрады.

Техникалық ұсыныста (тапсырыста) электростанцияның аталуы және қуаты, құрылысының салыну түрі (жаңалығы, кеңдігі, қайта өңделгені, техникалық

кайта жабдықтылынууы), құрылыс ауданы, жылу және электр энергия өндірісінің көлемі, жүйедегі электростанцияның жұмыс режимі, қоршаған ортаны қорғау және өндіріс қалдығын пайдаға асыру талаптары, автоматтандырылған басқару жүйесін технологиялық процеспен (АБЖ ТП) өңдеу қажеттілігі және электростанцияны, өндірістік және шаруашылық жекешелендіру, капиталды салу мөлшері және негізгі техника-экономикалық көрсеткіштер (бір киловаттқа қойылған генерацияланған қуат бағасы, электр және жылу энергия өндірісінің өзіндік құны, персоналдың меншікті саны, шартты отынның 1 кВт. сағ электр энергиясын және 1 Гкал жылу энергиясын өндіруге кететін шығын), тұрғылықты және тұрмыс мәдениет объектісінің жобалағандағы деректер, техникалық жобалау вариантының өңдеуге керекті талаптар, станцияның кеңею мүмкіншілігі, мерзімделген құрылыс (кезектігі), ұйымының атаулары (басты подрядчик және субподрядчиктер), тапсырыс берушінің аты және жобаның орындалу мерзімі көрсетіледі.

Электростанция құрылысын жобалауға тапсырыс берушісі болып министрлік, ведомство, өндірістік кәсіпорын және т.б. болулары мүмкін. Техникалық тапсырыста келтірілген деректер электростанцияны жобалауға керекті сыртқы ақпараттардан құралады.

Электростанцияның *техникалық жобасы* жобаланатын станцияның негізгі жобаның шешімін бейнелейтін және жоба құжаттарының жиынтық түрін орындайтын түсініктемелерден тұрады. Электростанцияны техникалық жобалау: станция паспортынан, техникалық-экономикалық негіздемелерден, сметалар, техникалық бөліктің жоба құжаттарынан (отын беру, химиялық су тазартқыш, өлшеп-бақылайтын және автоматика аспаптарынан), электр бөлігінің жоба құжаттарынан, гидротехникалық бөліктерінің жоба құжаттарынан (суды тасымалдау, канализация, техникалық су жабдықтаушы және сыртқы гидрокүлтазалаушы қатты отын станциясы үшін), құрылыс бөлігінің жоба құжаттары (құрылыс-сәулеті бөлімі, жылу жүйесінің құрылыс бөлімі, жылу және вентиляция), басты станция жоспары және тасымалдау, байланыс және телемеханика, электростанцияны жобалауды ұйымдастыратын жоба құжаттары кіреді.

Электростанцияның *іс (жұмыс) жобасы* есептелген түсініктемеден және іс сызбасынан тұрады. Орнатылатын станцияның құрылыс-монтаждық жұмысы іс сызбасы арқылы орындалады. Жобалау сатысында қажет еткен жағдайда жобалық шешімдерді түзету және қосымша өңдеулер мен анықтаулар енгізіледі. Электростанцияның құрылыс үдерісіндегі іс (жұмыс) жобасына жобалаушы ұйымдар өзгертулер енгізе алады.

Электростанцияны жобалау сапасын және үнемділігін негізгі техника-экономикалық көрсеткіштер бойынша бағалайды: орнатылған бір қуат киловатт қуаттың құны, отынның меншікті шығыны, Ө.М.-ға кеткен электр энергияның шығыны, штаттық коэффициент, жіберілген жылу және электр энергиясының өзіндік құны, құрылыс-монтажды жұмыстың көлемі, құрастырылған құрылыстық жинақтығы (пайызбен).

8.2.3 Электр станцияларды автоматты түрде жобалау туралы жалпы мәліметтер

Электр станциялары өзара әрекет ететін элементтердің көп санына ие. Электр станцияларды жобалау көп жылдарды алады және көптеген әртүрлі мамандарды қажет етеді. Электр станцияның қуаты жоғарылаған сайын мерзімі мен сапасына деген қажеттілік өте қатаң болады. Мақсатқа сай емес жобалау ұйымының инженерлік-техникалық жұмысшылардың санын көбейту және параллельді жобалау жұмысын жүргізудің шектелуіне байланысты, жай жобалаушылар санын көбейту осы талаптарды қанағаттандырмайды. Сондықтан, қазіргі кезде автоматтандырылған жобалау аса қажетті.

Бастапқы даму сатысында автоматтандырылған жоба, ЭЕМ бір-бірімен байланыспаған инженерлік есептерді есептеу үшін қолданылды. Электр станцияның электрлік бөлігін жобалау кезінде, ЭЕМ қысқа тұйықталу тоғын есептеуде, Ө.М. электр станциясының электр қозғалтқыш механизмінің өздігінен іске қосылуы ойдағыдай болуы үшін, жермен қосатын құрылғы (ЖҚК) және т.б.-лары үшін қолданылады. ЭЕМ-дегі есептің берілген бағдарламалары нақты есептік сипатта көрсетілген. Бағдарламада жақсы таңдап алынған әдістер іске қосылған, олар ЭЕМ-сіз қолмен есептеу кезінде де қолданылады.

Инженер-жобалаушының, жаңа сатыда ЭЕМ-ді қолдануға, қорытынды деректерді құрастыруға арналған арнайы білімнен басқа жобалау бағдарламасын пайдалану, жүйелік бағдарламаның негізін және алгоритмдік тіл бағдарламасы бойынша білімі болуы керек. Сондықтан да аз ғана инженерлер бағдарламаны қолдану бойынша толық әдістемелік кешенін және процедурасын үйрене алды. Олар есептеу орталығы мен жобалау бөлімі арасындағы жұмысшыларға аралық буын құрды [32,46].

Тек қана ЭЕМ-ді базада және қазіргі заманда АЖЖ-ны қолданғанда, жоғарыда атап кеткендей жобалаудың кемшіліктерін жоюға болады.

АЖЖ құрастыру [32] көрсетілгендей негізгі принциптерді қолдануға негізделеді. АЖЖ, ол ЭЕМ мен жобалаушылардың арасындағы қатынасты жүзеге асыратын жүйені ұсынады. АЖЖ-да жобалаушының қатынасы қиын қалыптасатын есептерді және өзінің негізгі эвристикалық қабілеттілігімен өте нәтижелі есептерді шешуі қажет.

АЖЖ ақпаратты келісілген кіші жүйеден тұрады. АЖЖ-да шешілетін есептер ақпаратты келісілген бағдарламамен қызмет атқару керек, онда сандық берілгендер массиві ешқандай өзгерусіз қолданылуы мүмкін.

АЖЖ – ашық және дамып келетін жүйе. АЖЖ-ға жаңа әдістерді және оның түбірлік өзгертулерсіз құралдарды қосуға болады. Ол уақытпен өзгеруі керек. АЖЖ-ның әрбір бөлігі дайын болуына қарай пайдалануға берілуі тиіс. Бұл АЖЖ-ның көп уақыт жасағаны және көп шығын шыққанына қарамастан экономикалық пайда әкеледі.

АЖЖ – сатылы жүйе. Өзіндік құрылымына қарай ол жобалайтын объектіні бойлық және көлденең деңгейге бөліп бейнелейтін кіші жүйеден тұрады.

АЖЖ – ең жақсы қалыптасқан есептер шешімдерін автоматты айқындауды,

техникалық шешімдердің бірлесуін автоматты тексеру, әртүрлі деңгейде қабыл алу және келіспейтін шешімдерді түзетуді жүзеге асыру, жобалаушының сұрауы бойынша аралық нәтижелерді әдеттегідей үлгіде беру, кейбір мәндердің шешімдерін бөліктеп беру мүмкіндігі, жобалаушының сұрауы бойынша деректерді қорда сақтау, жобалау тәжірбиесін жинауы керек [32].

Автоматты оқыту жүйесі (АОЖ) сұхбат режимінде және танымдылық қызмет оқу процесінде жұмыс істейтін адам-машиналы кешен сияқты ұсыналады [32]. АОЖ кәсіпкер емес қолданушыларға оқытатын және қызмет ететін (тәлімдейтін) ортаны қалыптастырған. ЭЕМ тұтынушыны қызықтырған есептің керекті деректерімен, оны шешуге қажетті құралдарымен және осы құралдарды қолданудың нәтижелі оқытумен жабдықтайды.

АОЖ, электростанциясының электр бөлігін жобалағанда мәтіндік және сандық ақпараттарды дисплей экранында жеке кадрларды көлемді, қабыл алып оқуға қолайлы, қиын қабылдайтын материалдарды көп рет қайталану мүмкіндігін, әртүрлі этапқа сыбыр сөз және техникалық әдебиеттерге көз тастап оқуға көмектесу мүмкіндігін, үдеріс барысында оқу және қабыл алған материалдардың сапасын бағалауда автоматты бақылауды, бақылап отырған сұрақтардың экран дисплейінде көрілетін кездейсоқ мінездемелерін, адам мен ЭЕМ арасындағы сұхбат режимінің жұмыс мүмкіндігін, керек деген ақпаратты орыс тілінде беруін, сұлба мен мінездемені мозайка типінде бейнелеуді, әртүрлі үлгідегі жауаптарды беруін (“сандық жауап”, “иә”, “жоқ” және ұсынған жауаптар жиынынан жауап таңдау) автоматты түрде қамтамасыз етуі керек.

Ендеше АОЖ элементтерімен АЖЖ-ның сәйкестігі тек қана қойылған мәселелердің оптималды шешімін тауып қоймай және оның тұтынушыларын оқытуға рұқсат етеді. Тұтынушының тілеуі бойынша АЖЖ көмегімен жүйенің оқыту бөлігіне тоқтамай тұп-тура техникалық есептерді шешу мәселесіне өтуге болады.

Елдің біріккен энергожүйесін жобалау келесі сатылы деңгейге бөлінеді: елдің біріккен энергетикалық жүйесі (ҚР ЕБЭЖ), территориялық энергетикалық ұйым (ТЭҰ), энергетика және электрлендірудің (электрификация) өндірістік бірлесуі (ЭЭӨБ), электр станциясы (ЭС), төмендеткіш қосалқы станция (ТҚС), электр торабы, электр жеткізу желісі (ЭЖЖ).

ТЭҰ шаруа есебі мен өзін қаржыландыру принципі бойынша жұмыс істеп, пайдалану, жөндеу, техникалық қайта жабдықтау, жаңа техника енгізу, энергетиканы әрі қарай дамыту сұрақтарын өздігінен шеше алады және энергожүйеге практикалық оперативті көмек көрсете алады.

ЭЭӨБ құрамына электр станциядан, электрлік пен жылу тораптарынан басқа, басқа да құрылымдық бірліктер (энергобақылау, өндірістік пен мамандандырылған жөндеу, автокөліктік және реттеу мекемелері, оқыту комбинаты және т.б.) кіруі мүмкін.

Электр станцияның құрылымы 8.2.1-суретте бөлек ішкі жүйелердің (бөлімдердің) жиынтығы ретінде көрсетілген (технологиялық, электрлік, гидротехникалық, құрлыстық, көлік және басты жоспар, құрылыс ұйымы).



8.2.1-сурет. Жобалау кезіндегі электр станцияның құрылымы.

Электр станцияның электрлік бөлігін жобалағанда электр станцияның жүйеге қосылу сұлбасын таңдау (ірі электр станциялардың осы мәселелерін басты жобалау институты БЖИ шешеді); электр станцияның жүйеге беретін қуаттың сұлбасын таңдау; электр станцияға ең басты электрлік сұлбасын таңдау; Ө.М. механизмінің электрокозғалтқыш және электрмен жабдықтау сұлбасын таңдау; қысқа тұйықталу тоғын есептеу; электр жабдықтары мен тоқ сымдарын таңдау; ТҚ-ның құралымын таңдау және оларды орналастыру; ЖҚҚ есептеу; тұрақты тоқ жүйесін жобалау; релелік қорғаныс, автоматика, басқару және бақылау қондырғыларын жобалау; электр жарығын жобалау; қосымша қондырғыларды және май, су мен ауа шаруашылық қоймасын, электролабораторияны, шеберханаларды мен т.б. жобалау сияқты жобалау процедурасы орындалады.

8.2.4 Сенімділік теориясының негізгі түсініктемелері және анықтамалары

Қоғамдық өндірістің қарқынды дамуының негізгі көрсеткіштерінің (факторы) бірі – ол шығарылатын өнімнің сапасын үнемі жақсартып отыру. Энергетикалық жүйенің энергоқондырғыларының ең маңызды міндеті тұтынушыларды сапалы электр энергиямен жабдықтауды қамтамасыз ету, яғни тұтынушыларды сенімді электр энергиямен жабдықтау жағдайында, МСТ-т талаптарына сәйкес электр энергияның сапасын ұстау. Осы деректердің шешімі электр қондырғыларды жобалағанда ескерілуі тиіс.

Сенімділік – бұл уақыт аралығында объектінің сапасының қасиеттерін және барлық параметрлердің мәндерінің шамасын, қолдану жағдайы мен берілген режимінің қабілеттілігінің жұмыс істеу талаптарын, техникалық қызметтерін, жөндеулерді, сақтау және тасымалдау жұмыстарын сақтап ұстау. Сенімділік күрделі қасиет және өзіне тоқтамай жұмыс істейтін, жөнделінетін, сақталынатын және ұзақ мерзімге дейін шыдайтын бөлімдерді қосады.

Тоқтамай жұмыс істеу (безотказность) және сақталыну қасиеті жұмыс

және сақталу кезіндегі жұмысқа бейімділік қалпында ұзақ уақыт сақталуымен, ал *ұзақтылық* – шектеулі шамасына дейінгі ұзақ мерзімімен сипатталады. Жөндеуге жарамдылығы жөнделудің ұзақтылығымен және де жөндеуге кеткен еңбек шығындарымен, металл сыйымдылығымен және экономикалық шығындарымен сипатталады [32, 44, 46].

Энергетикалық жүйедегі электр қондырғылар бір-бірімен белгілі бір сұлба арқылы қосылған, жеке бір элементтерден (жоғары вольтты ажыратқыштар, трансформаторлар, ТҚ жинақтаушы шина жүйесі, ЭЖЖ және т.б.) құралады. Электр қондырғылардың жұмыс сенімділігі оның қосу сұлбасына, жұмыс режиміне және бөлек бір элементтерінің жұмыс сенімділігіне тәуелді.

Электр қондырғылардың элементтері төмендегідей режимде болуы мүмкін: қалыпты (жұмыс), жөндеу және резервті. Қондырғының қалыпты режимінде барлық элементтер жұмыс жағдайында болады. Жөндеу режимінде элементтердің тым болмаса біреуі жоспарлы жөндеуге шығарылады. Элементтердің резервтік жағдайы, энергожүйе жүктемесінің түнгі сөнуі кезінде энергетикалық блоктар күнара ажыратылған немесе таңертеңгі және кешкі уақыттардағы максимум жүктемемен жұмыс істеу немесе демалыс пен мейрам күндері сөндіру кезде, шың немесе жартылай шың режимде жұмыс істейтін электр станцияға тән.

Жұмыскерлік жағдайда (жұмыста немесе резервте) элемент параметрлері берілген істердің орындалу қабілеттілігін, нормативті-техникалық талаптардың және (немесе) құрастырушы құжаттардың сәйкестігін сипаттайды. *Тоқтап қалған кезде* элементтің жұмыскерлік шамасы бұзылады. Элементтердің тоқтап қалуы және оның салдары кездейсоқ сипатта болады. Оларды бағалау үшін ықтималдылық теориясы қолданылады. Тоқтап қалу санын бағалау кездейсоқ күтпеген оқиғаны математикалық әдістеме арқылы анықтайды.

Көріністер, процестер, оқиғалар мен жағдайлар, элементтің тоқтап қалуына әкеліп соғатындар, тоқтап қалудың себептерін құрайды. Тоқтап қалудың салдары, элементтің тоқтап қалуын тудыратын үдерістер, оқиғалар мен шамаларды құрайды. Мысалы, генератор-трансформатор блогындағы генератор ажыратқышының тоқтап қалу салдары болып, осы ажыратқышты жөндеуге керекті блокты ажырату болып табылады.

Электр қондырғылардың сенімділігін жоғарылату, яғни тоқтап қалу санын азайту, резервпен, техникалық қызмет көрсету, жөндеу және қондырғыда өтіп жатқан процестерді дәл басқарумен қамтамасыз етіледі [32,33].

Электр қондырғылардың элементтері жөнделінетін (қайта орнына келетін) объектілерге жатады. Жөндеу жұмыстары нормативті-техникалық және (немесе) құрастыру құжаттарында қарастырылады. Жөнделетін элементтердің сенімділігінің негізгі көрсеткіштері болып тоқтап қалу ағындарының параметрі және жұмысқа жарамды қалпын қайта қалпына келтіру уақыты жатады.

Элементтің *тоқтап қалу ағынының параметрлері* оның аз ғана жұмыс істеу ұзақтылығының осы жұмыс ұзақтылығының қатынас мәніне тең, яғни

$$\omega(t) = \lim_{\Delta t} \frac{M * [r(t + \Delta t)] - M[r(t)]}{\Delta t}, \quad (8.2.1)$$

мұнда, $M[r(t)]$ - t уақыт ішіндегі тоқтап қалу санының математикалық күтуі; $M[r(t + \Delta t)]$ - $t + \Delta t$ уақыт ішіндегі тоқтап қалу санының математикалық күтуі.

Сенімділікті бағалағанда есептеу уақыты деп бір жылды аламыз. Егер де, мысалға, санақ деректерге сүйенсек n топта бірдей элементтер T жыл ішінде жұмыста m тоқтап қалуы байқалады, онда тоқтап қалу ағынының параметрі, 1/жыл, ол төмендегідей анықтамадан табылады

$$\omega = \frac{m}{(nT)}, \quad (8.2.2)$$

егер бір жыл ішінде уақыт ω өзгеруін ескермесек, онда (8.2.2) әділ.

Элементтің жұмыскерлік қалпын қайта қалыпқа келуінің орташа уақытын элементтің жұмыскерлік шамасының қалыпқа келуінің математикалық күтуі арқылы анықтайды. Ол оның тоқтап қалуын жою, уақыттан және жұмыс істемей қалған элементті іздеуге қажетті уақытынан тұрады. Мысалға, егер де қандай да бір элементтің m тоқтап қалуын іздеп және жойғанға сәйкес $t_1, t_2, \dots, t_m$ уақыт кетсе, онда жұмыскерліктің қалыпқа келудің шамасының орташа уақыты (сағ), төмендегідей өрнекпен анықталады

$$T_{opt.y.} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m t_i \quad (8.2.3)$$

Электростанцияда бұзылған ТҚ элементін ажырату уақыты [32,33]

$$T_{\epsilon} = T_0 + T_{\text{pet}} n_{\text{pet}}, \quad (8.2.4)$$

мұнда, T_0 – қызмет ететін персонал ТҚ-да бұзылған жерге келіп және бұзылған элементті тауып, сипаттама беруге кететін уақыты (0,1-0,3 сағ тең етіп алынады); T_{pet} – айырғышты сөндіруге кететін уақыт (0,1 сағ. деп аламыз); n_{pet} – бұзылған элементтердің ажыратылуын қамтамасыз ететін айырғыштар саны.

Әрі қарай есептегенде, бұзылған элементті ажыратуға керекті, мысалы, жоғары вольтты ажыратқыштың уақытын 0,5 сағ. тең етіп аламыз.

Қалпына келтіріп жөндеу кезіндегі тоқтап тұрған элементтің табу ықтималдылығын еріксіз тоқтап тұру коэффициентімен бағалайды

$$K_u = \omega T_B / 8760, \quad (8.2.5)$$

Электр қондырғы элементтерінің жөндеу жағдайында тоқтап қалуы ауыр күйге әкеліп соғуы мүмкін. Сондықтан да элементтерінің сенімділік көрсеткіштерінен басқа олардың жоспарланған жөндеу көрсеткіштеріне де көңіл бөлу керек. Осындай көрсеткіштерге элементтерді жоспарланған жөндеу (күрделі, ағымдағы жөндеу), тоқтату, әдейі ажырату жиілігі μ , 1/жыл және орташа жоспарланған жөндеудің ұзақтығы $T_{\text{жөн}}$, сағ. ескерілуі тиіс.

Жөндеу жиілігі және ұзақтылығы, «Техникалық пайдалану ережелері (ТПЕ)» және «Электр станция және қосалқы станция құралдарына, ғимараттарына және жабдықтарына техникалық қызмет көрсету мен жөндеу ұйымдастыру ережелері» талаптарына сәйкес күрделі және ағымды жөндеу уақыт нормасы және кернеуі 35-500 кВ қосалқы станцияны жабдықтаушы техникалық қызмет көрсетулерді, айналмалы және тұрақты тоқты электр қозғалтқыштарын жөндеу, уақыт нормасына сәйкес алынады.

Жоспарлы жөндеудегі элементтің табу ықтималдығы жөндеу режимінің тоқтап қалу коэффициентімен анықталады

$$K_{жон} = \mu T_{жон} / 8760 , \quad (8.2.6)$$

Қалпына келтіру және жоспарлы жөндеудегі элементтің табу ықтималдылығы жөндеу режим коэффициентімен бағаланады

$$q_{жон} = \frac{\omega T_{к.к} + \mu T_{жон}}{8760} , \quad (8.2.7)$$

8.2.5 Электр қондырғыларының сенімділік көрсеткіштері

Электрқондырғы элементтерінің сенімділік көрсеткіштері ретроспективті әдіспен пайдаланудың шындық шарттарында орындалады. Осы әдістің мәні жұмыс істеп тұрған элементтердің сандық деректерін жинау мен өңдеуден тұрады. Элементтерді пайдалану кезінде жалпы жағдайда олардың жұмыс режимі, жүктелуі және шарты өзгеруі мүмкін. Осы факторлардың ықпалын есепке алу үшін регрессиондық пен дисперсиондық талдау әдісін қолданады [32,33].

Трансформаторлардың (автотрансформаторлардың), жоғары вольтты ажыратқыштардың, айырғыштардың, бөлгіштердің, қысқа тұйықтағыштардың, ТҚ жинақтаушы шина жүйесі, ЭЖЖ, асинхронды электр қозғалтқыштары мен электрлік блоктардың сенімділік және жөндеудің *кестелік* көрсеткіштері [32,33] келтірілген. Көрсеткіштерді, энергожүйелерді, электр станцияларды, электр тораптарын, тұтынушыларды электрмен жабдықтау жүйесінің сенімділігін салыстырмалы талдау, сенімділігін жоғарылату құралдарының және шараларының мақсатқа сай тиімділігін анықтау, жоспарлы-ескертпе жөндеу жүйесін жетілдіру, резерв жабдықтарын, материалдарын және запас бөліктерін, нормалау үшін қолдану ұсынылады.

Элементтердің жөндеу көрсеткіштері мен сенімділігінің есептік көрсеткіштері олардың нақты орындалуы мен тандап алынған үлгісін ескере анықталады. Үш бір фазалы топ трансформаторлары үшін ағынды жөндеудің есептік ұзақтылығын кесте көрсеткіштерінің үш коэффициентіне көбейтілуіне тең.

Қайта қалпына келу уақытын ескермегенде, барлық жинақтаушы шина жүйесінің есептік көрсеткіштері кестелі көрсеткіштерді жинақтаушы шиналарға қосылған өткізгіштердің санының көбейтіндісіне тең.

ЭЖЖ-нің тоқтап қалу ағынының параметрлері оның ұзындығына 100 км келтіріледі, сондықтан да ЭЖЖ-нің тоқтап қалу ағынын есептеу параметрі ұзындықпен (l , км) анықталады

$$\omega_{жс} = \omega_{жс, кесте} \frac{l}{100}, \quad (8.2.8)$$

Электр қондырғыда жоғары вольтты ажыратқыш өте бір күрделі элемент болып табылады немесе екі біріктірушіні немесе жинақтаушы шина біріктірушісін немесе екі жинақтаушы шина жүйесін қосады. Ажыратқыш жұмыс істегенде электр қондырғыларды әртүрлі жағдайларға алып келетін бір жақты немесе екі жақты зақымдану болуы мүмкін. Есептік оқиға ретінде тоқтап қалуды тудыратын, нәтижесінде барлық бірдей ажыратқыштар ажыратылатын, ең ауыр екі жақты ажыратқыштың зақымдалуын (мысалға, ажыратқыштың құлауы, ажырататын камераның жабылып қалуы, т.с.с.) аламыз.

Ажыратқыштың ең қарапайым түрі кесте көрсеткішінде көрсетіледі: тоқтап қалу ағынының параметі (ω_{θ}), тоқтап қалуды қалпына келтірудің орташа уақыты ($T_{\theta, \theta, y}$), жиілігі (μ_{θ}) және жоспарлы жөндеудің ұзақтылығы ($T_{p, \theta}$).

Ажыратқыштың тоқтап қалу ықтималдылығы оның электр қондырғылардың сұлбасында орналасуына байланысты. Әуелі ЭЖЖ ажыратқышының тоқтап қалу ағынның параметрлері басқа ажыратқыштардың тоқтап қалу ағынынан қарағанда орташа 2 есеге көп. Бұл желінің зақымдалуы және жоспарлы жөндеуге шығу жиілігі басқа қосылыстарға қарағанда көп екенін түсіндіреді (шынды және жартылай шынды электр станциялар блоктарының генераторлы ажыратқыштарын алмағанда).

[32,33,46]-де қарастырылып отырған жоғары вольтты ажыратқыштың үлгісі зақымдалған қосылулардың (жинақтаушы шина жүйесі) автоматты ажырату және оперативті ауыстырып қосу кезіндегі статикалық күйінде тұрған ажыратқыштың зақымдалуын ескереді. Ажыратқыштың тоқтап қалу ағынының өзіндік есеп параметрі ауыстырып қосу және статикалық күйін бейнелейді:

$$\omega_{ажс., оз} = \omega_{ажс} a_{ажс, ст} + a_{ажс, оп} N_{жсыл}, \quad (8.2.9)$$

мұнда, ($\omega_{ажс}$) – ажыратқыштың тоқтап қалу ағынының кестелік параметрі, $a_{ажс, ст}$ – ажыратқыштың тоқтап қалуының статикалық күйінің салыстырмалы жиілігі, майлы ажыратқыштарға 0,1 және ауалы ажыратқыштарға 0,2 тең; $a_{ажс, оп}$ – оперативті қайта қосу кезіндегі ажыратқыштардың тоқтап қалуының салыстырмалы жиілігі, $N_{жсыл}$ – ажыратқыштың бір жылда жұмыс істеген саны.

Ажыратқыштың бір жылда жұмыс істеген саны

$$N_{жсыл} = N_{\eta} (\mu_1 + \mu_2 + \mu_{режс}) + [(N_{\eta} - 1)(\omega_1 + \omega_2) + \sum \omega_{ажс i}] (1 - a_{b.k.}), \quad (8.2.10)$$

мұнда, N_{η} – жалғастыруды ажырату және келесі қосуға қажетті ажыратқыштың операция санына тең цикл операциясының саны ($N_{\eta} = 4$ екі ажыратқыштан кейін

жалғасқан қосылуы бар ТҚ сұлбасы үшін және $N_{ц}=2$ бір ажыратқыштан кейін жалғасқан қосылуы бар ТҚ сұлбасы үшін); μ_1, μ_2 – осы ажыратқышты қосатын жинақтаушы шина жүйесі немесе жалғастырудың жоспарлы жөндеу жиілігі; $\mu_{реж}$ – режимдік талаптар бойынша жалғастырудың өшіп қалу жиілігі; ω_1, ω_2 – берілген ажыратқышты қосатын жинақтаушы шина жүйесінің немесе жалғастырудың жоспарлы тоқтап қалу ағынының параметрлері; $\sum \omega_{b,i}$ – қарастырылып отырған ажыратқышты автоматты ажыратылуынан пайда болатын тоқтап қалу, көрші ажыратқыштың тоқтап қалу ағынының кестесінің параметрлерінің алгебралық қосындысы; $a_{b,k}$ – жалғастырудың зақымдалу кезіндегі (автоматты ажыратудың нәтижесіздігі) ажыратқыштың тоқтап қалуының салыстырмалы жиілігі.

Энергоблокқа жататын ажыратқыштардың операция санына блоктың технологиялық бөлігіндегі тоқтап қалуы да кіруі тиіс :

$$N_{жыл} = N_{ц} (\mu_1 + \mu_2 + \mu_{реж} + \omega_{өл;техн}) + [(N_{ц} - 1)(\omega_1 + \omega_{өл;эл}) + \sum \omega_{bi}] (1 - a_{b,k}). \quad (8.2.11)$$

ЖЭС-тің технологиялық бөлімшесінің тоқтап қалу ағынының параметрін 0,9 $\omega_{өл}$ деп, ал электрлік – 0,1 $\omega_{өл}$. Ал осы көрсеткіштерді АЭС үшін 0,91 $\omega_{өл}$ және 0,09 $\omega_{өл}$ сәйкес деп алынады.

Энергоблокта генераторлы ажыратқыштардың болуы жоғары кернеулі ТҚ-ң ажыратқыштарының жұмыс істеу санын төмендетеді. Технологиялық бөлімі зақымдалғанда, оның ажыратуын және режимді ауыстырып қосуын генераторлы ажыратқыш орындайды. Жоғары кернеулі ТҚ жағынан генераторлы ажыратқышы бар блокты ажыратқыштар үшін

$$N_{жыл} = N_{ц} (\mu_1 + \mu_2) + [(N_{ц} - 1)(\omega_1 + \omega_{өл;эл}) + \sum \omega_{bi}] (1 - a_{b,k}). \quad (8.2.12)$$

Қарапайым жағдайда электр қондырғысы тізбекті немесе параллельді қосылған бірнеше элементтен тұруы мүмкін. Тізбектеп қосылған элементтердің біреуі тоқтап қалса, онда ол электроқондырғыны жұмыс істеуге жарамсыз күйге әкеледі. Үш элемент тізбектеп қосылған электр қондырғының сұлбасы 8.2.2 а – суретте келтірілген. Ол ТҚ-ның жоғары кернеулі блокты ажыратқыштан 1, трансформатордан 2 және генераторлы ажыратқыштан 3 тұрады. Әрбір электр қондырғылар үшін сенімділіктің есептік көрсеткіштері ω_i , T_{pi} , K_{bi} , жөндеу есептік көрсеткіштері μ_i , T_{pi} , K_{pi} , және жөндеу режимінің коэффициенті g_i белгілі. Электр қондырғының есептік блок-сұлбасы 8.2.2 б – суретінде көрсетілген. Мәселе, барлық электроқондырғының сенімділік және жөндеу көрсеткіштерін табудан тұрады (8.2.2 в-суретте көрсетілген, нетижелік блок 1-3).

Электр қондырғы элементтерінің тоқтап қалуы пайдалану тәжірбиесінде дәлелденген тәуелсіз және сыйыспайтын оқиға деп саналады. Сондықтан

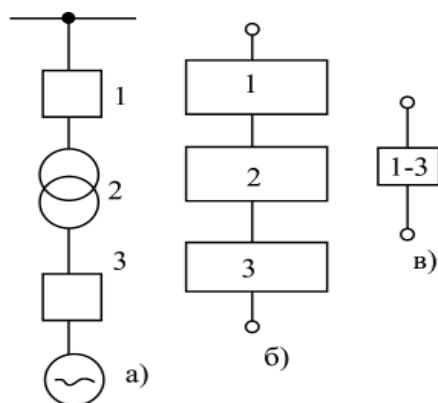
ықтималдық теория аксиомасы әділ – “егер оқиға бірнеше дара-жеке жағдайға бөлінсе, онда толық оқиға ықтималдығы сол дара-жеке жағдай ықтималдылығынан құрастырылады”.

Токтап қалу ағынының параметрінің және тізбектеп қосылған (n) элементтен тұратын электроқондырғының жұмыстарының қалпына келуінің орташа уақыты, әдейі тоқтап тұру коэффициентінің аксиомасына сәйкес, ол төмендегі өрнекпен анықталады.

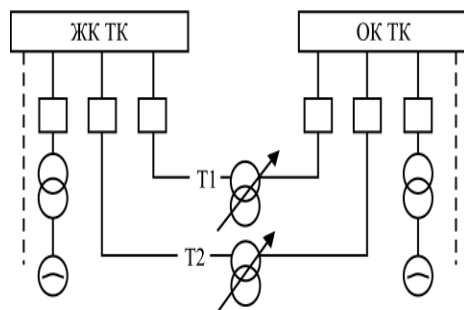
$$K_B = \sum_{i=1}^n K_{B_i}, \quad (8.2.13)$$

$$\omega = \sum_{i=1}^n \omega_i$$

$$T_B = K_B * 8760 / \omega, \quad (8.2.14)$$



8.2.2-сурет. Электр қондырғының электрлік сұлбасы (а), есептік (б) және нәтижелік (в) блок сұлбасы



8.2.3-сурет. Электр станция ТҚ-ның арасындағы автотрансформаторлық байланыс сұлбасы

Электр қондырғының жоспарлы тоқтап тұруын сипаттайтын жөндеу көрсеткіштері, жөндеуді максималды біріктіруін ескере отырып, жеке элементтердің жоспарлы жөндеу графигі негізінде анықталады. Бұл жоспарлы тұрып қалудың, ұзақтылығын және жиілігін төмендету үшін қажет. Электр қондырғы элементтерін жөндеуді біріктіруді шектейтін факторы болып, электростанциядағы жөндеу персоналдарының көптігі есептелінеді.

Егер қондырғының жұмысқа қабілеттілігінің бұзылуы бірнеше уақиғаларды беттестіргенде (ұқсас) ғана болатын болса, онда элементтердің қосылуы параллельді деп аталады. Қондырғының қарастырылып отырған элементтері осындай жалғану кезінде тікелей параллельді қосылмауы мүмкін.

Екі T1 және T2 автотрансформаторлы электр станцияның жоғары кернеулі ЖК ТҚ мен орта кернеулі ОК ТҚ арасындағы байланыс сұлбасы 8.2.3-суретте көрсетілген. Егер бір уақытта екі байланыс автотрансформаторлары тоқтап қалса немесе екінші автотрансформаторды жөндеу кезінде (мысалы, T2), бірінші автотрансформатордың істен шығуы мүмкін (мысалы T1), сол себепті жоғары

кернеулі ТҚ-ның арасындағы байланысының бұзылуы да мүмкін.

Егер байланыс автотрансформаторларының тоқтап қалуы сай келсе, онда сенімділік көрсеткіші төмендегідей өрнекпен табылады [32,33].

$$\omega = \omega_{T1} \cdot K_{BT2} + \omega_{T2} \cdot K_{BT1}; \quad (8.2.15)$$

$$K_B = K_{bT1} K_{bT2};$$

$$T_b = K_b \cdot 8760 / \omega \quad (8.2.16)$$

мұнда, $\omega_{T1} K_{BT2}$ – тоқтап қалған екінші автотрансформаторды қайта қалпына келтіріп жөндеп жатқанда (K_{BT2}), бірінші автотрансформатордың тоқтап қалу (ω_{T1}) ықтималдылығы; $\omega_{T2} K_{BT1}$ – тоқтап қалған бірінші автотрансформаторды қайта қалпына келтіріп жөндеп жатқанда (K_{BT1}), екінші автотрансформатордың тоқтап қалу (ω_{T2}) ықтималдылығы.

Бір уақытта екі автотрансформатордың (трансформатордың) тоқтап қалуы өте сирек кездесетін жағдай, сондықтан оны есепке алмайды (тек екі блокты байланыс автотрансформаторы арқылы орындалған, ТҚ арасындағы байланыстан басқа).

Бір байланыс автотрансформаторының тоқтап қалғанда, екіншісі жоспарлы жөндеуден өтіп жатқанда, сенімділік көрсеткіші мына өрнекпен анықталады.

$$\omega = \omega_T K_{P.T}; \quad (8.2.17)$$

$$T_b = 0,5 T_{P.T} \quad \text{болса} \quad T_{P.T} \leq T_{b.l}. \quad (8.2.18)$$

Автотрансформаторлардың (трансформаторлардың) жоспарлы жөндеу ($T_{P.T}$) ұзақтығы, жұмысқа қабілетті күйін қалпына келтіру уақытынан аз ($T_{B.T}$).

Электр қондырғыларының элементтері үшін j – элементінің жоспарлы жөндеу ұзақтығы (T_{PJ}) i – элементінің қалпына келтіру уақытынан көп (T_{bi}), электр қондырғының қалпына келу уақыты

$$T_{bij} = T_{bi} - \frac{T_{bi}^2}{2T_{pj}} \quad \text{болғанда} \quad T_{pj} \geq T_{bi}. \quad (8.2.19)$$

Аралас қосылған (тізбектеп және параллельді) электр қондырғыларының сенімділік көрсеткіштері [32,33] келтірілген және өте күрделі әдістермен анықталады.

8.2.6 Оңтайлы жобалау міндеттерінің жалпы қойылымы

Оңтайландыру теориясы көптеген проблемалардың ең жақсы варианттарын бір-бірімен келістіруге, табуға бағытталған және барлық мүмкін варианттарын бағалауды, толық таңдап алуды болдырмайтын, көптеген әдістерінің және математикалық нәтижелерінің бастамасының қосындысы ретінде келтірілген

[33,34]. Оңтайландыру процесі жаңа, ұтымды, қымбат тұрмайтын техникалық жүйелерден және жұмыс істеп тұрған жүйені функцияландыруды жоғарылату әдісін өңдеуден тұратын, инженерлік қызметіне негізделеді.

Оңтайландыру териясын қолданып нақты жобалау есептерін есептеу үшін, міндетті түрде жобалау жүйесін оңтайландыру шегін орнату, оңтайландыру критериясын немесе бірнеше критерияларын шығару, осының негізінде варианттарды салыстыруды жүргізу, ішкі ауыспалы параметрлерін таңдау, ауыспалы параметрлер арасындағы байланысты көрсететін, математикалық моделін тұрғызу, оңтайландыру әдісін таңдау және берілген есепті шығару керек.

Берілген операция тізбегі қойылым үдерісін анықтап және инженерлік оңтайландыру есептерін есептейді. Оңтайландырылған зерттеулер жетістігі қойылған міндеттің сапасына байланысты және ғылыми көзбен қарағанда, оны үлкен дәрежелі өнермен салыстыруға болады.

Қойылымның және оңтайландырылған есептердің шешімінің *бірінші кезеңінде* жүйені ішкі ортадан бөліп тұратын, шектері берілген, зерттелініп отырған жүйенің шекаралары анықталады. Шығарылған шекаралар есептің рұқсат етілген шешімінің аумағын анықтайды. Жалпы жағдайда шектелу тәуелсіз параметрлері бар, кез келген белгінің теңдігімен және теңсіздігімен берілуі мүмкін.

Инженерлік практикада жеке талданылатын, үлкен техникалық жүйені жеке кіші жүйелерге бөлу қажет. Бірақ әрбір нақты жағдайларда күрделі жүйелерге декомпозиция принципін қолдану өмірлік жағдайларды артық жеңілдетуге келтірмеуі керек.

Генераторлы ажыратқышы жоқ КЭС электрлік қосылу сұлбасын жобалағанда (блок генератор-трансформатор), станцияның берілу қуатының сұлбасын және жоғары кернеулі ТҚ сұлбасын таңдау міндеттерін бөліп-бөліп қарастырған орынды. Блокта генераторлы ажыратқыштың болуы ТҚ сұлбасының сенімділігін күшейтеді. Шығарылып отырған есептің шекаралары кеңейтілген болуы тиіс. КЭС-тің қуатының берілу сұлбасын таңдау, ТҚ сұлбасын таңдаумен бірге орындалуы жөн.

Қойылымның және оңтайландырылған есептердің шешімінің *екінші кезеңінде* оңтайландыру критериясын таңдау және негізделуімен орындалады. Осының негізінде жобалау есептерінде ең жақсы шешімі алынады. Әдетте критерия экономикалық сипатта таңдалынады. Егер де жобаланып отырған қондырғының сипаты және тағайындалуы белгілі болса, жобаланып отырған объектінің сапасын анықтайтын, оның сипаттамасының ішінде біреуі бар болған жағдайда оптималды критериясын таңдау міндеті жеңілдетіледі. Осылай тұжырымдалған есептер бір критериялыққа жатады.

Қойылымның және оңтайландырылған есептердің шешімінің *үшінші кезеңінде* жобалау шешімдерін адекватты суреттеуге тиіс. Айнымалыны таңдау процесінде айнымалылар арасындағы өзгешелікті міндетті түрде жүргізу қажет. Сондай-ақ жобаның сапасына әсер ететін, барлық негізгі айнымалыны ескерген жөн, сонымен қатар есепті елеусіз бөлшектермен жүктемеу керек.

Төртінші кезеңе оңтайландыру критериясымен анықталатын, айнымалы есептердің өзара байланысын және тәуелсіз айнымалылардың мақсатқа жету дәрежесіне ықпалын бейнелейтін моделді тұрғызу (құру) жүзеге асырылады.

Модель нақты (өмірдегі) жобалау жүйесінен қарағандағы ерекшелігі, жобалаудағы объектінің сапа көрсеткіштеріне әсерін тигізетін тәуелсіз айнымалылардың ең экономикалық тәсілін таңдау үшін үлкен мүмкіндік тудырады. Жалпы жағдайда үлгінің құрылымы өзіне негізгі материалдықпен энергетикалық теңдеулер балансын, арақатынастар, жоба шешім арқылы байланысты, сондай-ақ теңдеулерді, жобалаудағы қондырғылардан ағып өтетін процестерді бейнелеуді қосады. Үлгі жобалау шешімдерін тапқанда қолданатын толық ақпараттан тұрады.

Қойылған және қалыптасқан есептердің тиімді шешімін табу математикалық программалау облысында белгілі математикалық әдіспен жүзеге асады. Бұл әдістер негізінен көп санды. АЖЖ-ды құрастырушысы тиімді әдістерін білуі тиіс және есептелініп отырған есептің ерекшелігіне жауап беретін, ұтымды әдісті таңдау, өйткені минималды шығынмен шығару ықтималдылығын жоғарылатады.

8.2.7 Сапа критерияларының қалыптасуы

Энергетикалық объектіні, құрылыс және бір жыл ішінде жүзеге асатын тапсырыстарды жобалағанда критерия сапасы, халықшаруашылығына пайдалануға кеткен шығындарды ескере отырып және келтірілген ғимарат салу шығындарына сәйкестендіріп таңдалынады [32,33,34,46].

(8.2.20)

$$Z_{K.ш} = E_n K + I + Y ,$$

мұнда, I – объектіні пайдалануға кеткен шығындар; K – объектіні құруға кеткен күрделі қаржы шығындар; Y – халық-шаруашылық шығының математикалық күтімі; E_n – қаржы салымының нәтижелі нормативті коэффициенті, 0,12-0,15 тең

($E_n = 0,15$ жаңа техника үшін).

Егер энергетикалық объектінің құрылысы T жыл шамасында болса, онда келтірілген шығын

$$Z_{K.ш} = E_n \sum_{t=1}^T K_t (1 + E_m)^{t-1} + I + Y , \quad (8.2.21)$$

мұнда, E_m – барлық халықшаруашылығы үшін елдің қаржы саясаткерлері анықтайтын, келтірілген әр уақыттағы шығын коэффициенті, τ – жылына бір және барлық варианттар үшін 0,08-ге тең; K_t – t жылындағы күрделі қаржы салымы.

Егер де энергетикалық объектінің құрылыс мерзімінде қайтадан құрылған негізгі қорлардың бөлшектері пайдаланылса, онда келтірілген шығын

$$Z_{K.ш} = \sum_{t=1}^T (E_n K_t + \delta U_t + Y_t) (1 + E_n)^{t-1} + U + Y , \quad (8.2.22)$$

мұнда $\delta U_t - (t-1)$ жылына қарағанда t жылындағы пайдалануға кеткен шығынның өсімі; U_t – t жылындағы халықшаруашылық зияндылығының математикалық күтімі.

Энергетикалық объектіні жобалау кезінде ұтымды шешімді алу келтірілген шығындардың формуласына кірмеген басқа техника-экономикалық сипаттамалар қатарын ескеруді талап етеді (мысалға, жөндеуге жарамдылық, пайдалануға ыңғайлы, алда даму мүмкіндігі, қоршаған ортаны қорғау талаптары және т.б.). Осы көрсеткіштердің көбісін сандық сапалау қиын. Мұндайларға бірнеше критерия енгізу қажет, былайша айтқанда көп критериялы оптимизацияға жататын мәселелер.

Энергетикадағы жобалау шешімдерінің ұтымдылығын кешенді бағалаудың бір жолы сарапшының квалиметриялық әдісін қолданудан тұрады [32,33,34,44]. Оларды қолдану техникалық кеңес жұмысының бұрыннан бар процедурасын пайдалану болып табылады.

Әдістің негізгі мағынасы сарапшыларды таңдап алу, сұраныс жұмыстарын ұйымдастыру, әрбір қойылған мақсат үшін салмақты коэффициент мәнін алу, жетілген мақсаттарды бағалау және көп жағдайда ең аз шығын мен шығын ережесін сақтау арқылы жобалау объектісінің сапасын кешенді бағалау формасын таңдаудан тұрады.

Сарапшылар жоғары және бір-біріне жақын кәсіби мамандықтары болуымен қатар және басқа да сарапшылардың ойын ескере білуі керек.

Сарапшыларға Делфи әдісі арқылы сұрақтар қою ұйымдастырылады. Оның мақсаты келесілерден тұрады: қойылған сұрақтарға жауап сандық пішінде беріледі, сауалдаманы бірнеше түрде ұйымдастырады, әрбір сауалдама түрінің нәтижесімен барлық сарапшылар танысады және осы жауаптарды басқа сауалдамаға қатысушылармен талқылайды, алынған жауаптар әрбір турдан кейін өңделеді, сауалдама берілердің алдында сарапшыларға керекті, қажетті ақпараттар мен жобаланудағы объектінің пайдалану жағдайы ұсынылады. Әрбір сарапшы объектілерді, мақсаттарын, қасиеттерін және басқа да маңызды немесе керекті деректерді орналастыра отырып, бағалау кестесін толтырады.

Салмақты коэффициент мәнін анықтау үшін, артық көру (предпочтения) әдісін, дәреже әдісін, салыстырма әдісін, тізбекті қойылу (сопоставлений) әдісі мен жұмыстарды зерттеу теориясы әдістерін қолдану мүмкін.

Жобаланып отырған объектінің кешенді сапасын бағалау үшін, орта арифметикалық сызықтық, орта геометриялық пен орта гармоникалық пішіндер қолданылады.

8.2.8 Электр станциялардың бас сұлбаларын жобалау

8.2.8.1 Жалпы мәліметтер

Бас сұлбаның электрлік қосылуларын таңдау үшін төмендегідей бастапқы берілгендері болуы керек:

1. Станцияның типі және отынның түрі (жылу электр станцияларда);
2. Станция агрегаттарының саны және қуаты;
3. Тұтыну ауданының бар болуы және оның сипаттамасы;
4. Станцияны энергия жүйесімен байланыстыратын электр жеткізу желісінің кернеуі және саны;

5. Энергожүйе туралы мәліметтер.

Станцияда орнатылатын генераторлардың түрлерін және параметрлерін [32,33], анықтамалық мәлімет бойынша берілген қуаттың негізінде таңдап алады. Осы түсіндірме жазбада генераторлардың барлық мәліметтері келтірілуі тиіс (номиналды параметрлер, реактивті кедергі, қоздыру жүйесі, өлшемі, салмағы, бағасы).

Тұтынушыларға кернеу мен қуат мөлшері беріледі ($P_{\text{мин}}$ және $P_{\text{макс}}$). Тұтынушылардың сатылы жүктеме кестесін (жарты тәулік $P_{\text{мин}}$ тұтынады, қалған жартысында $P_{\text{макс}}$) сатылы және тұрақты етіп қабылдаймыз.

Жауапкершілік дәрежесі бойынша, тұтынушыларды электрмен қамтамасыз ету I, II және III категорияларға жатады.

Тұтынушылардың электр желілерінің саны тапсырыста беріледі немесе желілердің түріне қарап, қуаттың үнемділік мақсатына сәйкесті, 8.2.1-кестеден таңдап алады.

8.2.1-кесте.

Электр берілісі желісінің ұзындығы және онымен жеткізіліп берілетін қуаттың шегі

$U_{\text{ном}}$, кВ	Бір тізбекпен жеткізілетін ең көп қуат, МВт	Жеткізіліп беру желісінің ең үлкен ұзындығы, км
110	25 – 50	50 – 150
220	100 – 200	150 – 250
500	700 – 900	600 – 1200
750	1800 – 2200	800 – 1500
1150	4000 – 6000	1200 – 2000

8.2.8.2 Сұлба нұсқаларын техникалық-экономикалық салыстыру

Жобаланатын станция үшін студент бас сұлбаның электрлік жалғануын 2-3 бәсекеге қабілетті нұсқасын көздейді. Нұсқалар, әртүрлі кернеудегі шина жүйесіне қосылған генерациялық қорек көздерінің санымен, осы шина жүйелерімен трансформаторлар мөлшерінің арасындағы байланысымен, генераторлы және жоғары кернеулі сұлбаларымен, жоғары кернеулі ажыратқыштардың, айырғыштардың санымен және т.б. ерекшеленуі мүмкін.

Сонан соң нұсқаларды салыстыру жүргізіледі. Салыстыру кезінде төмендегі мәселелер қарастырылуы қажет:

- 1) сұлбаның қарапайымдылығы және көрнектілігі;
- 2) пайдаланудағы қолайлылығы (ажыратқыштарды, желілерді, шинаны, трансформаторларды жөндеуге жылдам шығару мүмкіншілігі);
- 3) жұмыс сенімділігі (апаттың пайда болу ықтималдығын және апат кезінде жоғалуы мүмкін генераторлы қуаттың мөлшерін бағалау қажет);
- 4) сұлба нұсқауларының экономикалық лайықтылығы.

Қосылу сұлбаларының экономикалық лайықтылығы келтірілген минималды шығындармен анықталады

$$З = P_n K + И + У, \quad (8.2.23)$$

мұндағы, K – электр қондырғыларды жабдықтауға қажетті күрделі қаржы салымы, мың теңге; P_n – 0,12-ге тең қаржы салымдарының тиімділігінің нормативті коэффициенті; $И$ – жылдық пайдалану ұсталымы, мың теңге/жылға; $У$ – электр энергиясын жеткіліксіз берудің зияны, мың теңге/жылға.

Оқу жобалау кезінде электр қондырғылардың элементтерінің, нұсқау бойынша күрделі қаржы салымын есептеуге рұқсат етіледі. Жабдықтардың есептік құны [33,34]-де бар.

Күрделі қаржы салымын есептеу үшін келесі 8.2.2-кесте ұсынылады.

8.2.2-кесте.

Күрделі қаржы салымын есептеу

№	Элементтің аталуы	Есептеу бірлік бағасы	1-нұсқа		2-нұсқа	
			Саны бірлік	Қосындысы	Саны бірлік	Қосындысы
1	Трансформатор					
2						
3	ТҚ ажыратқышы бар ұяшығы					
4						
	Барлығы		$K_1 =$		$K_2 =$	

Нұсқаулардағы сұлба элементтерімен ерекшелінетін жылдық пайдалану ұсталымы төмендегі өрнек бойынша анықталады:

$$И = \frac{aK}{100} + \beta \Delta A_{\text{жыл}} \quad (8.2.24)$$

мұндағы, a – амортизацияға және қызмет көрсетуге бөлінетін қаржы, %, [3,4] мәлімет бойынша ($a=8-9\%$); $\Delta A_{\text{жыл}}$ – электр қондырғылардағы жылдық шығын кВт·сағ.; β – электр энергияның орташа өзіндік құны теңге/кВт·сағ., ол қондырғылардың географиялық орналасқан орнына және ең жоғары жүктемені пайдалану уақытына тәуелділігін көрсетеді.

Электр энергиясын бермеудің зиянын анықтау үшін, апаттық сөнудің ұзақтығын және ықтималдығын, арнайы әдебиетте қарастырылатын өндірістік және басқа факторлар қатарының сипаттамасын білу қажет [33,34]. Оқу жобалауында нұсқалар, әдетте, электр энергиясын бермеудің зияндылығын есепке алмай теңестіріледі.

8.2.3-кестесінің мәліметі бойынша соңғы нұсқалар таңдалынады.

Шығын шамасы бойынша нұсқаларды таңдау

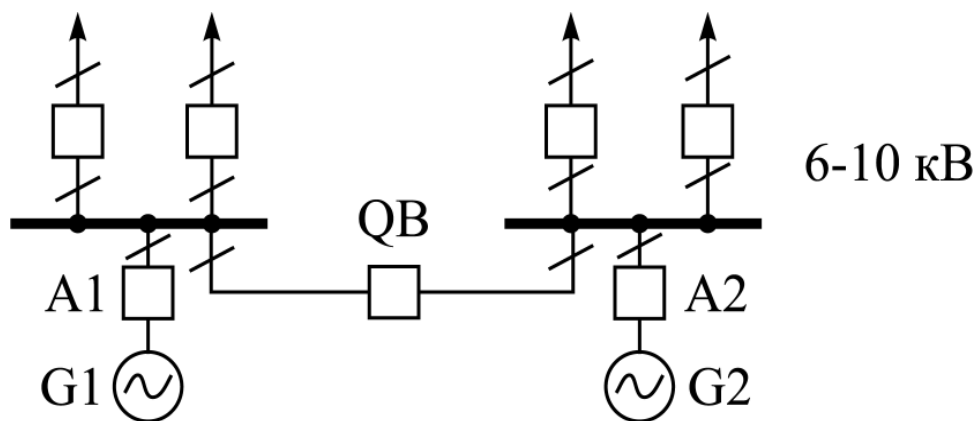
№	Жылдық пайдалану шығынын құраушылар, тенге	1-нұсқа	2-нұсқа
1	Амортизацияға шығару – $\frac{aK}{100}$		
2	Энергия шығынының бағасы $I_{\text{пот}}$		
3	Электр энергияның берілмегендігінің зияны $У$		
4	Келтірілген шығын $З = P_n K + I + У$		
	Барлығы		

Таңдалынған нұсқа курстық жобаның түсіндірме жазбасында толық бейнеленуі керек.

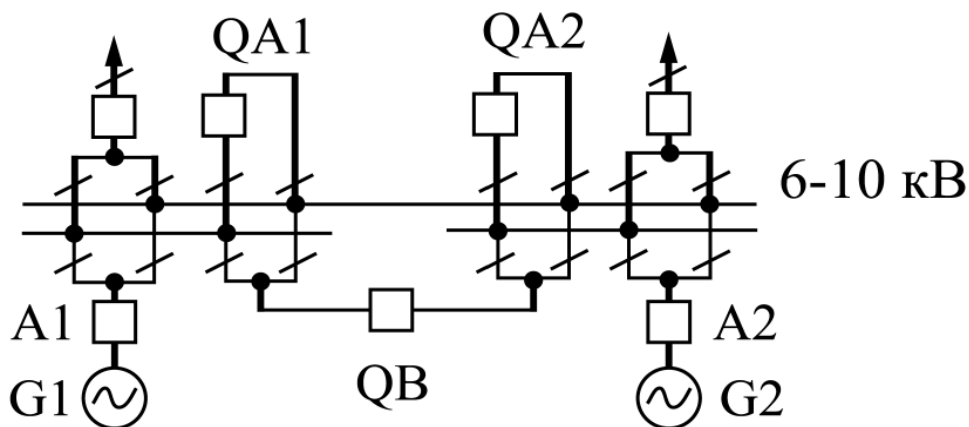
Бас сұлбаны таңдау – бұл жобаның өзіндік және әбден шығармашылық бөлігі екенін айта кету керек. Нақты шарттардың дайын шешімдері болуы мүмкін емес. Төменде станцияның әртүрлі типтеріне сай кейбір сұлбалар сипатталған [14,15].

8.2.8.3 ЖЭО электрлік сұлбаларын қосу тәсілдері

ЖЭО-ы тұтынушыларды жылу және электр энергиясымен қамтамасыз етуге арналады. ЖЭО ның сипаттамасы станциядан 2-10 км қашықтықтағы жергілікті едәуір жүктеменің бар болуы, оны мақсатқа сай генераторлық кернеуде қоректендіру. ЖЭО-ның артық қуатын жоғары кернеулі торап жүйесіне береді. Осыдан генераторлық және жоғары кернеулі тарату құрылғысының бар болуы ЖЭО-ны сипаттайды.



8.2.4-сурет. Дара жүйелі секцияланған жинақтаушы шина сұлбасы



8.2.5-сурет. Екі жүйелі жинақтаушы шинасы бар сұлба, оның біреуі секцияланған

ЖЭО генераторлық кернеуінде келесі сұлбаларды пайдаланады:

1. Дара жүйелі секцияланған жинақтаушы шина сұлбасы (8.2.4-сурет). Сұлба жеткілікті қарапайым және көрнекті. Секцияланған ажыратқыштың бар болуы сенімділікті жоғарылатады: жинақтаушы шинада қысқа тұйықталу жүйемен қорек көзінің тек қана жартысын және байланыс трансформаторларын ажырауына әкеледі. Жинақтаушы шинаны және шиналы бөлгіштерді жөндеу тек қана станцияның бір секциясының дәлдігін азырақ талап етеді. Сұлбаны агрегаттары 12-60 МВт қуаты орта ЖЭО-да қолданады.

Секцияға жалғану саны 6-8-ден артық болған кезде жинақтаушы шинаның жөндеуде болуы және зақымдалуы жоғарылайды. Секция санын мақсатқа сай көбейтіп немесе басқа сұлбаны пайдалану керек.

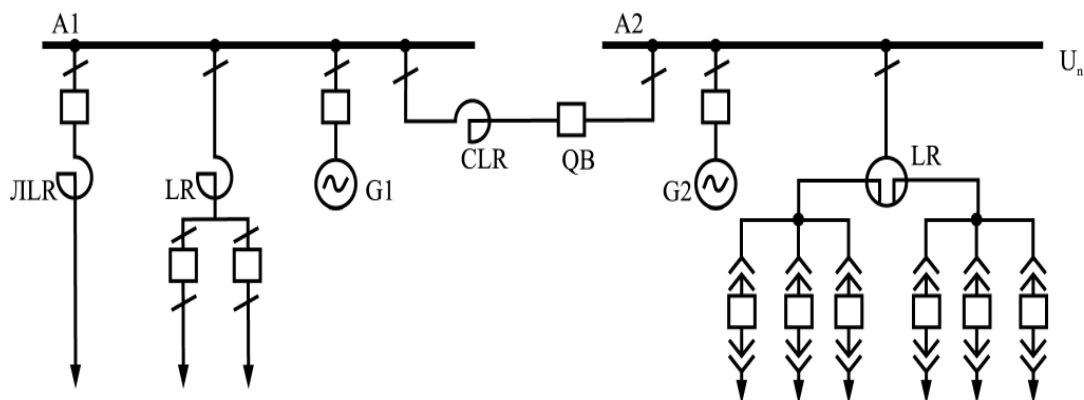
2. Екі жүйелі жинақтаушы шинасы бар сұлба, оның біреуі секцияланған (8.2.5-сурет).

Жинақтаушы жұмыс шинасы секцияланады, ал резервтік секцияланбайды. Жұмыс шинасының жүйесінде қалыпты режимде станция жұмыс істейді: QA1 және QA2 ажыратылған. Резервтік шина, жинақтаушы шинаны кез келген жөндеуге шығаруды ауыстыру үшін және жинақтаушы шинада қысқа тұйықталудан кейінгі электрмен қамтамасыз етуді қалыпына келтіру үшін пайдаланады. Берілген сұлба алдындағысына қарағанда, көркемділігі азырақ және күрделілігі көбірек, сонымен қатар қымбатырақ. Дегенмен, оның жоғары ептілігі, оны көп қосылулары бар ЖЭО үшін, оның генераторлық кернеулерінің негізгі сұлбасының бірі етіп пайдаланады.

Ірі генераторлы электр станцияларда қысқа тұйықталу тоғын шектеу мәселесі пайда болады. ЖЭО-ында қысқа тұйықталу тоғын шектеу үшін келесі тәсілдер қолданылады:

а) ЖЭО бөліктеріндегі бөлек жұмыс (генераторлар, трансформаторлар, секциялар).

б) Секциялық реакторларды пайдалану;



8.2.6-сурет. Реакторларды тізбекке қосу сұлбалары

в) Желілік реакторларды пайдалану (жеке, топтасқан, қосарланған).

ЖЭО-ның элементтерінің (генератор, трансформатор, шина секциялары) бөлек жұмыстары сұлбаның ептілігінің төмендеуіне, жабдықтардың нашар түрде жүктелуі мүмкіндігіне байланысты, қуат шығынының артуына әкеледі. Сондықтан бөлек жұмыстар тек қана агрегаты 100 МВт-тан жоғары қуатты ЖЭО-да қолданылады.

Ток шектеуші реакторлар қысқа тұйықталу токтарын шектеуге және қондырғылардың зақымдалмаған бөліктерінде қалдық кернеуді жоғары деңгейде жеткілікті сақтауға арналады. Реакторларды тізбекке қосу сұлбасы 8.2.6-суретте көрсетілген.

Желілік реакторлар мен секциялы реакторлардың жұмыс шартының арасында маңызды айырмашылық бар. Қалыпты жұмыс режимінде секциялық реактор арқылы қуат ағыны аз; симметриялы сұлба кезінде ол нөлге тең. Қысқа тұйықталу тоғын шектеу үшін секциялық реактордың реактивтігі үлкен болып алынуы мүмкін. Секциялық реактордың номиналды тоғын бір генератордың немесе жүйемен байланысы бар трансформатордың ажырау режимі бойынша (бұл кезде реактор арқылы секцияға жетпей тұрған (немесе артық) қуат өтеді деп есептелінеді) таңдайды. Тәжірбиеде $x_p = (8-12) \%$ және $I_{p \text{ ном}} = (0,6 - 0,8) I_{гн}$.

Желілік реактор арқылы үнемі жүктеме тоғы ағады, сондықтан онда қуат және кернеу шығынының орны болады. Желілік реактордың реактивтілігін үлкен етіп алу мүмкін емес. Реактордың жұмыс режимінде кернеу шығыны әдеттегідей 2%-дан аспайтындай етіп қолданылады.

Реактордың номиналды тоғы, желінің номиналды тоғы бойынша таңдалынады. Желілер саны, генераторлық кернеу шинасынан тұтынушыларға шығатын қуат және тұтынушылардың ең жоғары жүктемесі бойынша анықталады. Дара желілерде номиналды ток аз болған жағдайда, топтасқан реактор сұлбасы қолданылады. Ол сұлба тарату құрылғысының құрылысын жеңілдетеді және жинақтаушы шинадағы қосылуларды азайтуға рұқсат етеді.

Желілік реактордың реактивтілігін, қысқа тұйықталу тоғын шектеу шартын ескере отырып, желілік ажыратқышты ажырату қабілеттілігінің шамасына байланысты таңдайды. Бұл шама қысқа тұйықталу тоғының есептеу процесінде анықталады.

ЖЭО-дағы артық қуатты 35, 110 немесе 220 кВ энергожүйе торабына жоғары кернеуде береді. Артық қуат, станцияның өзіндік мұқтажына жұмсалатын қуат және минималды жұмыс режиміндегі тұтынушылар жүктемесінің қуатын қосып шегергенге тең.

ЖЭО-ын энергетикалық жүйемен байланыстыру үшін бір немесе екі трансформатор орнатылады:

1. Ең қуатты генератор істен шыққан кезде генераторлық кернеу жүктемесінің орнын жабатын, жүйеге қуатты азырақ беру кезінде, бір трансформатор орнатуға болады.

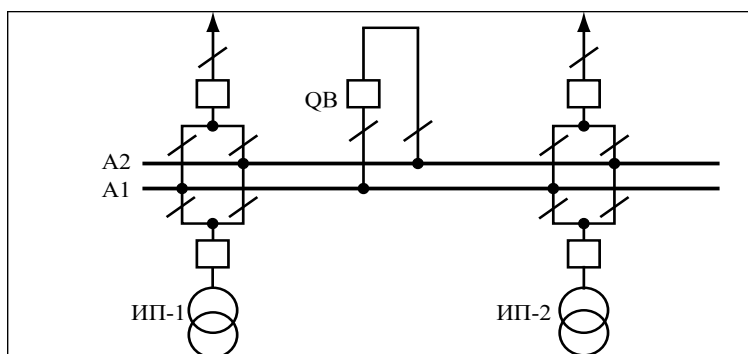
2. Егер жоғары кернеулі қуат бір генератордағы қуаттан көп болса, онда екі трансформатор орнату қажет.

Күштік трансформатордың жүктемелік қабілеттілігінің графигі осы оқулықтың 3-ші бөлімінде көрсетілген. Кейбір жағдайларда ЖЭО-да жоғары кернеу екі сатылы болады: 110 және 35 кВ; 220 және 110 кВ. Онда орта кернеу арқылы қарастырылып отырған станциямен жақынырақ орналасқан аудан тізбекке қосылады. Бұл жағдайда жоғары кернеу мен генератордың арасындағы байланысы үш орамды трансформатордың көмегімен жүзеге асырылады.

ЖЭО жоғары кернеуде келесі сұлбаларды қолданады:

1. Бір секцияланған жүйелік жинақтаушы шина сұлбасы (8.2.4-сурет);

2. Екі секцияланбаған, жүйелік жинақтаушы шина сұлбасы (8.2.7-сурет). Әрбір қосылуды кез келген шина жүйесіне бір ажыратқышпен және айырғыш арқылы қосуға болады. Әдетте шинаның бір жүйесі – істе, басқасы резервтік, шина қосатын ажыратқыш (QB) ажыратылған.



8.2.7-сурет. Екі секцияланбаған жүйелік жинақтаушы шина сұлбасы

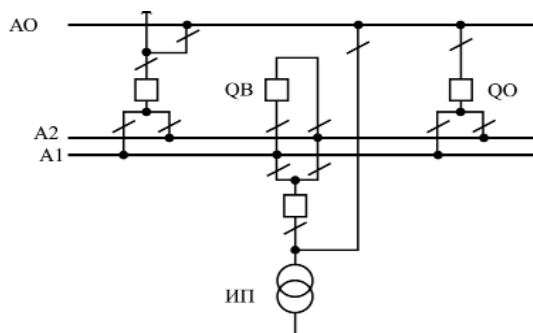
Шинаның істегі жүйесінен резервтікке ауыстыру, қорек көзін үзбей отырып орындалады. Шина жүйесінде апат кезінде шинада толық сөну болады, дегенмен қалыпты жұмыс сұлбасы жылдам қалпына келтіріледі, барлық қосылулар резервтік шина жүйесіне аударылады.

Сұлбаның сенімділігін жоғарылатуға болады, ол үшін сұлбаның элементтері айырықша тәртіппен қосылуы керек. Мысалы, шинаның екі жүйесі жұмыста қалыпты болып тұр, QB қосылған, қорек көзі мен жүктеме, шина жүйесінің арасында мүмкіндігінше бірқалыпты таратылады. Жинақтаушы шинада қысқа тұйықталу

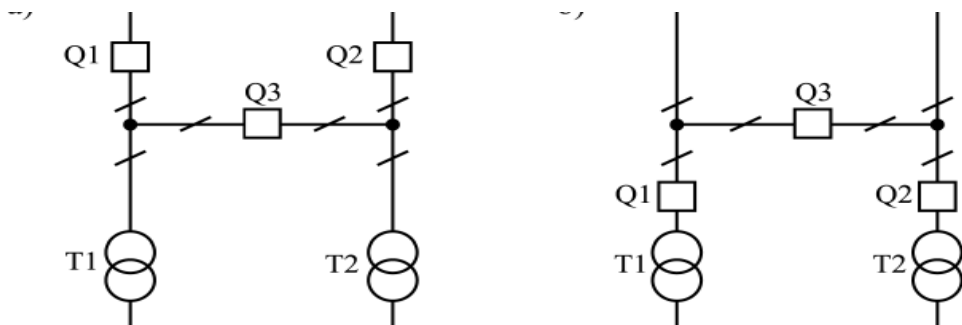
кезінде QВ ажыратылады және қосылудың жартысында ажырату болады. Содан соң қалыпты жұмыс қалыпына келтіріледі.

3. Айналма және қосарланған шина жүйесінің сұлбасы. Қосарланған жүйелік шина жалғану сұлбасындағы ажыратқышты жөндеу және тексеру үшін айналма шина жүйесін пайдаланады (8.2.8-сурет). Айналма шина жүйесінің бар болуы кез келген ажыратқышты ток тізбегін үзілуінсіз жөндеуге шығаруға, оны айналмамен ауыстыруға ыңғайлы. Шинаның айналма жүйесін шинаның бір тармақты секцияланған жүйесінде де үйлестіріп қолдануға болады. Орта және аз қуатты ЖЭО жүйеге үлкен емес қуат береді (өйткені негізгі тұтынушылар генераторлық кернеумен қоректенеді). Сондықтан жоғары кернеулі сондай ЖЭО-да қарапайым сұлбалар қолданылуы мүмкін; бір жүйелі жинақтаушы шина, үшбұрыш сұлбасы (байланысында екі желі және бір трансформатор кезінде), төртбұрышты немесе көпірлі сұлба (байланысында екі желі және екі трансформаторлы кезінде).

4. Көпірлі сұлбасы (екі нұсқада орындалуы мүмкін). 8.2.9 а-сурет сұлбасында желіні ажыратуды жеңіл жүргізуге мүмкіндік береді. Бір трансформаторды жұмысынан шығару үшін екі ажыратқышты ажырату қажет және қажетті операцияны орындағанда барлық уақытта қатысты желілер қорексіз қалады. 8.2.9 б-суреттегі сұлба электр станцияларда жиі қолданылады және трансформаторларды ажыратуды жеңіл орындауға мүмкіндік береді. Көпірлі сұлбасы үнемді болып табылады: мұнда төрт қосылымға үш ажыратқыш бар.



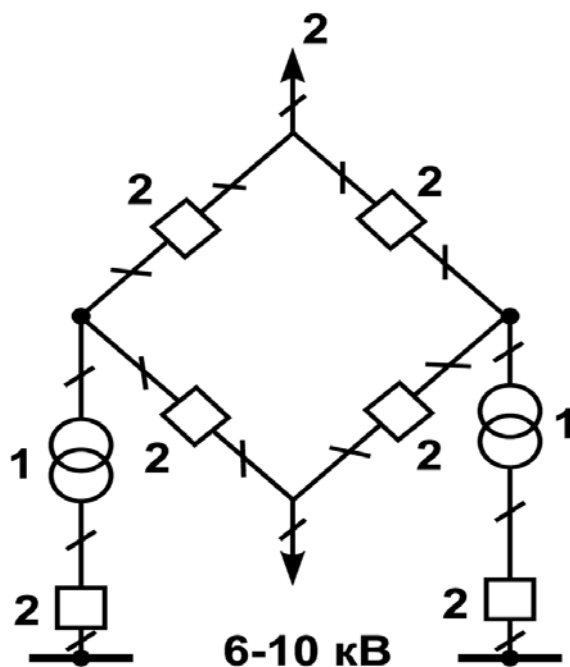
8.2.8-сурет. Айналма және қосарланған шина жүйесінің сұлбасы



8.2.9-сурет. Көпірлі сұлбалар

а) ажыратқыштары электр желісі жағында орналастырылған; б) ажыратқыштары күштік трансформаторлар жағынан орналастырылған

5. Көпбұрыш (кейбір жағдайларда - үшбұрышты және төртбұрышты) сұлбасы үнемді (бір ажыратқыш қосылуда), және сенімді болып келеді (8.2.10-сурет). Барлық операция тек қана ажыратқыштың көмегімен жүргізіледі. Сұлбаның кез келген элементі жөндеуге, тұтынушыларды қорек көзімен үзбей шығады, бір қосылымда апат кезінде қалған барлық элементтер жұмыс қалпында қалады; сұлба қарапайым және көрнекті. Сұлбаның кемшілігі түйіндер санының өсуі кезінде оның жақсы қасиеттерінің нашарлауы және күрделілігінің кеңеюі болып табылады.



8.2.10-сурет. Сақиналы электр сұлбасы (төрт бұрышты)

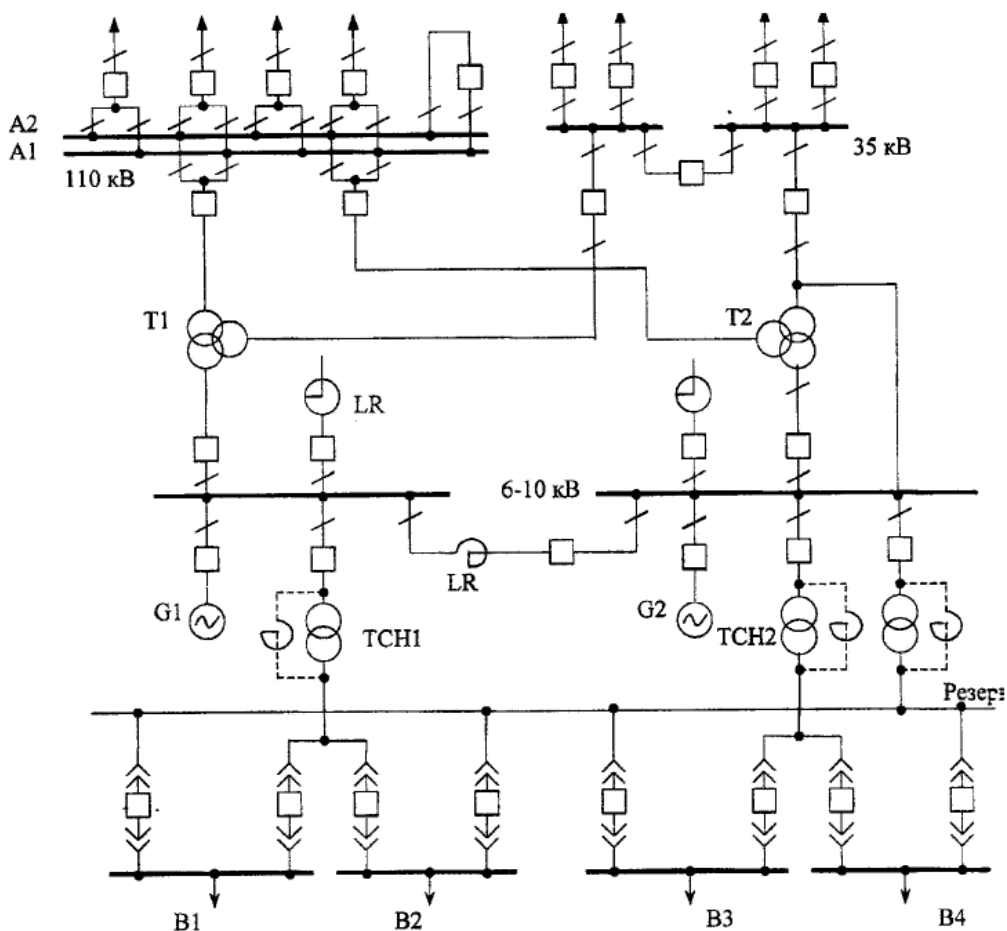
8.2.10-суретте, ЖЭО-ның төрт бұрышты сұлбасының мысалы берілген.

Қазіргі заманда қуатты ЖЭО-ның көпшілігі екі бөліктен тұрады: бірінші бөлігі 10 кВ немесе 6 кВ-тық ТҚ-сы бар аз қуатты генераторлардан, екінші бөлігі КЭС аналогты блогынан, блоктар қатарынан тұрады. Екі бөлігі де күштік трансформаторлар арқылы немесе тікелей қосылған жоғары кернеумен электрлік байланысы бар (8.2.11-сурет).

8.2.8.4 КЭС электрлік сұлбаларын қосу тәсілдері

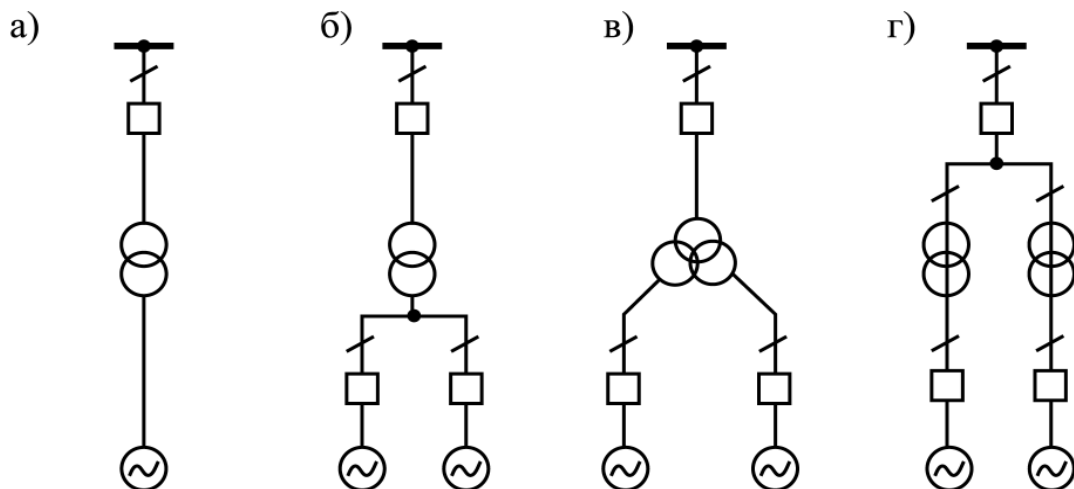
Конденсациялық жылу электрлік станциялары (КЭС) отын шығару орнына жақынырақ, электр жүктеме түйіндерінен алыс салынады. Сондықтан өзіндік мұқтаждық шығынға керекті энергиядан басқасын, жоғары кернеулі торапқа береді. Станцияның экономикалық көрсеткішін жақсарту мақсатында оған қуаты 100, 160, 200, 300, 500, 800 МВт-ты агрегаттар орнатылады. КЭС сұлбасын блоктық принцип бойынша құрады: қазан-трубина – генератор – трансформатор, генераторлық

кернеуде жинақтаушы шина жоқ. Кейбір жағдайларда блок электр беру желісін қосып алады.



8.2.11-сурет. Екі жоғары кернеуі бар ЖЭО-ның сұлбасы

Генераторлар блоктарының сұлбасы қуатқа тәуелділігі бойынша ірілендірілген (8.2.12 б, в, г-сурет) немесе қарапайым (8.2.12 а-сурет) болуы мүмкін. Ірілендірілген блоктар қарапайым блоктардың қосындысына қарағанда, басқа да жақсы техника-экономикалық көрсеткіштері бар. Блок қуаттының артуы, оның энергожүйедегі рөлін көтереді, сонымен қатар оның жұмысының сенімділік талабын жоғарлатады. Ірілендірілген блоктың қуаты, апаттық резервті энергожүйенің қуатымен салыстыруға келетін болуы керек. Қазіргі уақыттағы ірі блоктардың қуаты энергожүйенің қуатының 10-12%-нен артық болмауы керек. Тармақталған орамалы трансформаторды қолдану ірілендірілген блоктарда генераторлық кернеу торабындағы қысқа тұйықталу тоғының деңгейін төмендетуге мүмкіндік береді.



8.2.12-сурет. Генератор блоктарының сұлбалары
а) қарапайым сұлба; б, в, г) ірілендірілген сұлбалар

Жүйемен байланысы кезінде дара жоғары кернеулі екі орамды трансформаторларды блок сұлбасында қолдануға болады. Трансформаторлардың қуаты, әрқашан генераторлардың қосылған қуатымен есептелінеді. Бұл жағдайда өзіндік мұқтажға керекті қуат ескерілмейді.

КЭС жоғары кернеулі сұлбалары

КЭС тарату құрылғысына, сенімділік жұмысына байланысты жоғарғы талаптар қойылады. Сұлба, аз блоктар санын ажырату арқылы қысқа тұйықталуды жоюы керек. Ажыратқыштар мен бөлгіштерді жөндеу қондырғы жұмысының сенімділігін едәуір төмендетпеуі керек. Номиналды кернеу деңгейінің артуы ашық тарату құрылғысының (АТҚ) ажыратқыштар ұяшығының құнының өсуіне әкеледі, оны ескеру қажет.

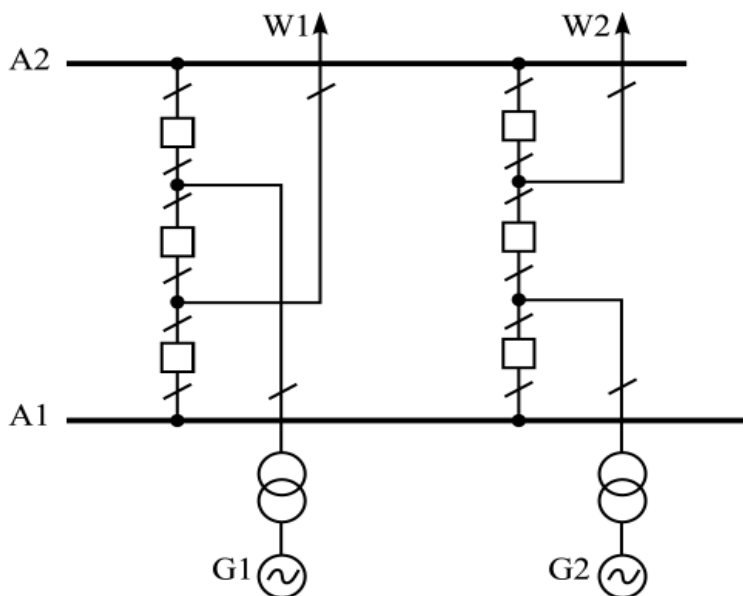
КЭС-да төмендегідей жоғары кернеулі сұлбалар қолданылады:

1. Екі тізбекте үш ажыратқыш, екі жүйелі жинақтаушы шинасы бар сұлба (8.2.13-сурет).

Номиналды шарттарда барлық аппаратура жұмыс істейді және әрбір қосылулар екі ажыратқыштар арқылы шинаның екі жүйесінен қоректенеді. Барлық операциялар ажыратқыштар арқылы жүреді. Ажыратқыштардың қорек көзін үзбей жөндейді. Кез келген элементтегі апат басқа элементтердің қалыпты жұмысына кесірін тигізбейді. Қысқа тұйықталу кезінде берілген шина жүйесіне қосылған шина жүйесіндегі барлық ажыратқыштар ажыратылады. Сұлба жеңіл кеңейтіледі. Сұлбаның кемшілігі құралымының қолайсыз үлкендігі, релелік қорғаныстың күрделілігі және құнының жоғарылығы болып табылады. Бір жарым сұлба энергожүйеде кең қолданылады.

2. Қосылымда бір ажыратқышы және екі жүйелі жұмыс шинасы мен үшінші айналма шинасы бар сұлба (8.2.8-сурет).

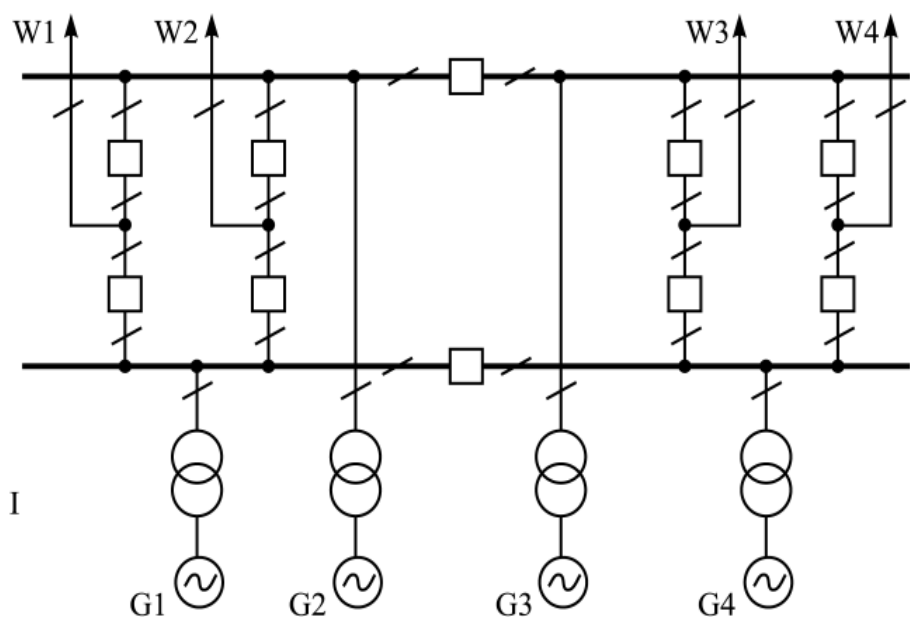
35 кВ ТҚ үшін айналма шина жүйесі ескерілмейді. 110-500 кВ АТҚ айналма шина жүйесінде ажыратқыштар барлық желілерді және трансформаторларды қамтиды. Сұлбаның жетістігі икемді. Қазіргі уақытқа дейін КЭС-тың жоғары кернеулі негізгі типтік сұлбасы болып саналады. Қуатты электр станцияларға сенімділігі кем. Сақиналы сұлбалардың модификациясы әртүрлі таратылды және пайдаланылды.



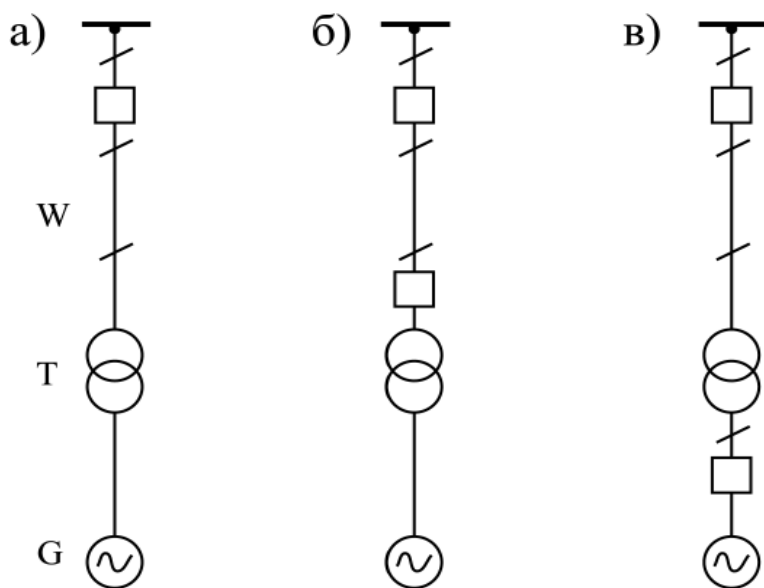
8.2.13-сурет. Екі тізбекте үш ажыратқыш, екі жүйелі жинақтаушы шинасы бар сұлба

3. Екі төртбұрышты, біріктірілген екі ұстатқышты, ажыратқышы бар сұлба (8.2.14-сурет). Мүмкін, екі алтыбұрышты және алтыбұрышты сұлба, біріктірілген ұстатқышы бар ажыратқыштарымен сұлбалар. Бұл сұлбадағы әрбір қосылуды екі-үш ажыратқыш арқылы ажыратады; ажыратқыштардың толық саны көп емес, сұлба үнемді.

4. Генератор-трансформатор – желі блоктар сұлбасы (8.2.15-сурет) (ГТЖ). Егер генератор-трансформатор блок саны желілер санына сәйкес келсе және блоктарды қабылдау қосалқы станциясының шиналарына тікелей параллельді жұмысқа қосу мүмкіндігі болса, қолдануға болады. Осы кезде тораптадағы қысқа тұйықталудағы тоқтар шектеледі, тораптағы, релелік қорғаныстағы, автоматика мен басқару сұлбалары қарапайымдалынады. Сұлбаның кемшілігі, созылған блоктағы әсіресе желідегі (ықтималдылығы жоғары) кез келген элемент зақымданғанда, барлық блоктың өшіп қалуы. Мұндай сұлбада линияның немесе генератор мен трансформатордың зақымданбаған элементінің жұмысын сақтап қалу мүмкіндігі бар.



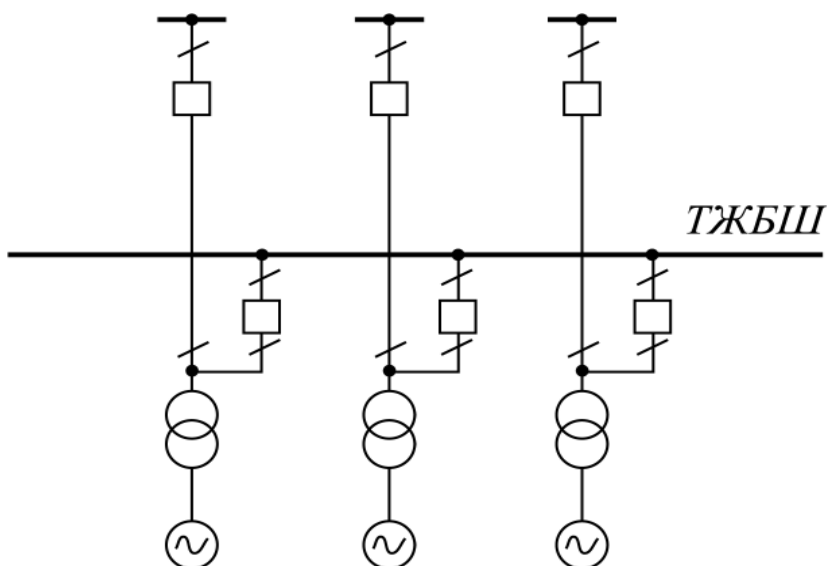
8.2.14-сурет. Екі төртбұрышты, біріктірілген екі ұстатқышты ажыратқышы бар сұлба



8.2.15-сурет. Генератор-трансформатор-желі блоктар сұлбасы

ГТЖ сұлбасының кемшілігін барлық блоктарды жұмысқа параллельді қосып, теңдеу жүйесі бар шинаны (ТЖБШ) байланыстыру арқылы жоюға болады (8.2.16-сурет). ГТЖ сұлбасын энергосистеманың дамуына байланысты кең түрде қолдануға болады.

ТҚ сұлбасының жоғары кернеуінің тағы бірнеше түрлері жазылған: трансформатор-шиналар, желі-шиналар және т.б.



8.2.16-сурет. Теңдеу жүйесі бар шина

Автотрансформаторларды жобалау

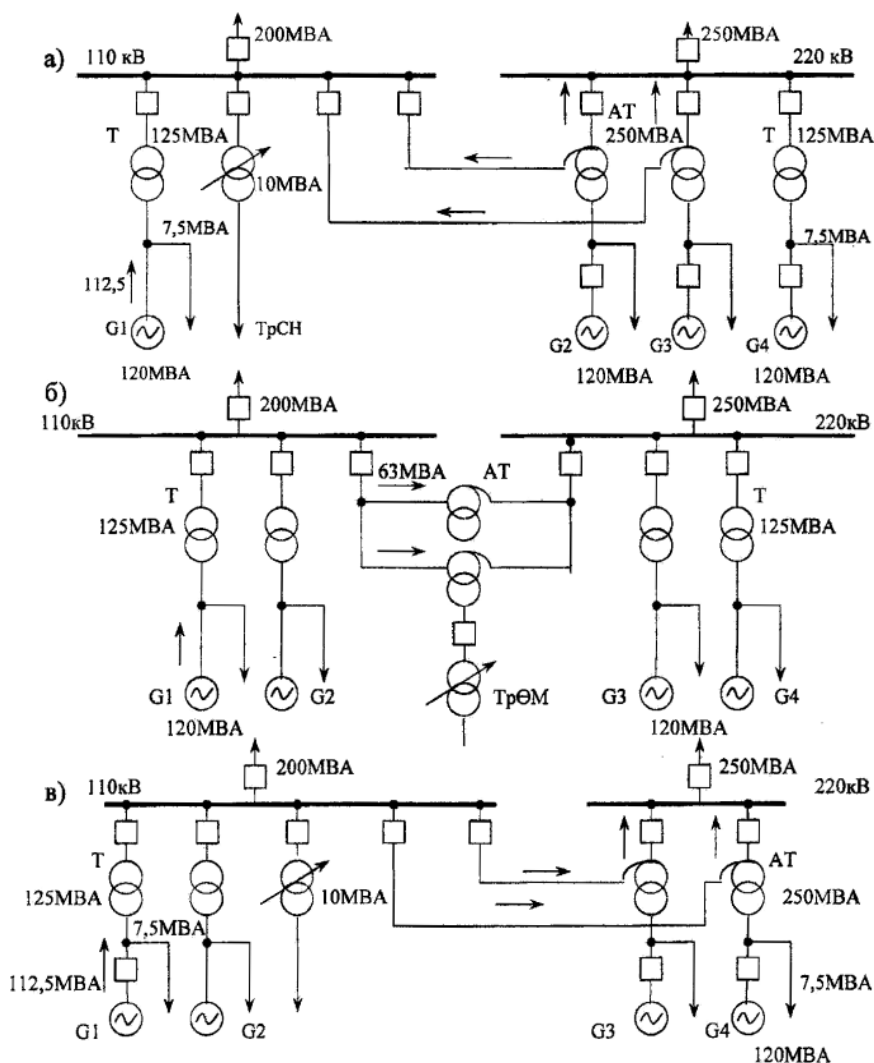
Блокты электр станцияларының көптеген жоғары кернеулері бар. Мысалы: 110 және 220 кВ; 110, 220 және 500 кВ; 110 және 330 кВ және т.б. Өртүрлі кернеу тораптарының арасында байланыс болуы керек, өйткені қуаттың алмастырмалы ағыны бар.

Электрлік қосылу станциясының бірнеше жоғары кернеуде беретін қуатының бас сұлбасын таңдауда екі жоғары кернеулер тораптарының арасында агрегаттарды оңтайлы тарату және олардың арасындағы байланыс құрылғысының әдісі негізгі сұрақтары болып табылады. Бұл сұрақтарды станция жұмысының режимін есепке ала отырып техника-экономикалық салыстыру нұсқаларының негізінде шешеді.

Байланыс үшін ереже бойынша автотрансформаторды қолданады. Автотрансформаторлардың ЖК және ОК орамаларының арасында электрлік байланысы болады. ТК-лі үшінші орамы әрқашан үшбұрышқа қосылған және ЖК орамасымен трансформаторлық байланысы бар. Автотрансформатор номиналды не өтпелі қуатпен $S_{\text{ном}}$ және типті қуатпен $S_{\text{тип}}$ сипатталады. Номиналды қуатпен тиімділік коэффициенті a -ның байланыс өрнегі.

$$S_{\text{тип}} = a S_{\text{ном}}, \quad (8.2.24)$$

кезегінде $\alpha = \frac{n-1}{n}$, мұндағы n – трансформация коэффициенті. Трансформатордың типті қуаты, ол активті материалдың шығынын, сонымен, бірге салмағын, көлемін, бағасын анықтайды. U_1 және U_2 кернеуі бір-біріне қаншалықты жақын болса, соншалықты a аз және соншалықты автотрансформатордың үш орамалы трансформаторға қарағанда экономикалық жағынан тиімділігін көрсетеді.



8.2.17-сурет. 100 МВт-тық КЭС-ның бас электрлік сұлбаларының нұсқалары

а) Автотрансформаторлардың үшінші орамына G2 және G3 генераторлары қосылған

б) Автотрансформаторлардың үшінші орамына өзіндік мұқтаждық трансформаторлары қосылған

в) Автотрансформаторлардың үшінші орамына G3 және G4 генераторлары қосылған

Автотрансформатор сұлбасын таңдауда олардың жұмыс режимін тыңғылықты түрде талдау керек. АТ-дың үнемді режиміне ОК торабына ЖК торабынан $S_{\text{ном}}$ берілуі не керісінше ТҚ жағынан және ОК жағынан ЖК торабына $S_{\text{ном}} - S_{\text{тип}}$ қуатын беру жатады. Осы режим кезінде АТ жұмысының шығыны аз болады

Мысал ретінде мына 8.2.17-суретте екі жоғары кернеумен 100 МВт агрегатымен КЭС-тің электрлік қосылыстарының бас сұлбасының нұсқалары келтірілген. 110 кВ торабына шартты түрде 200 МВ×А беріледі, 220 кВ торабына 250 МВ×А беріледі. Сұлбада генераторды қосу үшін үшінші ораманы қолдану арқылы АТ байланысын құрайды. АТ үшін үлкен номинальді қуаты төмендегідей өрнекпен анықталады

$$S_{номАТ} = \frac{S_{номГ}}{\alpha} \quad (8.2.25)$$

Сұлбада (8.2.17-сурет) АТ екі жоғары кернеулі тарату құрылғыларының арасын байланыстыру үшін ғана қолданылады. Бұл АТ-да ЖК орамасы тек компенсациялық (үшінші гармоникадағы токтар үшін) не резервтегі ОК трансформаторын қосуға пайдалануы мүмкін.

Сұлба бойынша есептер үшінші нұсқаның күрделі қаржы шығыны жөнінен пайдалы екендігін көрсетеді. Сұрақты нақты шешу үшін АТ-дағы энергия шығыны және есептегі шығындарды анықтау нұсқалары бойынша таңдалады. Осы көрсеткіш бойынша үшінші нұсқада пайдалы, бірақ екінші нұсқадағы есептік шығыны үшіншісіне ұқсас болуы мүмкін.

Осы және басқа да ұқсас есептер [32,33,34] көрсеткендей АТ-ға генераторды қосу нұсқалары пайдалы (егер де 110 және 220 кВ кернеулеріндегі жүктемелер генератор қуатына сәйкес келмесе). Әрбір ТҚ-на осы қосылулардың және қуаттың едәуір асқын орны болады (ондай режим су электрстансалары үшін сипатталады). Асқын қуат болмаған жағдайда (жүктеме кернеуі 110-220 кВ шамамен генераторлар қуатына сәйкес келеді, ТҚ-на осы кернеу қосылады) жеке қондырғымен АТ байланысы көбірек нұсқа мақсатына сәйкес келеді.

Сұлба көрнекті және қарапайым болады. Генератор тізбегіне ауыр ажыратқыштар қажет болмайды. Станцияның өзіндік мұқтаждық резерві жақсарады.

8.2.8.5 Су электр станциясының электрлік сұлбаларының ерекшеліктері

Су электростанциялары (СЭС) аудандық жылу электр станциялары сияқты генераторлық кернеуде жүктемесі болмайды және энергияның көп бөлігін жоғары кернеулі торапқа береді. Сондықтан СЭС сұлбалары белгілі дәрежеде КЭС сұлбаларына ұқсас. Қуатты СЭС сұлбалары блокты принцип бойынша құрылады.

Бірақ сұлба құрауда **СЭС-тің бірнеше ерекшеліктерін ескерген жөн:**

1. СЭС-ның қуатын есепті су ағынымен және өзен ағынының қысымымен анықтайды. СЭС-ті бірден су ағынының барлық қуатына құрайды және де артынан кеңейтуге болмайды. Сондықтан СЭС-ның сұлбасы КЭС сұлбасына қарағанда тұрақты болып келеді.

2. СЭС агрегаттары жүйенің ең жоғарғы бөлігін жауып жатады, ауыспалы жүктемемен жұмыс істейді және салыстырмалы түрде тораптан жиі ажыратылады.

3. СЭС-те тарату құрылымдарын орнатуға алаңдар шектелген. СЭС-тің басты трансформаторлары СЭС-тің басты корпустарында қондырылады. Ал ашық тарату құрылғылары трансформаторлардан айтарлықтай қашықтықта өзен жағасында қондырылады.

Осы көрсетілген ерекшеліктеріне қарай СЭС-тің жоғары кернеуінде әртүрлі сұлбалар қолданылады. Мұндай сұлбаларға көпбұрыштар (үшбұрыш, төртбұрыш, алты бұрыш), қосарланған көпбұрыштар, сонымен бірге қарапайым сұлбалар: шиналар-желілер, шиналар-трансформаторлар, қарапайым және қосарланған көпірлі сұлбалары жатады.

СЭС-ті генератор тізбегіндегі ажыратқышты ірі блоктар сипаттайды.

СЭС-тің өтпелі желіден тарамдалған түрдегі, көптеген сұлбалары бар. Соңғы кездерде СЭС-те жеңілдетілген ажыратқышсыз электрлік сұлбалар қолданылады, қысқа тұйықтағыштар және бөлектеуіштер арқылы тізбекке қосылады.

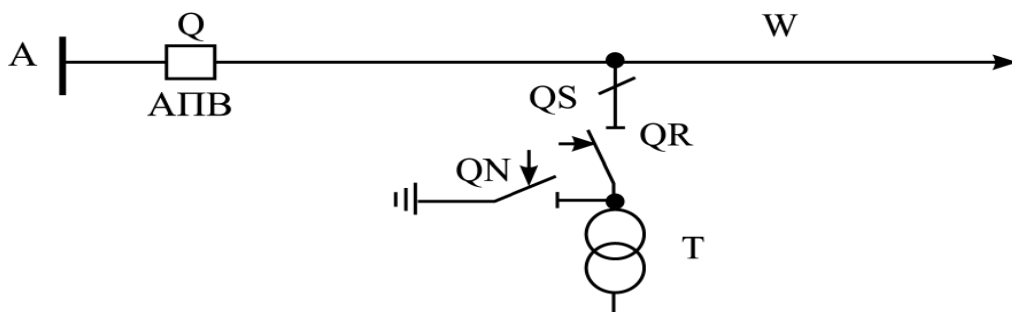
СЭС сұлбасының барлық түрлері [32,33,34]-да толығырақ қаралған.

СЭС-те екі жоғары кернеу болса, мақсатына сәйкес АТ-ды қолданады. Осы кезде СЭС-те генераторды қосқанға АТ-дағы үшінші ораманы қолданады. Себебі СЭС-те максималды және минималды режимдер тәулік бойы кезектесіп отырады және АТ арқылы қуаттың реверсивті ағыны бар.

СЭС үшін генераторлық кернеуден қуатты беру сұлбасын қолдану аймағы шектелген. Бұл негізінен қуаты аз станцияларға арналған сонымен бірге генераторлық кернеуде жеңілдетілген типтегі ВМП типіндегі ажыратқыштарды кейбір кезде вакуумды, элегазды ажыратқыштарымен комплектті тарату құрылығыларын қолдануға тырысады [32,33,34,46].

8.2.8.6 35-750 кВ-тық қосалқы станциялардағы электрлік сұлбалар

Қосалқы станцияның электрлік сұлбалары, олардың атқаратын қызметіне байланысты таңдалады. Қосалқы станциялардың тұтынушылық, аудандық және тораптық түрлері болады. Электр энергияны жеткізіп беру желілеріне қосу бойынша тұйық, тарамды және транзитті қосалқы станциялар деп бөлінеді. Сонымен қатар трансформаторлық қосалқы станциялар екі, үш, төрт және одан да көп кернеуде жұмыс істеуі мүмкін. Қосалқы станциялардың көбін (80%) 35-220 кВ кернеуінде тұрғызады және көбінесе ажыратқышсыз жоғары кернеуде немесе қарапайым сұлбаларда тұрғызылады. Мұндай қосалқы станцияларда трансформатор саны 1-2 ғана болады.

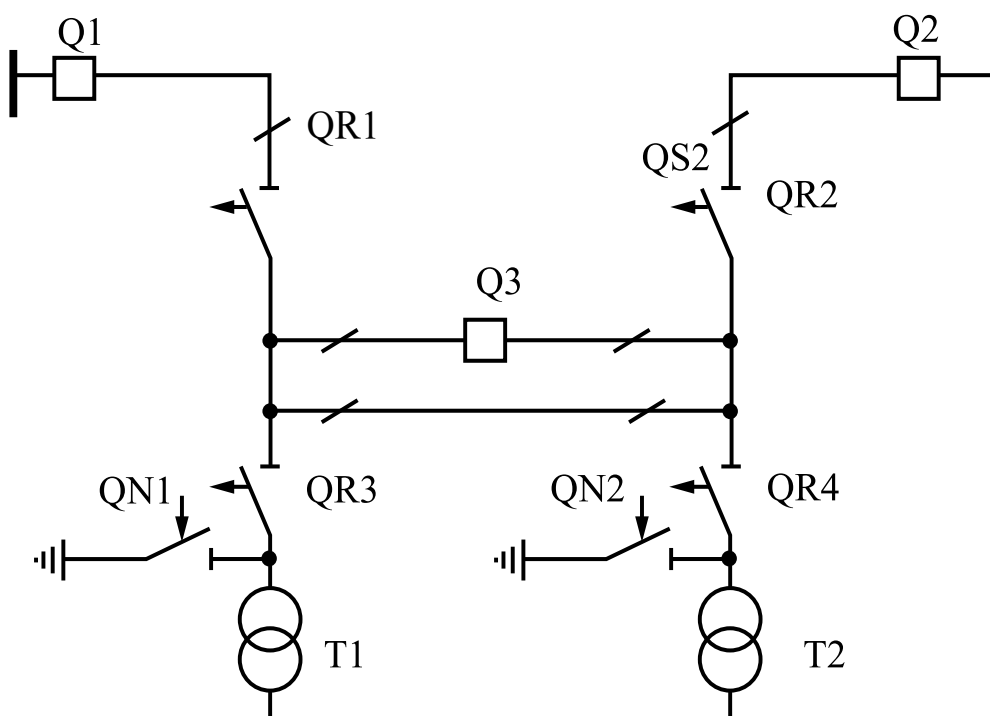


8.2.18-сурет. Қысқа тұйықтағышы және бөлектеуіші бар бір трансформаторлық қосалқы станция сұлбасы

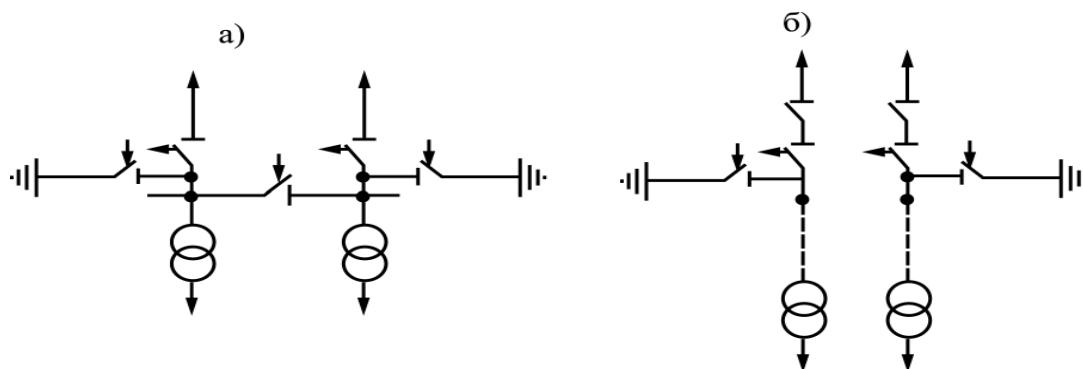
Зауытта дайындалған 35-110 кВ комплектілі трансформаторлы қосалқы станцияны (КТҚС) қолдану ұсынылады. Трансформаторлардың және автотрансформатордың қуаты мен санын таңдау [14,15]-де толық баяндалған. Олардың техникалық мүмкіншілігі, оңтайлылығы, сенімділігі және ептілігі жүктемені динамикалық есептеумен, кешенді бағалаудың тиімділік жолымен таңдап алынады.

Бір трансформаторлы қосалқы станцияның, бөлектеуіштің және қысқа тұйықтауыштың көмегімен қосылу сұлбасы 8.2.18-суретте көрсетілген. Трансформатордың зақымдалу жағдайында релелік қорғаныс қысқа тұйықтағыштың ажыратуына импульс береді. Қоректендіру желісінің қорғанысы желілік ажыратқышты ажыратады да, қайта қосатын автоматты (ҚҚА-АПВ) іске қосады. Тоқсыз үзілісте белгіш зақымдалған қосалқы станцияны ажыратады, ал келесі мезгілде ҚҚА желіні іске қосып тұтынушыларды қалпына келтіреді. Айырғыштың көмегімен трансформаторлар мен аппараттарды жөндеу үшін, қосалқы станцияны ажыратады.

Екі трансформаторлы тұйық қосалқы станцияны жоғарыдағы қарастырылған көпірлі және төртбұрыш сұлбалары арқылы қосуға болады (8.2.9, 8.2.10-суреттері). Қазіргі уақытта құрама және жеңілдетілген сұлбалар қолданылады. Оларда бөлектеуіштер және қысқа тұйықтағыштар пайдаланылады (8.2.19, 8.2.20-суреттер).



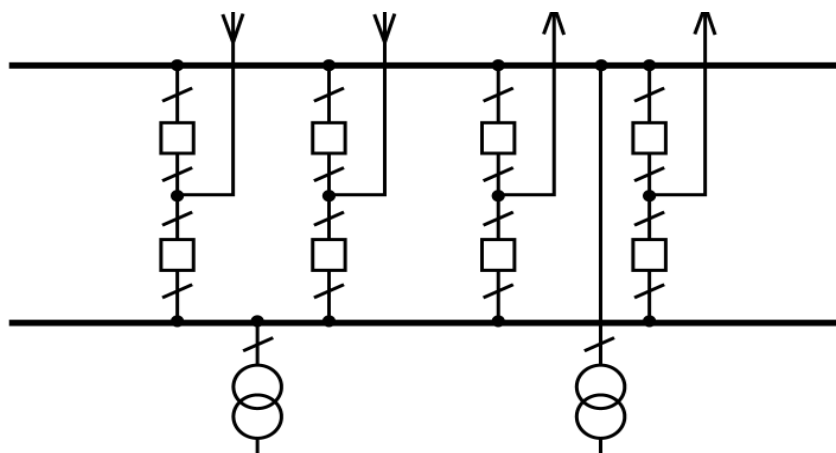
8.2.19-сурет. Қосалқы станцияның құрама сұлбасы



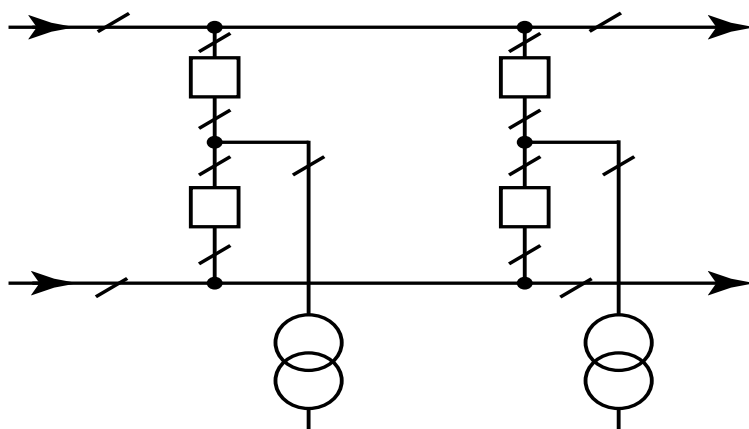
а) Жеңілдетілген сұлбаның қосқыш құрылғысы күштік трансформатор жағынан орналастырылған;

б) Қосқыш құрылғы электр желісі жағынан орналастырылған.

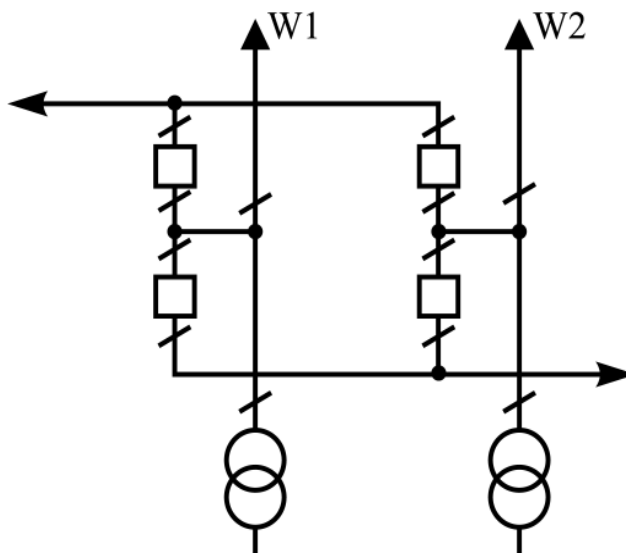
8.2.20-сурет. Қосалқы станцияның жеңілдетілген сұлбасы



8.2.21-сурет. Шина-трансформаторлар сұлбасы



8.2.22-сурет. Желі-шина сұлбасы



8.2.23-сурет. Қиыстырылған төртбұрыш сұлбасы

Жоғары және орта кернеулі 35-500 кВ түйінді қосалқы станциялар үшін айналма шинасы бар бір жүйесі секцияланған шина-трансформаторлар сұлбасы (8.2.21-сурет), көп бұрышты және тізбектегі бір ажыратқыш бар сұлбасы қолданылады.

Екі трансформаторлы және төрт желілі сұлба сенімді және үнемді. Бұл жағдайда желі-шина (8.2.22-сурет) немесе қиыстырылған төртбұрыш (8.2.23-сурет) сұлбалары қолданылады.

Қосалқы станцияның төменгі кернеу (6-10) кВ жағында қосарланған шина жүйесі немесе дара секцияланған шина жүйесінің сұлбасы қолданады.

ҚТ тоғының мөлшерін төмендету үшін секциялы және шина аралық ажыратқыштарды қалыпты режимде ажыратады. Егер секцияны ажыратса, онда желіні резервті қосатын автоматпен (РҚА-АВР) қосады. 6-10 кВ-тен шығатын кабельді желілер реактор арқылы қосылады.

8.3 Электр станцияларының өзіндік мұқтаждықтарын қамтамасыздандыру жүйелерін жобалау

8.3.1 Жобалау тәртібі мен мазмұны

Электр станцияларының өзіндік мұқтаждықтарының жүйесіндегі электр энергияның негізгі тұтынушылары істегі машиналар мен механизмдердің (сорғылар, желдеткіштер, диірмендер, ұнтақтағыштар, т.б.) электрқозғалтқыш жетегі болып табылады. Негізінен, электрстанцияларының өзіндік мұқтаждықтарының шамамен 90% құрайтын, үш фазалы айнымалы тоқтың асинхронды қозғалтқышы қолданылады. Сонымен бірге фазалы роторы бар асинхронды электр қозғалтқыштар және технологиялық процесс шарттары бойынша қажет болғанда, реттелуші электр жетегін пайдалана алады. Станциядан электр энергияны тұтынатын басқа

тұтынушылар электр шамдары, қыздырғыш құрылғылар, балқытып біріктіру аппараттары және т.б. болып табылады.

Өзіндік мұқтаждық тұтынушыларын электрмен қамтамасыз ету кернеудің екі деңгейінде жүзеге асырылады: 6 немесе 10 кВ және 0,4 немесе 0,66 кВ. Қуатты турбогенераторлы (500 МВт-тан жоғары) электрстанциялары үшін кернеудің үш деңгейін қолдану техникалық ұтымды болуы мүмкін: 6,10 және 0,4 (0,66) кВ.

Істегі және қордағы (резервтегі) өзіндік мұқтаждық тұтынушыларының қоректенуі, жүйемен байланысы бар электр станцияларының электрлік бас сұлбаларына (ЭСЭБС) қосу арқылы немесе төмендеткіш трансформаторлар, ток шектеуші реакторлардың көмегімен жүзеге асырылады. Барлық электр станцияларда, басқару, қорғаныс, белгі беру (сигнализация), автоматика және байланыс құралдарын қоректендіруден басқа, станциялық жабдықтың бүлінудің тоқтатылуына қажетті апаттық жарықтандыру, турбогенераторлардың тығыздамасын және майының апаттық май сорғыларының жұмысын 30 минут көлемінде қамтамасыз ететін аккумуляторлық батареялар орнатылады. Бұл жағдай электр станцияларда өзіндік мұқтаждық жүйесінде айнымалы кернеу толығымен болмағанда орындалады.

Электр станциясында, айнымалы токтың ұзақ болмауы кезінде (30 минуттан артық), белдікті бұрғыш құрылғылардың электр қозғалтқыштарының, аккумуляторлық батареялардың зарядтағыш агрегаттарының, өлшеуіштік және автоматика аппаратураларының, апаттық жарықтандыру құрылғыларының сенімді қоректенуі қамтамасыз етілуі қажет. ТҚ-ның 0,4 кВ жауапты жарты секциясын қоректендіру резервтік дизель-генераторлардан қолмен қосу арқылы жүзеге асырылады. Бір дизель-генераторға қосылатын, жауапты жарты секцияның саны есептеу жолымен анықталады. Қуаты 500 МВт және одан жоғары әрбір блокқа резервтік дизель-генератор орнатылады.

Электр станциясының өзіндік мұқтаждық жүйесін жобалау келесі тізбектілікте орындалады: өзіндік мұқтаждық механизмдерінің электр қозғалтқыштарын таңдау және оларды тексеру жүзеге асырылады; өзіндік мұқтаждық тұтынушыларын электрмен қамтамасыз ету сұлбасы таңдалынады; сонымен бірге істегі және резервтік қорек көздерін таңдау қарастырылады; қысқа тұйықталу тоқтарын есептеу орындалады; электр аппараттарын және тоқ өткізгіштерді таңдау жүргізіледі; механизмнің электр қозғалтқыштарының өздігінен табысты іске қосылуы есептелініп орындалады.

Электрстанциясының өзіндік мұқтаждық жүйесін жобалау кезінде есептеудің орнатылған тәртібін қатаң қадағалау міндетті емес. Кейбір мәселелер, мысалы ҚТ тоқтарын есептеу және электр аппараттарын және токөткізгіштерді таңдау, ЭСЭБС-н жобалау кезінде де кездеседі, сондықтан оларды келесі бөлімдерде біріктіріп қарастырған жөн.

8.3.2 Өзіндік мұқтаждықтың негізгі механизмдерінің қысқаша сипаттамасы

Электрстанцияларының өзіндік мұқтаждық механизмдері өзінің тағайындамасы,

құралымының орындалуы және жұмыс істеу режимінің ерекшеліктері бойынша келесі топтарға бөлінеді: қоректендіргіш сорғы; айналымдық, тораптық, конденсаттық сорғылар, май сорғы, қазанның жуғыштық және мазуттық сорғылары; тартқыш үрлегіш механизмдер; шарлық, балғалық диірмендер және ұнтақтағыштар; шаң мен дымқыл көмірді қоректенетіндер.

Қоректендіретін сорғы (ҚС) электр станциясының өзіндік мұқтаждық аса қуатты және жауапты механизмдері болып табылады. Олар қорек суды жоғары қысымды қыздырғыштар арқылы қазандық қондырмаға беруді қамтамасыз етеді. ҚС бірнеше жүздеген киловаттан 25 МВт-қа дейінгі қуаты бар, жоғары температура (150-200 °С) және жоғары қысым (3500 м-ге дейін) шарттарында жұмыс істейді, олардың айналу жиілігі 7500 айн/мин жетеді. ҚС-ның жетегі ретінде электр және турбиналы жетегі қолданылады. Электр жетегінің максималды қуаты 8000 кВт (АГД-8000). 300 МВт және жоғарғы блоктар үшін ҚС жетегі ретінде қуаты 12-25 МВт бу турбиналары пайдаланылады. ҚС-тар қарсы қысыммен жұмыс істейді. Оларды іске қосқанда белгілі бір айналу жиілігіне жеткенде кері клапан ашылады. Кедергі моменті күрт өседі, бұл ҚС-тың іске қосылуын және өздігінен іске қосылу шарттарын қиындатады.

Жалпы қоректендіргіш турбиналы өткізгішті ЖЭО-да ҚС-ның қосынды өнімділігі, олардың кез келгенін топтағанда, қалғандары қазанның есептік өнімділігін қамтамасыз ететіндей болуы қажет. Резервтік ҚС ЖЭО-да орналастырылмайды, тек қоймада болады.

Блоктық электр станцияларында ҚС-ның өнімділігі қорек судың қазанға 5%-тен кем емес қорымен максимал шығындалуымен анықталады. Бу қысымы 13 МПа конденсациялық блоктарда бір өнімділігі 100% электр жетекті бір ҚС-ы орналастырылады, ал теплофикациялық блоктарда өнімділігі 50% екі ҚС-ы орналастырылады. Қоймада барлық станция үшін бір резервтік сорғы қарастырылады. Будың аса қауіпті параметрлері бар электр станциясының блоктарында өнімділігі 100% немесе әрқайсысы 50%-тік екі турбожетегі орнатылады. Блокта бір турбосорғыны қолданған жағдайда қосымша, электр жетегі және өнімділігі 30-50% реттегіш электр жетегі немесе гидромұфталы сорғы қондырылады. Блокта екі турбосорғы болғанда будың тек резервтік келтірілуі қарастырылады.

Қалыпты жұмыс режимінде ҚС-ның өнімділігі және ағыны елеулі дәрежеде айналу жиілігіне байланысты.

Оның тұрақтылығын ұстау үшін берік механикалық сипаттамасы бар асинхронды электр қозғалтқыштарды қолданады. ҚС өнімділігін 20-30% шегінде реттеу гидромұфтылардың көмегімен орындалады. Асинхронды электр қозғалтқыштар жоғары жылдамдықты етіп таңдалады.

Тораптық сорғылар ЖЭО-да жылулық энергия тұтынушыларын ыстық сумен қамтамасыз етеді. Олардың жұмыс істеу шарты ҚС жұмысының шарттарына ұқсас келеді. Олар да жоғары жылдамдықты (айналу жиілігі 1500-3000 айн/мин) етіп орындалады және олардың жетегі үшін АТД сериялы 1000-2350 кВт қуатты асинхронды электр қозғалтқыштар қажет. Олар әрбір турбинаға немесе барлық электр станциясына жеке таңдалады. Әрбір турбинаға, біреуі резервтік болатын, үштен кем емес тораптық сорғы қабылданады. Барлық электр станциясы үшін

коймада бір резервтік сорғы қарастырылады. Станцияда үш немесе одан аз жұмыс істейтін тораптық сорғыларды орнатқанда қосымша бір резервтік сорғы орнатылады. Жұмыс істейтін сорғылар саны көп болса, онда резервтік сорғылар орнатылмайды. Тораптық сорғылардың өнімділігін реттеу жұмыс істеуші сорғылардың санының өзгеруімен, ал әрбір сорғы үшін жылжығыш арқылы жүзеге асырылады.

Тораптық суды екі сатылы қыздыруда тораптық қыздырғыштардың КС-тары қыздырудың бірінші сатысындағы резервтік сорғымен таңдалады. Бір сатылы қыздыру кезінде резервсіз екі КС орнатылады. Жабық жүйелерде екі қоректендіргіш сорғы, ал ашық жүйелерде - үштен кем емес, оның біреуі көрсетілген екі жағдайда резервте болады, сорғылар қабылданады. Тораптық және қоректендіргіш сорғылар жылулық тораптың қысқы және жазғы жұмыс режимдерін ескере отырып таңдалады.

Айналымды (*циркуляциялық*) сорғылар (АС) тоған-суытқыштан алынатын үлкен мөлшерлі суды турбина конденсаторларына беруге арналған. Суды беруді доғару конденсатордағы вакуумның үзілуіне әкеледі. Айналымды сорғылардың өнімділігі сағатына ондаған мың кубтық метр суды құрайды, күші (қысымы) 10-18 м. АС-дың электр қозғалтқыштарының қуаты, айналу жиілігі 365-1000 айн/мин болғанда, 1000-4000 кВт-қа жетеді. Қазіргі замандағы АС-лар екі типте шығарылады: центрден тепкіш, АН сериялы электр қозғалтқышы бар көлденең осьтік ОП және вертикальды ВДВ сериялы электр қозғалтқышы бар АС.

Айналымды сорғылар блоктық немесе орталық сорғының станцияларында немесе электр станциясының бас (негізгі) корпусында орналасады. Турбина конденсаторларына суды блоктық сұлба арқылы беру кезінде бір АС конденсациялық құрылғының әрбір ағынына орнатылады. Блоктық емес электр станцияларындағы сорғылар санын төрттен кем емес етіп қабылданады. АС-ты аса өнімділігіне ауыстыру қарастырылады.

АС қуаты ашық ысырмаларда (задвижка) сорғылардың өздігінен іске қосылуын ескеріп, ал осьтік сорғылар - сорғылардың сипаттамаларына жауап беретін, барлық режимдерде жұмыс істеу мүмкіндігін ескере отырып таңдалады. Қарсы жағдайда екі жылдамдықты электр қозғалтқыштары қолданылады. АС-тың өнімділігі қосылған сорғылар мен ысырмалардың санымен реттеледі. Вертикал орындалған сорғылар жұмысышы қалақтардың +2-ден –10-дейінгі бұрышқа бұрылуы арқылы реттеледі.

Турбинаның конденсаттық сорғылары (ТКС) конденсатордан конденсатты бұрып (бөліп), оны төмен қуатты қыздырғыштар желісіне беруді қамтамасыз етеді. КС-тың тоқтауы конденсатордағы вакуумның түсуіне, ал әрі қарай турбинаның бүлінуіне әкеледі. ТКС-тар ҚС-тарға қарағанда, өте оңай шарттарда жұмыс істейді. Олардың өнімділік күші (қуаты) 200-1600 м³/сағ. құрайды [егерде тежеуіріні (қысымы) 50-200 м болса]. ТКС-ты іске қосу үшін 1000-1500 айн/мин айналу жиілігінде қуаты 100-600 кВт асинхронды электрқозғалтқыштар қолданылады. ТКС-тар, әдетте, резервпен алынады. Турбинада бір конденсатор болғанда әрқайсысының өнімділігі 100% болатын екі ТКС қарастырылады. Турбинада екі-үш конденсатордан болғанда екі жұмыс істейтін және бір резервтік, әрқайсысы 50%-дық берілісті ТКС орнатылады. ТКС-тың өнімділігін реттеу жұмыс істеуші сорғылардың санының өзгеруімен, ал әрбір сорғы үшін – ысырмалармен жүзеге асырылады.

Тартып үрлегіш (тягодутьевые) қондырғылар (ТҮҚ) қазандық агрегатқа қызмет көрсетеді. Әдетте, әрбір қазанға екі түтінсорғыш және екі үрлегіш желдеткіштер орнатылады. Өнімділігі 500 т/сағ және одан аз қазандар үшін, бу өнімділігі 220т/сағ немесе одан аз тозаң көмірлі қазандар үшін және жылу өнімділігі 180 Гкал/сағ және одан аз су жылыту қазандары үшін, сонымен қатар әрбір дубль-блок қазаны үшін бір түтінсорғыш пен бір желдеткіш орналастырылады. Жанармай даярлау жүйесінде шаралық барабандық диірмендер болғанда, ыстық үрлеудің диірмендік желдеткіштері орнатылады.

ТҮҚ сипаттамалары есептемелікке қарсы қормен алынады. Негізгі түтінсорғыштар мен үрлегіш желдеткіштер үшін өнімділігі бойынша қор 10% және қуат бойынша 20%-ті құрайды. Газдарды рециркуляциялау түтінсорғыштары мен рециркуляциялаушы ауа желдеткіштерінің өнімділігі бойынша қоры 50%, ал қуат бойынша -10%. Қазанға екі түтінсорғыш және екі желдеткіш орнатылғанда, олардың әрқайсысының өнімділігі 50%-тен алынады. Сұйық шлақты шығарып жіберетін құрылғысы бар қазандар үшін, бір түтінсорғыш немесе бір желдеткіш жұмыс істеген жағдайда 70%-тен кем емес жүктемемен қамтамасыз етілуі тиіс.

Блоктық электр станцияларында ТҮҚ өнімділігін реттеу үшін екі жылдамдықты электр қозғалтқышпен біріккен бұрылмалы қалақтары бар бағыттағыш аппараттар қолданылады. Осы тік сорғылар үшін бір жылдамдықты электр қозғалтқышты бағыттағыш аппараттар қолданылады. ТҮҚ қуаты, айналу жиілігі 1000 айн/мин төмен болғанда, 2000 кВт-қа жетеді. ТҮҚ-ның ерекшелігі, олардың елеулі маховик моментінің болуы, оларды іске қосып жіберу уақыты артылады, 20-35 с-қа дейін жетеді және электр қозғалтқыштардың орамдары іске қосу токтарымен жоғары қыздырылуына әкелінеді.

Диірмендер мен ұнтақтағыштар отын даярлау жүйесінде орналастырылады және қатты отынды өңдеуге: көмір, сланецтер және т.б. қызмет етеді. Ұнтақтаудан кейін жағуға даярланған отын ылғалды көмір бункерлеріне түседі. Балғалы диірмендер шикі көмірді өңдейді және отындық қоспаны тікелей қазанға береді, сондықтан балғалы диірмендер электр станциясының өзіндік мұқтаждық жүйесінің жауапты механизмдеріне жатады. Диірмендер мен ұнтақтағыштарды іске қосу үшін 750-1000 айн/мин айналу жиілігінде қуаты 250-1500 кВт А, АО сериалы электрқозғалтқыштарын қолданады.

Шарлы барабандық диірмендер (ШБД) отынды тозаң ретінде өңдейді де, оны тозаң бункерлеріне береді. ШБД жылдамдығы 15-20 айн/мин құрайды, сондықтан олардың жетегі үшін А сериалы төмен жылдамдықты асинхронды электрқозғалтқыштарын және СДН, СДНЗ сериалы синхронды электрқозғалтқыштарын қолданады. Бу өнімділігі 400 т/сағ және одан жоғары қазанға, тозаң бункерлері арқылы көршілес қазандармен байланысы бар, екіден кем емес шарлық барабандық диірмендер орнатылады. ШБД өнімділігі қазанның 110%-тік бу өнімділігін қамтамасыз етуін ескере отырып таңдап алынады.

Бу өнімділігі 400 т/сағ. және оданда жоғары, отынды тура үрлейтін су жылытқыш өнімділігі 100 Гкал/сағ және одан да жоғары қазандар үшін үштен кем емес балғалы диірмендер пайдаланады. Ал бу өнімділігі 500-820 т/сағ. қазандар үшін төрттен кем емес, ал өнімділігі 1000 т/сағ. қазандар үшін алтыдан кем емес балғалы диірмендер

қолданылады. Диірмендердің өнімділігі, олардың біреуі тоқтаған кезде қалғандары 80% -100%-дан кем емес, қазанның номинал өнімділігін қамтамасыз ететіндей есеппен алынады.

Ылғалды көмірді қоректендіргіштер өңделмеген көмірді диірмендерге беруді қамтамасыз етеді. Олардың өнімділігі диірмен өнімділігінің 1,1 коэффициентінен кем емес қормен алынады. Тозанды қоректенгіштер қазан жанарғысын отынмен қамтамасыз етеді. Олардың өнімділігі кең шектерде реттелуі қажет. Тозанды қоректенгіштерінің жетегі үшін айналу санын 1-5 дейін реттеу диапазоны бар, қуаты 1-1,5 кВт тұрақты тоқ электрқозғалтқыштарын қолданады. Жүктемесі 70-75% тозанды қоректенгіштері қазанның номинал өнімділігін қамтамасыз етеді.

Электр станциясындағы отын, тәулікті шығынға номинал өнімділікті, орнатылған қазандардың барлығының 24-сағаттық жұмыс шартынан анықталады. Қазандықтарға отын, әдетте, біреуі резервтік болатын, үш айлық жұмысқа есептелінген ленталық конвейерлердің екі желілі жүйесі бойынша беріледі. Екі желінің бір уақытта жұмыс істеу мүмкіндігі қарастырылады.

Негізгі мазут шаруашылығының сорғы бөлімінде 1 және 2 сатыларында жұмыс сорғылардың есептелінген санынан басқа, бір резервтік және бір жөндеу сорғылар қарастырылады. Мазуттық сорғылар саны әрбір сатыда төрттен кем болмауы қажет. Апаттық мазут шаруашылығының сорғы бөлімінде сорғылардың жөндеу тобы қарастырылмайды.

Бір багерлік сорғы, өнімділігі 320-500 т/сағ алтыдан кем емес қазанның, 640-1000 т/сағ төрттен кем емес қазанның және 1650-2650 т/сағ екіден кем емес қазанның қосылуына есептелінген. Суландыру, жуу, электрлеуші, тығыздаушы су сорғыларының және сулы күлді (шлам) соратын сорғының әрбір тобында бір резервтік сорғыдан болуы тиіс. Багерлік сорғылар әрбір багерлік сорғының бөлімінде бір жөндейтін және бір резервтік агрегаттармен орнатылады.

Турбиналар және генераторлардың сутекті тығыздау мәселелері, *реттеу және подшипниктерді майлау жүйелерінің май сорғылары*, жауапты механизмдерге жатады. Әрбір турбиналы генераторларға, әртүрлі энергия көздеріне қосылған, айнымалы және тұрақты тоқтың электрқозғалтқыштары бар жұмысқа арналған, резервтік және апаттық май сорғылары орнатылады. Май сорғыларының қуаты 18-25 кВт-ты құрайды.

8.3.3 Өзіндік мұқтаждық механизмдерінің электр қозғалтқыштарын жобалау

Электр станцияларының өзіндік мұқтаждық механизмдерінің электр қозғалтқыштарын, олардың өнімділігін реттеуге қойылатын талаптарды, олардың ұзақ уақыт бойына жұмыс істеудегі қоршаған орта шарттарын және электрқозғалтқыштарының іске қосу режимдерін ескере отырып, сәйкесті механизмдердің сипаттамалары бойынша таңдап алады.

Электр қозғалтқыштарын: тоқтың түрі және қозғалтқыштың типі (тұрақты немесе айнымалы, синхронды немесе асинхронды), кернеуі, құралымдық орындалуы

бойынша, жұмыс шарттарына байланысты (суыту тәсілі, тұрқы құралымы, электр қозғалтқыш орамдарын ылғалдан, шаңнан қорғау және т.б.), электрқозғалтқыштың айналу жиілігі және оның, механизмінің жұмыс шарты бойынша өзгеруіне қойылатын талаптар, электр қозғалтқыштың жіберілу және электр қозғалтқышпен механизмнің механикалық сипаттамаларын ескере отырып, электр қозғалтқыштың өздігінен іске қосу шарты бойынша таңдап алынады.

Электр станциясының өзіндік мұқтаждық механизмдерінің жетегі үшін негізінен, құралымының қарапайымдылығымен және жұмыстағы жоғары сенімділігімен ерекшеленетін, қысқа тұйықталған роторлы айнымалы тоқтың үшфазалы асинхронды электр қозғалтқыштары қолданылады. Қуатты немесе жай жүрісті механизмдерде (мысалы, ШБД) жетекке арналған синхронды электрқозғалтқыштарын қолдануға болады. Олардың жоғары ПӘК-і бар, өзіндік мұқтаждық жүктемесінің қуаттық коэффициентінің жоғарлануына және электрқозғалтқыштың өздігінен іске қосу табыстылығына көмектеседі және қоздыруды автоматты реттеу есебінен кернеуді реттеу мүмкіндігі бар, кең айналу жиілігі диапазонында - 100-3000 айн/мин 12 МВт дейінгі қуатпен даярланады. Электр станцияларында синхрондық электрқозғалтқыштарын қолдану сонымен қатар, щеткалардың, коллекторлардың, өрісті ажырату автоматының болуынан пайдалану шарттарын қиындатады және электрмен қамтамасыз етудегі қысқа уақытты үзілістерде ресинхронизацияны жүргізу қиындықтары пайда болады. Тұрақты тоқ электрқозғалтқыштары ерекше жауапты резервтік механизмдерді (май сорғыларын) және олардың өнімділігінің кең диапазонын талап ететін (тозаңды коректенгіштер) механизмдердің жетегі үшін қолданылады.

Өзіндік мұқтаждық электрқозғалтқыштарының кернеуін таңдау, шешілуі, қазан мен турбина жүктемесіне, генератор кернеуіне, электрқозғалтқыштың бірлік қуаты және т.б. тәуелді мәселе болып табылады. Қуаты 160-200 кВт электрқозғалтқыштар, бір уақытта басқа тұтынушыларды электрмен қамтамасыз ету үшін (жарықтандыру, дәнекерлеу, түзеткіштер және т.с.с.) пайдаланылатын, 380 В кернеуге таңдап алынады. 6 кВ кернеу қуаты 160 кВт-тан жоғарғы электрқозғалтқыштары үшін, ал 10 кВ кернеу – қуаты 2000 кВт және одан жоғары электрқозғалтқыштар үшін қолданылады.

ЖЭО генераторларының кернеуі 6,3 немесе 10,5 кВ электроқозғалтқыштардың кернеуі мен сәйкес келуі мүмкін, бұл жағдайда өзіндік мұқтаж трансформаторларының орнына реакторларды пайдаланады. ЖЭО-дағы 6,3 кВ генераторлық кернеуде қуатты электрқозғалтқыштарды электрмен қамтамасыз ету үшін 6 кВ кернеу қолданылады, ал қуаты 200 кВт және одан аз электрқозғалтқыштар үшін қуаты 1000 кВА-ге дейін 6/0,4 кВ трансформаторлар орнатылады. ЖЭО-да 10,5 кВ генераторлық кернеу кезінде 6 немесе 3 кВ кернеуді таңдау техникалық-экономикалық негіздемелерді талап етеді. 13-18 кВ генераторлық кернеулері бар, қуаты 110-220 МВт турбогенераторлы қуатты ЖЭО және ГРЭС-терде күштік электроқозғалтқыштар үшін 6 кВ кернеу таңдап алынады. Қуаты 500 МВт блоктар үшін ең қуатты электроқозғалтқыштарының жеке топтары үшін 10 кВ кернеу тобы болуы мүмкін, ал қалған электроқозғалтқыштарға 6 немесе 3 кВ және 0,4 немесе 0,66 кВ кернеу алынады. Тұрақты тоқ электроқозғалтқыштары 220 кВ-қа тең электрстанциясының аккумуляторлық батарея кернеуіне таңдап алынады.

Құралымдық орындалуы электр қозғалтқыштарының, ауа райының шарттарымен (ашық немесе жабық қондырғы, температура, ылғалдылық), шаң-тозаңмен және будың өрт қауіпті қоспаларының немесе тозаңдарының бар болуымен сипатталатын, қоршаған ортаның шарттары бойынша таңдап алынады. Осы шарттарға байланысты суыту тәсілі (желдету жүйесі) және орамдарды ылғалдан, тозаңнан және ластанудан қорғау тәсілін қамтамасыз ететін, тұрқы құралымы таңдалынады. ЖЭС-да қорғалған және жабық орындалудағы электрқозғалтқыштары қолданылады.

Қорғанысы бар (мысалы, А, А2, ВДД және т.б. сериялы) электрқозғалтқыштар температуралары 35°C-ден жоғары емес және ылғалдығы 70%-тен артық емес (турбиналы цех, ГЩУ ғимараттары, ЦЩУ, БЩУ, басты корпустағы басқа ғимараттар және зертханалар) салыстырмалы таза ғимараттарда (ГРУ, ЗРУ, КРУ, басты корпустың қазандық бөлімі, технологиялық көмекші ғимараттар және ашық қондырғылар) жабық салқындатылушы және бүркуден қорғалған орындардағы (мысалы А0, А02, А0Л, АТМ, АТД, СТМ, және т.б.) электрқозғалтқыштар қолданылады. Жарылу қауіпі бар ғимараттар үшін (тозаң зауыттары, мазуттық сорғылар және т.с.с.) арнайы жарылудан қорғанысы бар жабық электрқозғалтқыштары қолданылады.

Электрқозғалтқыштың айналу жиілігі механизмнің номинал айналу жиілігіне тең етіп алынады. Егер ҚС айналу жиілігі 3000 айн/мин артса, онда, агрегат құнын өсіріп және оның жұмысының сенімділігін төмендететін редуктор орналастырылады.

Электрқозғалтқыштың қуаты механизм белдігіндегі есептік жүктеме бойынша 1,1÷1,5-ке тең қор коэффициентін ескерумен келесі өрнек арқылы анықталады.

$$P_{\text{НОМ}} = K_{\text{КОР}} \cdot P_{\text{ЕСЕП}} \quad (8.2.26)$$

Сорғының есептік қуаты

$$P_{\text{ЕСЕП}} = \frac{9.81 \cdot \gamma \cdot Q \cdot (H + \Delta H)}{1000 \cdot \eta \cdot \eta_{\text{БЕРУ}}} \quad (8.2.27)$$

мұндағы, γ – қайта тарту сұйық тығыздығы, кг/м³; Q – өнімділік, м³/с; H – сору және толтыру биіктіктерінің қосындысына тең қысым, м; ΔH – құбырдағы қысым шығындары, м; η – сорғы ПЭК-і; $\eta_{\text{БЕРУ}}$ – беру ПЭК-і (редуктордың).

Желдеткіштің есептік қуаты

$$P_{\text{есеп}} = \frac{QH_{\text{ауа}}}{1000\eta\eta_{\text{нер}}} \quad (8.2.28)$$

мұнда, $H_{\text{ауа}}$ – ауа қысымы (күші), Н/м³.

Өзіндік мұқтаж механизмдерінің параметрлері станцияның жылулық сұлбасын, отын беру және отын даярлау жүйесінің, техникалық сумен қамтамасыз ету жүйесінің, күл және шлакты жою жүйесінің есептелу нәтижесі бойынша және негізгі жабдықтың техникалық мәліметтері (қазан, турбина, генератор және т.б.) бойынша анықталады.

Өзіндік мұқтаждық механизмнің таңдап алынған электрқозғалтқышын

тексерген кезде электрқозғалтқыштың қозғалмайтын күйден бұрылу (айналу) мүмкіндігі анықталады. Электрқозғалтқыштың мүмкін бұрылу уақыты бағаланады, электрқозғалтқыштың статоры мен роторының орамдарының іске қосу уақытында қызу шарты бойынша тексеріледі және технологиялық үдеріс талаптары (мысалы, қайта жүктелу мүмкіндігі) ескеріледі.

Механизмді электр қозғалтқыштың бұрылу (айналу) табыстылығын анықтау келесі шарттар бойынша жүргізіледі: электр қозғалтқыштың іске қосу (бастапқы) моменті қалыпты іске қосуда, механизмнің кедергісінің бастапқы моментінен 10%-ке көп болуы қажет, яғни

$$M_{\text{э.к.}} = 1,1 \cdot M_{\text{к.о.}}; \quad (8.2.29)$$

Электр қозғалтқышының моменті, кернеу деңгейінің $0,8 \cdot U_{\text{ном}}$ дейін төмендеуін ескерумен, механизмнің жіберілу және өздігінен жіберілу процесіндегі айналу жиілігінің кез келген мәніндегі кедергісі моментінен артық болуы керек

$$M_{\text{эк}} \cdot (n) \cdot (U_{\text{эк}})^2 > M_{\text{к}} \cdot (n) \quad (8.2.30)$$

Электр қозғалтқыштың бастапқы іске қосу моментіндегі кернеуі қосынды қуаты бойынша бағаланады

$$U_{\text{эк.о.}}^* = \frac{U_{\text{торап}}^*}{1 + x_T \cdot S_{\text{к.к}} / S_{\text{т.ном}}}, \quad (8.2.31)$$

мұндағы, $U_{\text{торап}}^*$ – электрқозғалтқыштарының номиналь кернеуіне келтірілген, өзіндік мұқтаждық трансформатордың ЖК жағындағы қоректендіруші торап кернеуі; x_T^* – өзіндік мұқтаждық трансформатордың индуктивтілік кедергісі.

Іске қосудың қосынды қуаты

$$S_{\text{к.к}} = S_{\text{д.ном}} \cdot I_n^* + S_{\text{жсук}}, \quad (8.2.32)$$

мұндағы, $S_{\text{д.ном}}$ – номиналь қуат, кВ·А, және I_n^* – электрқозғалтқышын іске қосу тоғының еселігі, $S_{\text{жсук}}$ – ОМТ (ТСН) жүктемесінің қуаты, кВ·А.

Электрқозғалтқыш шекті сырғанауға жеткенде, оның іске қосу тоғының мәні шамамен $\sqrt{2}$ есеге төмендейді. Сонда желіден тұтынылатын қуат мөлшері

$$S_{\text{к.к}} = S_{\text{д.ном}} \cdot \frac{I_n^*}{2} + S_{\text{жсук}}, \quad (8.2.33)$$

дейін азаяды.

Іске қосу қуатының алынған мәнін пайдаланып, электрқозғалтқышының сырғанауы кезіндегі, шығысындағы кернеуді анықтайды. Іске қосудың бастапқы кезеңіндегі және шекті сырғанаудағы кернеуді біле отырып, кернеудің төмендеуін ескерумен электрқозғалтқыштың мезгілдік сипаттамасын қайта есептейді.

Электрқозғалтқышты іске қосу уақытында, оны қызуға тексеру мына шарт бойынша орындалады

$$t_n \leq t_{n.кос}$$

Электрқозғалтқышты ыстық (қызған) күйден іске қосу мүмкіндік уақыты

$$t_{p.іс.к} = \frac{150 \cdot (Q_p - Q_{ном})}{K_R \cdot J_{ном}^2 \cdot (I_n^2 - 1)}, \quad (8.2.34)$$

мұндағы, $J_{ном}$ – статор орамындағы токтың номиналдық тығыздығы (4-6 А/мм²); $Q_{рук}$ және $Q_{ном}$ – статор орамының рұқсат етілген және номиналь қыздырылу температуралары (сәйкесінше 130 және 85°C, А класты оқшаулама үшін); K_R – тоқты ығыстыру есебінен актив кедергінің ұлғаюын ескеретін 0,93-ке тең коэффициент.

Іске қосу уақыты, келесі механизмдегі электрқозғалтқыштың қозғалысының дифференциалдық теңдеуін шешуден анықталады:

$$T_j \cdot \frac{dn}{dt} = M_o(n) - M_c(n), \quad (8.2.35)$$

мұндағы, T_j – механизмдегі электрқозғалтқыштың механикалық тұрақтылығы, с.

Электрқозғалтқыштың және механизмнің моментті сипаттамаларының өрнегінің күрделілігінен іске қосу уақытын, қозғалыстың дифференциалдық теңдігін тізбекті интервалдар әдісімен анықтаған жөн

$$t_n = T_j \cdot \sum_{i=1}^m \frac{\Delta n}{M_o(n)_i + M_c(n)}, \quad (8.2.36)$$

мұндағы, Δn – есептеу қадамы; m – есептеу қадамдарының саны; $M_o(n)$, $M_c(n)$ – есептеудің 1-қадамындағы электрқозғалтқыш пен механизмнің моменттік сипаттамаларының мәндері.

8.3.4 Өзіндік мұқтаждық трансформаторларының (реакторларының) қуатын жобалау әдісі

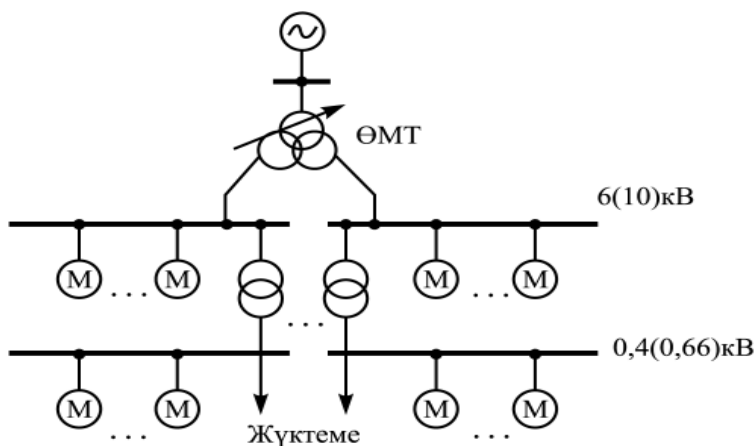
Электр станциялардың істегі өзіндік мұқтаждық трансформаторларының (ӨМТ) қуаты, агрегаттық жүктемені және жалпы станциялық жүктемені ескерумен секциялардың жүктемесі бойынша алынады. Ө.М. көптеген механизмдері әрбір агрегатта резервтік болады (мысалы, турбиналардың қордағы ҚС), ал басқалары барлық электр станциясы үшін резервтік болып табылады (мысалы, резервтік қоздырғыш). Механизмдер мен электр қабылдағыштардың бір бөлігі кезеңімен жұмыс істейді, мысалы, электрмен балқытып біріктіру, жарықтандыру, т.б. Одан басқа механизмдердің электр қозғалтқыштарының қуаты пайдалану үдерісінде жұмыс шарттарының нашарлауын ескерумен таңдап алынады (мысалы, газжолдарының басылып қалуы). Электр қозғалтқыштар қуаты іске қосудың ауыр

шарттарына байланысты жоғарылайды (мысалы, диірмен электр қозғалтқыштары). Каталог бойынша таңдау да электр қозғалтқыш қуатының есептелінген қуаттан артық екендігін көрсетеді.

Осылайша, өзіндік мұқтаждық трансформаторының нақты жүктемесін анықтау күрделі мәселе болып табылады. Бұл трансформатордың нақтылы жүктемесін жұмыс істеуші электростанцияларында зерттеу жолымен анықтауға болады. Жұмыс істеуші электростанцияларын зерттеу және жобалаудың көпжылдық тәжірибесі негізінде өзіндік мұқтаждық трансформаторларының жүктемесін анықтаудың келесі тәсілін қолданады: әрбір электроқозғалтқышының қуаты механизм белдігіндегі есептік қуатқа тең болып қабылданады; барлық электрқозғалтқыштар (істегі және резервтік) секцияға қосылған етіп қабылданады; механизмдердің түрлі топтары үшін, жұмыстың бір уақытсыздығын, электр қозғалтқыштарының нақтылы толық жүктемеуін, қуат коэффициентін, ПӘК-ті ескеретін, әртүрлі коэффициенттер енгізіледі; қосынды жүктемені қабылдаған коэффициентке көбейте отырып, ӨМТ-дағы есептелінетін жүктемені табады.

Блоктық электростанциялары үшін өзіндік мұқтаждық жүктемесінің елеулі үлесін, ҚС-нан келетін жүктеме құрайды, оласа мұқият ескерілуі қажет. Ол блокта бір турбокоректендіргіш сорғы болған кезде өзіндік мұқтаждық трансформаторларының екі мүмкін жүктелу режимін қарастыру қажет. Бірінші режимде турбокоректендіргіш сорғы және толық есептік жүктемелі өзіндік мұқтаждық барлық механизмдері жұмыс істейді. Екінші режимде турбокоректендіргіш сорғы жұмыс істемегенде қалыпты өнімділіктің 30-50%-на есептелген, ҚС-ның резервтік электржетегі жұмыс істейді. ҚС электрқозғалтқышы оның номиналды қуатымен ескеріледі, ал механизмдердің қалған электрқозғалтқыштарының қуаттары, бұл уақытта блоктың төмен жүктемемен жұмыс істейтінін ескеретін, түзету коэффициенттерімен қабылданады.

Эпизоттық жұмыс істейтін өзіндік мұқтаждық электрқозғалтқыштары (мысалы, резервтік қоздырғыш, қышқылдық жуу сорғының электрқозғалтқышы) ӨМТ қуатын таңдауда ескерілмейді.



8.2.24-сурет. Істегі өзіндік мұқтаждық трансформатордың қуатын анықтауға арналған сұлба

8.2.24-суретте турбоагрегаттың істегі ӨМТ қуатын анықтауға арналған есептік сұлбасы келтірілген. Істегі ӨМТ-ның қосынды есептік жүктемесі

$$S_{ЕСЕП} = K_{ЕСЕП} \cdot \left(\sum_{I=1}^{\Pi} P_{Д.ЕСЕП.I} + \sum_{J=1}^m S_{Т.НОМ.J} \right) \quad (8.2.37)$$

мұндағы, $K_{есеп}$ – 0,9-ға тең есептік коэффициент; $\sum_{I=1}^{\Pi} P_{Д.ЕСЕП.I}$ – 6(10) кВ секция шиналарына қосылған, электрқозғалтқыштарының қосынды есептік қуаты;

$\sum_{J=1}^m S_{Т.НОМ.J}$ – 0,4 (0,66) кВ-қа тең ҚС-ді төмендеткіш ӨМТ-дың қосынды номинал

қуаты.

Кернеуі 0,4(0,66) кВ секция шиналарына салыстырмалы аз қуатты электр қозғалтқыштар, жарықтандырғыш аспаптар, балқытып біріктірушілер, электрқыздырғыштар және т.б. қосылады. Ө.М. трансформаторының 8.2.4-сурет есептік жүктемесі келесі өрнек бойынша есептелінеді [32,33,34]:

8.2.4-кесте.

Бір блоктың жалпы станциялық жүктемесі

Жабдықтар	Біліктегі есептелінген қуат, кВт	Каталог бойынша эл. Қозғалтқыштың қуаты, кВт	Барлық механизм-дер		Қалыпты режим				Іске қосу		Тоқтату	
			Қосылым саны	Жұмыс істеудің ұзақтығы	Секция А	Секция Б	Қосылым саны	Жұмыс істеудің ұзақтығы	Істегі қозғалт. саны	Жалпы қуаты, кВт	Істегі қозғалт. саны	Істегі қозғалт. саны
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
І. Блоктық жүктеме: - 1 сатыдағы конденсаттық сорғы	350	400	3	2	1	350	2	700	1	330	2	480
- 2 сатыдағы конденсаттық сорғы	1600	2000	2	1	1	1600	1	1600	1	640	1	490
№2 ҚС сұйықты шығаратын сорғысы	150	250	3	2	1	150	2	300	-	-	-	-
8.2.4 кестенің жалғасы												

-Электр қондырғының сорғысы	490	500	3	2	2	980	1	490	2	980	2	980
- Газды салқындату сорғысы	200	250	2	1	1	200	1	200	-	-	-	-
- Айналымсыз түтін сорғыш	1070	-	2	2	1	1070	1	1070	2	1920	-	-
- Айналымсыз сорғыш												
- Айналымсыз сорғыш	960	1000	2	2	1	960	1	960	-	-	-	-
- Айналымды сорғыш	4400	4400	2	2	1	4400	1	4400	2	7700	2	7700
- Бас корпуслық трансформатор	-	1000	4	3	2	2000	2	2000	-	1410	-	1000
- Реттеу жүйесінің май сорғысы	210	250	2	1	1	210	1	210	-	-	-	-
Барлығы P ₁ , кВт	11920119301298010650											

II. Жалпы станциялық жүктеме:	200	220	3	2	-	-	-	-	-	-	-	-
- Салқын су сорғысы												
- № 1 мазуттық сорғы	610	630	5	5	1	610	1	-	-	-	-	-
- № 2 мазуттық сорғы	620	630	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-
- Резерв тік қондырғыш	-	4000	2	-	1	4000	-	-	-	-	-	-
-Компрессор	-	320	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Қышқылды жуатын сорғы	3150	3200	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Желілік су сорғысы	265	320	4	-	-	-	-					
- Өртке қарсы сорғы	220	300	2	1	1	220	-					
- Целлюзыны жуатын және тазалайтын сорғы	166	250	3	2	1	166						
- Апаттық қосымша сорғы	191	225	2	1	1	191						

- Мазут сорғысының фидері	3000	-	4	4	-	-	1	3000				
- № 1 мазут сорғысының трансформаторы	1000	-	4	3	-	-	1	3000				
- № 2 мазут сорғысының трансформаторы	1000	-	4	3	-	-	-	-				
- Бас корпусының ө.м. трансформаторы	1000	-	4	3	-	-	1	1000				
- АТҚ (ОРУ) трансформаторы	630	-	2	2	-	-	-	-				
- ХСТ (ХВО) трансформаторы	1000	-	2	2	-	-	-	-				
- ОЖМ (ЦРМ) трансформаторы	1000	-	2	2	-	-	-	-				
- Химиялық реагент қоймасының трансформаторы	630	-	2	2	-	-	-	-				
- Қазанды іске қосатын трансформаторы	630	-	3	2	-	-	-	-				
- Тазалану ғимаратының трансформаторы	1000	-	3	3	-	-	1	1000				
Барлығы	5187 6610											
$0,9(P_1+P_2)$, кВт	32000											

$$S_{\text{ЕСЕП}} = 0,7 \cdot P_1 + 0,35 \cdot P_2 + 0,2 \cdot P_3 + 0,85 \cdot P_4, \quad (8.2.38)$$

мұндағы, P_1 – қуаты 100кВт-тан жоғары электрқозғалтқыш қуаттарының қосындысы; P_2 – қуатты 100кВт-тан кем емес электрқозғалтқыш қуаттарының қосындысы; P_3 – ысырмалардың электрлік жетегінің қуаттарының қосындысы, кВт; P_4 – жарықтандырғыш жүктеме қуаты, кВт;

6(10)кВ кернеудегі ӨМТ-ның есептік жүктемесін анықтау кестелік түрде жүргізіледі. Мысал ретінде 3.1-кестеде 6кВ шинадағы 800 МВт-тық газды мазуттық блоктың (ГРЭС 6х800 МВт) Ө.М. жүктемесін есептеу нәтижелері келтірілген. Ө.М. картасында қалыпты режимде және блокты іске қосу және тоқтату режимінде А және Б секциялары арасындағы блоктық жүктеменің таралуы көрсетілген. 6кВ Ө.М. жалпы станциялық жүктемесі электр станциясының блоктары арасында таралады. 8.2.4-кестеде станцияның тек бірінші блогының жалпы станциялық жүктемесі келтірілген.

ГРЭС Ө.М. картасын кеңейтіп және механизмдердің таңдалған электр қозғалтқыштарының номиналь сипаттамалары келтірілген жөн (электр қозғалтқыштардың типі, айналу жиілігі, сырғуы, ПӘК, қуат коэффициенті, іске қосу тоғының еселігі, іске қосу және максимал моменттер еселігі, инерция моменті).

Блоктың өзіндік мұқтаждық екі секциясының қосынды жүктемесі бойынша қалыпты жұмыс режиміндегі жалпы станциялық жүктемені ескерумен істегі ӨМТ қуаты таңдалады. Ө.М. жүктемесін, іске қосу және тоқтату режимінде, резервтік өзіндік мұқтаждық трансформатор (РӨМТ) қуатын таңдауға және станцияның өзіндік мұқтаждық механизмдерінің электр қозғалтқыштарының өздігінен іске қосылуын есептеу қажет.

8.3.5 ЖЭС өзіндік мұқтаждықтарын электрмен қамтамасыздандыру сұлбасын жобалау. Жалпы ұстанымдар

Электр станциялық өзіндік мұқтаждық электрмен қамтамасыз ету сұлбасын жобалауға, істегі және резервтегі қорек көздерінің қуатын және санын, сонымен қатар өзіндік мұқтаждықтың ТҚ типінің қосылу сұлбасын таңдау бойынша мәселелері шешіледі. Жалпы жағдайда өзіндік мұқтаждықты электрмен қамтамасыз ету сұлбасы келтірілген шығындардың минимум өлшемі бойынша варианттарды салыстыру негізінде тандап алынады

$$Z_{np} = (E_n + a + b)K + \beta \cdot \Delta W_{nom} + y_{y.c} \cdot \Delta W_z \quad (8.2.39)$$

Күрделі шығындар келесі өрнек бойынша анықталады

$$K = K_{эк} + K_{ш} + K_T + K_{TK} + K_{кб} + K_{р.м}$$

мұндағы, $K_{эк}$ – электрқозғалтқыштың құны; K_c – шырақтар құны; K_T – трансформатордың (реакторлардың) құны; K_{TK} – тарату құрылғыларының құны; $K_{кб}$ – кабельдік желінің құны; $K_{р.м}$ – резервтік магистральдар құны (жинақтауыш шина өткізгіштері).

Электрқозғалтқыштардағы $DW_{пот.д}$, трансформаторлардағы $DW_{пот.т}$ және кабельдік желілердегі $DW_{пот.кб}$ бір жылдағы электрэнергияның шығындары

$$DW_{пот} = DW_{пот.д} + DW_{пот.т} + DW_{пот.кб} \quad (8.2.40)$$

Тек генераторлардың ажыратылуына әкелетін, өзіндік мұқтаждық электрмен қамтамасыз ету сұлбасына байланысты бір жылдағы энергияны толық жібермеудің математикалық күтуі

$$\Delta W_G = \frac{T_{г.уст}}{8760} \cdot P_{г.ном} \sum \omega_{ij} \cdot T_{в.ij}, \quad (8.2.41)$$

Өзіндік мұқтаждықты электрмен қамтамасыз ету сұлбасының варианттарын құрғанда өзгертін көрсеткіштер: кернеу деңгейлері (6 немесе 10 кВ және 0,4 немесе 0,66 кВ), істегі қорек трансформаторының саны, типі және қуаты, резервтік қорек трансформаторларының саны, қуаты, тізбекке қосу орны болып табылады.

Бірақ электр станцияларын жобалау тәжірибесінде өзіндік мұқтаждық электрмен қамтамасыз ету сұлбаларын құру ұстанымдары қалыптасқан. Бұл қарастырылатын варианттар санын азайтады. Берілген принциптердің маңызы келесіде: істегі және резервтік төмендеткіш трансформаторлардың (реакторлардың) көмегімен, олардың қосылу орындарының тәуелсіздігі шартында ЭСЭБС-ың қуатын таңдау жолымен жүзеге асырылады; кернеудің екі деңгейі пайдаланылады. Мұндағы бірінші деңгей 6 немесе 10 кВ қуатты электрқозғалтқыштарын қоректендіруге, ал екінші деңгей 0,4 немесе 0,66 кВ – аз қуатты электрқозғалтқыштарын, электр шырақтарын, балқытып біріктіру және басқа жүктемені қоректендіру үшін, өзіндік мұқтаждық ТҚ бір жинақтаушы шиналар жүйесімен және бір айырғышы бар қосылымда орындалады.

8.3.5.1 Өзіндік мұқтаждықтың электрлік сұлбаларын қосуды жобалау

Жобаның бұл бөлімі, станцияның өзіндік мұқтаждық жүйесін қоректендіру көзін және жобалау сұлбасын таңдауға негізделген.

Жобалау кезінде қажетті құжаттар:

1. Тарату құрылғылардың кернеуін таңдау;
2. Кернеудің негізгі сатылы жұмыс трансформаторының қуатын және санын анықтау;
3. Резервтік жұмыс трансформаторының қуатын және санын анықтау;
4. Жобаланып отырған станцияның ұстанымдық қоректену сұлбасын құрастыру.

Станциялық өзіндік мұқтаждық қуат шығыны станцияның қуаты мен типіне, отынның түріне және оның жағылуы, будың параметрлеріне және басқа шарттарға тәуелді. Максималды қуат жуықталып, электр станцияның өзіндік мұқтаждық тұтынуын (оны орнатылған қуаттан пайызбен), құрастырады (8.2.5- кесте):

8.2.5-кесте.

Электр станциялардың өзіндік мұқтаждыққа тұтынатын қуат мөлшері.

Электр қондырғының түрі	Отынның түрі	Белгіленген қуаттан, %
ЖЭО (ТЭЦ)	Тозаң көмір.....	8-14 %
	Газ мазут.....	5-7 %
КЭС (КЭС)	Тозаң көмір	6-8 %
	Газ мазут	3-5 %
АЭС (АЭС)	газ жылу тасымалдаушы ретінде.....	5-14 %
	су жылу тасымалдаушы ретінде.....	5-8 %
СЭС (ГЭС)	аз және орта қуатты.....	3-2 %
	күш қуатты.....	1-0,5 %
Қосалқы станция (п/ст)	Аудандық.....	50-200 кВт
	Түйіндік (тораптық).....	200-500кВт

8.3.5.2 Блокты ЖЭС-те өзіндік мұқтаждықты электрмен қамтамасыз ету сұлбасын жобалау

КЭС және блоктық ЖЭО өзіндік мұқтаждықты электрмен қамтамасыз ету сұлбалары бұзылғанда, оларда бірден артық блоктың ажырауына әкелетін түйіндер болмауы керек. Ө.М. сұлбасы, әдетте, электр станциясының аса қуатты агрегаттармен кеңеюіне кедергі келтірмеуі қажет.

Генератор-трансформатор блогының өзіндік мұқтаждық істік қорегі генератордан тарамдап төмендеткіш трансформатор орналастыру жолымен жүзеге асырылады. Фазалы экрандалған жабық тоқ өткізгіштерін қолданған жағдайда ӨМТ-ның қосылуы ажыратқыштар мен айырғыштар көмегіменсіз тікелей орындалады.

Егер жабық тоқ өткізгіштері жоқ болса, онда тарамдалуда ӨМТ-ға ажыратқышпен айырғыш орнатылады. Генератор-трансформатор блогында генераторлық ажыратқыш болған кезде өзіндік мұқтаждық тарамдалу ажыратқышпен блоктық трансформатор арасында байланыстырылады.

Істегі ӨМТ, ЖЭС-на құрылған, өзіндік мұқтаждық картасында келтірілген есептік жүктеме бойынша таңдалынады.

$$S_{T.HOM} \geq S_{ЕСЕП} \quad (8.2.42)$$

ӨМТ-ның асқын жүктелуіне жол берілмейді.

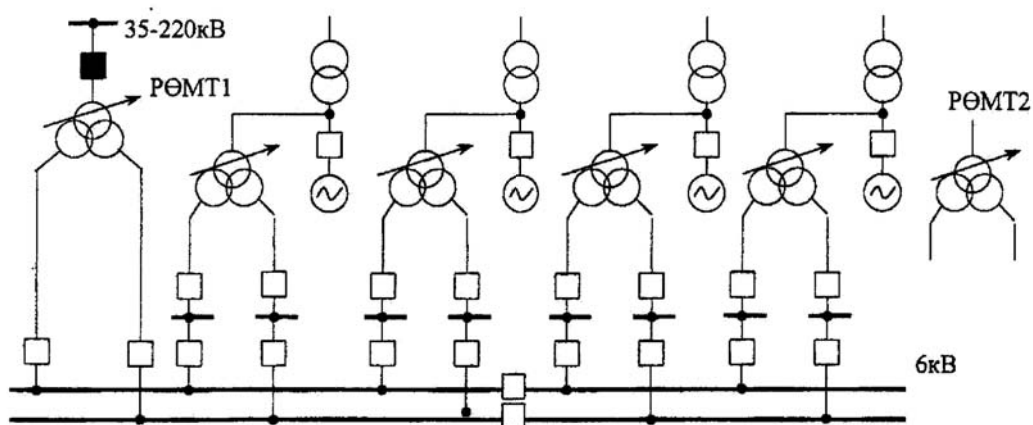
Кернеуі 6(10) кВ өзіндік мұқтаждық ТҚ-ының шиналары бір жүйемен орындалады. Блок қуаты 160 МВт және одан жоғары болғанда әрбір блокқа екі секция қарастырылады, олардың әрқайсысының АРҚ (АВР) көмегімен қосылатын резервтік қоректену көзінен кірісі бар болуы керек.

ЖЭС-те блоктарда генераторлық ажыратқыштар болмаған кезде, блок саны бір немесе екі болғанда, бір резервтік өзіндік мұқтаждық трансформаторы (РӨМТ-РТСН) орналастырылады, блок саны үштен алтыға дейін болғанда екі РӨМТ (РТСН) орналастырылады, ал үшінші генераторлық кернеудің резервтік трансформаторы фундаментте орналасады және кез келген мезгілде тізбекке қосуға дайын.

Әрбір блокта генераторлық ажыратқыштар болғанда әрбір төрт блокқа бір РӨМТ-дан орнатылады. Бірінші РӨМТ бірінші блокпен орнатылады, ал екінші РӨМТ бесінші блокпен. Блок саны алты және одан көп болғанда, энергия көзіне қосылмаған, бірақ фундаментте орналасқан және іске қосуға дайын, генераторлық РӨМТ қарастырылады. Генератор-трансформатор блоктарының аралас дайындалуына РӨМТ саны, блоктарда генераторлық ажыратқыштар болмаған кезде норма бойынша таңдалады.

Генераторлық ажыратқыштарсыз блокты КЭС-те, әрбір РӨМТ қуаты бір блоктың істегі ӨМТ-ның алмасуын және басқа блоктың апаттық тоқталуы немесе бір уақытта іске қосуын қамтамасыз етуі қажет. Блоктарда генераторлық ажыратқыштар бар болғанда РӨМТ-ның қуаты істегі өзіндік мұқтаждық трансформатордың қуатындай алынады.

Басты корпус ішінде және ұзына бойымен төселген, өзіндік мұқтаждық резервтік қоректену магистралдары екі РӨМТ-лары болғанда, екі-үш блоктан секцияланады. Мысал ретінде 8.2.25-суретте 6 кВ-тық блоктағы генераторлық ажыратқыштары бар КЭС-тың өзіндік мұқтаждық сұлбасы келтірілген.



8.2.25-сурет. 6 кВ блоктағы генераторлық ажыратқыштары бар КЭС-тың өзіндік мұқтаждық сұлбасы

6-10/0,4 кВ өзіндік мұқтаждық трансформаторлары, сәйкесінше, 6 немесе 10 кВ секцияларға қосылады. Блоктың жүктеме өлшеміне байланысты, әрбір блокқа қуаты 630 кВА ($U_K=5,5\%$) немесе 1000 кВА ($U_K=8\%$) басты корпусстың өзіндік мұқтаждығына екі-үш трансформаторлар орналастырылады. Бір трансформатор машинаның бөлім тұтынушыларын, басқалары қазандық бөлім тұтынушыларын қоректендіреді.

Блоктық жүктемені қоректендіруге арналған трансформатордан басқа, жалпы станциялық мұқтаждықтарды электрмен қамтамасыз ету трансформаторлары қарастырылады (ЖЭС-ның отын даярлау жүйесіндегі ұнтақтағыш бөлімі үшін бір және екі трансформатор, бір немесе екі АТҚ трансформаторлары, бір немесе екі біріккен көмекші корпус трансформаторы, бір немесе екі тазалау ғимараттарының трансформаторлары және т.б.).

Жауапты тұтынушылар үшін секциялар саны 0,4 (0,66) кВ екіге теңестіріліп алынады. Электрқозғалтқыш тізбектерінде АЗ700 сериялы ауалы автоматтар, ал трансформаторлар тізбегінде “Электрон” сериялы қиыстырылған босатқыштар орнатылады.

Істегі ӨМТ-ын резервтеу, жеке РӨМТ-нан жабдықталады (айқын резерв) немесе әрқайсысы толық жүктемеге есептелінген, екі істегі трансформаторларды өзара резервтеу қолданылады (жасырын резерв). ӨМТ-ын өзара резервтеу екі айырық (развилка) сұлбасымен немесе ӨМТ секциялары арасына екі автоматты ажыратқыштарды орнатумен жүзеге асырылады. РӨМТ-лары 6(10) кВ секцияларына жалғанады, олардан істегі трансформаторлар қоректенбейді.

Басты корпусстың РӨМТ-ы саны есептеу бойынша әрбір блок үшін бір РӨМТ қабылданады. Барлық типті станциялардың көмекші цехтары үшін әрбір ӨМТ-ыға бір РӨМТ орнатылады. РӨМТ тізбегіне резервтік қоректі жинау алдында шаппа қосқыш орнатылады. Резервтік трансформаторлар өзара қосылмайды.

Істегі ӨМТ-ды ажыратқанда резервтің қосылуы АВР-мен жүзеге асырылады. Қысқа тұйықталу кезінде АВР-ды рұқсат етпеу себебі өзіндік мұқтаждық

секцияларының бүліну көлемін, ондағы өрттің пайда болуын және техника қауіпсіздігін төмендету болып табылады.

Өзіндік мұқтаждықтар трансформаторларының параметрлері КТҚ (КРУ)-де пайдалынатын ажыратқыш түрімен байланысты. ӨМ КТҚ шкафтарында аспалы типті аз майлы ажыратқыштар (ВМП-10, ВМПЭ-10), калонкалы типті (ВК-10, ВКЭ-10) және вакуумдық ажыратқыштар (ВВ-10, ВВЭ-10, ВВГЭ-10) қолданым тапты.

8.3.5.3 ЖЭО-ның өзіндік мұқаждығын электрмен қамтамасыз ету сұлбасын жобалау

Кернеуі 6 (10) кВ ГТҚ шиналары бар және технологиялық бөлігінде көлденең байланысы бар ЖЭО-да өзіндік мұқаждық қорегі істегі трансформатордан және ГТҚ секцияларына қосылатын, реактивтенген желілермен жүзеге асырылады. ЖЭО-ның аралас сұлбаларында істегі ӨМТ-лар бөлігі тармақталумен генератор-трансформатор блогына, ал қалған бөлігі ГТҚ секцияларына қосылады. Ө.М. ЖЭО жүйесінде ірі қозғалқыштар үшін 6 кВ кернеу және қалған электр қозғалқыштары, жарықтандыру, балқытып біріктіру және басқа аз қуатты жүктемелер үшін 0,4 кВ кернеу қолданылады.

Істегі қоректену желінің саны (реакторлар және трансформаторлар) ГТҚ секциясына бір-бірден қосылады және ГТҚ-дың әрбір секциясында екіден аспауы қажет. Ө.М. ТҚ секцияларының саны, қазандар санымен анықталады. Қазанға екі секция немесе блок өзіндік мұқаждық жұптық жауапты мезанизмдері бар болған кезде таңдап алынады. Істегі 6 кВ-тық желінің қорек жолының қуаты, электр станциясының өзіндік мұқаждық картасына алынған есептік қуат бойынша есептеледі.

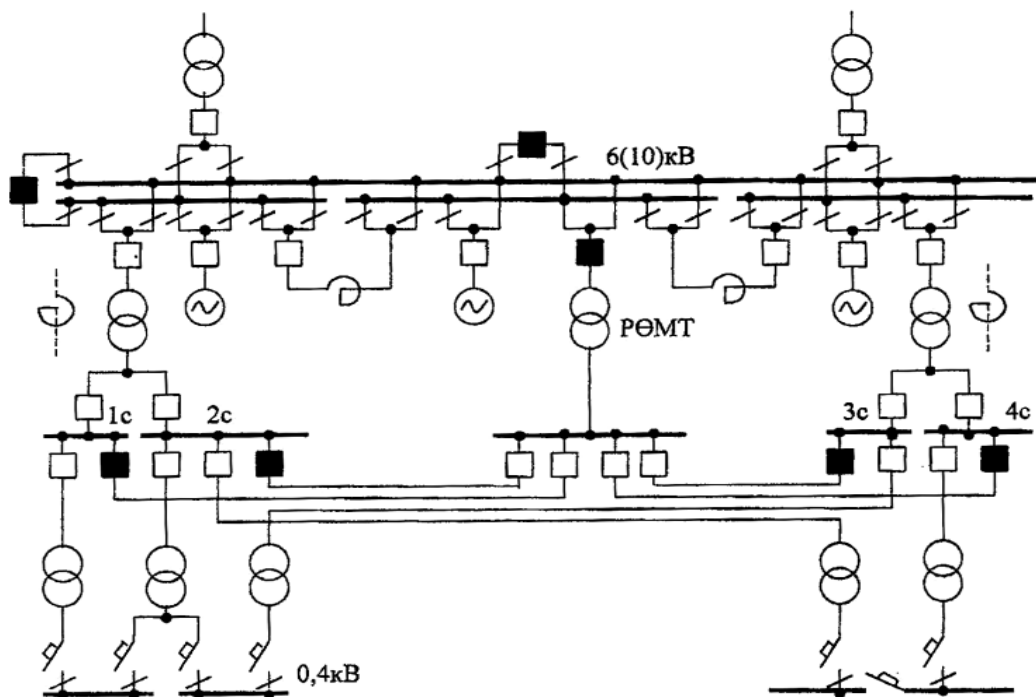
Өзіндік мұқаждық резервтік қорек көзі байланыс трансформаторына екі ажыратқыш арқылы (жоғары кернеулі ТҚ шиналарының, жүйемен тікелей байланысы бар) және ГТҚ-дың екі секциясына (бір ажыратқыш әр уақытта ажыратылған) қосыла алады.

Саны, әрбір істегі алты трансформаторларға немесе реакторларға бір резервтік желі алынады. Резервтік қорек желінің қуаты, істегі ірі ӨМТ қуатынан және реактор қуатынан кем болмауы керек.

Резервтік қорек магистралдары, ЖЭО-да екі РӨМТ болғанда, ажыратқыш арқылы екі бөлікке секцияланады.

ЖЭО-ның өзіндік мұқаждық электрмен қамтамасыз ету сұлбасы, кернеуі 0,4 кВ, блоктың ЖЭС өзіндік мұқаждық сұлбаларындағыдай ұстаныммен орындалады. Тек сұлбалардың орындалу ерекшеліктерін қарастырған жөн. Басты корпустың секциялар саны ЖЭО-дағы қазандар және турбиналар санымен қабылданады. Негізгі цехтардың 0,4 кВ қалқандарының шинасы екі секцияға бөлінеді.

0,4 кВ трансформаторларын резервтеу үшін айқын және айқын емес резервтер пайдаланылады.



8.2.26-сурет. ЖЭО-ның бу бойынша көлденең байланысы бар өзіндік мұқтаждық сұлбасы

Басты корпустағы PӨMT саны, трансформатор саны екіден төртке дейін болғанда бірге тең, істегі ӨMT саны бестен сегізге дейін болғанда екіге, сегізден жоғары, істегі ӨMT норма бойынша: әрбір төрт істегі ӨMT-ге бір резервтік орнатылады. 0,4 кВ қалқандардың қалғандары үшін істегі трансформаторлар саны алты немесе одан аз болғанда бір PӨMT, істегі трансформаторлар саны жетіден он екіге дейін болғанда екі PӨMT және т.с. алынады.

Келтірілген материалға иллюстрация ретінде 8.2.26-суретте бу бойынша көлденең байланысы бар ЖЭО-ның өзіндік мұқтаждық сұлбасы келтірілген.

8.4 Электрлік қондырғылардың аппараттарын және тоқ өткізгіш бөліктерін жобалау. Жалпы түсініктемелер

Тарату құрылғыларының (ТҚ) электр аппараттары қалыпты режимде, сондай-ақ одан ауып кету жағдайларында да сенімді жұмыс істеуі керек. Электр қондырғыларын жобалау кезінде барлық аппараттар және тоқ өткізгіш бөліктер қалыпты режимде ұзақ жұмыс шарттары бойынша таңдалады және қысқа тұйықталу (қ.т.) кезінде жұмыс шарттары бойынша тексеріледі.

Бірдей параметрлерге әртүрлі құралымды аппараттар шығарылады (мысалы: майлы, ауалы, электр магнитті ажыратқыштар). Аппараттардың түрлерін ТҚ нұсқаларының техникалық-экономикалық бағалау негізінде таңдайды.

Барлық аппараттар мен ток өткізгіш бөліктеріне қ.т. тоғының динамикалық және термиялық әсері тиеді. Есептік ретінде үш фазалы қ.т.-ды таңдайды

Электр динамикалық тұрақтылық аппараттың максималды рұқсат етілген тоғымен $i_{\text{макс}}$ сипатталады, ол үш фазалы қысқа тұйықталудың есептік соққы тоғынан үлкен немесе тең болуы керек $i_{\text{макс}} \geq i_{\text{соққы}}$.

Аппараттарды және ток өткізгіш бөліктерді термиялық тұрақтылыққа тексеру олардың қысқа тұйықталу тоғынан жоғары температуралық қызуын тексеруіне әкеледі, ол үшін қысқа тұйықталудың ұзақтылығын $t_{\text{аж}}$ немесе қысқа тұйықталу тоғының әсерінің есептік уақытын білу керек. Бұл шамаға релелік қорғаныстың әсер ету уақыты $t_{\text{ми}}$ кіреді, ол ажыратқышқа қ.т.-ы ажыратылуы үшін импульс және осы ажыратқышқа толық сөну уақытын $t_{\text{аж}}$ беруі керек: (6.6-бөлімнің 6.47-формуласы).

Термиялық тұрақтылыққа тексеру үшін өткізгіштен және аппараттан $t_{\text{ми}}$ уақыт ішінде бөлініп шығатын жылу мөлшерін сипаттайтын, қ.т. жылу импульсының шамасын анықтау керек (6.6-бөлімнің 6.48-формуласы).

Қазіргі заманғы қуатты генераторларға жылу импульсын анықтау әдістемесі [12,14,16]-да көрсетілген.

Сондықтан электрлік қондырғылардың аппараттарын және ток өткізгіш бөліктерін жобалағанда, олардың параметрлерін ескеріп, міндетті түрде оларды таңдау және тексеру талаптары орындалуы керек (6.6-бөлімнің, 6.5-кестесі бойынша).

9-тарау. ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯНЫ ӨНДІРУДІҢ ЖАҢА ТӘСІЛДЕРІ

9.1 Электр энергияны өндірудің жаңа тәсілдерінің қажеттілігі

Дүниежүзі халқы энергияның барлық түрін (химиялық, механикалық, жылу, т.б.) оның ішінде электр энергияны көп пайдаланады. Энергияны пайдалану қарқыны өнеркәсіптің өсуіне, өндірістің дамуына және халықтың санына байланысты. Энергияның орасан зор мөлшерін тұтынуға байланысты осы электр энергияны өндірудің жаңа тәсілдерін табу мәселелері қарастырылуда. Қазіргі кезде электр энергияны энергияның басқа түрінен түрлендіріп алумен ғана қанағаттануға болмайды. Себебі органикалық отын қорының шегі бар екендігі белгілі. Сонымен қатар, қазіргі уақытта жылу электр станцияларының пайдалы әсер коэффициенті 40 пайыздан көп аспайды.

Дегенмен жақын болашақта (шамамен 20-25 жылдың ішінде) жылу электр станциялары энергия өндірудегі негізгі көз болып саналады. Сондықтан олардың құрал-жабдықтарын және технологиясын дамыту – басты мәселе.

Химиялық энергияны, жылу энергиясын және ядролық энергияны тікелей электр энергиясына түрлендіру энергетика қорларын айтарлықтай көбейтеді.

Энергияның әр түрінен электр энергиясын алу химиялық немесе физикалық заңдарға негізделген. Мысалы:

1. Химиялық энергия көздеріне – гальваникалық элементтер, аккумуляторлар және электрхимиялық генераторлары жатады. Бұлардың жұмыс істеуі химиялық реагенттердің тотығу – қалпына келу реакциясының энергиясын пайдалануға негізделген.

2. Физикалық энергия көздеріне – жылу электронды генераторлар, фотоэлектрлі батареялар және эмиссиялық генераторлар жатады.

9.2 Энергияны магниттік гидродинамика (МГД) әдісімен түрлендіру

Электр энергияны энергияның басқа түрлерінен тікелей алу тәсілі атомдық физиканың, плазмалық физиканың, металлургияның және ғылымның басқа да салаларының жетістіктерімен тығыз байланысты.

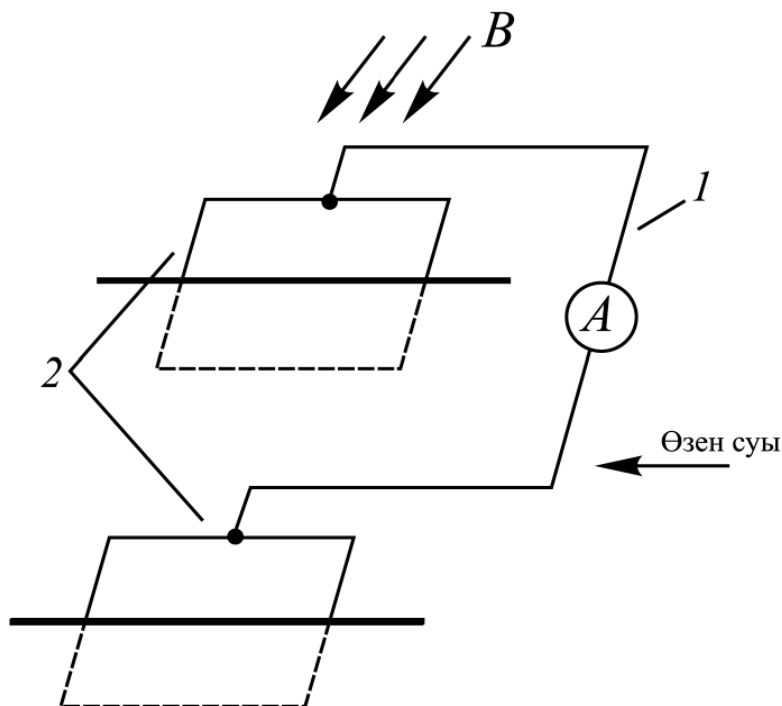
М. Фарадейдің электромагниттік индукция құбылысы туралы заңының электр энергияны өндірудегі маңызы зор. Ол заң бойынша магниттік өрісте айналып қозғалушы сымда электр қозғалыс күші пайда болады. Сым есебінде қатты, сұйық немесе газ түріндегі заттарды да қолдануға болады.

Магнит өрісінің ток өткізгіш сұйықтармен немесе газбен өзара әсерін зерттейтін ғылым саласын магнитогидродинамика (МГД) деп атайды.

Мысалы, Жердің магнит өрісінде орналасқан тұзды суы бар өзен ағынының тар жерінде электр қозғаушы күш пайда болатындығы белгілі болды.

Электромагниттік индукция құбылысы заңы бойынша тұзды суы бар өзеннің

жағасына суға батырылған пластинкалар (2) жалғанған сымда (1) электр тоғы пайда болады (9.1-сурет). Ол токтың жердің магнит өрісінің индукциясына және ағып жатқан тұзды судың жылдамдығына пропорционал екендігін Кельвин анықтады. Судың ағатын бағытын өзгерткенде электр тогының бағыты өзгереді.

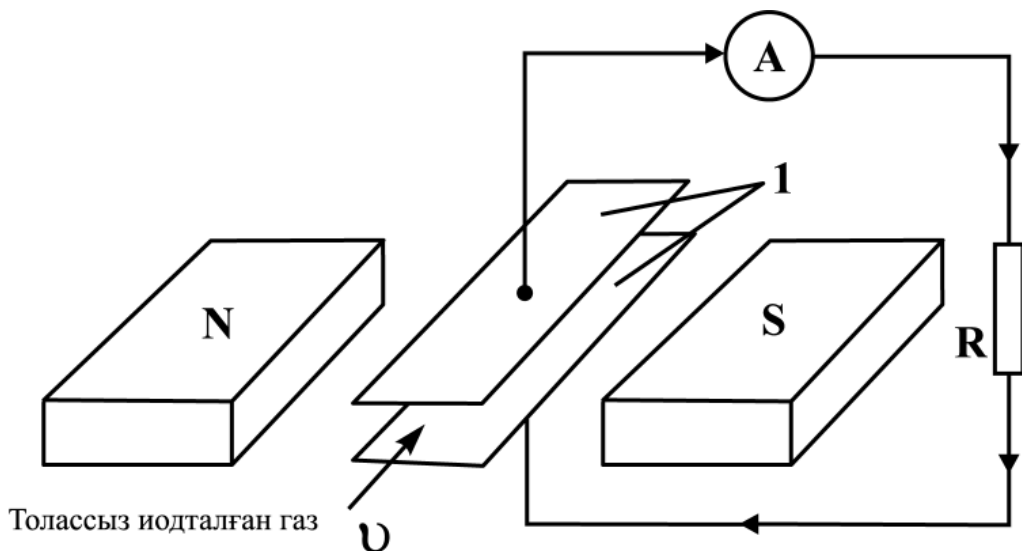


9.1-сурет. Кельвиннің МГД – генераторының сұлбасы.

1 – ток өткізгіш. 2 – пластинкалар.

Қазіргі МГД – генераторының жұмыс істеу принципі осы келтірілген Кельвиннің теориясына негізделген. Осы жағдайды МГД – генераторының жұмыс істеу сұлбасынан көруге болады (9.2-сурет). 9.2-суретте көрсетілгендей екі металл пластинаның (1) арасынан белгілі бағытта және кинетикалық энергиясы бар иондалған газ өткізіледі. Иондалған газдың өткізгіш екендігі бізге белгілі. Екі пластинаны (1) өте күшті магнит өрісіне орналастырады (N–S). Сонда электромагниттік индукция құбылысы бойынша екі пластинаның арасында электр қозғаушы күш (ЭҚК) пайда болады. Егерде осы пластиналарды (1) сыртқы кедергімен (R) қоссақ тізбекте электр тоғы жүреді (9.2-суретте стрелкамен көрсетілген).

Токтаусыз өткізіліп жатқан иондалған газ плазмадағы тоқпен магнит өрісінің әсерінен пайда болатын электрдинамикалық күшпен тежеледі. Осы көрсетілген үдерісті бу немесе газ турбинасындағы тежеуіш күштермен салыстырсақ, олардың ұқсастығын байқауға болады. Бу және газ турбинасындағы тежеуіш күштер, олардың жұмыс қалақшаларының бу немесе газ бөлшектеріне тигізетін күштерінің әсерінен пайда болатындығы белгілі. Сонымен, бу және газ турбинасында немесе МГД – генераторында да энергияны түрлендіру тежеуіш күшті жеңу үшін атқарылатын жұмысқа байланысты.



9.2-сурет. МГД – генераторының ұстанымдық сұлбасы
1-темір пластиналар.

Қандай болса да бір газды жоғары температураға дейін (3000°C) қыздырсак оның ішкі энергиясы артады. Егерде осы газды өткізгіш ретінде қолданып және оны МГД-генераторының жұмыс денелерінде қыздырып ұлғайтсақ, онда газдың жылу энергиясы тікелей электр энергиясына айналады.

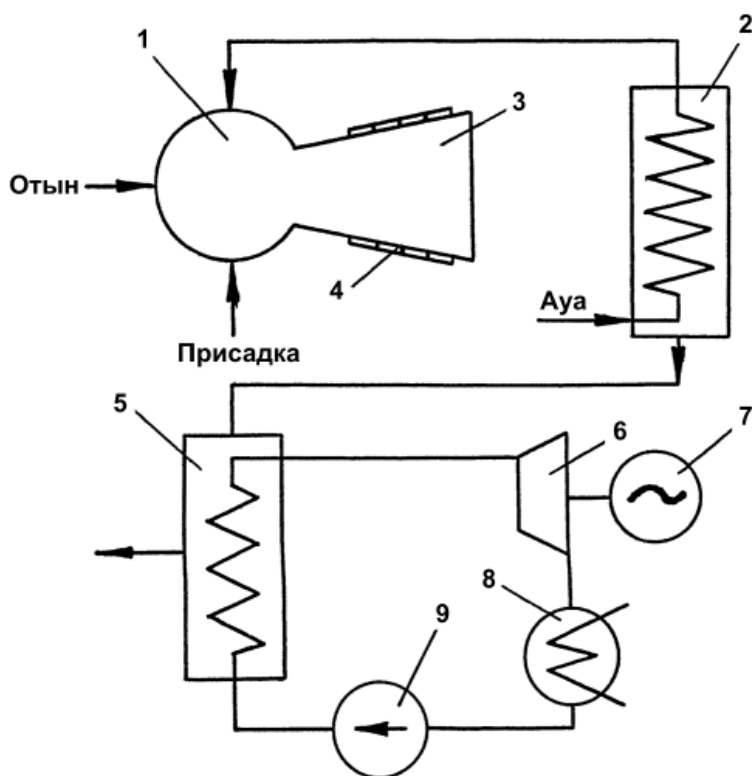
Міне, осындай МГД-генераторының ұстанымдық сұлбасы 9.3-суретте көрсетілген. Бұл 9.3-суреттегі МГД-генераторының (3) жұмыс істеу ұстанымы 9.1-суретте көрсетілгендей, ал бу күш қондырғылары (2, 5, 6, 8, 9) және электр генераторы (2) 2.16, 2.17-суреттерде көрсетілген ұстаныммен жұмыс істейді.

Бұндай электр станцияларына алдымен магнитогидродинамикалық генераторлы (МГД-генераторы) электр станциялары жатады. Мұндағы МГД-генераторларын КЭС типті станцияларға қосымша салу жобаланады. Олар кәдімгі қазандарда қолданылмайтын $2500\text{--}3000^{\circ}\text{K}$ жылу потенциалдарын қолданады.

Отынның газ түріндегі өнімдері (оған тез иондалатын “присадка”, мысалы K_2CO_3 кіреді) жоғары кернеулі магнит өрісімен МГД-нің каналына бағытталады. Каналдағы иондалған газдардың кинетикалық энергиясы тұрақты токтың электр энергиясына, сонан соң үш фазалы айнымалы энергияға айналып, тұтынушылар пайдалану үшін энергетикалық жүйеге бағытталады.

МГД-ның каналының пайдаланылған 2000°K шамасындағы температурадағы газдары қазанға, одан жылу электр станцияларының бу турбинасына жіберіледі.

МГД-генераторын қолданатын жылу электр станциясының пайдалы әсер коэффициенті 50-60 пайызға жетеді (2,3). Сөйтіп, МГД-генераторы жылу электр станциясының экономикалық көрсеткіштерін жоғарылатады.



9.3-сурет. МГД генератордың ұстанымдық сұлбасы

1 – жану камерасы. 2 – жылу алмастырғыш. 3 – МГД – генератор. 4 – электромагнит орамы. 5 – бу генераторы. 6 – турбина. 7 – электргенераторы. 8 – бу салқындатқыш (конденсатор). 9 – сорғы.

9.3 Басқарылатын термоядролық реакция энергиясын пайдалану

Дүниежүзінің көптеген алдыңғы қатарлы әрі техникалық жағынан дамыған елдерінде 40 жылдам астам уақыт бойы термоядролық синтездің энергиясын меңгеру бағытында жұмыстар жүргізілуде. Орасан энергия көзі болып табылатын термоядролық реакцияның мәні мынада: ядроның бөлінуі, ауыр ядроның тыныштық массасы бөлінуден пайда болатын жарықшақтардың тыныштық массаларының қосындысынан көп болуы нәтижесінде іске асады. Осы себептен бөліну реакциясымен қоса энергия бөлініп шығады.

Реакция ерекше жағдайда өтеді: бастапқы заттың температурасы 10^8K болуы керек, яғни, ол жоғары температуралы плазма күйінде болады деген сөз, плазмадағы қысым бірнеше жүз мегапаскаль; оның сақталу уақыты 1 с көп емес. Реакцияны өнеркәсіптік мақсатта пайдалану үшін циклді жағдайлар жасалуы керек.

Бұл мәселені жүзеге асыру әрине оңай емес. Алдымызға қойылған мақсатқа қол жеткізудің әртүрлі жолдарын айрықша атап өтуге болады: плазманы қуатты статикалық магнит өрісінің немесе инерцияның көмегімен ұстап қалу керек. Мұнда ұсақталған отын қызып, концентрацияланған лазер сәулесі немесе электрон сәулесі арқылы сығылады.

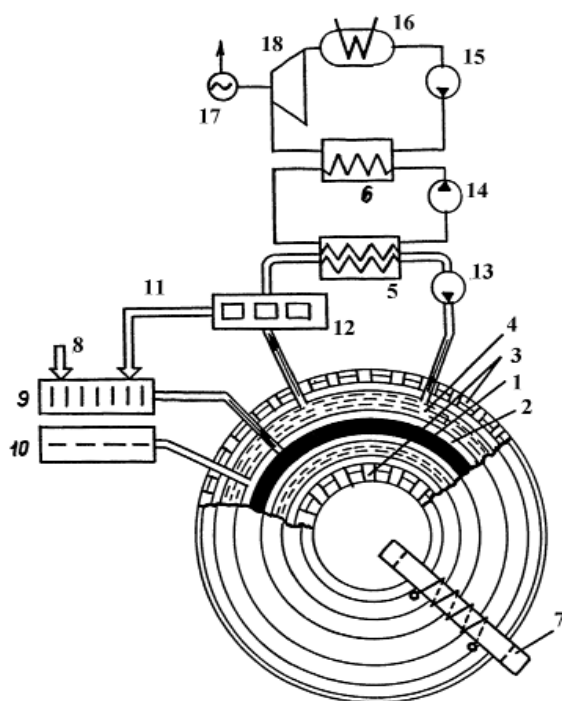
Термоядролық электр станцияларының болашақ үлгісі 9.4-суретте көрсетілген. Электр станцияның реакторы мен блогының негізін торидальді камера құрайды, оның өсі бойынша вакуумда 2 плазма 1 жинақталады, мәне дәл осы кезде термоядролық реакция жүреді. Плазманы ұстап қалу жоғары өткізгішті магнит 3 арқылы (трансформатор 7 арқылы қыздырып) жүзеге асырылады.

Енді, дейтерий тритий реакциясын қарастырамыз. Егер дейтерий кәдімгі судан бөлініп шықса, тритийді жасанды түрде алады. Реакция процесінде жұмсалатын тритийді алу үшін реактор камерасында литийден 4 жасалған бланкет салынады. Реакция процесінде жарым-жартылай гелий және тритий түзіледі, оны литийден алып, реакторға қайта жіберуге болады. Міне, тритийді дәл осы жолмен алуға болады.

Бланкеттегі литийдің бір ерекшелігі бар, ол термоядролық синтезде пайда болатын жылуы өткізеді. Сұйық күйінде ол жылу алмастырғыш 5 арқылы циркуляцияланып, өз жылуын аралық жылу тарқатқышқа (мысалы, калий) береді, ал ол болса келесі жылу алмастырғышта 6 суды жылытады (бұл жылу алмастырғыш жылу электр станциясының бу қазаны немесе атом электр станциясының бу реттеушісі сияқты жұмыс істейді). Қарастырылған бұл сұлбада осы типті станциялар салудың бір ғана ең оңай жолы көрсетілген. Термоядролық электр станцияларын салу – күрделі зерттеулер жүргізуді қажет ететін бірқатар теориялық және тәжірибелік мәселелерді көтереді, міне сондықтан термоядролық синтезді біржола меңгеру – болашақтың ісі.

Қазіргі уақытта басқарылатын термоядролық реакцияның энергиясын пайдалануда АҚШ-та, Жапонияда, ТМД-да (Ресей, Қазақстан) және Европалық елдерде көптеген ғылыми эксперименттік жұмыстар жүргізілуде. Айтылған жобалардың барлығының жұмыс істеу ұстанымдары жағынан қарағанда “Токамак” системасының бір түрі болып есептелінеді. Басқарылатын термоядролық реакцияның энергиясын энергетикада кең пайдалану үшін ғылыми зерттеу және құралымдық жұмыстарды одан әрі жалғастыра беруіміз керек.

Елімізде реттелінетін термоядролық синтез арқылы өндірілетін электр энергия проблемаларымен Ұлттық ядролық орталық (ҰЯО-НЯЦ) шұғылданады. Бұл жұмыс Еліміздің Президенті Н.Ә. Назарбаевтың жарлығы (17.03.2003ж) бойынша орындалуда. Қазақстанда материалдарды зерттейтін кешенді реактор Токамақтың негізгі мәселелерінің біреуі – реттелетін термоядролық синтез негізінде бәсекелестікке қабілетті инновациялық атом энергетикасын құру. Бұл жоба Бүкіләлемдік «Астана ЭКСПО-2017» – «Болашақтың энергиясы» көрмесінде өзіне лайықты орынды алады деп есептелінуде.



9.4-сурет. Басқарылатын термоядролық реакцияның энергиясын пайдалану жолының ұстанымдық сұлбасы

1 – дейтерий-тритийлік плазма. 2 – вакуумды кеңістік; 3 – жоғары өткізгішті магнит. 4 – бланкет. 5 – бірінші контурдың жылу алмастырғышы. 6 – екінші контурдың жылу алмастырғышы. 7 – плазманы қыздыратын трансформатор.

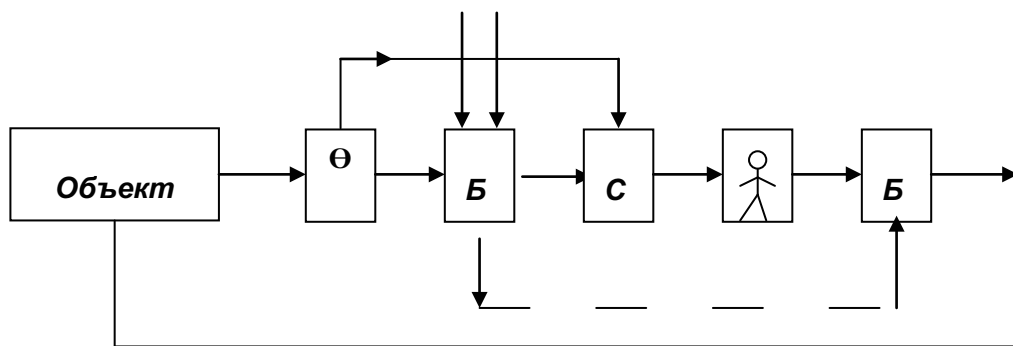
8 – дейтерий. 9 – дейтерий мен тритийді енгізетін құрылғы. 10 – вакуумды жүйе. 11 – тритий. 12 – Литийден тритий мен гелийді бөлетін құрылғы.

13 – сұйық литийдің сорғысы. 14 – сұйық металл сорғы. 15 – конденсатты қоректендіргіш сорғы. 16 – бу суытқыш. 17 – электр генераторы. 18 – турбина.

10-тарау. ЭЛЕКТР СТАНЦИЯЛАРЫ МЕН ҚОСАЛҚЫ СТАНЦИЯЛАРДЫҢ ӨЛШЕУ, БАҚЫЛАУ, СИГНАЛИЗАЦИЯЛАУ ЖӘНЕ БАСҚАРУ ЖҮЙЕЛЕРІ. ОЛАРДЫҢ ҚОРЕКТЕНУ КӨЗДЕРІ. ӨЛШЕУШІТІК САНДЫҚ ҚҰРАЛДАРДЫ ПАЙДАЛАНУ.

10.1 Өлшеу, бақылау, сигнализация және басқару жүйелерінің қолданылуы

Электр станциялары мен қосалқы станциялардың берілген режимдерде жұмыс істеуін қамтамасыз ету үшін оларды әртүрлі көмекші құрылғылар мен жүйелер арқылы жабдықтайды. Оларға әртүрлі дәрежеде автоматтандырылған ақпаратты – басқару комплексі болып саналатын өлшеу (Ө), бақылау (Б), сигналдау (С) және басқару (Б) жүйелері жатады. Көрсетілген жүйелер арнайы қоректену көзін талап етеді.



10.1-сурет. Адам-оператор және басқару объектісінің көмекші жүйелерінің өзара байланысқан құрылымдық сұлбасы

Адам-оператор және басқару объектісінің көмекші жүйелерінің өзара байланысқан құрылымдық сұлбасы 10.1-суретте көрсетілген. Өлшеу жүйесі басқарылу объектісі режимінің параметрлері туралы ақпараттарды қабылдауды қамтамасыз етеді. Бұл жүйені құру арқылы қалай бақылау туралы сұрақтар шешімін табады, яғни объект туралы алынатын ақпарат маңызды және маңызы жоқ; толық емес; қажетті және жеткілікті; артық, ал кейде жалған болуы мүмкін. Ол қойылған шарттарға байланысты үздіксіз немесе дискретті түрде қабылдануы мүмкін. Басқарудың әрбір иерархиялық деңгейін де арнайы ақпарат талап етіледі. Негізгі мақсаты ақпараттар беретін байланыс каналдарын әртүрлі сыртқы әсерлерден (күшті электр және магнит өрістерінен, басқа кернеу және жиіліктегі электр тораптарымен түйісуден, қысқа тұйықталу токтарының әсері және т.б.) қорғауды қамтамасыз ету болып табылады. Өлшеу жүйесінде өлшенетін шамалардың сапалы көрсеткіштері болу керек.

Бақылау жүйесі өндеуді, бақылау параметрлерінің мәндерін бағалауды қамтамасыз етеді. Бақылау берілген бағдарлама бойынша немесе шақыру бойынша

үздіксіз немесе периодты орындалуы мүмкін. Бақылау шамаларының көлемі нормативтік құжаттарға сәйкес болады.

Сигнализация жүйесі адам-оператор үшін қажетті көріністерді қамтамасыз етеді. Олар: электр станциясы немесе қосалқы станцияда орнатылған электр аппараттарының жағдайы, объектінің жұмыс режимінің берілген режимнен ауытқуы, электр станциясы немесе қосалқы станцияның электр бөліктеріндегі әртүрлі элементтердің қалыпты жұмыс істеуінің бұзылуы, айнаымалы және тұрақты ток тізбегіндегі жерге тұйықталуы, оперативтік ток тізбегіндегі ақаулар (үзік, оқшаулама деңгейінің төмендеуі және т.б) сонымен бірге электр қондырғыларында пайда болатын апаттар. Сигнализация жұмыс істеуші персоналдың көңілін өзіне тартуы қажет, сондықтан да оны дыбыстық, жарықтық тәсілмен немесе екеуін біріктіріп орындайды. Ол қалыпсыз режимнің пайда болу фактілеріне байланысты үздіксіз немесе периодты болады.

Басқару жүйесі басқарылу объектіне оңтайлы әсер етуі керек. Басқару қолмен (адам-оператордан) немесе автоматты (автоматика жүйесінен), үздіксіз немесе дискреттік болу мүмкін.

Қазіргі электр станциялары басқаруды және бақылауды талап ететін көп санды әр түрлі элементтерден тұратын өнеркәсіптік объектілер болып табылады. Мысалы, қуаты 300 МВт блокта шамамен 600-800 режимдер параметрлеріне бақылаулар жүргізіледі. Оларды берілген шекте ұстап тұруды 100-120 реттеуші органдар, 100 автоматты реттегіштер және 60 технологиялық қорғаныс комплектісі қамтамасыз етеді. Әрине бұл жағдай үшін оператор объектіні сапалы түрде басқаруды қамтамасыз ете алмайды, сондықтан да басқарудың әртүрлі автоматты жүйелері (АСУ), соның ішінде технологиялық процестерді басқару жүйелері (АСУ ТП) жетілдіріліп енгізілуі қажет. Басқарудың автоматты жүйелері энергетикада кеңінен енгізілген. Көптеген электр станцияларында технологиялық процестерді автоматты басқару жүйелері (АСУ ТП) енгізілген, бірқатар электр станцияларда орнатылған АСУ комплектісі қазір ақпаратты бақылау комплектісі ретінде қолданылады. Әр түрлі энергетикалық объектілерді, административтік-шаруашылық және диспетчерлік басқарудың және жалпы энергетиканы басқарудың автоматты жүйелерінің тиімді және сенімді түрлеріне қарқынды ізденістер жүруде.

Атап өтілген көмекші жүйелер электр станциялары мен қосалқы станцияларда мынадай функцияларды орындайды.

Өлшеу құрылғысы және жүйесі:

а) электротехникалық параметрлерді өлшейді (ток, кернеу, жиілік, қуат, электр энергиясы және т.б.); б) механикалық, химиялық және технологиялық параметрлерді өлшейді (айналым жиілігі, діріл, қысым, температура, әр түрлі заттардың химиялық құрамы және тығыздығы, сұйықтар, газдар және қатты дене шығыны, т.б.).

Басқару құрылғысы мен жүйесі төмендегі процестерге бақылау жүргізеді:

а) электр қондырғысы элементтерінің (генераторлар, синхронды өтеуіш (компенсатор) трансформаторлар, электр қозғалтқыштары, электр желілері,

реакторлар және т.б.) жұмыс режимінде артық жүктемеден сақтануға, бір режимнен басқа режимге ауысуға рұқсат етілуіне;

б) коммутациялық аппараттардың (ажыратқыш, айырғыш және т.б.) жағдайына;

в) электр жүйесі элементтерінің режимдік параметрлеріне (түйіндердегі кернеу, тізбектегі токтар, тораптағы жиілік, электр құрылғысының әр түрлі бөліктеріндегі температура және т.б.);

г) айнымалы токты күштік тізбектегі оқшауламаның жағдайына;

д) оперативті токтағы тізбек оқшауламасының жағдайына;

е) электр қондырғысы және оның элементтерінің берілген жұмыс режимінде тұрақты істеуіне;

ж) өндірілген немесе тұтынылған электр энергиясының мәніне;

з) электр қондырғысындағы кезекші персоналдың операцияларды дұрыс орындауына.

Сигнализация құрылғысы және жүйесі кезекші персоналға төмендегі жағдайларды хабарлайды:

а) электр қондырғысы немесе оның элементтерінің берілген жұмыс режимінен басқа режимге ауытқуын;

б) құрылғының асқын жүктелуін;

в) тұрақты және айнымалы токтағы тізбек оқшауламасының бұзылуын;

г) оперативті ток тізбегіндегі сақтандырғыштардың жарамсыздығы;

д) коммутациялық аппараттардың жағдайы;

е) құрылғылардың басқа жұмыс режиміне ауысуына және технологиялық немесе электрлік сұлбаға қосылуына дайындығы;

ж) электр қондырғысын басқаруда персонал әрекетінің дұрыс еместігін.

Басқару құрылғысы және жүйесі:

а) электр станциясы генераторларын іске қосады, синхрондайды және оларды тораппен параллель түрде жұмысқа қосады;

б) электр жүйесінің элементтерін жұмысқа қосады және тораптан ажыратады;

в) ажыратқыштар мен айырғыштарға әсерін тигізіп ТҚ электр қондырғыларын қайта қосуды жүргізеді;

г) электр станциясы мен қосалқы станциясы элементтерінің активті және реактивті жүктемелерін өзгертеді;

д) электр қондырғыларының жұмыс режимдерін өзгертеді.

Жоғарыда айтып өтілген электр станциясын басқарудың техникалық жүйелерін диспетчерлік басқару жүйесінен, электр станциясының жұмысы берілген режимде мүмкіндігінше төмендегі оптималды сипаттамада жүргізілуімен ажыратса болады. Олар: құрылғының жағдайын бақылау, сұлбаларға оперативті (режимді) қайта қосу, құрылғылардың істен шығуына және апатты жоюға қолданылатын шаралар, құрылғыларды жоспарлық немесе апаттық жөндеуге шығару.

10.2 Электр қондырғыларын басқару принциптері

Электр қондырғыларының (электр станциялар, қосалқы станциялар) қызметін оперативті және өндірістік-шаруашылық қызмет деп бөліп көрсету қажет.

Оперативті қызмет көрсету келесі элементтерден тұрады:

1) жылу және электр энергиясын өндіру жоспарына сәйкес негізгі құрылғының жұмыс режимін реттеу, электр энергиясының қалыптасқан сапасын максимальды үнемділік кезінде қамтамасыз ету; 2) негізгі және көмекші құрылғының күйін бақылау және оның жұмысындағы қалыпсыздықтарды жою; 3) жұмыс режимінің өзгеруі, құрылғының жөндеуге шығарылуына байланысты оперативті ауыстырып қосу жұмысы; 4) апаттарды жою.

Жоспарлы – ескерту жөндеу жұмыстарына, құрылғыны алмастыру, техникалық-экономикалық көрсеткіштерді талдау, қызмет көрсетушілердің қызметін ескеру және талдау жүргізу, таза шаруашылық мәселелерімен қатар өндірістік-шаруашылық қызмет көрсету компетенциясына жатады.

Оперативті және өндірістік-шаруашылық қызмет көрсетуді ұйымдастыру иерархиялық принцип бойынша құрылады. Оперативті басшылық ету төмендегіше жүргізіледі: біртұтас энергетикалық жүйенің (БЭЖ) орталық диспетчерлік басқармасы (ОДБ), энергетикалық бірлестіктердің бірлескен диспетчерлік басқармасы (БДБ), аймақтық энергетикалық жүйенің орталық диспетчерлік қызметі (ОДҚ), электр станциясының немесе тораптың оперативті персоналы.

Қазіргі уақытта, оперативтік-диспетчерлік басқарудың иерархиялық жүйесі энергетиканы дамытудың негізгі кезеңдеріне сәйкес құрылды:

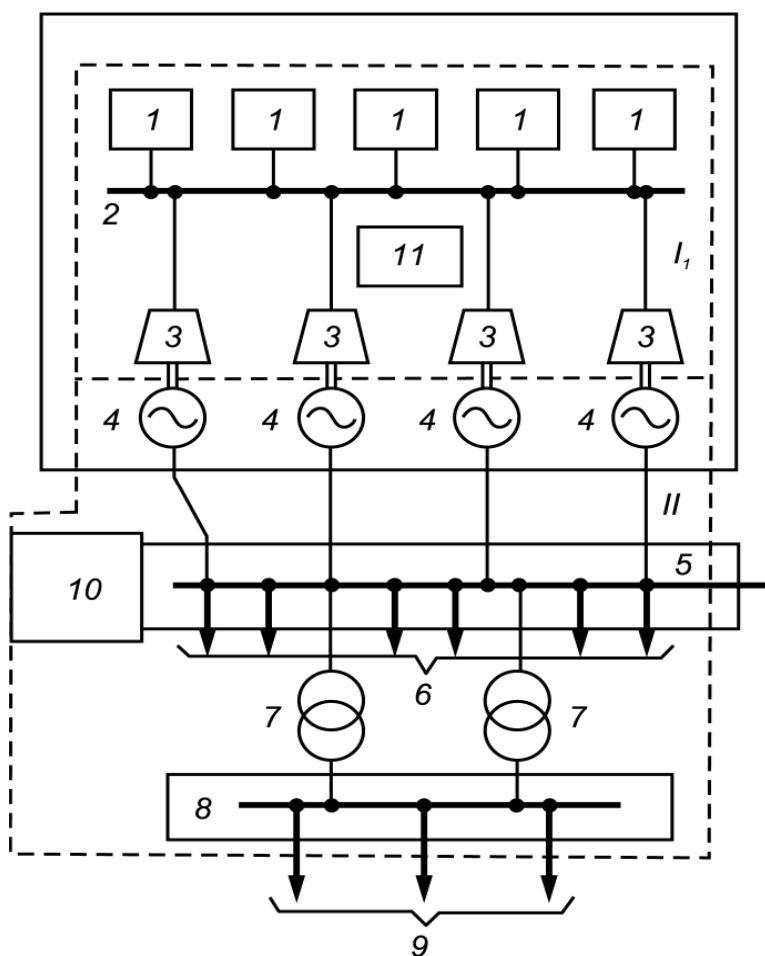
– энергожүйені құруға байланысты диспетчерлік қызмет ұйымдастыру қажеттілігі туды;

– энергобірлестіктердің құрылуы БДБ-ның пайда болуына себеп болды;

– БЭЖ-нің жұмысын қатар жүргізуге қосуға байланысты диспетчерлік басқарма жүйесінің (ОДБ) жоғарғы ұйымын құру қажет болды.

Оперативті басқаруды ұйымдастыру құрылымы. Қазіргі уақыттағы электр қондырғыларын пайдалануда оперативті басқаруды ұйымдастыру құрылымының цехтік, блоктық және орталықтандырылған үш нысаны қалыптасқан.

Цехтік құрылым қызмет көрсетуші қондырғыны, бір типті күштік құрылғының бірлестігі принципі бойынша қалыптасқан оперативті аймақтарға бөлуді қарастырады (10.2-сурет). Әр цехқа оперативті бригада қызмет көрсетеді, ол оперативті персонал басында тұрған станция ауысымын басқарушысының оперативті қол астындағы цех ауысымы басқарушысымен басқарылады. Бұндай құрылым бу мен су бойынша көлденең байланыстары бар ЖЭС үшін ыңғайлы. Қуаты 250 МВт-тан артық ЖЭС-тарда, оның негізгі цехтарына сәйкес оперативті қызмет көрсетудің 5 аймағын ұйымдастырады: отын-көлікті, қазан – турбиналы, химиялық, жылулық автоматика мен өлшеулер, электрлік цехтар (10.1-суретінде тек ғана қазан турбиналы (I) және электрлік цехтардың (II) оперативті аймақтары пунктирмен көрсетілген).



10.2-сурет. Көлденең байланыстары бар ЖЭС-ның басқару щитінің және оперативті аймақтардың орналасуы:

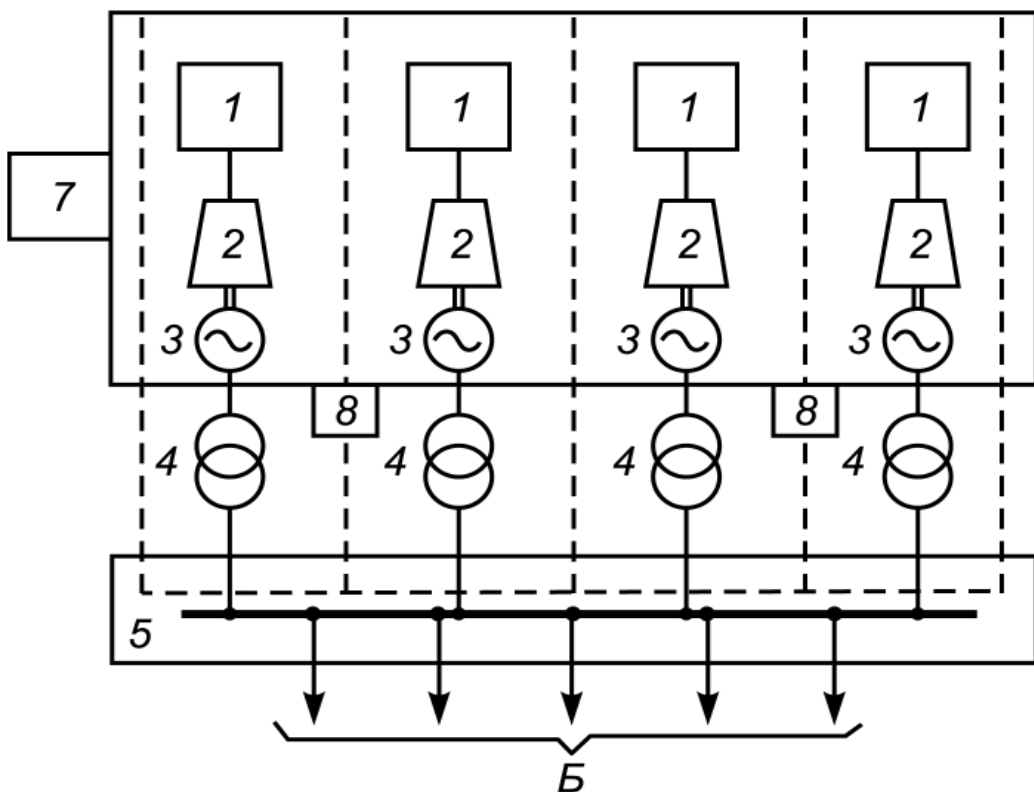
- 1 – қазан; 2 – бу магистралы; 3 – турбина; 4 – генератор; 5 – генераторлық кернеудегі ТҚ; 6 – жергілікті жүктеме желісі; 7 – жүйемен трансформаторлық байланыс; 8 – жоғары кернеудегі ТҚ; 9 – электр жеткізу желісі; 10 – бас-қарудың басты щиті; II – қазан мен турбиналардың топтық басқару щиттері; I – қазан турбиналы цехтың оперативті аймағы; II – электр цехының оперативті аймағы.*

Қазандар мен турбиналардың оперативті қызмет көрсетуі үшін үш-төрт агрегаттарды топтық щиттермен жабдықтайды. Бұл щиттерді жалпы бөлмеде, мүмкіндігінше қызмет көрсетуші құрылғы ортасында орналастырады. Басты корпусан тыс (отын беру, суды химиялық тазарту және т.б.) орналасқан жалпы технологиялық құрылғыны басқаруды, құрылғымен бір бөлмеде орналасқан жергілікті щиттер (ЖБЩ) көмегімен жүзеге асырады.

Генераторларды, трансформаторларды, кабельдік және әуе желілерін, шина аралық байланыстарды басқару станция ауысымын басқаратын басты щиттен (ББЩ) жүргізіледі.

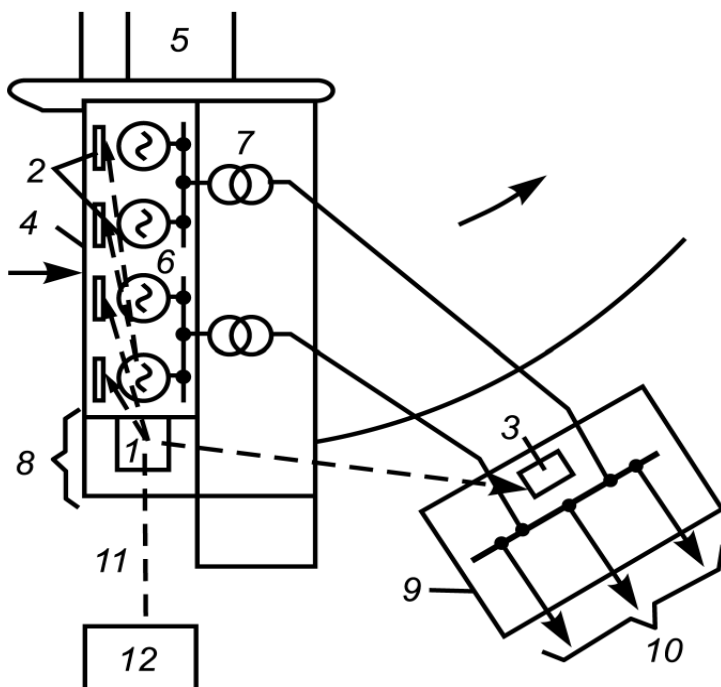
Осыған сәйкес, ББЩ станцияның негізгі технологиялық көрсеткіштерін бақылауды қамтамасыз етеді және ауысым басшысының цехтардағы оперативті персоналмен және жүйенің кезекші диспетчерімен екі жақты байланысы қарастырылады.

Қуатты жылу және атом электр станциялары көлденең байланыссыз блокты технологиялық сұлба бойынша құрылады (10.3-сурет). Электр бөліктерінде көлденең байланыстар тек ғана жоғарылатылған кернеулерде болады. Сонымен, әрбір энергетикалық блок, былайша айтқанда жеке электр станциясын береді. Блокты, соның ішінде жоғары кернеудегі ажыратқыштарды оперативті басқару, басқарудың блоктік щитінен (ББЩ) жүргізледі. ББЩ-дағы оперативті бригада операторлардан және бірнеше бақылаушылардан тұрады. Үнемдеу мақсатында КЭС-тағы блоктық щитті екі блокқа ортақ етіп жасайды, сонда екі блокқа қарайтын аға оператор бекітіледі. АЭС-те әрбір блоктың блоктық щиттері жабдықталады. Жалпы станциялық мақсаттағы құрылғыға (отын беру, суды химиялық тазарту және т.б.) қызмет көрсету үшін ЖЭС-тегі көлденең байланысты цехтық құрылымды сақтап қалады.



10.3-сурет. Блокты ЖЭС-дағы басқару щитінің және оперативті аймақтардың орналасуы

1 – қазан; 2 – турбина; 3 – генератор; 4 – трансформатор; 5 – жоғары кернеудегі ТК; 6 – электр жеткізу желісі; 7 – басқарудың орталық щиті; 8 – басқарудың блокты щиті.



10.4-сурет. ГЭС-тегі басқару щиттің орналасуы

1 – ОБП; 2 – басқарудың агрегаттық щиттері; 3 – релелік щит; 4 – машина залы;
5 – тоспа (платина); 6 – генератор; 7 – трансформатор; 8 – монтаждау алаңы;
9 – сыртқы түрдегі ТҚ; 10 – электр жеткізу желісі; 11 – телемеханикалық байланыс
арнасы; 12 – жүйенің диспетчерлік пункті.

Энергетикалық блоктардың операторы әрқашан ББЩ-да болады, бақылаушылар құрылғыларды тексеруді жүйелі түрде жүргізеді және кездесетін ұсақ ақауларды жояды. Бақылаушылар жұмысын жеңілдету үшін блоктың негізгі агрегаттарымен бірге (қазан, турбина, генератор, коректенуші сорғыштар) көмекші құрылғыларында қажетті өлшеуіш аспаптар, басқару мен бақылау аппараттары орналастырылған, басқарудың жергілікті щиттері жабдықталады.

Жоғары кернеудегі тарату құрылғыларын орталық щиттен басқарылатын (ОЩБ) жеке оперативті аймаққа бөліп, оны бас корпуста орналастырады.

ГЭС-да өндірістік процесс ЖЭС мен АЭС-мен салыстырғанда қарапайымдау, сондықтан ГЭС-лар күрделірек және толық автоматтандырылады. ГЭС-тің жиілігі мен қуатын жалпы жүйелік автоматты реттеуде (кей жағдайларда кернеу мен реактивті қуатты реттеу) ГЭС телемеханизациясының жоғары дәрежелігін анықтайды. Жиілік пен қуатты жүйелік автоматты реттеу және жергілікті автоматтандыруды енгізу ГЭС-тағы оперативті персоналдың қызметін шектейді, ал көп ГЭС-терде оперативті персоналды толық алып тастауға мүмкіндік береді.

Бұл әрине, ГЭС-ті басқарудың ұйымдастыру құрылымына әсерін тигізеді. ГЭС-ті қызмет көрсетудің оперативті аймақтарына бөлу қажет болмайды. Барлық станцияны басқару оның бір орталық пунктінен (БОП) немесе жүйенің диспетчерлік пунктінен орталықтандырылып жүргізіледі.

Көп агрегатты қуатты ГЭС-те оперативті персонал сақталып қалады. Персонал әдетте, монтаждық алаң жағында орналасқан орталық басқару пунктінде (ОБП) болады. Басқа ГЭС-терде оперативті басқару жүйенің диспетчері телемеханика тәсілдері көмегімен жүзеге асырады. Дегенмен, орталық басқару пункттері қалады және бұл жерде кейбір жағдайларда (телемеханиканың бұзылуы, автоматиканың істен шығуы) басқару функциясын ГЭС-ке апаттық шақыру бойынша келетін персоналдың қолына беруді қажет етеді. Машиналық дәлізде ОБП мен қатар ГЭС-тің әрбір агрегатында басқарудың агрегаттық щитін (БАЩ) қондырады. Ол жөндеулер мен сынақтар кезінде, сондай-ақ автоматика құрылғыларының бұзылуы жағдайында агрегаттарды басқару үшін қызмет етеді. Көмекші жабдықтарды басқару үшін басқарудың жергілікті щиттерін қарастырады.

Кернеуі 35,110 және 150 кВ, ал кей жағдайларда 220 кВ болатын трансформаторлық қосалқы станциялардың жабдықтары және жұмыс режимі қарапайым болады, сондықтан да мұндай қосалқы станцияларда кезекші оперативті персонал болмайды. Көрсетілген қосалқы станциялар үшін телемеханика тәсілдерін пайдаланып, энергетикалық жүйелердің аудандық электр тораптарының диспетчерлік пункттерімен орталық басқару формасы сәйкес келеді. Персоналдың орнында болуын талап ететін операцияларды (жөндеу бригадаларын жіберу, апаттарды жою, құрылғыны тексеру) оперативтік-жүру бригадалары орындайды. Құрамында екі адамы бар әрбір бригада қажетті жабдықтармен қамтамасыз етілген автомашинада орналасады және олар әдетте 10-15 қосалқы станцияларға қызмет көрсетеді.

Қосалқы станциялардың автоматтандыру мен телемеханикаландыру көлемі олардың мақсаты мен түріне, сондай-ақ тұтынушылардың жауапкершілігіне байланысты анықталады. Қосалқы станцияны диспетчерлік пункттен басқару кезінде электр қондырғысының территориясында басқарудың орталық постын ұйымдастыру қажеттілігі болмайды. Бақылау және басқарудың аспаптары мен аппаратуралары тікелей ТҚ-да қондырылады. Ішкі құрылғыларда оларды ұяшықтардың беттік жағында, ал сыртқы құрылғыларда – арнайы шкафтарда жөндейді.

Кернеуі 220-750 кВ аудандық тораптардағы қуатты түйіндік қосалқы станцияларының құрылғылары күрделі және әр түрлі болып келеді. Сондықтан, мұндай қосалқы станцияларда тұрақты кезекші персоналды сақтайды және басқарудың бірлескен постымен (ББП) жабдықтайды. ББП-ны ТҚ ғимаратына тақап немесе жеке ғимарат түрінде орналастырады.

Басқару жүйелері. Электр қондырғыларын оперативті басқаруға қажетті техникалық құралдардың жиыны басқару жүйесі деп аталады. Ол келесі негізгі топтардан тұрады: басқару (коммутациялық аппараттармен), реттеу, өлшеу, сигнализация, қорғау. Реттеу тобы күштік жабдықтардың бірінші ретті реттеу мүшелеріне әсер етуін қамтамасыз етсе, өлшеу мен сигнализация топтары құрылғының жұмысы мен күйі жөніндегі қажетті ақпаратты қамтамасыз етеді. Қорғау тобының құрылғыларының жабдықтары бұзылса немесе жұмысы қалыпты режимнен күрт ауытқыған кезде жұмысқа кіріседі және сәйкес элементтерді өшіреді, кейбір жағдайларда олар сигналдық қондырғыға әсер етеді.

Басқаруды техникалық қамтамасыз ету жүйесі объектіні автоматтандыру дәрежесіне тәуелді болады. Басқару жүйесін үш түрге бөлуге болады: қолмен, автоматтандырылған және автоматты. Қолмен басқару жүйесі дегеніміз барлық шешімді адамдар қабылдайтын жүйе. Онда адам автоматты қондырғылар мен есептеу машиналарын пайдаланады.

Автоматтандырылған басқару жүйесінде басқару үдерісі адам және электронды есептеу машинасымен (ЭЕМ) жүзеге асырылады. Адам және машина жұмысының үлесі әр түрлі болуы мүмкін. Автоматтандыру дәрежесі қаншалықты жоғары болса, ЭЕМ-ның үлесі сонша көп болады.

Егер технологиялық процесс $2^Z = 2^M \cdot 2^A$ режимінен тұрса және мұндағы МЭЕМ-мен, ал адаммен бақыланса, онда M/Z ЭЕМ-ның басқарудағы салыстырмалы қатысуын сипаттайды.

Егер уақыттың белгілі бір кимасында басқару жүйесі M_i (ЭЕМ) және A_i (адам) шешімін қабылдаса, онда басқару жүйесінің автоматтандыру дәрежесін анықтайды.

$$K_a = \log_2 \left(1 + \frac{M}{M + A} \cdot \frac{M_i}{M_i + A_i} \right) \quad (10.1)$$

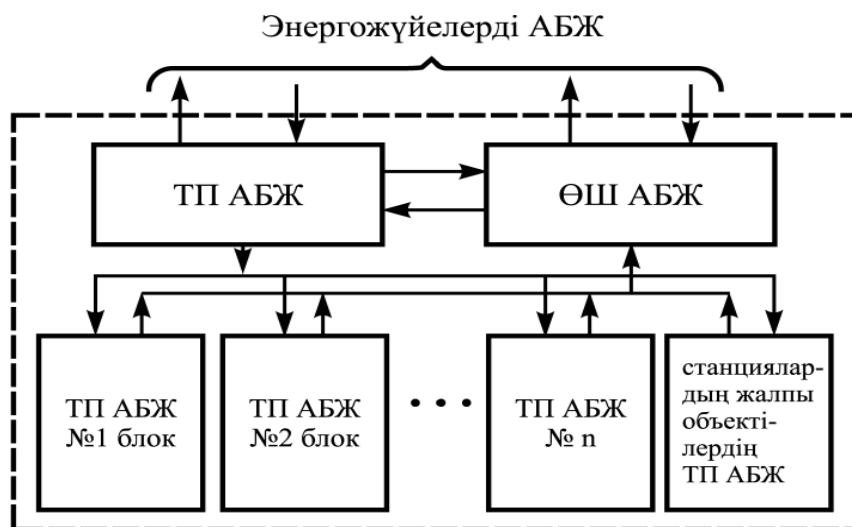
Барлық шешімді машина қабылдайтын болса, басқарудың автоматты жүйесі үшін $K_a = 1$ болады. Энергетика дамуының қазіргі заманғы этапы, электр станцияларын қолмен басқарудың жүйесінен K_a өсу мәнімен, автоматтандырылған жүйеге ауысуымен сипатталады.

10.3 Электр станцияларының технологиялық үдерістерін басқарудың кейбір автоматтандырылған жүйелері

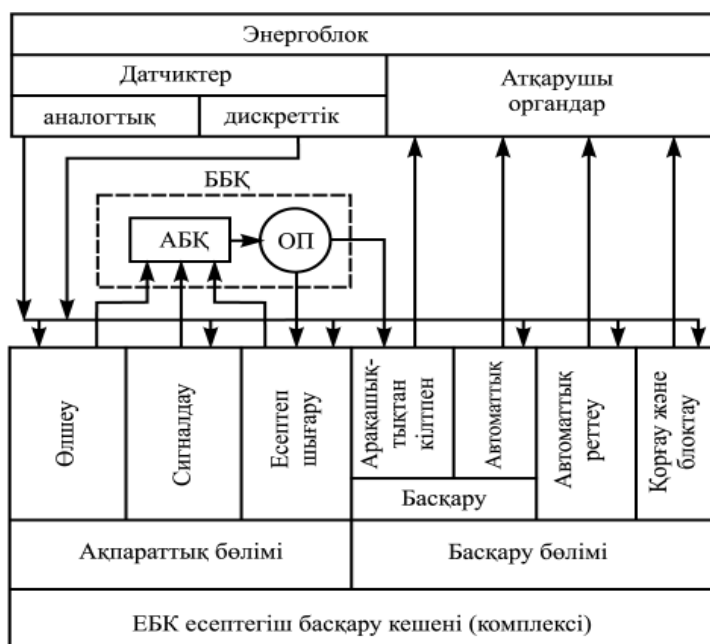
Технологиялық үдерістерді басқарудың автоматты жүйесі (ТП БАЖ) деп құрылғының режимін бақылау, басқарудың кейбір функциялары, жеке параметрлерді реттеу, коммутациялық операцияларды басқару және оперативті құжаттарды жүргізу ЭЕМ-да орындалып, ал оперативті шешімдерді жүзеге асыру мен қабылдау және басқа деңгейлердегі басқару мен өзара қатынастар адамға тиісті болатын адам-машина жүйесін айтамыз.

ТПБАЖ құрылымы. Энергетикалық объектілерді басқарудың иерархиялық құрылымына сәйкес БАЖ-дың энергетикада бірнеше деңгейі болады. Жоғары деңгейде басқарудың салалық автоматтандырылған жүйесі (БСАЖ) болады, оған оперативтік-диспетчерлік басқарумен қатар өндірістік-шаруашылық басқару қызметтері де жатады. БСАЖ құрамына елдің біртұтас энергетикалық жүйесін диспетчерлік басқарудың автоматтандырылған жүйесі кіреді. БСАЖ екі бағыт бойынша: өндірістік-энергетикалық бірлестіктердің (ӨЭБ) немесе энергетикалық жүйелердің (ЭЖ) БАЖ-ымен байланысқан, ол берілген бірлестікке кіретін өндірістік бірліктермен сипатталады. Содан соң, бөлек объектілер – энергоблоктар, қосалқы станциялардың ТП БАЖ-дан тұратын электр станциялар мен тораптардың БАЖ-ы жүреді.

10.5-суретте басқарудың екі контурынан тұратын ТП БАЖ-дың құрылымдық сұлбасы келтірілген. Бірінші контурға жалпы станциялық мақсаттағы энергоблоктар мен энергетикалық жабдықтардың технологиялық процестерін автоматты басқару, ал екінші контурға автоматтандырылған өндірістік-шаруашылық басқаруы (АӨШБ) жатады. АӨШБ-ға келесі қосалқы жүйелер кіреді: өндірістік-шаруашылық қызмет пен жөндеу жұмыстарын басқару, материалдық-техникалық жабдықтауды басқару, техникалық-экономикалық жоспарлау, еңбекті талдау мен есептеу, жалақы мен кадрлар, бухгалтерлік есеп.



10.5-сурет. ЖЭС-ның автоматтандырылған басқару жүйесінің құрылымдық сұлбасы



10.6-сурет. Энергоблоқтың технологиялық үдерістерін басқарудың автоматтандырылған жүйесінің құрылымдық сұлбасы

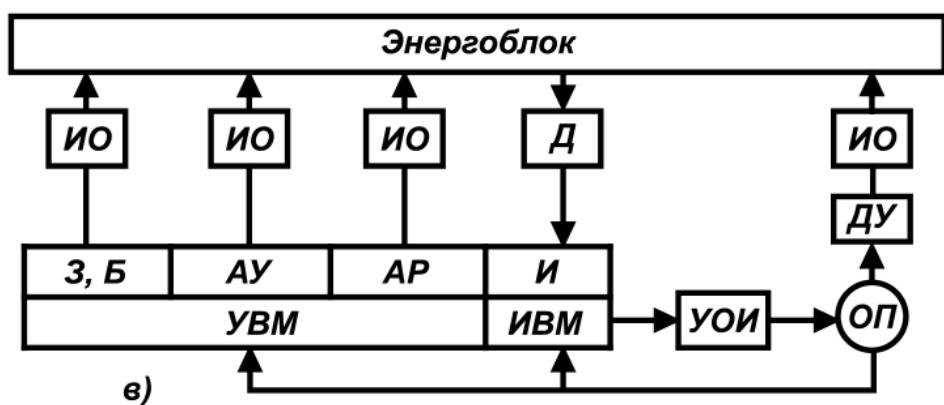
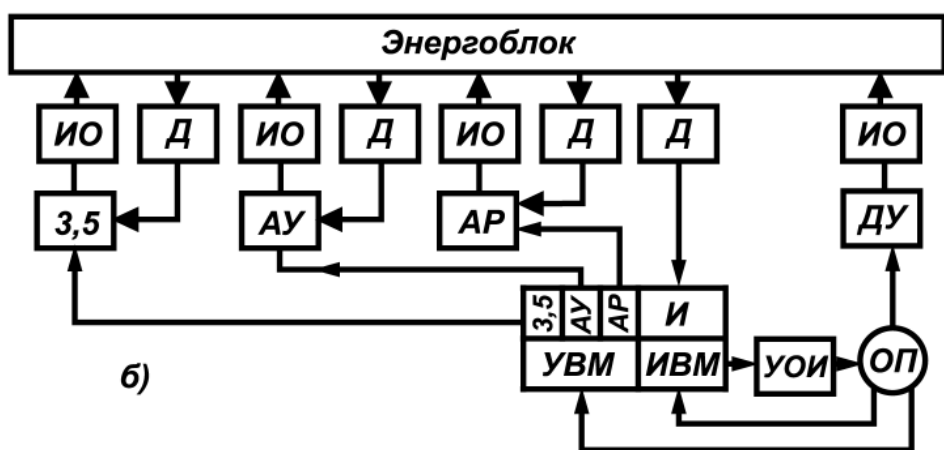
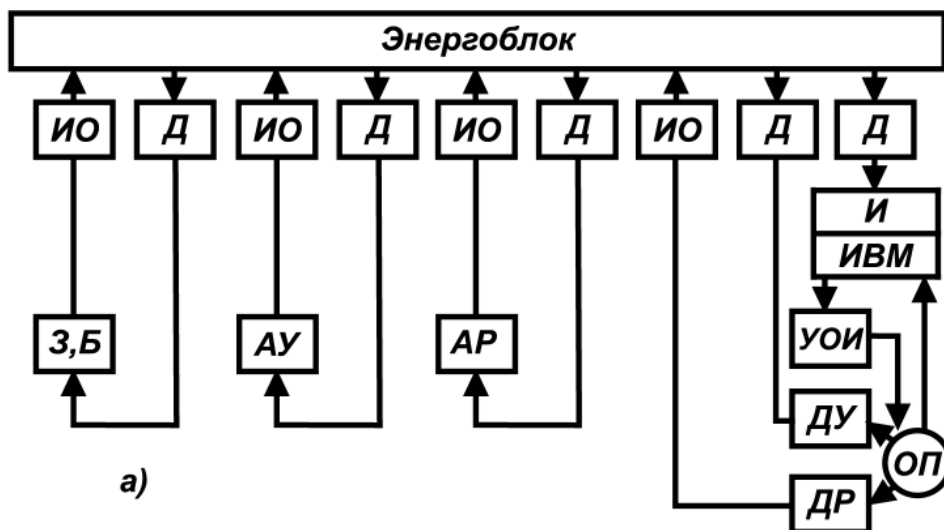
Энергоблокты ТПБАЗ-дағы орындалатын функцияларына сәйкес екі негізгі бөлікке бөліп көрсетуге болады. Олар: ақпараттық және басқарушы (10.6-сурет). Ақпараттық бөлімге өлшеу және сигнализациялық қосалқы жүйесі кіреді. Алғашқы ақпарат энергоблоктың құрылғысына тікелей қондырылған аналогты және дискретті көрсеткіштерден келіп түседі. Қосалқы жүйе жеке агрегаттар мен толық блоктар бойынша техникалық-экономикалық көрсеткіштердің (ТЭК) есебі мен талдауын жүргізеді. Сәйкесті өңдеуден кейін өлшеу, сигнализация және есептеулердің қосалқы жүйелерінен алынған ақпарат ББЦ-дағы операторға келіп түседі, онда ол үшін автоматтандырылған жұмыс орны (АЖО) ұйымдастырылған. Ақпаратты бейнелеу құрылғысы (АБК) операторға қажетті ақпаратты оған ыңғайлы формада алып береді.

ТП БАЗ-дың басқарушы бөлігіне алыстан және автоматты басқарудың, қорғау мен блокировканы автоматты реттеудің қосалқы жүйелері кіреді. Бұл барлық қосалқы жүйелер бірінші ретті реттегіштері және жұмыс машиналары мен реттелуші арматураның электр жетектеріндегі коммутациялық аппараттары сияқты орындаушы мүшелеріне әсер етеді. Оператор жеке және топтық кілттер көмегімен блоктың жеке агрегаттарын алыстан басқаруды жүзеге асыра алады, қалған қосалқы жүйелер блок құрылғысына берілген логикалық бағдарламаларға сәйкес автоматты әсерді қамтамасыз етеді.

10.6-суретте көрсетілген сұлба ТП БАЗ-дың ақпаратты-басқарушы есептеу кешенімен (БЕК) орындалатын функция құрамын бейнелейді. Осы функциялар мен есептеу техникасының құралдарын пайдалану дәрежесін орындаудың орталықтандырылуы жағынан ТП БАЗ-дың құрылымын 3 вариантта бөліп көрсетуге болады. Бірінші вариант есептеу техникасы құралдарын тек ғана ақпаратты есептеу мақсаттарында, яғни орталықтандырылған жиын, өңдеу және ақпаратты тарату үшін пайдалануды қарастырады (10.7 а-сурет).

Ақпаратты-есептеу машинасында (АЕМ) өңделген ақпарат және есептелу жұмыстарының нәтижелері операторға хабарланып, оған энергоблокты басқаруда дұрыс шешімдер қабылдауға көмектеседі. Есептеу техникасын электр станцияларын басқару жүйелерінде қолдану осы варианттан басталды.

Екінші вариантта есептеу техникасының құралдарын ақпаратты – есептеу міндетін шешу үшін ғана емес, ал орталықтандырылған басқару мақсаттары үшін де қолданады (10.7 б-сурет), яғни ТП БАЗ құрылымында АЕМ-мен біртұтас кешенді құрайтын басқарушы есептеу машинасы (БЕМ) пайда болады. Басқарушы машина локальді автоматикалық реттегіштердің тапсырмасын (тағайыншамасын) өзгертеді, логикалық автоматтардың жұмысын үйлестіреді, басқару операцияларының орындалу барысын бақылайды және т.б. қызметтерді орындайды. Басқару операцияларының кейбір бөліктерін бұрынғысынша адам орындайды. Қазіргі уақытта электр станцияларының ТП БАЗ -де бұл құрылым кең қолданыс тапқан.



10.7-сурет. ТП БАЖ құрылымының варианттары

а – орталықтандырылған бақылау және орталықтандырылмаған басқару;
 б – орталықтандырылған бақылау және арагідік орталықтандырылған басқару;
 в – толық орталықтандырылған бақылау және басқару.

Толық орталықтандырылған ТП БАЖ-да энергоблокты оперативті басқарудың барлық функцияларын басқарушы есептеу кешені БЕК (БЕМ және АЕМ) орындайды, яғни мұнда есептеу техникасының мүмкіндігі толық пайдаланылады (10.7 в-сурет). Басқарушы машина есептеу техникасы құралдарының жоғары сенімділігінде энергоблокты басқару бойынша кез келген тапсырманы шешуге қабілетті. Оператор басқарудың белгілі операцияларын орындайды, сондай-ақ АЕМ-нің жұмысына араласу мүмкіндігі сақталады, яғни ТП БАЖ дың жұмысы адам – машина диалогі режимінде жүреді.

АӨ – ақпаратты өңдеу; Д – диспетчер; АБ – автоматты басқару; АР – автоматты реттеу; А – ақпарат; АЕМ – ақпаратты есептегіш машина; АБҚ – ақпаратты бейнелеу құрылғысы; ҚБ – қашықтықтан басқару; ҚР – қашықтықтан реттеу; ОП – оператор; БЕМ – басқаратын есептегіш машина; АЖО – автоматтандырылған жұмыс орны.

Біртұтас технологиялық функциялармен байланысқан жұмыс машиналары кіретін функционалдық топтар (ФТ) ТП БАЖ-дың негізі болып табылады. Функционалдық топ жұмыс машиналары және олардың жетектерінен және атқарушы құрылғылардан тұратын 1 – деңгейдегі басқару блоктарынан тұрады. ФТ технологиялық қорғаныстан, автоматты реттегіштен, оператордан және берілген бағдарлама бойынша операциялардың орындалуын қамтамасыз ететін 2 – деңгейдегі басқару жүйесінің логикалық бөлігінен оперативті командаларды қабылдайды.

ТП БАЖ-ды қолданудың техникалық-экономикалық тиімділігі. ЭЕМ-ның жоғары құндылығын ескере отырып, электр станциясын басқаруды автоматтандыру адам еңбегінің үлкен шығынын және қаржыны талап етеді. Бұл шығындар ТП БАЖ-ды қолдануда көрсететін технико-экономикалық тиімділікті ақтайды. Оларға тоқталып өтейік:

1) Энергетикалық жабдықтардың күйін жүйелі және сапалы бақылау есебінен және оперативті персоналдың әрекеттері, әсіресе апатты жағдайлар мен стационарлы емес режимдердегі қате әрекеттерді азайту есебінен энергоблоктар жұмысының сенімділігі артады;

2) Электр станцияның жұмыс режимін оңтайландыру, технологиялық процестерді сапалы реттеу, пайдалану барысында қалыпты режимнен ауытқулар болғанда берілетін сигналдау есебінен блоктар мен электр станциялардың жұмысының үнемділігі артады. Мұның бәрі отынның үнемделуіне алып келеді;

3) Көптеген блокты электр станцияларда 2 блокта 3 адамға дейін, ал бақылаушылар саны – 4-6 адамға дейін оперативті персонал саны азаяды;

4) Энергожабдықтардың жұмысының сенімділігі артып, жөндеуші персоналдың саны азаяды;

5) Энергоблоктардың іске қосылу уақытын шамамен 20-25 %-ға төмендету арқылы олардың икемділігі мен мобильділігі артады.

Оперативті қызмет көрсетудің ақпараттық және басқару функцияларын автоматтандыруға мүмкіндік беретін басқарушы есептеу кешенін пайдаланатын ТП БАЖ технико-экономикалық жағынан тиімді болады.

Мұндағы басты шарт, ол есептеу техникасы құралдарының жоғары сенімділігі болып табылады.

Қазіргі заманғы ЭЕМ-нің жұмыстық уақыты бірінеше жүз сағатты құрайды, егер қуатты энергоблоктарды басқару жүйелеріне қойылатын жоғары талаптарды ескерсек бұл уақыт аз болады. ТП БАЖ-дың сенімділігінің артуына келесі шаралар көмектеседі:

- а) ЭЕМ-сын және операторға ақпаратты беру құралдарын резервтеу;
- б) БЕК-тің қызметін үздіксіз өздігінен бақылау;
- в) жиынды децентрализациялау және ақпарат пен басқарудың өңделуі.

Энергетикада БАЖ-ды жетілдіру жұмыстары жалғасуда, яғни микропроцессорлық техниканы пайдалануды өңдеу және жаңа әмбебап ЭЕМ-ді меңгеру бойынша жұмыстар жүргізілуде. Объектімен байланыс жасау үшін аналогты және дискретті ақпаратты беру және жинау мақсатында агрегатты модульдердің комплектілері пайдаланылады.

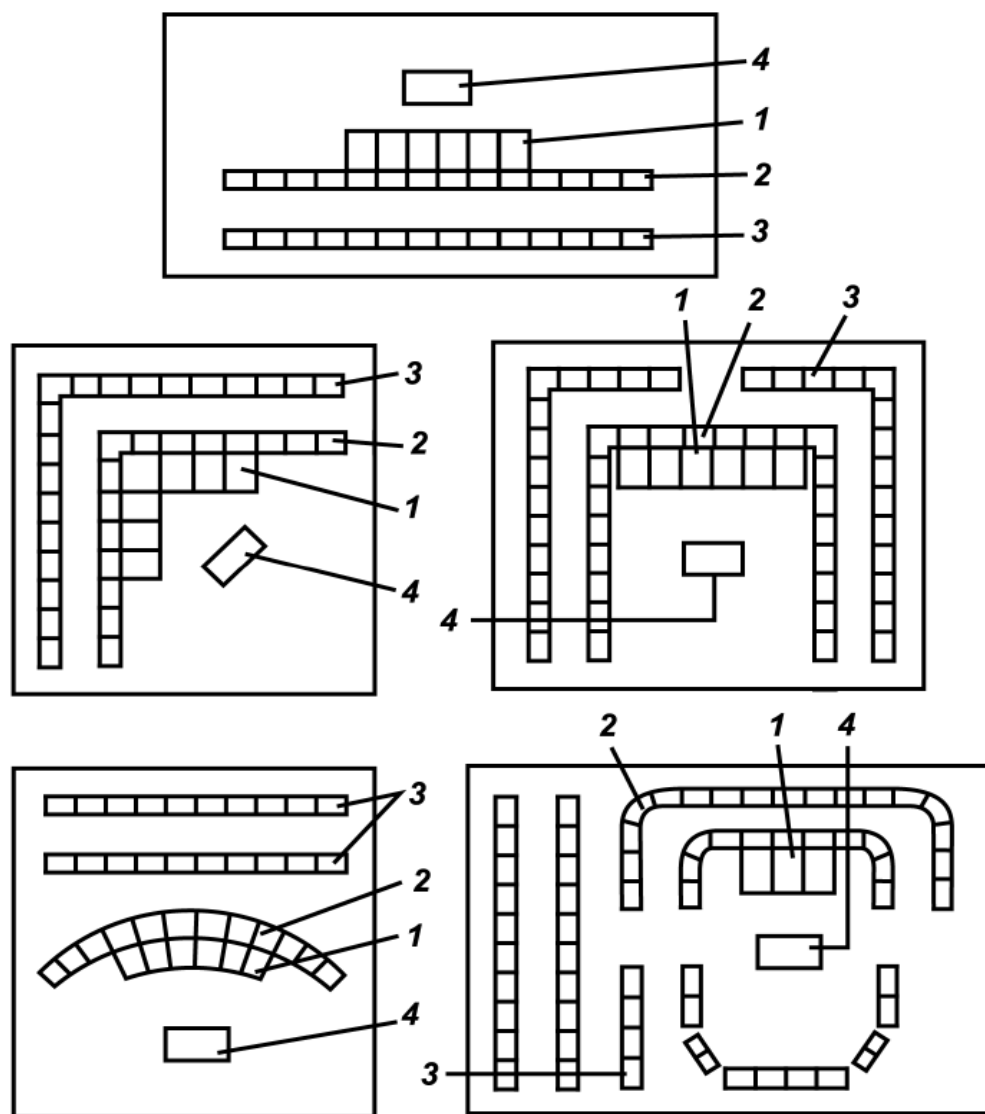
10.4 Басқару щиттері

Басқару щиттері электр станциялары мен қосалқы станциялардағы бақылау-өлшеу аспаптарын, басқару құрылғылары мен сигналдау қондырғыларын орнатуға арналған ереже бойынша жеке бөлмелерде жабдықталады.

Басқару щиттерінің құрылғылары және аспаптары басқару, бақылау және сигналдау тізбектері мен жүйелерін жасай отырып, басқарылатын және бақыланатын объектілерді бақылау кабельдерінің көмегімен жалғайды. Басқару щиттерінің орналасу орны және құрылысы, сондай-ақ щиттердегі кезекші персоналдың орындайтын қызметтері технологиялық үдерістерді басқарудың нақты электр қондырғысында қабылданған құрылымына (цехтық, блоктық, бөлімшесіз) байланысты болады.

Ережеге сәйкес, аз және орташа қуаттағы электр станцияларында басқарудың басты (ББЦ) және бірнеше агрегаттық щиттер (қазан, турбина, генератор және тағы басқалардың жергілікті щиттері) қолданылады. Электр станцияның негізгі агрегаттарын және жалпы электр станциясын басқаруды басты басқару щитіндегі кезекші инженер жүзеге асырады. Басты басқару щитінен энергетикалық жүйенің диспетчерімен оперативтік байланыс жүзеге асады.

Блоктық сұлба бойынша орындалған үлкен қуатты электр станцияларында басты (немесе орталық) басқару щитінен басқа екі аралас блокқа басқарудың бір блоктық щиттері (ББЦ) құрылады. Мұнда блоктық щиттің кезекші инженері блоктың барлық элементтерін (қазан, турбина, генератор, өзіндік мұқтаж жүйесі) басқарады және генераторлардың желіге қосылуын, олардың жүктемесінің жиыны мен реттелуі, генераторларды тораптан ажырату, т.б. операцияларды жүзеге асырады. Электр станциясының кезекші инженері электр станцияның жалпы жұмысын басқарады, атап айтсақ, жоғары кернеудегі тарату құрылғыларының коммутациялық аппаратураларын басқарады, энергетикалық жүйенің диспетчерімен байланыс орнатады және аса қажет апаттық жағдайларда блоктарды басқаруды өз міндетіне алады.



10.8-сурет. Басты (орталық) басқару щитіндегі панельдердің орналасу варианты
 1 – басқарудың пульт-панелі; 2 – басқару панелі; 3 – релелік қорғаныс, автоматты және тіркеу аспаптарының панелі; 4 – кезекші столы

Қосалқы станцияларда олардың қуатына, өлшеміне, күрделілігіне және мәніне байланысты басқарудың келесі құрылымдары қолданылады: тұрақты кезекші персоналды, тұрақты персоналсыз, персоналдың кезекшілігін ұйымдастыру.

Басқарудың бірінші құрылымындағы қосалқы станцияларда басқарудың басты щиті құрылады, одан кезекші персонал қосалқы станцияны басқаруды жүзеге асырады. Екінші және үшінші құрылымдарда басқару мен бақылау қызметтерінің көп бөлігі, қосалқы станцияларымен байланыс жолдары, телесигналдау және телебасқару арқылы байланысатын электр тораптарының кәсіпорындары мен аудандарының диспетчерлік пункттеріне беріледі.

Басқару щиттері стандартты тік панелдерден, сондай-ақ пульт-панелдерден жиналатын қандайда бір пішінді (тік сызықты, Г-тәрізді, П-тәрізді, жартылай шеңберлі), жинақты құрылым түрінде орындалады. Электр станцияларының басқару щиті орналасқан бөлмелерінде, әдетте кезекші персонал жағынан тұрақты бақылауды қажет етпейтін және басқару щиттері панельдерінің артында орналастырылған релелік қорғаныс пен автоматика панельдері қондырылады. Басқару щиттерінде панельдер орналасуының сипаттық варианттары 10.8-суретте көрсетілген.

10.5 Бақылау-өлшеуіш аппаратурасы

Электр станциялары мен қосалқы станцияларда электр шамаларын өлшеу – көрсетуші және тіркеуші өлшеу аспаптары, есептегіш, осциллографтар және арнайы өлшеуіш құрылғылары көмегімен жүзеге асырылады. Соңғы уақытта тар пішінді және цифрлық аспаптар кең қолданыла бастады. Өлшеуіш аспаптарының негізгі түрлерінің графикалық шартты белгісі 10.1-кестесінде келтірілген.

Өлшеулер көлемі электр қондырғысы жұмысының технологиялық режимінің талаптарымен анықталады және электр станциясының немесе қосалқы станцияның түріне, қуатына, мақсатына байланысты болады. Генераторларда статордың бір немесе үш фазасының токтары, статор кернеуі, жиілік, активті және реактивті қуаттар, қозу жүйесінің токтары мен кернеулері өлшенеді. Трансформаторларда әрбір ораманың бір фазасының токтары, сондай-ақ берілетін активті және реактивті қуаттары өлшенеді. Жинақтық шиналарда фаза аралық кернеулердің біреуі және жиілік өлшенеді.

Желілерде бір немесе үш фазалардың тогы, берілетін активті, ал кей жағдайларда реактивті энергия, активті және реактивті қуаттар (жоғары кернеудегі желілерде) өлшенеді. Секциялық және шинаны байланыстырушы ажыратқыштар тізбектерінде бір фазаның тогы бақыланады. Электр қондырғысында статордың бір фазасының тогы өлшенеді. Электр станциялары мен қосалқы станцияларда көрсетуші, тіркеуші аспаптар және айнымалы ток тізбектеріндегі оқшауламалардың күйі бақыланады және айнымалы ток тізбектеріндегі зақымданған орын анықталады. Автоматты жіберу мен тоқтату осциллографы электр қондырғысындағы өтпелі процестерді, соның ішінде қысқа тұйықталуды, генераторлардың асинхронды жүрісін, апаттар кезінде режимнің әр түрлі параметрлерін бекітуге, тұрақтандыруға мүмкіндік береді. Өтпелі процестің себебін, жүрісі мен салдарын тізбекті талдау кезінде бұл параметрлерді білу қажет.

Өлшеуіштік аспаптарының негізгі түрлерінің мемлекеттік белгілері (шартты түрде).

Өлшеуіш аспап	Белгіленуі		
	көрсетілуі	тіркеуші	интегралдық
Вольтметр			
Амперметр			
Частотметр			
Ваттметр			
Варметр			
Фазометр			
Синхроноскоп			
Есептегіш, ватт-сағат			
Есептегіш, вольт-ампер сағат реактивтік			

10.6 Айырғыштар мен ажыратқыштарды алыстан басқару

Электр станциялары мен қосалқы станцияларда ажыратқыштар алыстан басқарылады. Бірқатар қондырғыларда айырғыштармен жабдықталған электр қозғалтқышты немесе пневматикалық жетекпен алыстан басқару жүйесі енгізілген.

Айырғыштар мен ажыратқыштарды алыстан басқару үшін осы жүйедегі аппаратты басқаратын тұлға мынандай мағлұматтарды білу керек:

а) аппараттың күйі (қосылған, ажыратылған) туралы;
б) басқару тізбектерінің аппараттың күйін өзгертуге команда беруге дайындығы жөнінде;

в) аралық операцияларды орындау дұрыстығы жөнінде;

г) команданың орындалуы мен аппараттың жаңа жағдайы жөнінде.

Ажыратқышпен басқару жүйесі адамдар мен аппаратқа қауіп тудырмау үшін ажыратқыштың “секіру” мүмкіндігін, яғни тораптағы қысқа тұйықталуға оның

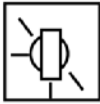
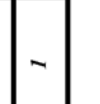
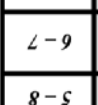
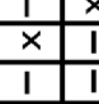
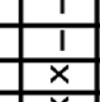
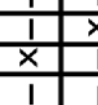
кездейсоқ қосылуы кезінде көп ретті қосылып-ажыратылуын болдырмау қажет. Осы себептен ажыратқыш жетегінде еркін ажыратылу механизмі болу керек.

Ажыратқыштың қосылу-ажыратылу командасы басқару кілтімен беріледі. Негізінен ҚБК (тұтқаның күйін қайтару және бекіту кілті) және КҚБК (кіші габаритті қайтару және бекіту кілті) түріндегі кілттер қолданылады. Кілттерді жеке түйіспелі пакеттерден жасайды. ҚБК түріндегі басқару кілтінің диаграммасы 10.9-суретте келтірілген.

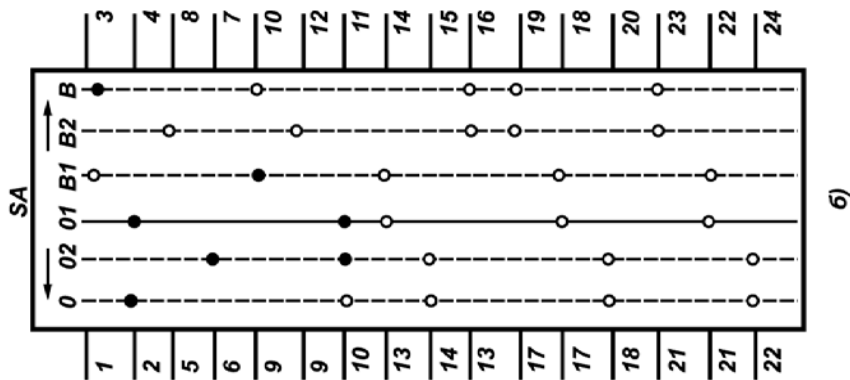
Электромагнитті жетекті және басқару тізбектерінің жарықты бақылаушы ажыратқышының басқару, бақылау және сигналдау тізбектерінің ашық сұлбасы 10.10-суретте көрсетілген. Мұндағы басқару, жыпылықтау жарығы, сигналдау, дыбысты апаттық сигналдау мен ажыратқыштардың жетектерін қосу шиналары БШ, ЖШ, СШ, ДАШ және ЖШ деп белгіленеді. НЛТ-жасыл лампаны, НЛС-қызыл лампаны, SQ1, SQ2, SQ3 – ажыратқыштың көмекші түйіспелерін, КМ-аралық түйістірігішті, YAT – өшіру электромагнитін, YAC – қосу электромагнитін білдіреді. Қосу электромагниттері өшіру электромагниттеріне қарағанда токты көп (ондаған және жүздеген ампер) тұтынады, сондықтан да ажыратқыштардың қосылу тізбегіне КМ аралық түйістірігіші енгізіледі, ол басқарудың аз токты тізбегін көп токты электромагнитті қосу тізбегінен бөліп тұрады. Ажыратқыштың өшірілген жағдайында жасыл лампа жанып тұрады, ол ажыратқыштың өшірілгенін және ажыратқыштың қосылуына тізбектің дайындығы мен дұрыстығын бақылайды. Қосылуға команда берілгенде басқару кілтінің 5-8 түйіспелері тұйықталады және қосу электромагнитінің орамасындағы тізбегін тұйықтай отырып, аралық түйістірігіш іске кіріседі. Ажыратқыш қосылады. Сонда оның көмекші түйіспелерінің жағдайы өзгереді, нәтижесінде қызыл лампа жанады да, ажыратқыштың өшірілуіне тізбек дайын тұрады. Егер қандайда бір себептен (релелік қорғаныс пен автоматиканың жұмысы немесе ажыратқыштың қосылу – ажыратылуы бойынша аралық операциялардың орындалуы) басқару кілті мен ажыратқыш күйлерінің арасында сәйкессіздік туып қалса, онда берілген уақытта ажыратқыштың ақиқат күйін көрсететін шам жыпылықтайды. Релелік қорғаныс әсерінен ажыратқыштың өшірілуі жасыл сигналдық шаммен де (жыпылықтап жанады), дыбыстық сигнал – апаттық сиренамен де бекітіледі. Мұнда, жыпылықтау жарығын жою, кілттің жағдайын ажыратқыштың жағдайына сәйкес ауыстыру арқылы жүзеге асырады.

ЖШ шиналарының үзілісті қоректенуін оперативті ток торабына қосылған арнайы релелік сұлба көмегімен жүзеге асырады.

Сигналдық шамдар тізбегіне, шамдар түйіспелерінің кездейсоқ тұйықталуы (жабылуы) кезінде басқару тізбектерінің жалған жұмысын болдырмайтын қосымша R резисторлары енгізіледі. Апаттық сирена тізбегіне түйіспенің екі жұбы енгізіледі, бұл тізбектегі басқару кілтінің бір күйде тұруына яғни тізбектің тұйықталуына мүмкіндік береді.

Шартты белгінің жағдайы	Тұтқалардың түрі және “ажыратылған” жағдайындағы пакеттердің алдынан қарағандағы схемасы	0 	1 	3 	6 	6 r 	10 r 	10 r 	21 									
Пакеттермен тұтқаның түрлері	D 124																	
0	Ажыратылған		Түйіспелер															
			1-3	2-4	5-8	6-7	9-10	9-12	10-11	13-14	14-15	13-16	17-19	17-18	18-20	21-23	21-22	22-24
0	Ажыратылған		—	X	—	—	—	—	X	—	X	—	—	X	—	—	—	X
B1	Алдын-ала қосылған		X	—	—	—	X	—	—	X	—	—	—	—	—	—	—	X
B2	Қосу		—	—	X	—	—	X	—	—	X	—	—	—	—	X	—	—
B	Қосылған		X	—	—	—	—	X	—	—	X	—	—	—	—	X	—	—
01	Алдын-ала ажыратылған		—	X	—	—	—	—	—	X	X	—	—	—	—	—	X	—
02	Ажырату		—	—	—	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	X

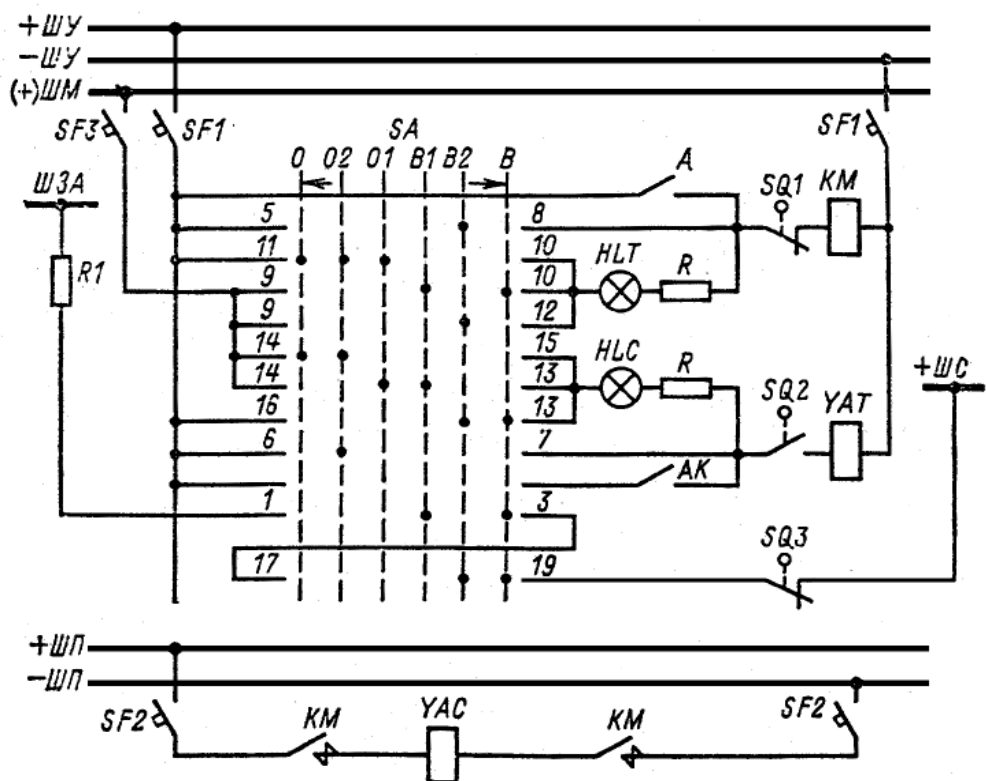
а)



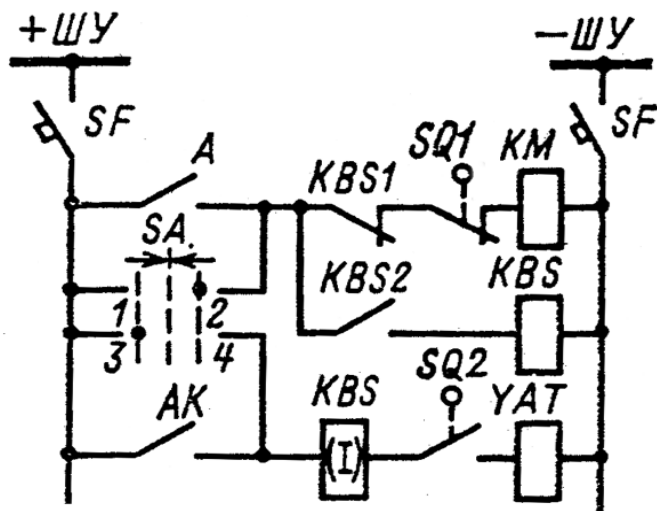
10.9-сурет. КБК түріндегі басқару кілтінің диаграммасы және шартты графикалық белгіленуі.

а) Кілттер диаграммасы (х-түйіспелер тұйықталған, "—" -түйіспелер ашық);

б) кілттің шартты графикалық белгіленуі



10.10-сурет. Басқару тізбектеріндегі жарықты бақылау ажыратқышының (ҚБК түріндегі кілтте) сигналдау және басқару сұлбасы



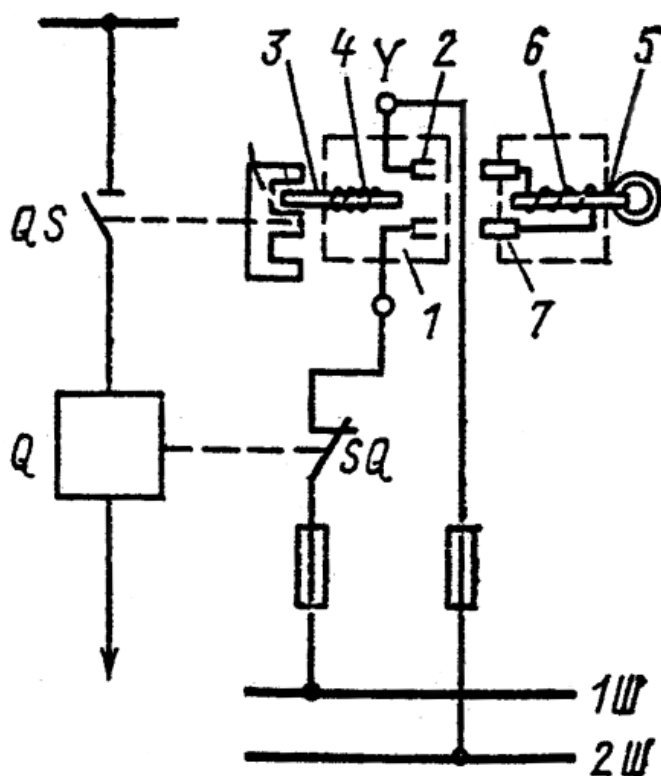
10.11-сурет. Ажыратқышты қысқа тұйықталудан электрлік блоктау сұлбасы

10.10-суретте көрсетілген сұлбада ажыратқыштың көп ретті қосылуынан блоктау механикалық принципте (ажыратқыштың көмекші түйіспелері, ажыратқыш толық қосылуынан бұрын тізбектің ажыратылуы болатындай етіп реттелген) орындалған. KBS релелі электрлік тізбектегі блоктау кең таралған (10.11-сурет). Оның екі тізбектей қосылған KBS (I-пен), параллель қосылған KBS орамасы бар және KBS1, KBS2 түйіспелерінің екі жұбы болады. Егер ажыратқыш басқару кілтімен (1-2 түйіспелері) ҚТ-ға қосылса, онда KBS (1) орамасының тізбегін және ажыратқыштың өшіру электромагнитін тұйықтай отырып, релелік қорғаныс іске кіріседі. KBS релесі КМ аралық түйістіргіш тізбегін үзіп және KBS орамасы арқылы реленің өздігінен ұстап қалу тізбегін жасай отырып іске кіріседі. Өшірілген ажыратқышты сұлба бастапқы күйге келгенше қосу мүмкін емес, ол үшін басқару кілтінің 1-2 түйіспелерін ашу керек.

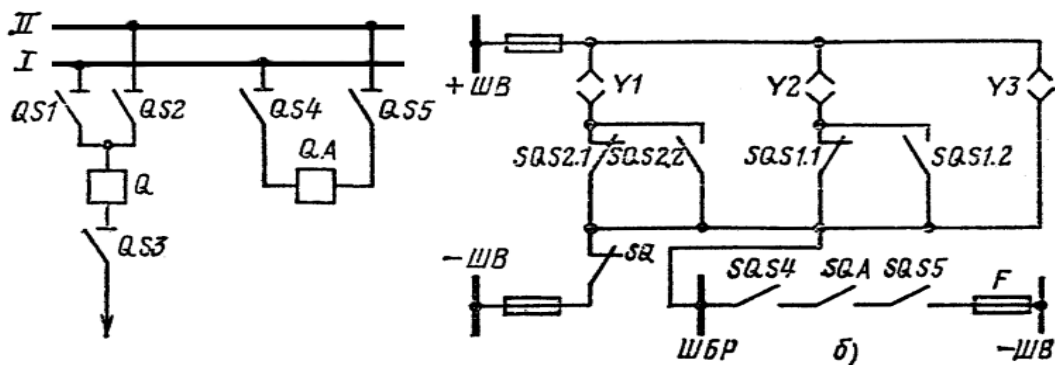
Энергетикалық жүйелерде майлы, ауалы және басқару жүйесі мен жетегі әр түрлі (фаза бойынша, үш фазалы, АҚҚ бар және АҚҚ жоқ) ажыратқыштардың сигналдауы мен басқарылуының көп санды сұлбалары қолданылады.

10.7 Ажыратқыштар мен айырғыштардың блокировкасы

Тоғы бар тізбекті айырғышпен қателесіп өшірген кезде, оның түйіспелерінде ашық электрлік доға пайда болады. Ол электродинамикалық күштердің әсерінен созылып, әдетте фазааралық қысқа тұйықталуларды тудырып, соның салдарынан электр қондырғысындағы апаттық жағдайға алып келеді. Тоғы бар тізбектерді айырғыштармен қателесіп өшіруді болдырмау мақсатында электр қондырғыларының ажыратқыштарымен олардың тізбегінде орналасқан айырғыштарды арнайы блоктармен жабдықтайды. Қалыпты блоктау тізбектің ажыратқышы қосылған кезде айырғыштарды қосу және ажырату операцияларына тыйым салады. Сонымен қатар, айырғыштардың жұмыстық және жерге қосылатын аяқтары өзара блокталады. Блоктаудың электромагниттік және механикалық екі түрі қолданылады. Электромагниттік блокировка электромагниттік құлыпты пайдаланумен орындалады (10.12-сурет). Электромагниттік құлып (1) корпустан, (2) түйіспелік ұяшықтардан, (3) бекітуші болат стерженьнен, (4) серіппеден тұрады. Құлып, стержень жетекті бекіте отырып айырғыштың рычагтық жетегіндегі арнайы қуыстарға кіре алатындай етіп қондырылады. Құлыпты бекіту үшін электромагниттік кілт пайдаланылады. Ол корпуста орналасқан қозғалмалы өзекшесі (5) және орамасы (6) бар электромагниттен тұрады. Ораманың аяғы құлып ұяшығына (7) кіретін штырге қосылған. Құлыпты бекіту үшін кілтті құлыпқа салып, электромагнит өзекшесінің басынан басу керек. Егер айырғышпен операция жасауға рұқсат етілсе, онда электромагнит орауышынан ток ағады және өзекше өзіне бекітуші стерженьді айырғыш жетегінің ілмегін босата отырып тартады. Одан әрі жетектің ілмегін тарта отырып, айырғыштың қосу немесе ажырату операцияларын жүргізеді.



10.12-сурет. Жинақтаушы шинасы бір жүйелі ТҚ-дағы айырғышты электромагниттік блоктау сұлбасы



10.13-сурет. Жинақтаушы шинасы екі жүйелі және көшпелі жерлестіргіші бар ТҚ-дағы айырғыштарды электромагниттік блоктау сұлбасы:
а – бірінші тізбек сұлбасы; б – блоктау сұлбасы.

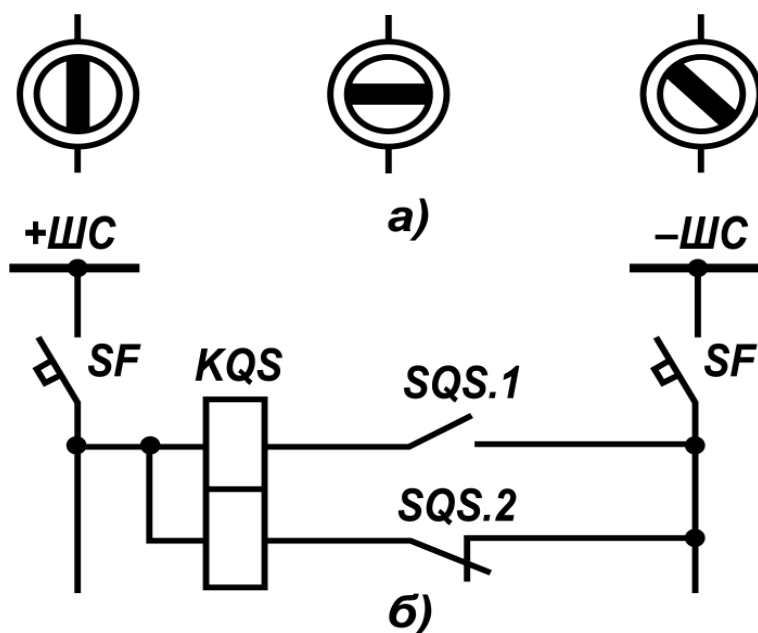
Екі жүйелі жинақтаушы шинасы бар электр қондырғыларындағы барлық байланыстарда екі шиналық айырғыштар болады. Бұндай қондырғыларда айырғыштар мен ажыратқыштарды блоктау бір шама күрделі. Ол екінші шиналық

айырғышы, сондай-ақ өз секциясының шина байланыстырушы ажыратқышы және оның айырғыштары қосылған кезде, бір шиналық айырғышпен операция жүргізуге қосымша мүмкіндік береді. Мұндай блоктау сұлбасы 10.13-суретінде көрсетілген, мұнда ШБР – айырғыш блоктаушы шинасы, SQS1, SQS2, SQS4, SQS5 – сәйкес айырғыштардың көмекші түйіспелері, Y1, Y2, Y3, – олардың электромагниттік құлыптарының ұяшықтары. Айырғыштарда стационарлы жерге қосылатын аяқшаларды қолданғанда екі жүйелі жинақтаушы шина сұлбасындағы блоктау одан да күрделі болады.

10.8 Сигнализация жүйелері

Электр станциялары мен қосалқы станцияларында әртүрлі мақсатта дыбыстық және жарықтық сигналдауды пайдаланады. Сигналдаудың мынадай түрлері бар: электр аппараттарының жағдайын ескертуші, апаттық, бекітуші, командалық.

Жағдайды ескертуші сигналдаушы айырғыштар мен ажыратқыштардың күйін көрсетеді және сигналдық шамдарды пайдалану арқылы орындалады (10.10-сурет). Қызыл шамның жануы ажыратқыштың қосылғанын, ал жасыл шам – ажыратылғанын көрсетеді.



10.14-сурет. Айырғыштың қалпын сигналдау

а – СА аспап көрсеткішінің ықтималдық жағдайы; б – сигналдау сұлбасы.

Айырғыштар жағдайын сигналдау екі орамасы бар U – үлгілі дыбыстық аспаптарды, (ДА), қозғалмалы якорь және оған байланысқан аспаптарды қолданумен жүзеге асырылады. Орама тізбегі айырғыштың көмекші түйіспелері арқылы тұйықталады. ДА аспаптары басқару щиттерінің панельдеріндегі мнемоникалық

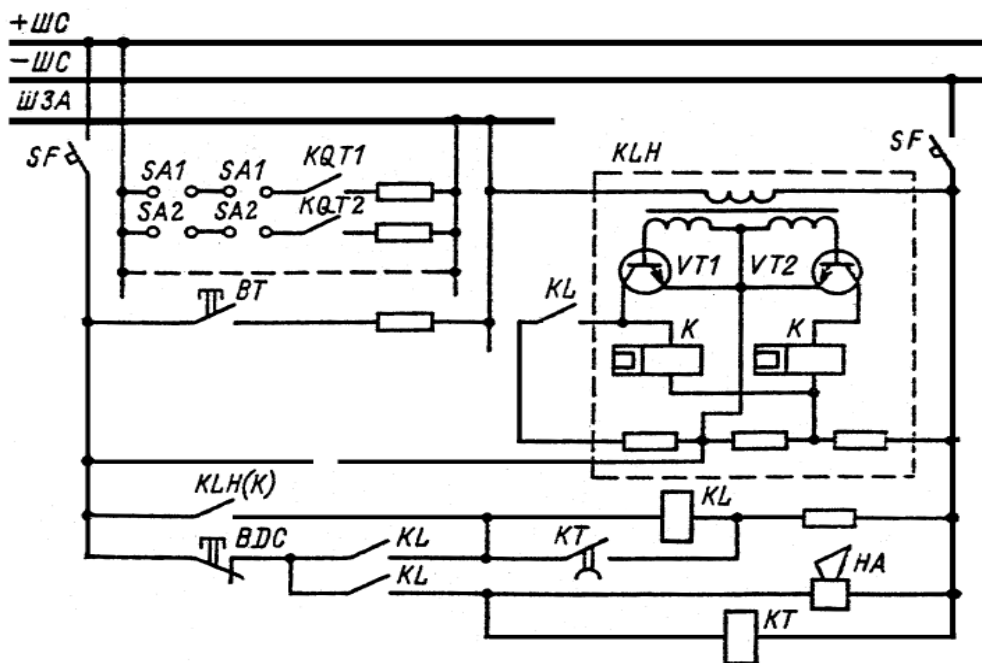
сұлбаға енгізіледі. ДА аспабының көрсеткіші (жолақша) үш жағдайда болуы мүмкін (10.14 а-суреті): айырғыш қосылып тұрған жағдайда мнемоника сызығының бойымен; айырғыш ажыратылып тұрғанда мнемоника сызығына перпендикуляр; аспап электромагнитінде тұрақты токтың жоқ кезінде немесе жойылып кеткенде мнемоника сызығы 45° бұрышпен орналасады.

Көрсеткіштің бір жағдайдан екіншісіне ауысуы айырғыштың қалпының өзгерісі арқылы жүреді, өйткені мұнда айырғыштың көмекші түйіспелері көрсеткіштің сәйкестік орамаларының тізбегін тұйықтайды.

Ескертуші сигнал электр қондырғы элементтері жұмысында қалыпты емес режимдердің (асқын жүктелу, температураның рұқсат етілмеген деңгейге дейін өсуі, тұрақты токтағы тізбек оқшауламаларының бұзылуы, оқшауланған немесе резонансты жерге қосылған бейтарабы бар тораптардағы жерге тұйықталу, оперативті ток кернеуінің жойылып кетуі немесе рұқсат етілмеген деңгейге дейін төмендеуі, оперативті тізбектердегі сақтандырғыштардың жанып кетуі, орындалатын операциялардың қателігі және т.б.) пайда болғандығы жөнінде ескертеді. Сигналдау (электр қондырғы үшін ортақ) дыбыстық дабылмен және жарықтық табло ретінде жеке (объектілер бойынша) жарық дабылдарымен орындалады. Орталыққа ескерту кезінде сигналды орталыққа түсіру, сигналды байқау және сақтандырғыштардың бүтіндігін бақылау тізбектері бар. Импульстік сигналдау релесінің (ИСП) арқасында сигналдаудың бір қалыпты емес режимі басқасымен беттескен жағдайда әрекеттердің қайталануы болады.

Апаттық сигналдау релелік қорғаныс әсерінен ажыратқыштардың ажыратылғаны жөнінде персоналға хабар береді. Мұнда орталық дыбыстық сигналы (сирена) және нақты қандай ажыратқыштардың (немесе ажыратқыш) ажыратылғанын көрсететін жеке жарық сигналдары пайда болады. Генераторлар мен трансформаторлар көп болатын қуатты электр станцияларда басты басқару щитінің өлшемі үлкен болғандықтан, кезекші персоналға көп санды панельдердегі жарықтық сигналдарды бақылау қиынға түседі. Осы жағдай үшін персоналға электр қондырғысының қай бөлігінде ажыратқыштың ажыратылғанын көрсететін қосымша жарықты бөлімшелік сигналдаушысы бар панельдер щитке орнатылады. ИСП–Э2М релесі бар апаттық сигналдаудың қарапайым сұлбасы 10.15-суретте көрсетілген.

Қандайда бір ажыратқыштың апаттық ажыратылуы кезінде, оның апаттық сигналдау тізбегі арқылы КЛН релесі кернеу трансформаторының біріншілік орамындағы тізбекке тұйықталады. Өтпелі үдерістен пайда болған ток екіншілік орамада ЭҚК-ін тудырады және VT2 транзистордың ашылуымен К полярланған релесіндегі оң полярлы орамасының тұйықталуына алып келеді. Соның нәтижесінде реле іске қосылып КЛ релесін жібереді, ол өз кезегінде ВДС түймесі арқылы өз түйіспелерінің біреуімен өздігінен блокталады, басқа түйіспемен НА сирена (дабыл) және КТ уақыт релесі тізбегін тұйықтайды, ал үшінші түйіспемен VT1 транзисторының коллектор – эмиттер тізбегін тұйықтайды, сонда полярланған реленің кері полярлық орамасына ток беріледі де және ол алғашқы жағдайға қайтып оралады.



10.15-сурет. ИСП-Э2М түріндегі импульстік реленің апаттық сигналдау сұлбасы

Сұлбаны толық блоктау KL релесінің орамасын шунттайтын KT релесінің түйіспесімен жүзеге асырылады. Мұнда дыбыстық сигнал өшеді және сұлба бастапқы жағдайына қайта оралады. ВДС түймелерін қолмен басып сұлбаны қайта іске қосуға болады. KLN релесі әсерінің қайталануы кез келген ажыратқыштың ажыратылуы кезінде бірінші ажыратқыштағы басқарудың теңестірілмеген кілтіндегі кернеу трансформаторының біріншілік орамасындағы кіріс кедергісінің мәнінің өзгеруімен және өтпелі үдеріс тоғы пайда болып, KLN релесінің қайта іске қосылуымен қамтамасыз етіледі.

Сигналдау сұлбасын байқау BT түймелерін басу арқылы жүзеге асырылады.

Жарықты табло көмегімен жүзеге асырылатын орнықтырмалы сигналдау электр қондырғысының жұмыс үдерісі кезінде қорғаныс пен автоматты жүйенің қандай типтері іске қосылғанын біледі. Бұл сигналдаудың жіберуші мүшелері ретінде релелік қорғаныс пен автоматты құрылғылардың шығыс тізбегіне қосылатын көрсеткіш электр релесі болып саналады. Сигналды қабылдау үшін автоматты құрылғысының немесе сәйкес қорғаныстық көрсеткіш релесінің жалаушасын көтеру қажет.

Командалық сигналдау әртүрлі орналасқан электр қондырғысының жұмыс орындарындағы (мысалы, басқару щитінде және машиналар залында) кезекші персоналға стандартты командаларды беруді қамтамасыз етеді. Сигналдау жарықтық табло көмегімен жүзеге асырылады. Қандай да бір команда берілгенде тарату, байланыс желілерінің соңындағы түйме басылады. Сонда, басқару пульттеріндегі тарату және қабылдау соңында бірдей табло жанады. Қабылдау соңындағы кезекші команданы қабылдап және байланыс желісінің екі соңындағы жарық таблоларын өшіре отырып сигналды түсіру түймесін басады.

10.9 Екінші ретті тізбектерді маркілеу және монтаждау принциптері

Ірі электр станциялары мен қосалқы станцияларда екінші ретті және оперативті тізбектерде мыс сымдары қолданылады. Қосалқы қондырғыларда алюминий сымдары пайдаланылады. Басқару щиттері мен панельдеріндегі тізбектерді монтаждау 500 В-қа оқшауланған бір талсыммен жүзеге асырылады. Объектілердің, щиттердің, панельдердің байланысы оқшауламасы 1000 В кернеуге арналған КСБ, КСБГ, КСРГ, КВРГ, КВГБГ, АКВПБГ маркалы көп талсымды жанбайтын бақылау кабельдерімен жүзеге асырылады. Ток тізбектері үшін кабельдердің минимальді қимасы төмендегідей түрде қабылданады: мыс – 2,5 мм², алюминий – 4 мм², ал кернеу тізбектері үшін сәйкесінше – 1,5 және 2,5 мм². Сымдар панельдерде тікелей (сымның астына электрокартон қойылады) немесе арнайы тіреулер көмегімен құрастырылады.

Бақылау кабельдері арналарда, қораптарда немесе арнайы металдық құрылымдарда орналасады. Жеке жағдайларда бақылау және күштік кабельдерді бір арнада орналастыру рұқсат етіледі.

Екінші ретті және оперативті тізбектерді монтаждау – аспаптар, реле, құрылғылар мен қосушы сымдардың өзара орналасуы көрсетілген монтаждық сұлбаларына сәйкес орындалады. Монтаждық сұлбаларда элементтердің әр түрлі маркіленуі мағыналық, цифрлық және аралас пайдаланылады. Мағыналық маркілеу кезінде элементтердің белгіленуі қысқа формада беріліп, сол элементтердің аттары мен монтаждық бірліктердің нөмері көрсетіледі.

Цифрлық маркілеу кезінде әр түрлі мақсаттағы тізбектер үшін нөмерлердің белгілі бір аймағы қалыптасады. Мысалы, 01-99 – релелік қорғаныс тізбектері; 101-199 және 201-299 – басқару тізбектері, 401-499 – ток трансформаторлары тізбегі, 601-699 – кернеу трансформаторлары тізбегі, 701-799 және 901-999 – сигналдау тізбегі, 801-899 – электромагниттік блокировка тізбектері.

Тізбектерді маркілеу, реле мен құрылғы орамалары немесе түйіспелері арқылы өткенде сұлбадағы тізбек бөлімшелерін нөмірлеу бірлікке өзгерегіндей етіп жүргізіледі.

Басқару щиттері мен панельдеріндегі екінші ретті және оперативті тізбектерінің ауысу жинағы тізбектің қайдан пайда болатындығын көрсететін маркіде болады. Бақылау кабельдерінің соңына биркалар ілінеді. Биркада кабельдің нөмірі, сондай-ақ сол кабель арқылы жалғанатын электр қондырғылары элементтерінің монтаждық маркілері көрсетіледі.

10.10 Оперативті тоқты қалыптастыру (орнату)

Электр станциялары мен қосалқы станциялардың жұмыс режимін реттеу, басқару, сигналдау релелік қорғаныс пен автоматика үшін көптеген көмекші электр құрылғылары мен механизмдері қолданылады. Осы барлық оперативті құрылғылар мен механизмдер энергияны оперативті ток көздері деп аталатын арнайы қоректену

көздерінен алады. Аталған құрылғылар мен механизмдерді қоректендіретін электр тізбектері оперативті тізбектер, ал қоректену сұлбасы – оперативті ток сұлбасы деп аталады. Оперативті тізбектер және олардың қоректену көздері сенімді болуы керек, өйткені олардың жұмысының бұзылуы электр қондырғыларында күрделі апаттарға алып келуі мүмкін.

Оперативті ток көздері тәуелді және тәуелсіз болып бөлінеді. Тәуелді оперативті ток көздері электр қондырғысының біріншілік тізбегінің жағдайына және жұмыс режиміне тәуелді болады. Оперативті токтың тәуелсіз көздері ретінде аккумуляторлық батареялар, дизель – генераторлы және турбореактивтік агрегаттар алынса, ал тәуелді көздерге қозғалтқыш генераторлы агрегаттар (тұрақты токтағы генератор және асинхронды қозғалтқыш), ток пен кернеуді өлшеу трансформаторлары, өзіндік мұқтаждық трансформаторлары жатады.

Оперативті тізбектер тұрақты және айнымалы токта жұмыс жасайды. Кей жағдайларда түзетілген ток пайдаланылады.

Электр станциялары мен ірі қосалқы станцияларда аккумулятор батареяларынан алынатын тұрақты оперативтік ток кең қолданылады. Тұрақты оперативтік токтың кең қолданылуы негізінен тұрақты токты пайдаланатын электр қондырғыларындағы электромагниттік механизмдердің қарапайым және жұмыста сенімді болып келетіндігінен және айнымалы токты пайдаланумен салыстырғанда сипаттамаларының дұрыстығымен түсіндіріледі.

Аккумулятор батареяларын тұрақты оперативті ток көзі ретінде пайдалану электр қондырғысындағы айнымалы кернеудің төмендеуімен және жойылып кетуімен бірге жүретін бірінші ретті тізбектердегі кез келген ақаулар мен апаттарда оперативті тізбектерді қоректендіруді жүзеге асыратын тәуелсіз көзді керек етумен түсіндіреді. Бұл жүйелік апаттар кезінде өте маңызды болады. Сонымен қоса аккумулятор батареяларының оперативті ток көзі ретінде пайдалануда төмендегідей кемшіліктер туындайды: пластинкаларды дайындағанда дефицит мырыштың көп шығындалуы, бағасының қымбаттылығы және пайдалану кезіндегі кететін көп шығындар, ауа алмасуы бар аккумуляторлық бөлмелердің, арнайы қызмет көрсететін персоналдың қажеттілігі. Ірі электр станциялары мен қосалқы станциялардың қондырғыларының тұрақты токпен бір орталықтан жабдықталуы, оперативті токтың созылмалы және тармақталған желісін құру қажеттілігіне алып келеді. Бұл оның жұмысының сенімділігін төмендетеді.

Осы жағдайларды ескере отырып, мүмкіндігінше аккумуляторлық батареялардың орнына, арзанға түсетін айнымалы оперативті ток қондырғысын қолдануға ұмтылу керек. Ол сенімділігі бойынша аккумуляторлық батареялар қондырғысынан кем емес.

Қазіргі уақытта айнымалы оперативті ток көздері жүктелген және серіппелі жетегі бар ажыратқыштармен жабдықталған электр қондырғыларында қолданыс табуда.

Аккумуляторлық батареялар, оперативтік тізбектерден қоректенудің жоғары сенімділігі және ажыратқыштардың электромагниттік жетегін басқару үшін едәуір қуат қажет болатын ірі электр станциялары мен қосалқы станцияларында қолданылып келеді. Сонымен бірге аккумуляторлық батареялардан сенімді

қоректенуді талап ететін бірқатар басқа да тұтынушылар қоректенеді. Атап өтсек, жылу электр станцияларында аккумуляторлық батареялардан апаттық жарықтану және турбинаның резервтік майсорғыштары қоректенеді. Көп санды агрегаттары бар және ғимараты айтарлықтай көлемді қуатты блоктық электр станцияларында бірнеше аккумуляторлық батареялар орналастырылады. Олардың әрқайсысы бір-екі агрегаттардан тұтынушыларды қоректендіреді, бұл тұрақты ток торабын жеңілдетеді және оперативтік тізбек арқылы қоректену сенімділігін жоғарылатады.

10.11 Тұрақты оперативтік ток көздері мен сұлбалары

Электр станциялары мен қосалқы станцияларда тұрақты оперативтік ток көздері ретінде қорғасын қышқылды немесе сілтілі темір-никельді аккумуляторлық батареялары қолданылады. Соңғысын электр станциялары мен қосалқы станцияларда сирек қолданады, сондықтан ары қарай қорғасын қышқылды аккумуляторларды қарастырумен шектелеміз.

Қорғасын қышқылды аккумулятордың құрылысы. Аккумулятордың негізгі бөліктеріне электродтар, электролит, сепараторлар және ыдыстар жатады.

Оң электрод есебінде қорғасыннан құйылған немесе штампталған пластиналар қолданылады. Пластиналар қабырғаларының саны көп болғандықтан, оның сыртқы өлшемі бойынша анықталған бетінен жұмыс беті 8 есе үлкен болады. Теріс электрод есебінде көбінесе қорапша түріндегі пластиналар қолданылады. Үлкен ұяшықты тор түріндегі бұл пластиналардың керегесін құрамына 4-12 % сурьма қосылған қорғасын ерітіндісінен жасайды. Сурьма тордың беріктігін арттырады және пластинаның тат басуын азайтады. Торға қорғасын қышқылы және қорғасын ұнтағынан тұратын активті материал жағылады. Активті масса түспеуі үшін теріс пластиналарды 2 жақтан жұқа перфорланған қорғасындық беттермен жабады.

Пластиналарды үш түрлі өлшемде жасайды: И-1, И-2, И-4. И-1 түріндегі пластинаның беті мен көлемінен И-2 пластинасының беті мен көлемі 2 есе, ал И-4 пластинасы 4 есе көп болады.

Пайдалану нәтижесінде жиналған аккумуляторды арнайы өңдейді, нәтижесінде оң пластинада PbO_2 (қоңыр түсті) қорғасын тотығы, ал теріс пластинада – Pb (ашық – сұр түсті) кеуекті қорғасын пайда болады. Зарядталған аккумулятор электроды массасының құрамы осындай болады.

Электролит дегеніміз тазартылған судағы таза күкірт қышқылының ерітіндісі (ГОСТ-667-73) болып табылады. Зарядталған аккумуляторда электролиттің тығыздығы 200С да 1,20-1,21 г/см³ болуы керек, ал разрядтау соңында – жобамен 1,145 г/см³ тең.

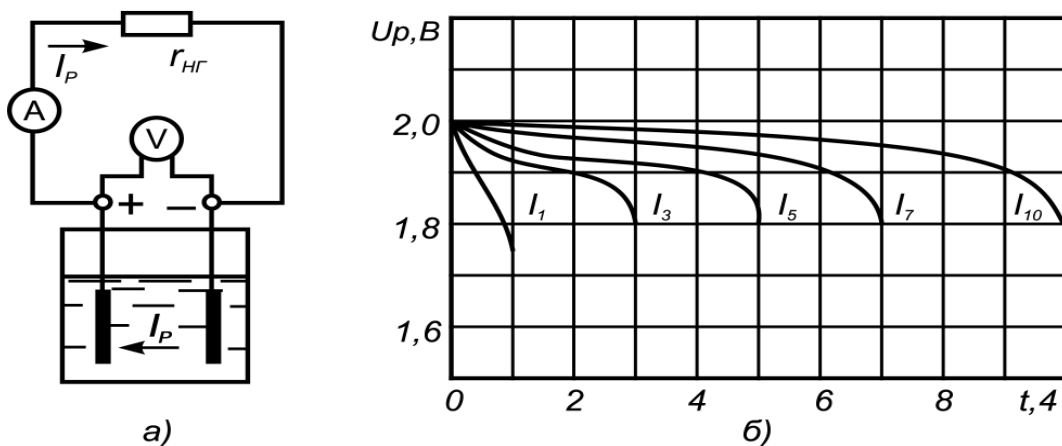
Сепараторлар – бұл аккумулятордағы теріс және оң пластиналар арасындағы оқшауланған бөлгіштер, олар пластиналардың тұйықталуына жол бермейді, сонымен қатар активті массалардың түсуіне кедергі жасайды.

Кіші аккумулятордың ыдыстары шынылы немесе эбониттік, ал үлкен аккумулятордың ыдыстары іші қорғасындалған ағаштан жасалады. Ыдыстағы пластиналардың түрлері мен саны аккумулятордың сыйымдылығымен анықталады.

Зақымданудың алдын алу үшін беттік оң пластиналардың екі жағы да бірдей жұмыс істеуі керек. Сондықтанда аккумуляторда теріс пластиналардың саны оң пластиналар санынан бірге артық етіп алынады. Бірдей полярлы пластиналар блоктарға жалғанады, ол үшін пластинаның полюстік кесінділері қорғасындық жалғану жолақтарына біріктіріледі. Пластиналар блогі өздеріне ілінген сепараторларымен бірге ыдыста орнатылады. Аккумуляторларды батареяларға элемент аралық жалғану жолақтарының көмегімен іске асырылады.

Қорғасын қышқылды аккумуляторлардың жұмысы. Аккумулятор электрохимиялық процестерден пайда болатын тұрақты токтың химиялық көзі болып табылады. Аккумуляторды зарядтаған кезде электр энергиясы химиялық энергияға, ал разрядталған кезде керісінше, химиялық энергия электр энергиясына түрленеді. Аккумулятордағы энергия шығынының салдарынан зарядтау кезіндегі берілген энергияны разрядтау кезінде ала алмаймыз. Аккумулятор сыйымдылығымен, ЭҚК, зарядтау және разрядтау токтарымен сипатталады.

Сыйымдылық, яғни зарядталған аккумулятор толық бере алатын ампер – сағаттардағы электрлендіру өлшемі, аккумулятордағы пластиналар саны мен өлшеміне, электролиттің температурасы және разрядтау тогына тәуелді болады.



10.16-сурет. Қорғасын қышқылды аккумуляторды разрядтау

а – разряд сұлбасы, б – өзгермейтін токпен 1,3,5,7 және 10 сағат разрядтау кезіндегі аккумулятор кернеуінің өзгеруі.

Аккумулятордың номиналды сыйымдылығы деп оның 10 сағаттық разрядтау кезіндегі және электролиттің температурасы $+250\text{ }^{\circ}\text{C}$, ал тығыздығы $1,21\text{ г/см}^3$ номиналдық мәндеріндегі сыйымдылығын айтамыз.

Ішкі тізбегі ашық кезінде аккумулятордағы кернеудің мәніне сан жағынан тең қайтымды (E_0) ЭҚК -ін және ішкі тізбегі тұйықталған, яғни зарядтау мен разрядтау режимдеріндегі динамикалық (Един) ЭҚК-ін аккумуляторларды ажыратып білу керек. Бұл ЭҚК-тері төмендегі қатынаста байланысқан:

$$E_{дин} = E_0 \pm E_{п}, \quad (10.2)$$

мұндағы $E_{п}$ – поляризация ЭҚК;

Зарядтау кезінде

$$E_{\text{дин}} = E_O + E_{\text{П}}. \quad (10.3)$$

Разрядтау кезінде

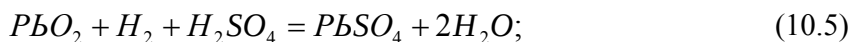
$$E_{\text{дин}} = E_O - E_{\text{П}}. \quad (10.3)$$

Қайтымды ЭҚК негізінен ыдыстағы электролиттің орташа тығыздығына тәуелді болады. Аккумуляторды разрядтаудың әр түрлі деңгейлерінде ол кіші шамаға өзгереді (2,02-2,05 В), сондықтан аккумулятордың зарядталу дәрежесінің критериясы болып қызмет ете алмайды.

Динамикалық ЭҚК-інің мәні, активті массаның шығын дәрежесіне және электролиттің тығыздығына тәуелді болады, ал пластина өлшеміне тәуелді емес. Аккумуляторды зарядтау мен разрядтау кезінде бұл ЭҚК-і үздіксіз өзгереді.

Аккумуляторды разрядтау кезінде оның ішіндегі ток катодтан анодқа бағытталған (10.16-сурет). Сутегінің оң иондары анодқа қарай, ал SO_4 қышқыл қалдығының теріс иондары катодқа қарай жылжиды. Бұл кезде анодтағы қорғасын тотығы PbO_2 катодтағы қорғасын сульфатына PbSO_4 айналады.

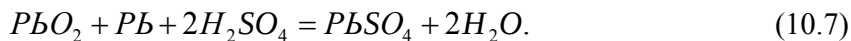
Анодтағы реакция:



Катодтағы реакция:



Разрядтың толық реакциясы:



Сонымен, аккумуляторларды разрядтау кезінде күкірт қышқылы шығындалады және су жеке бөлінеді, сондықтан электролит тығыздығы төмендейді. Пайда болған қорғасын сульфатының көлемі және электрлік кедергісі қорғасын немесе қорғасын тотығына қарағанда үлкен болады.

Аккумуляторды әртүрлі токтармен разрядтауға болады. 10 сағаттық разрядталу тоғы қалыпты разрядталу болып саналады, мұнда толық зарядталған аккумулятордағы энергия 10 сағатқа жетеді. Аккумулятордың кернеуі мынаған тең:

$$U_p = E_{\text{дин}} - I_p \cdot r_{\text{Вм}} \quad (10.8)$$

мұндағы, I_p – разрядтық ток, А;

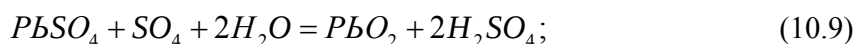
$r_{\text{Вм}}$ – аккумулятордың ішкі электрлік кедергісі, Ом.

Аккумулятордың ішкі кедергісі электродтағы қорғасын сульфатына тәуелді болады және аккумуляторды разрядтау өлшемі бойынша өседі. Зарядталған аккумулятордың активті кедергісі аз (бір Ом-ның мыңнан, он мыңнан бір үлесі) болады.

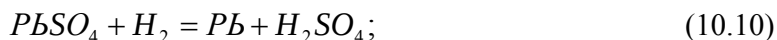
Аккумулятордың номиналды кернеуі деп толық зарядталған аккумуляторды 10-сағаттық разрядтау кезіндегі кернеуді айтамыз. Қорғасын қышқылды аккумулятордың номиналды кернеуі 2 В-ты құрайды.

Аккумуляторды зарядтау кезінде оның ішіндегі ток анодтан катодқа бағытталған (10.17 а-сурет). Сутегінің оң иондары катодқа қарай, ал қышқыл қалдығының теріс иондары анодқа қарай жылжиды.

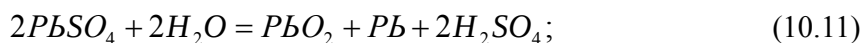
Анодтағы реакция:



Катодтағы реакция:



Зарядтың толық реакциясы:

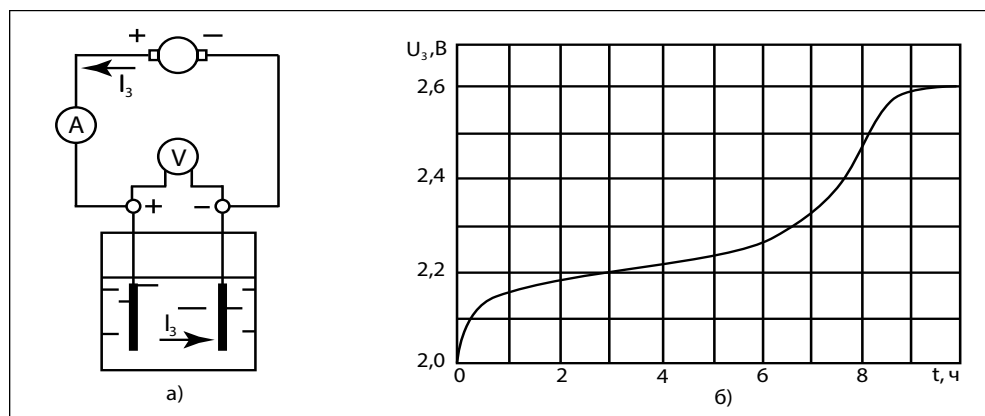


Бұдан, зарядталу кезінде су шығынынан электролит тығыздығы жоғарылайтыны анықталды.

Зарядталу кезінде аккумулятор қышқыштарындағы кернеу мынаған тең:

$$U_3 = E_{дин} + I_3 \cdot r, \quad (10.12)$$

мұндағы, I_3 – зарядтық ток.



10.17-сурет. Қорғасын-қышқылды аккумулятор заряды

а – заряд сұлбасы; б – шамалары бойынша өзгермейтін токтармен зарядтау кезіндегі аккумулятор кернеуінің уақытқа тәуелді өзгеруі.

Өзгермейтін токпен аккумуляторды зарядтау кезінде зарядтау құрылғысының кернеуін жайлап өсіру керек. 10.17 б-суретінде аккумуляторды зарядтау кезіндегі тоғын 8-сағаттық разрядтау тоғына теңестірілген кездегі кернеудің өзгеру қисығы келтірілген. Зарядтау барысында күкірт қышқылының концентрациясы пластинада тез өседі, соның себебінен аккумулятордың динамикалық ЭҚК-і артады. Сондықтан зарядтау құрылғысының кернеуін 2,1-2,15 В-қа дейін көбейтуге тура келеді. Одан әрі күкірт қышқылының диффузиялануы нәтижесінде аккумулятордағы процесс тұрақталады және кернеудің шамасы 2,3 В-қа дейін өседі.

Зарядтың соңғы кезеңінде аккумуляторға берілетін кернеуді тағы өсіру (2,5-2,7 В-қа дейін) керек. Бұны былайша түсіндіруге болады, заряд соңындағы зарядтық токтың әсерінен судың электролизі басталады, яғни катодта реакцияға кіріспеген сутегі H_2 , ал анодта келесі реакцияның есебінен алынған атомарлық оттегі бөлініп шығады:



Сонымен, зарядтау соңында аккумулятор бөлмесінде жарылысқа қауіпті газ түзеледі, оны аккумуляторлық бөлмеде қызмет көрсету кезінде ескеру керек. Аккумуляторда газ бөлінуін (қайнауын) азайту және зарядтың тиімді режимін алу үшін зарядтау процесінде зарядтық токты тізбектеп төмендету керек, яғни ол зарядтау соңында максимальды рұқсат етілетін зарядтау тоғының 40% құрау қажет. Зарядтау соңындағы бір сағат ішінде аккумулятор кернеуі 2,5-2,75 В шегіне жетсе және электролиттің тығыздығы 1,20-1,21 г/см³ болып, күшті газ бөлінсе, онда зарядтау процесін аяқтауға болады. Аккумуляторды қалыпты зарядтағанда, соңғы разрядқа қарағанда электрлендіру (ампер-сағат) мөлшерін 15-20 %-ға көп алу керек.

Аккумуляторларды дайындау зауыты жұмыс режимін оның күтімі бойынша нұсқауға сәйкес дұрыс жүргізген жағдайында ғана, ұзақ уақыт қызмет көрсетуіне кепілдік береді.

Электр станцияларында орнатылған аккумуляторлық батареялардың нақты сыйымдылығын анықтау үшін оларға 1-2 жылда 1 рет бақылау разрядын жүргізу керек. Қосалқы станцияларда бақылау разрядтары қажет болған жағдайларда ғана орындалуы керек.

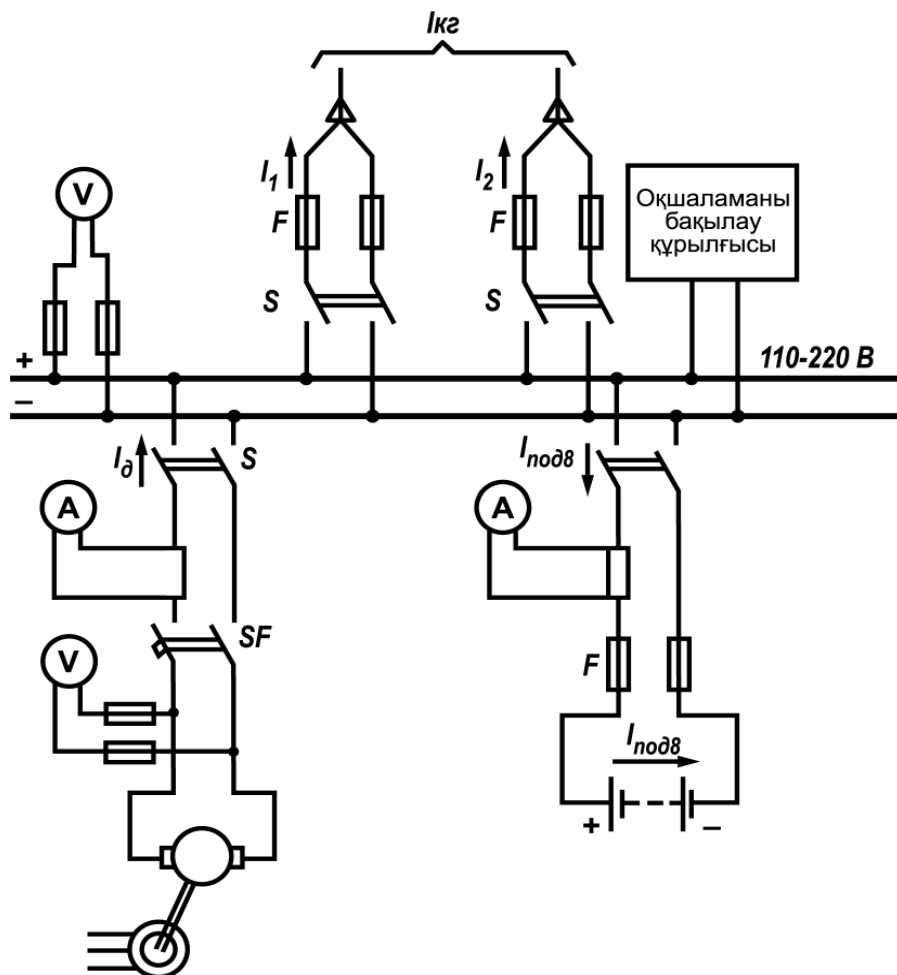
Аккумуляторлық батареялар күкірт қышқылы мен буы сонымен бірге жарылу және өртке қауіпті газдың бар екендігіне негізделген талаптарды ескере отырып жабдықталған, арнайы бөлмелерге орналастырылады.

Тұрақты зарядталу арқылы жұмыс істейтін аккумуляторлық батареялардың жалғану сұлбалары. Электр станциялары мен қосалқы станциялардағы аккумуляторлық батареялар әдетте тұрақты зарядталу режимінде жұмыс істейді. Зарядтық агрегат оперативтік ток торабына тұрақты қосылған электр қабылдағыштарын (сигналдық шамдар, әртүрлі реле, түйістіргіштер орауыштары және т.б.) қоректендіреді, сонымен бірге аккумуляторлық батареялардың өздігінен разрядталуын өтемдей отыра зарядтайды.

Тұрақты зарядталу арқылы жұмыс істейтін аккумуляторлық батареялардың қарапайым қосылу сұлбасы 10.18-суретте көрсетілген. Зарядтық генератор

(немесе кернеудің ауытқуын $\pm 2\%$ -дан асырмай шиалардағы кернеуді автоматты тұрақтандыратын түзеткіш қондырғы), батарея және жүктеме тұрақты ток шиаларына қосылған. Қалыпты жағдайларда қондырғының жинақтаушы шиаларындағы кернеу тұрақты ток торабындағы номиналды кернеуден 5% -ға жоғары болады.

Шығатын желі және батареялар тізбектерінде S рубильниктер және F балқымалы сақтандырғыштар, ал зарядтық генератор тізбегінде асқын жүктеме және қысқа тұйықталу кезінде генераторды ажырату үшін, сонымен бірге генератордың қозғалтқыш режиміне өтуіне қолданылатын рубильник S пен автоматты ажыратқыш SF орнатылған.



10.18-сурет. Тұрақты зарядталу арқылы жұмыс істейтін аккумуляторлық батареялардың қарапайым қосылу сұлбасы

Батареялардың өздігінен разрядталу дәрежесіне тәуелді зарядталу тоғы $I_{зар} = (0,01, 0,03) N_2$ -ден кем болмауы керек, мұнда N_2 – аккумулятор нөмері.

Ұзақ уақытты жүктемелерден басқа, көбінесе орын алатын, ажыратқыштардың

электромагниттік жетегіндегі ораушы тұтынатын токтарға негізделген қысқа уақытты есепті шындық жүктемелер де болады. Бұл шындық жүктемелерді негізінен аккумуляторлық батареялар қабылдайды, өйткені оның сыртқы сипаттамасы тұрақты ток генераторына қарағанда, көбірек жатық болады. Бұл кезде тұрақты токтағы қондырғы шиналарындағы кернеу аз ғана (әдетте, 10 % тен көп емес) өзгереді.

Электр қондырғысында айнымалы токтағы кернеудің шығынына алып келетін апаттар болған кезде зарядтық агрегат ажыратылады және аккумуляторлық батареялар тұрақты ток торабындағы барлық тұтынушыларды қоректендіреді. Бұл жағдайларда шындық жүктемені қосқан кезде тұрақты токтағы қондырғы шиналарындағы кернеу 20 %-ға дейін төмендеуі мүмкін. Апатты жойып, айнымалы токтағы электрмен жабдықтауды қалпына келтіргеннен кейін оперативтік ток торабына үздіксіз қосылған жүктемені қоректендіретін және батареяларды зарядтайтын зарядтық агрегаттар іске қосылады. Зарядтау біткеннен кейін тұрақты зарядталу режиміне ауыстырылады.

Зарядтық агрегат қуаты разрядталған аккумуляторлық және батареяларды 6-8 сағат бойы толық зарядтау және тұрақты ток торабындағы барлық электр қабылдағыштарын бір уақытта қоректендіру үшін жеткілікті болу керек.

Көп электр қондырғыларында тек ғана батареялардың зарядталуына және тұрақты жүктеменің қоректенуіне есептелген зарядтау (үлкен қуатта) және зарядталу (кіші қуатта) агрегатының қолданылуы экономикалық тиімді болады. Зарядтау және зарядталу агрегаттары сапасында өздігінен қозатын тұрақты токтағы генераторлар қолданылады.

Пайдалану деректері бойынша батареяны зарядталған күйінде ұстап тұру үшін әрбір аккумулятор батареялары қысқыштарына $2,2 \pm 0,05$ В есебімен тұрақты кернеу берілуі керек, бұл кезде зарядталу тоғы өзіндік разрядталу дәрежесі өзгерген кезінде автоматты реттеледі. Сондықтанда тұрақты зарядталумен жұмыс істейтін (10.18-сурет) батареялардағы аккумуляторлардың саны мынандай болу керек:

$$n = \frac{U_{III}}{2,2}, \quad (10.14)$$

мұндағы, U_{III} – тұрақты ток шиналарындағы кернеу, В.

Қалыпты жағдайда шиналарды қондырғының орнықты тұрақты ток кернеуін ұстап тұру үшін көбінесе, элементтік коммутаторға әсер ететін және шиналарға қосылған аккумуляторлардың санын өзгертетін автоматты жүйеге қолданады.

Тұрақты зарядталумен жұмыс істейтін батареялар пластинасын 3 айда бір рет, барлық элементтердегі электролит тығыздығы 1,2-1,21 г/см³ шамасына жеткенге дейін 2,3-2,35В кернеумен зарядтайды. Зарядталу ұзақтығы батареяның күйіне байланысты болады және ол 6 сағаттан кем болмауы керек. Сонымен бірге, қосалқы станцияларда 3 айда 1 рет батареялардың жұмыс қабілетін итеру жүктемелері кезіндегі қауіпсіз кернеудің рұқсат етілетін төмендеуінің критериясы бойынша (аккумуляторда 0,4В-тан көп емес) тексереді.

Оперативті тізбектердің қоректену сұлбалары. Электр станциялары мен қосалқы

станциялардағы тұрақты ток тұтынушылары территория бойынша бір-бірінен алыстатылуы мүмкін. Сондықтан да бір аккумуляторлық батареяны орнату кезінде зақымдалуы мүмкін болған ұзартылған және тармақталған оперативті ток торабын құру керек. Ондай тораптардың сенімділігін жоғарылату былай жүргізіледі:

- Әр түрлі тұтынушыларды қоректендіру үшін жеке электр тораптарын салу;

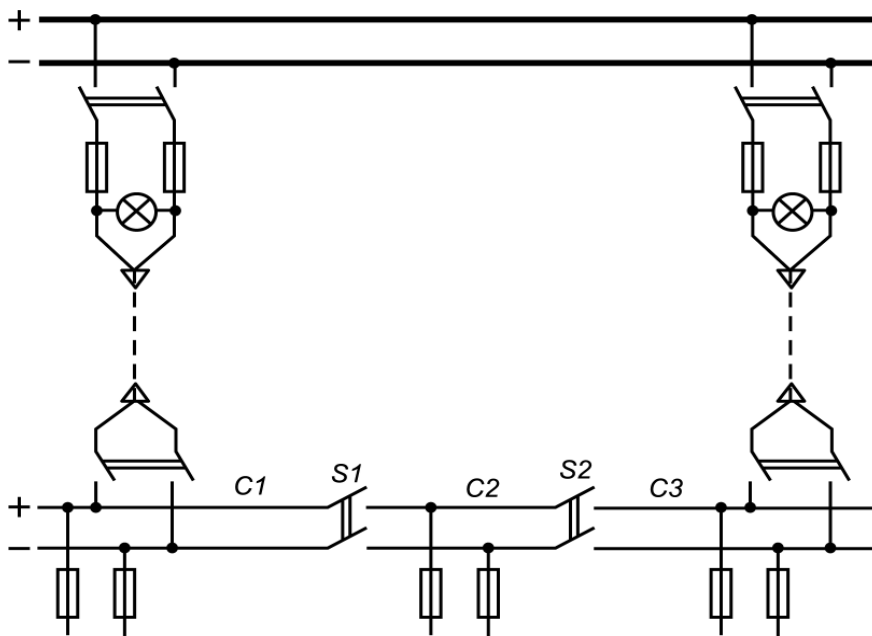
- Қоректенуді жинақтау;

- Тораптарды секциялау.

Әдетте төмендегі жеке электр тораптарын жүргізу орындалады: басқару тізбектері; қорғану және автоматика; сигналдау; ажыратқыш жетектерін қосу электромагниті. Әрбір торап аккумуляторлық батарея шинасынан жеке кабельдік желімен қоректенеді.

Мысал ретінде, 10.19-суретте жабық тарату құрылғысының ажыратқыш жетегіндегі қосылу электромагнитінің қоректену сұлбасы көрсетілген. Тарату құрылғысының ұяшықтары бойымен кабельдер немесе оқшауланған шиналар салынады. Тарату құрылғысындағы секция саны бойынша шиналар рубильниктермен бөлінген (Біздің жағдайымызда үш секцияға бөлінген: C1, C2, C3). Шиналар екі кабельді желімен аккумуляторлық батареялардан қоректенеді.

220 В-тық аккумулятор батареяларының шинасы



10.19-сурет. Жабық ТҚ-дағы ажыратқыштардың электромагниттік жетегінің қосылу электромагнитінің қоректену сұлбасы

Кабельдік желілер қосқыштар (рубильниктер) көмегімен шеткі секцияларға қосылған. Бір секциялы қосқыш (S1 немесе S2) ажыратылған. Егер бір кабельдік желі зақымданса, онда екі жақтан ажыратылады. Алдында ажыратылған рубильникті қосып екінші кабельдік желі бойынша барлық үш секцияның энергия

тұтынуын қамтамасыз етеміз. Жетектің электромагниттері шинаның секциясына сақтандырғыштар арқылы қосылады. Кабельдік желілерді тұтынушының соңында рубильниктер және сақтандырғыштар орнатылған. Сақтандырғыштардың бұзылуын сигналдық шамдар арқылы бақылайды, егер сақтандырғыш күйіп кетсе, онда шам өшіп қалады.

Ашық тарату құрылғысындағы ажыратқыштардың электромагниттік жетегінің тұтыну торабы және басқару щиттеріндегі басқару, қорғану, автоматика және сигнализация тізбектерінің қоректену торабы осылайша орындалады. Ашық тарату құрылғысында жеке ажыратқыштар жетегінің шкафтары тұзақтық сұлба бойынша кабельдермен жалғанады. Басқару щитінде тұрақты ток шиналары щит панелінің жоғары бөлігіне орналастырылады және әрбір шина секциясы жеке кабельдік желілермен қоректенеді.

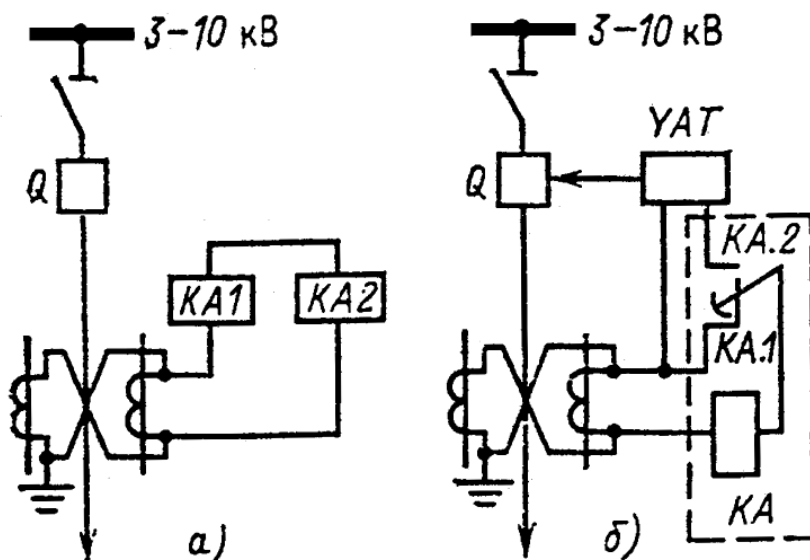
10.12 Айнымалы оперативті ток көздері және сұлбалары

Айнымалы оперативті ток көздері ретінде ток пен кернеудің өлшеу трансформаторлары, сонымен бірге өзіндік мұқтаждың күштік трансформаторлары пайдаланылады. Ток трансформаторлары орнатылған оперативті тізбекте қысқа тұйықталу әсерінен ток өскен кезде осы тізбекті қоректендіруді қамтамасыз етеді. Басқа барлық жағдайларда, яғни бірінші ретті тізбекте ток пен кернеудің шамалары аз өзгергенде (режимнің қалыпты жұмысы, асқын жүктелуі, бейтарабы жерге қосылмаған торапта бір фазаның жерге тұйықталуы және т.б.) оперативті тізбектің сенімді қоректенуін кернеу трансформаторы және өзіндік мұқтажды трансформаторлар қамтамасыз етеді.

Нақты электр қондырғыларында айнымалы оперативті токты қолдану мүмкіндігі қоректену көзіндегі қуатқа және ажыратқыштар жетегінің түріне тәуелді болады. Қазіргі кезде айнымалы оперативті токты серіппелі және жүктелген жетегіндегі ажыратқыштармен жабдықталған электр қондырғыларында пайдаланады, олардың басқару электромагниттері айнымалы токта орындалуы мүмкін және олар аз қуатты тұтынады.

Ток трансформаторларын айнымалы оперативті ток көздері ретінде токтық релелі қорғау тізбегінде пайдалануға болады. Бұл жағдайда қысқа тұйықталу кезіндегі олардың беретін қуаты қорғанушы тізбектерде ажыратқыштың сенімді жұмысы мен ажыратылуын қамтамасыз етуі керек. 10.20 а-суретте ажыратқыш жетегіне тура әрекетті КА1 және КА2 релелері орнатылған максимальды токтық қорғанысы келтірілген. 10.20 б-суретте жанама әрекетті уақыт ұстамдылығына тәуелді РТ-85 түріндегі (сұлбада КА деп белгіленген) релемен максимальды токтық қорғанысы көрсетілген. Реле іске қосылғанда оның түйіспелері ток тізбегінен ажыратылмай КА реле ораушымен бірге ажыратқыш жетегіндегі УАТ электр-магнитін қосады. Ток трансформаторларындағы тура және жанама әрекетті релелердің дұрыс жұмыс істеуін қамтамасыз ету үшін қысқа тұйықталудың барлық мүмкін мәндерінде токтың бірінші ретті тізбегіндегі мәні екінші ретті тізбегіндегі мәніне қарағанда толық қателігі 10 %-дан аспайтын болуы керек, мұны ток трансформаторының шекті

еселі қисығымен тексереді. 10.20 б-суретте көрсетілген сұлбада электромагниттік ажыратқышты шунттаудан кейін трансформатор жүктемесінің тоғы біршама өседі және соның есебінен қателік те көбейеді. Бұл жағдайларда қажетті қорғаныспен камтамасыз ету үшін ток трансформаторы беретін қуат жетектің электромагниттік ажыратқышының жұмысына жеткілікті болу керек.



10.20-сурет. Трансформаторларды айнымалы оперативті ток көзі ретінде пайдалану сұлбасы

а – тура әрекетті релемен желіні қорғау сұлбасы; б – ток релесін пайдаланып желіні қорғау сұлбасы

Ток трансформаторы беретін S_2 қуаты жүктеменің Z_2 кедергісіне сызықсыз тәуелді болады. Жүктеме мен трансформатордың екінші орамасындағы жиынтық кедергілері трансформатордың магниттелу тармағындағы кедергілеріне тең болса S_2 қуатының шамасы үлкен болады. Бірінші ретті тізбекте өзгермейтін токтағы жүктеменің өсуімен берілетін қуат максимумға дейін жоғарылайды, сосын азаяды, оны ток трансформаторы өзекшесінің қанығуымен түсіндіруге болады. Берілетін қуат бірінші ретті тізбектегі токқа пропорционал болады. Максимальды қуат беру аймағында ток трансформаторының жұмысы орнықты емес, сондықтан да жүктеме ток трансформаторының параметрлерімен оның бастапқы $S_2 = f(Z_2)$ сипаттамасында жұмыс істеу үшін сәйкестендіріледі.

Кернеу трансформаторларын оперативті ток көзі ретінде айнымалы токта жұмыс істейтін релелік қорғау және автоматты құрылғыны қоректендіру, ажыратқыштарды алыстан басқару және сигналдау тізбектерін қоректендіру үшін қолданады. Кернеу трансформаторларында қажетті қуат болса, оны бір уақытта өлшеу аспаптарының кернеу орауыштары және оперативті тізбектер тұтына алады.

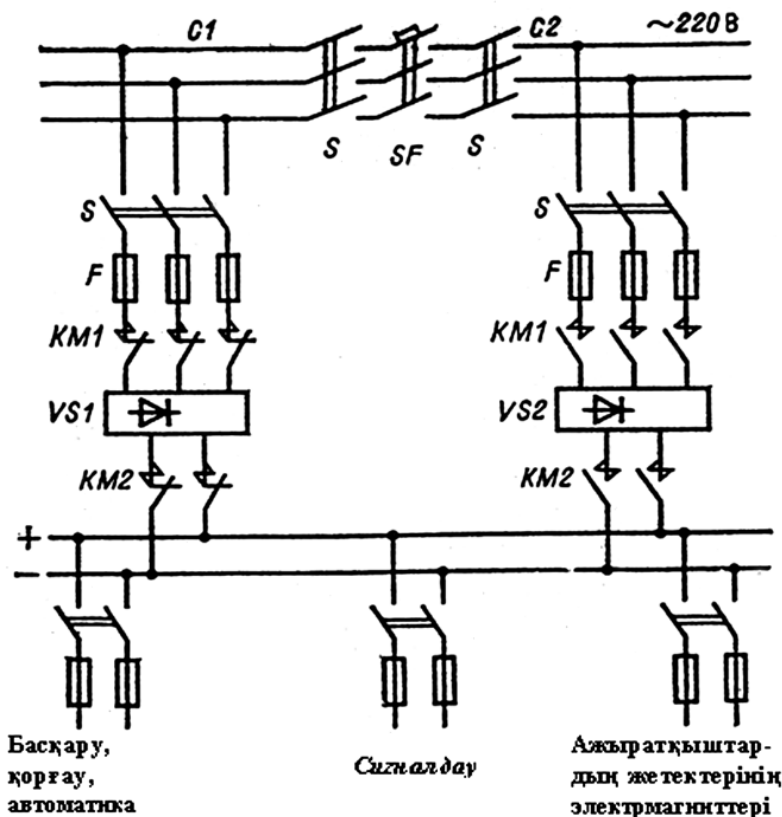
10.13 Түзетілген оперативті ток көздері және сұлбалары

Тұрақты токта жұмыс істейтін оперативтік тізбек аппараттарын қолдану кезінде аккумуляторлық батареялардың орнына түзетілген оперативті ток көздерін пайдалануға болады. Бұған негізінен тұрақты токты жетекті ажыратқыштармен жабдықталған қуаты орта және үлкен емес электр станциялары мен қосалқы станциялар жатады.

Түзетілген оперативті ток көздері ретінде түзеткіш қондырғылар, қоректену блоктары және конденсаторлық құрылғылар қолданылады.

Түзеткіш қондырғыларды басқару, қорғану, автоматтандыру, сигналдау және ажыратқыш жетегіндегі электромагнитті қосу тізбектерін қоректендіру үшін қолданылады. Жартылай өткізгішті түзеткіш қондырғыларды бір жартылай периодты немесе көпірлік сұлба арқылы жинайды және олар өзіндік мұқтажды шиналардан қоректенеді.

Өндіріс қуатты түзеткіш қондырғыларын (КВУ-66/2 түрінде) шығаруды меңгерді, ол қосалқы станцияларда қуатты ажыратқыштағы (МКП-110 М, У-220-10 түрінде) түзетілген оперативті токты енгізуге мүмкіндік береді.



10.21-сурет. Оперативті тізбектің орталықтандырылған түзетілген қондырғылы тұтыну сұлбасы

Оперативті тізбектің орталықтандырылған түзетілген қондырғылы тұтыну сұлбасы 10.21-суретте көрсетілген. Сұлбада VS1 жұмыс және VS2 резервті түзеткіш құрылғылары бар, олар өзіндік мұқтаж қорының 220 В кернеудегі C1 және C2 шина секцияларына қосылған. Тұрақты токтағы қалыпты шина жұмыстық түзеткіш құрылғыларын қоректендіреді, егер ол зақымдалса немесе жөндеу жұмысына берілсе, онда резервті құрылғы қосылады. Түзеткіш құрылғыларда қысқа тұйықталудан қорғау үшін F сақтандырғыштары орнатылады. Айнымалы KM1 және тұрақты KM2 түйістіргіштері түзеткіш құрылғыларды қашықтан қосу және ажыратуға мүмкіндік береді. Оперативті тізбектер түзетілген ток шинасына қосылған.

Үздіксіз қосылған жүктеме тоғы түрткі жүктеме тоғымен салыстырғанда аз болады, сондықтан жүктемелерді қоректендіру үшін, көп жағдайларда жеке түзеткіш құрылғылары орнатылады. Түрткі жүктемені қоректендіру үшін түзеткіш құрылғыны түзеткіштің асқын жүктелуінің қысқа уақытты мүмкіндігін ескере отырып таңдайды.

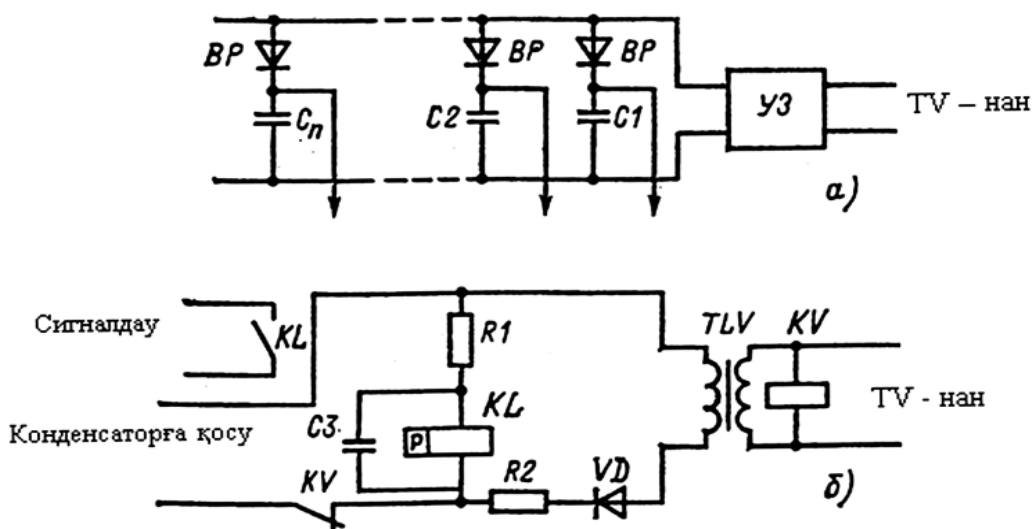
Тұтыну блоктары аз қуатты түзеткіш құрылғылардан тұрады. Ол құрылғылар ток трансформаторынан (тоқтық элемент), кернеу трансформаторынан немесе өзіндік мұқтажды тораптардан (кернеу элементі) тұтынады. Өнеркәсіпте шығысты қуаттары әр түрлі блоктарды: қуаты 50 Вт БП-10 блогі, қуаты 150-200 Вт болатын БП-100 блогі, қуаты 800-1200 Вт БП-1000 блогі, БП-10 және БП-100 блоктары релелік қорғану, автоматика, сигнализация тізбектерін және жеңіл жетекті ажыратқышты басқару тізбектерін қоректендіру үшін қолданылады. Жоғары қуатты БП-1000 блоктары электромагниттік жетек ажыратқышын қоректендіру үшін қолданылады. Блоктар кернеуі 110 В оперативті тізбектерді қоректендіруге есептелген.

Тұтыну блоктарын қолдануда оперативті тізбектер тұтынуының жеткілікті орталықтандырылған сұлбасын алуға болады.

Конденсаторлық құрылғы конденсаторлық батареялардан тұрады. Ол батареялар электр қондырғысындағы кернеу трансформаторларынан TV зарядтау құрылғысы УЗ көмегімен зарядталады (10.22 а-сурет). Конденсаторлардағы жиналған энергия ажыратқыш жетегін басқару электромагнитін қоректендіру үшін қолданылады. Соңғы уақытқа дейін өнеркәсіпте шығарылатын УЗ-400 (немесе УЗ-401) түріндегі зарядтау құрылғылары кең түрде таралып келеді. Олар 500 мкФ сыйымдылыққа дейінгі конденсаторлық батареяларды зарядтауға есептелген. Мұндай сыйымдылықтағы батарея кез келген жетектің қосылу түйістіргішінің және электромагниттің ажыратылу жұмысын қамтамасыз етуі мүмкін.

Конденсаторлық батарея беретін энергия ажыратқыш түйістіргішінің қосылуы және электромагниті ажыратып іске қосу үшін қажетті энергия есептеу энергиясынан көп болу керек, яғни

$$W_C = \frac{CU^2}{2} > W_{есептеу}$$



10.22-сурет. Конденсаторлық құрылғы

а – конденсаторлардың тұтыну сұлбасы, б – зарядтау құрылғысының ішкі жалғану сұлбасы.

ВНИИЭ мәліметтері бойынша әртүрлі жетектердің электромагниті ажыратқышының әрекетін қамтамасыз ету үшін төмендегі сыйымдылықтағы (заряд кернеуі 400 В болған) конденсаторлық батареялар талап етіледі: ПГ-10 түріндегі жетек үшін $C = 25$ мкФ, ПС-10 түріндегі жетек үшін $C = 75$ мкФ, ПС-30 түріндегі жетек үшін $C = 230$ мкФ.

Жеке тізбектердің тұтыну тәуелсіздігі конденсаторлық батареяларды бірнеше бөліктерге бөлуге алып келеді. Олардың әрқайсысы өздерінің тізбегін қоректендіреді. Қандайда бір тізбекте конденсаторлар разрядталуы үшін сұлбада ВР бөлгіш түзеткіштері қарастырылған.

УЗ-400 зарядтау құрылғысы VD мыс қышқылды бір жартылай периодты түзеткіш сұлбасынан тұрады. Бұл құрылғы кернеу трансформаторына немесе 110-220В айнымалы кернеудегі басқа көздерге аралық TLV жоғарылату трансформаторы арқылы жалғанады. Мұнда конденсаторлық батареялардың қажетті сыйымдылығын азайту мақсатында кернеуді жоғарылатады.

Түзеткіштерді конденсаторлардың тесілуінен қорғау үшін, сонымен бірге аралық трансформатор тоғын шектеу үшін сұлбаға R2 резисторы енгізілген. Әртүрлі зақымдалуларда сигналдау полярлық реле көмегімен жүргізіледі. Ол түзеткіштер, конденсаторлар тесілуінде және зарядтау конденсаторы тізбегінде үзілу болғанда тізбекте өзінің түйіспелерін тұйықтайды. R1 резисторы айнымалы токтағы тұтыну кернеуі төмендегенде реле орамасы арқылы конденсатордың разрядтау тоғын шектейді. Тұтыну кернеуі біршама төмендегенде немесе жойылып кетуінде конденсаторлық батарея зарядтау құрылғысының тағайыншамасынан (0,7-0,8) Уном кернеу релесімен (KV) бөлектенеді. Бөлектенген зарядталған конденсаторлар қажетті зарядты бірнеше сағат ұстап тұруы мүмкін. Полярланған реленің түйіспелеріндегі дірілді жою мақсатында оның орауышы C3 конденсаторымен

шунтталады. Конденсаторлық құрылғылар электр қондырғыларында айнымалы кернеудің толық жойылу кезінде оперативті тізбекті қоректендіруді қамтамасыз етеді.

Соңғы уақытта тұтыну блогі және зарядтау құрылғылары функцияларын бірдей орындайтын өте қуатты БПЗ-401 және БПЗ-402 түріндегі құрылғылар өңделген.

10.14 Электр станцияларда және қосалқы станцияларда өлшеуіштік сандық құралдарды пайдалану. Жалпы мәлімет.

Қазіргі уақытта да және болашақта да технологиялық үдерістерді автоматты басқару жүйелерін (ТПАБЖ-АСУ ТП) іске асыру үшін өлшеуіштік цифрлық құралдарды қарқынды пайдалануда, 10.23-сурет.

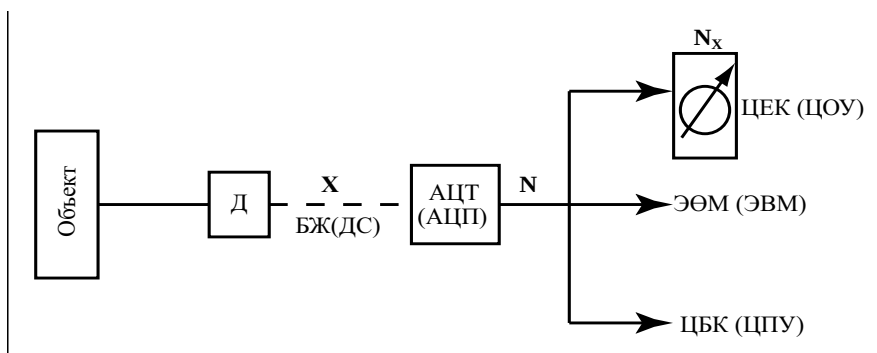
Өлшеуіштік цифрлық құралдарды пайдалану жағдайында үзіліссіздік шама X (ток, кернеу, т.б), автоматты түрде дискретті формаға N түрлендіріледі де (кода арқылы), өлшеу (басқару) нәтижесі цифрлық формада N_x алынады. Содан кейін нормативтік құжаттарға сәйкесті, алынған нәтижелер істе пайдаланылады.

Бұндай өлшеуіштік цифрлық құралдардың құндылығы (артықшылығы) келесідей (негізгілері):

- параметрлерді тез өлшейтіндігі (секундына ондаған миллион өлшеу өткізе алады);
- өлшем дәлдігі өте жоғары;
- пайдалануға ыңғайлылығы;
- ЭОМ-ға (ЭВМ) қосылатын өте зор мүмкіндігі бар (кода арқылы).

Әзірге, өлшеуіштік цифрлық құралдар аналогтық құралдармен салыстырғанда күрделі және қымбат.

Дегенмен, өлшеуіштік цифрлық құралдарды өндірісте пайдалану жиіленуде.



10.23-сурет. Өлшеуіштік цифрлық құралды пайдаланудың құрылымдық сұлбасы.

Объект – өлшеуге (басқаруға) жататын нысана;

Д – датчик;

БЖ (ДС) – байланыс желісі;

АЦТ (АЦП) – аналогтық цифрлық түрлендіргіш;

ЦЕК (ЦОУ) – цифрлық есептеу құралы;

ЦБК (ЦПУ) – цифрлық баспа құрылғысы.

11-тарау. ЭЛЕКТР ТОРАПТАРЫ ЭЛЕМЕНТТЕРІНІҢ БЕЙТАРАПТАМАЛАРЫНЫҢ РЕЖІМДЕРІ. БЕЙТАРАПТАМАЛАРДЫҢ АТҚАРАТЫН НАҚТЫ ЖҰМЫСТАРЫ. ЖЕРГЕ ҚОСУ ҚҰРЫЛҒЫСЫ.

11.1 Негізгі мәліметтер

Генераторлардың, трансформаторлардың, кейбір электр қозғалтқыштарының, ұзын электр жеткізу желілеріндегі шунттық реакторлардың және энергетикалық жүйенің басқа элементтерінің бейтараптық жұмыс режимдері (жерге қосылу тәсілі) электр тораптарының сипаттамасы (оқшаулама деңгейі, құрылғыларға қойылатын талаптар және оларды асқын кернеуден қорғау тәсілдері, қысқа тұйықталу және басқа қалыпсыз режимдер, капитал жинау, жұмыс сенімділігі, техника қауіпсіздігі, т.б.) мен техникалық-экономикалық параметрлерге маңызды әсерін тигізеді. Электр торабының жұмыс режимдері кезінде шартталған бейтараптаманы жерге қосу жұмыстық жерге қосу деп аталады. Қорғаныстық жерге қосу персоналдың қауіпсіз жағдайда жұмыс істеуін қамтамасыз ету үшін орындалады. Найзағайдан қорғау үшін жерге қосу, асқын кернеуден электр қондырғысының қорғану жүйесіне қажетті функцияның шарттарын қамтамасыз етуге арналған.

Электр тораптарын бейтараптама режиміне байланысты төрт топқа бөлуге болады:

- а) жерге қосылмаған тораптар;
- б) резонансты жерге қосылған тораптар;
- в) тиімді жерге қосылған тораптар;
- г) терең жерге қосылған тораптар.

Біріншісі, бейтараптамасы бар барлық элементтер жерге қосылмаған режимде жұмыс істейді. Бұған 660, 1140 В сонымен бірге жерге қысқа тұйықталу тогы үлкен емес болатын 3-35кВ-тағы тораптар жатады.

Екіншісі, торап элементтеріндегі бейтараптама бөлігі резонансты жерге қосылған режимде жұмыс істейді. Бұл әдетте 3-35 кВ-тағы тораптар. Кейбір шет елдерде бұндай режимде 110кВ-ты тораптар жұмыс істейді.

Үшіншісі, элементтердегі бейтараптама бөлігі тікелей және активті (r), реактивті (x) немесе жинақталған (z) кедергісі арқылы жерге қосылған режимде жұмыс істейді. Бұған 110–220кВ-тағы тораптар жатады.

Төртіншісі, тораптағы барлық элементтердің бейтараптамасы тікелей жерге қосылған режимде жұмыс істейді. Бұған 220, 380 В және 330-1150 кВ-тағы тораптар жатады.

Тиімді жерге қосылған тораптарға $Z_0/Z_1 \leq 3$, 4 немесе $x_0/x_1 \leq 5$ сәйкес тораптар жатады, бұл жерде $x_1 = x_2$ және $r_1/x_1 = r_2/x_2$.

$$\text{мұндағы, } K_{ж} = |U_{\phi,3}^*|/U_{ном} \leq 0,8, \quad (11.1)$$

$$\text{ал } K_{тк} = |U_{\phi,3}|/U_{\phi,ном} \leq 1,4, \quad (11.2)$$

мұндағы, Z_0 және x_0 – бір фазалы қысқа тұйықталу нүктесімен салыстырғанда тораптың нөлдік тізбектегі толық және индуктивті кедергісі; Z_1 , x_1 және r_1 – тораптың тура тізбектегі толық, индуктивті және активті кедергілері; x_2 және r_2 – сол жағдайдағы тораптың кері тізбегіндегі индуктивті және активті кедергілері; $K_{ж}$ – торапты жерге қосу коэффициенті; $U_{ф,з}$ – басқа фаза жерге тұйықталғандағы зақымдалмаған фазадағы кернеу; $U_{ном}$ – тораптың номиналды кернеуі; $U_{ф,н}$ – тораптың номиналды фазалық кернеуі.

$K_3 \leq 0,8$ болғанда торапты асқын кернеуден қорғау сенімді және арзан болады, оны 80% -дық разрядник деп те атайды.

Релелі қорғаныс тәжірибесінде және электр қондырғылары құрылғысының ережелерінде (ЭҚЕ) электр тораптарын жерге тұйықталу токтарының шамасы үлкен тораптарға (500А және одан көп) және жерге тұйықталу токтарының шамасы кіші тораптарға (500А дейін) бөлу қабылданған. Әрине, жерге тұйықталу токтарының шамасы үлкен тораптарға тиімді жерге қосылған тораптар жатады.

Егер бейтараптама жерге қосылмаған тораптарда жерге тұйықталу тогының шамасы үлкен болса ,

$$I_c = 3 C_0 U_{\phi} \quad (11.3)$$

атап айтсақ, 3-6 кВ-та $I_c \geq 30$ А; 10 кВ-та $I_c \geq 20$ А; 20 кВ-та $I_c \geq 15$ А; 35 кВ-та $I_c \geq 10$ А болса, онда қауіпті жерге тұйықталу пайда болып, соның салдарынан жерге қосылған бір фазалы қысқа тұйықталу көп фазалы қысқа тұйықталуларға ауысып кетуі немесе торапта жоғары асқын кернеулер пайда болуы мүмкін, онда ЭҚЕ-ге сәйкес сыйымдылық тоғын өтемдеу керек. Өтемдеуді реттелуші немесе реттелмейтін доға сөндіруші реактор көмегімен іске асырады. Мұнда өтемдеу коэффициенті мынаған тең:

$$q = \frac{1}{\omega^2 3 C_0 L_k}, \quad (11.4)$$

мұндағы, L_k – үлкен бірлікте алынатын доға сөндіруші реактордың индуктивтілігі.

Электр тораптарындағы элементтердің бейтараптамасын тиімді жерге қосу сол тораптағы коммутациялық асқын кернеуді азайтады, оқшаулама деңгейіне қойылатын талаптарды төмендетеді, жерге қысқа тұйықталуға сезімтал жылдам әрекетті қорғауға мүмкіндік береді, күрделі үш фазалы қысқа тұйықталулардың пайда болу ықтималдығын азайтады, бірақ жерге қысқа тұйықталу тогының деңгейін өсіреді. Торап элементтерінің бейтараптамасын резонансты жерге қосу жерге тұйықталу тогының деңгейін өсіреді. Торап элементтерінің бейтараптамасы резонансты жерге тұйықталу тогының деңгейін азайтады, бірақ зақымдалмаған фазалардағы кернеуді өсіреді.

Егер энергетикалық жүйедегі әртүрлі элементтердің активті кедергісін ескермесек, онда жерге қысқа тұйықталуды (мысалы, А фазасы) келесі қатынастарда қарастыруға болады:

$$UA1 = I_{A1} j(x_2 + x_0) = \frac{E_A(x_2 + x_0)}{x_1 + x_2 + x_0} = \frac{E_A(x_2 + x_0)}{x_\Sigma}; \quad (11.5)$$

$$UA2 = \frac{E_A x_2}{x_\Sigma} \quad (11.6)$$

$$UA0 = \frac{E_A x_0}{x_\Sigma} . \quad (11.7)$$

Сол сияқты (В фазасы):

$$UB3 = UB1 + UB2 + UB0 = a2UA1 + aUA2 + UA0 = EB + EA \frac{1-\alpha}{2+\alpha}, \quad (11.8)$$

мұндағы, $a = ej120$; $a = x_0/x_1$

Соған ұқсас:

$$U_{c3} = E_c + E_A^{\frac{1-\alpha}{2+\alpha}} \quad (11.9)$$

Жерге бір фазалық қысқа тұйықталу тогы және үш фазалық қысқа тұйықталу токтары мынаған тең:

$$I_k^{(1)} = \frac{3E}{j(x_1 + x_2 + x_0)} \quad (11.10)$$

және

$$I_k^{(3)} = \frac{E}{jx_1} \quad (11.11)$$

сонда

$$\frac{I_k^{(1)}}{I_k^{(3)}} = \frac{3}{2+\alpha} \quad (11.12)$$

$x_2 = x_1$ болғанда жерге тұйықталу коэффициенті мынаны құрайды:

$$K_3 = \frac{\sqrt{x_0^2 + x_0 x_2 + x_2^2}}{2x_2 + x_0} = \frac{\sqrt{\alpha^2 + \alpha + 1}}{\alpha + 2} \quad (11.13)$$

Закымдалмаған фазалардағы кернеудің өзгеру графигі мен бір фазалы және үш фазалы ҚТ токтарының α параметрінің мәніне тәуелділік қатынасы 11.1-суретте көрсетілген.

Бейтараптама тиімді емес жерге қосылған (немесе резонансты жерге қосылған) электр тораптарында (11.2-сурет) бір фазалы қысқа тұйықталу болғанда (мысалы, А фазасы) келесі қатынастар орындалады:

$$\underline{y}_A = j\omega C_A + g_A + \frac{1}{R_{II}}; \quad (11.14)$$

$$\underline{y}_B = j\omega C_B + g_B ; \quad (11.15)$$

$$\underline{y}_C = j\omega C_C + g_C ; \quad (11.16)$$

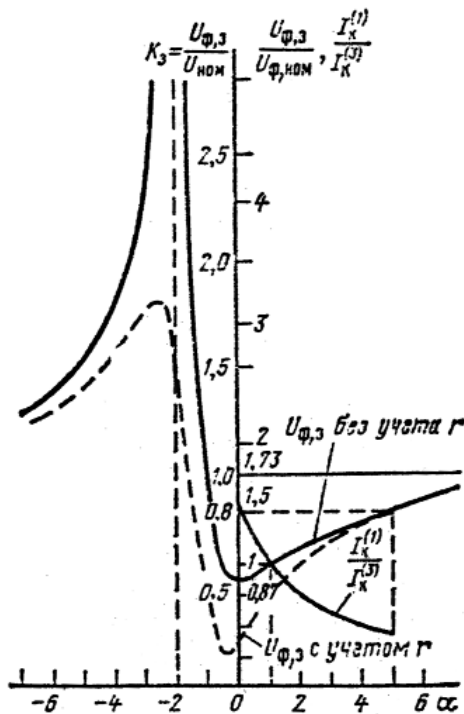
$$\underline{y}_{HT} = \frac{1}{j\omega L_{HT}} + \frac{1}{R_{HT}} , \quad (11.17)$$

мұндағы, $\underline{y}_A, \underline{y}_B, \underline{y}_C$ және $\underline{y}_{HT}$ – А, В, С, – бейтараптама қосылған элементтің өткізгіштігі; СА, СВ, СС – фазалар сыйымдылығы; gA, gB, gC – фазалардың активті өткізгіштігі; LHT мен RHT – бейтараптама қосылған элементтің индуктивті және активті кедергілері; РП – өтпелі кедергі.

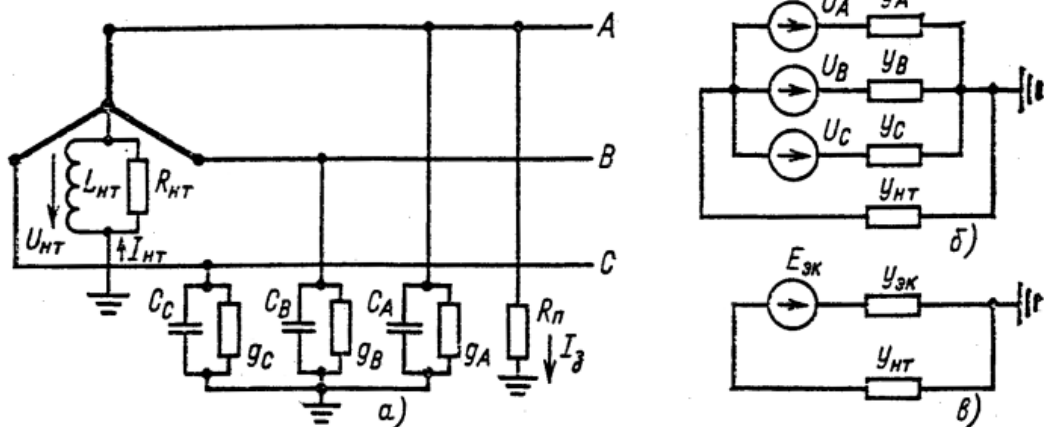
Сол сияқты:

$$E_{ЭК} = \frac{U_A \underline{y}_A + U_B \underline{y}_B + U_C \underline{y}_C}{\underline{y}_A + \underline{y}_B + \underline{y}_C} = \frac{U_{\phi, A} (\underline{y}_A + a^2 \underline{y}_B + a \underline{y}_C)}{\underline{y}_{ЭК}} , \quad (11.18)$$

мұндағы, $\underline{y}_{ЭК} = \underline{y}_A + \underline{y}_B + \underline{y}_C$



11.1-сурет. Зақымдалмаған фазалардағы кернеулердің тәуелділігі мен бір фазалы және үш фазалы ҚТ токтарының α параметріне қатынасы



11.2-сурет. Бейтараптамасы (нейтралі) жерге тиімді қосылмаған электр торабы
 а – бастапқы сұлба; б – алмастыру сұлбасы; в – балама алмастыру сұлбасы.

Бейтараптамадағы ток

$$I_{HT} = \frac{E_{ЭК}}{\frac{1}{\underline{y}_{ЭК}} + \frac{1}{\underline{y}_{HT}}} = \frac{U_{\phi,A} \underline{y}_{HT} (\underline{y}_A + a^2 \underline{y}_B + a \underline{y}_C)}{\underline{y}_A + \underline{y}_B + \underline{y}_C + \underline{y}_{HT}}; \quad (11.19)$$

Бейтараптамаға қосылған элементтегі кернеу:

$$U_{HT} = -\frac{I_{HT}}{\underline{y}_{HT}} = -\frac{U_{\phi,A} (\underline{y}_A + a^2 \underline{y}_B + a \underline{y}_C)}{\underline{y}_A + \underline{y}_B + \underline{y}_C + \underline{y}_{HT}}; \quad (11.20)$$

жерге қатынасы бойынша фазалардағы кернеу:

$$U_{A,3} = U_{\phi,A} + U_{HT} = \frac{U_{\phi,A} [\underline{y}_B (1 - a^2) + \underline{y}_C (1 - a) + \underline{y}_{HT}]}{\underline{y}_A + \underline{y}_B + \underline{y}_C + \underline{y}_{HT}}; \quad (11.21)$$

$$U_{B,3} = U_{\phi,B} + U_{HT} = \frac{U_{\phi,A} [\underline{y}_A (a^2 - 1) + \underline{y}_C (a^2 - a) + a^2 \underline{y}_{HT}]}{\underline{y}_A + \underline{y}_B + \underline{y}_C + \underline{y}_{HT}}; \quad (11.22)$$

$$U_{C,3} = U_{\phi,C} + U_{HT} = \frac{U_{\phi,A} [\underline{y}_A (a - 1) + \underline{y}_B (a - a^2) + a \underline{y}_{HT}]}{\underline{y}_A + \underline{y}_B + \underline{y}_C + \underline{y}_{HT}}; \quad (11.23)$$

Қысқа тұйықталу орнындағы ток

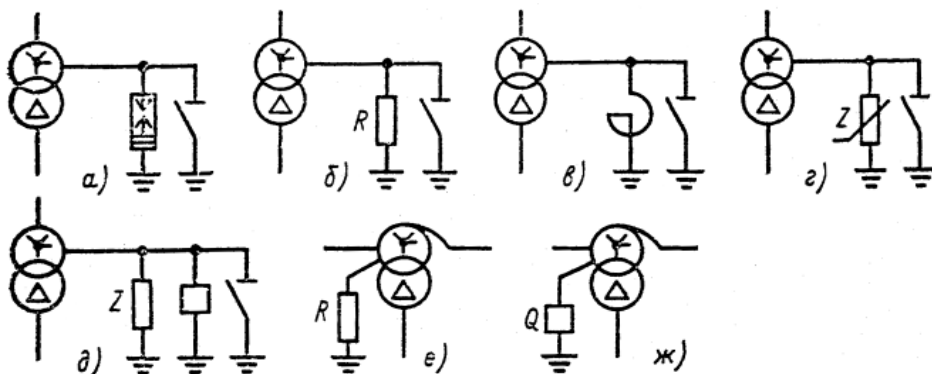
$$I_3 = \frac{U_{A3}}{R_{II}} = \frac{U_{\phi, A} \left[\underline{y}_B (1 - a^2) + \underline{y}_C (1 - a) + \underline{y}_{HT} \right]}{R_{II} (\underline{y}_A + \underline{y}_B + \underline{y}_C + \underline{y}_{HT})} \quad (11.24)$$

Бейтараптамасы оқшауланған электр тораптары үшін x_0/x_1 қатынасы теріс таңбалы (сыйымдылықты эффект) және жерге бір фазалы тұйықталса $U_{\phi,3} / U_{\phi,ном} \gg 2$ тең болады

Жоғарыда көрсетілген бейтараптамалар режимдері келесі жүйеде қабылданады: кернеуі 0,66, 1,14, 3, 6, 10, 20, және 35 кВ-тағы тораптар жерге тұйықталу сыйымдылық тоғының шамасына байланысты бейтараптамасы жерге қосылмаған немесе резонансты жерге қосылған режимдерде жұмыс істейді. Кернеуі 220 және 380 кВ, сонымен бірге 330-1150кВ-тағы тораптар бейтараптамасы терең жерге қосылған, ал кернеуі 110-220 кВ-тағы тораптар бейтараптамасы тиімді жерге қосылған режимдерде жұмыс істейді.

Қазіргі дүниежүзілік тәжірибеде бейтараптаманы жерге қосу әдістерін тиімді қолданудың нақты көзқарасы жоқ. Батыс Еуропа елдерінде және Жапонияда бейтараптаманы резонансты жерге қосу кернеуі 220 кВ тораптарда қолданылады, ал АҚШ-та кернеуі 10-35кВ-тағы бейтараптаманы тиімді жерге қосылған тарату тораптары бар.

Электр станциялары мен тораптарын техникалық пайдалану ережелеріне сәйкес жерге бір фазалы қысқа тұйықталу тоғының тораптағы шамасы 5А-ден асса онда қуаты 150МВт және одан көп турбонераторлар, қуаты 50 МВт және одан көп гидрогенераторлар, қуаты 50МВА және одан көп синхронды компенсаторлар, сонымен бірге аз қуаттағы машиналар дереу ажыратылады. Ал 5А-ден аз токқа қуаты 150МВт-тан аз турбогенераторлар және қуаты 50МВт-тан (50МВА) аз гидрогенераторлар (синхронды компенсаторлар) үшін персоналдың зақымдалған жалғануларды табуы және ажыратуына немесе синхронды машинаны ажыратуына 2 сағат уақыт беріледі. Егер тұйықталу синхронды машинаның статор орамасында емес торапта болса, онда генераторлар мен синхронды компенсаторлардың жерге қысқа тұйықталу режимінде жұмыс істеуіне 6 сағатқа дейін рұқсат етіледі. Бейтараптамасы оқшауланған тораптарда жерге бір фазалы тұйықталу режимінде жұмыс істеу оны қалпына келтіруіне дейін рұқсат етіледі. Осыған орай, бейтараптамасы оқшауланған тораптарда жерге қатынасы бойынша зақымдалмаған фазалардағы кернеу тораптың сызықтық кернеуіне тең болуы мүмкін (біршама сыйымдылықтағы желілердің зақымдалмаған фазаларындағы кернеу жобамен 1,15 $U_{ном}$ -ға тең болуы мүмкін).



11.3-сурет. Күштік трансформаторлар мен автотрансформаторлардың бейтараптық режимі.

а – разрядник арқылы жерге қосу, б – резистор арқылы жерге қосу, в – реактор арқылы жерге қосу, г – жинақталған кедергілер арқылы жерге қосу, д – дербес элементтері шунтталған жинақталған кедергі арқылы жерге қосу, е – резистор арқылы жерге қосу, ж – дербес элемент арқылы жерге қосу.

Бейтараптамасы тиімді жерге қосылған электр тораптарында электр аппараттарының жағдайы бойынша жұмысты орындау үшін $I_k^{(1)} \leq I_k^{(3)}$ қатынасы орындалуы қажет. Бұл тораптарда бейтараптама жерге қосылмауы мүмкін немесе арнайы реактивті, активті және жинақталған кедергілер арқылы қосылады (11.3-сурет). Отандық энергетикалық жүйелерде 11.3 а және б-суреттерінде көрсетілгендей жерге тұйықталу токтарын шектеу әдістері кең тараған.

Жерге тұйықталу токтарын шектеудің әртүрлі әдістерін қолдануда бейтараптама оқшауламасын асқын кернеулерден қорғау мәселесі туындайды. Өйткені кернеуі 110кВ және одан жоғары трансформаторлар бейтараптамасының оқшауламасы экономикалық тұрғыдан әлсіз (толық емес) орындалады.

Электр тораптарының жұмыс режимі бойынша қосалқы станцияларда және кейбір электр станцияларда орнатылған 110,150, 220 кВ-тағы трансформаторлар бөліктерінің бейтараптамасын жерге қоспауға рұқсат етіледі. Бұл жағдайдағы трансформаторлардың бейтараптамасы РВМ-35+РВМ-20, РВС-60, РВС-110 түріндегі разрядниктермен қорғалған болуы керек. Кернеуі 330кВ және одан жоғары трансформаторлардың бейтараптамасын жерге қосуға рұқсат етілмейді.

Бейтараптамалардың атқаратын нақты жұмыстары.

Қорытып айтқанда (қысқаша), электр қондырғылардың электрлік жабдықтарының бейтараптамалары дегеніміз сол қондырғылардың құрамындағы синхронды генераторлардың немесе күштік трансформаторлардың (автотрансформаторлардың) орамдарын жұлдызша қосқандағы ортақ нүктені атайды. Синхронды машиналардың немесе күштік трансформаторлардың бейтараптамаларын жермен қосу (байланыстыру) келесі мәселелерді анықтайды (негізінен) [12,15, 46]:

- Қондырғылардың оқшауламаларының деңгейін;
- Коммутациялық аппараттардың түрін;

- Асқын кернеудің мәнін және онғы шектеудің тәсілін;
- Бір фазалы жерге тұйықталу тоғының мәнін;
- Релелік қорғаныстың түрін;
- Электр қондырғының жұмысын қауіпсіздендірудің тәсілдерін;
- Электр магниттік өрістен сақтандырудың әдістерін.

11.2 Жерге қосу құрылғысы

Жерге қосу құрылғысы электртехникалық құрылғы болып табылады. Ол электр қондырғыларының қабылданған режимде жұмыс істеуін қамтамасыз ету және ондағы персоналдарды электр тоғына түсіп қалудан қорғау, асқын кернеулер мен найзағайдан қорғау мақсатында электр машиналарының анықталған бөлігін, электр аппараттарын, ток өткізгіштер мен найзағай қайтарғыштарды сенімді және үлкен емес кедергіде жерге қосу үшін қолданылады. Соған сәйкес жерге қосуды жұмыстық қорғаныс және найзағайдан қорғау деп бөлуге болады.

Электр қондырғылары, олардың бөліктері және тораптардың қабылданған режимдерге сәйкес қалыпты жұмыс істеуін қамтамасыз ету үшін жұмыстық жерге қосу қажет. Жұмыстық жерге қосуға күштік трансформаторлардың, генераторлардың, ұзын электр желісіндегі көлденең өтеме реакторлардың, өлшеуіш кернеу трансформаторлардың бейтараптамасын жерге қосу жатады.

Қорғаныстық жерге қосу әдісі электр қондырғыларымен жұмыс істейтін персоналдың қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін қажет. Қалыпты режимде электр машиналарының, трансформаторлардың, электр аппараттары мен ток өткізгіштердің ішкі металл бөліктерін жерге қосу қорғаныстық жерге қосуға жатады. Өйткені, бұларды пайдаланған кезде металл бетте оқшауламаның тесілуінің нәтижесінде кернеу пайда болып, оған адамның жанасуы мүмкін. Ток және кернеу трансформаторларын екінші ретті тізбектегі бір нүктеде жерге қосу да қорғаныстық жерге қосуға жатады.

Электр қондырғыларын найзағайлық асқын кернеулерден тиімді қорғауды қамтамасыз етуді найзағайдан қорғау үшін жерге қосу деп атайды. Оқтауша және тростық найзағай қайтарғышты, үй мен ғимараттардың металл төбелерін, электр желілерінің темір-бетонды және металдық тіректерін, доғалық аралықтар мен разрядниктерді жерге қосу найзағайдан қорғау үшін жерге қосуға жатады.

Әдетте, электр қондырғыларында жерге қосудың барлық үш түрін орындау үшін бір жерге қосу құрылғысы пайдаланылады. Ол жерге тікелей жанасатын жерлендіргіштен және жерге қосылатын элементтерді жерлендіргішпен жалғайтын өткізгіштер жүйесінен тұрады. Жерлендіргіштер табиғи және жасанды болып бөлінеді. Табиғи жерлендіргіштерге жерде жататын жанғыш сұйықтықтар мен жанғыш немесе жарылғыш газдар тасымалдайтын құбыр өткізгіштерден басқа металдық құбыр өткізгіштері, кабельдің болат не қорғаныс қабаттары, үй және ғимараттардың металдық немесе темір бетонды фундаменттері және т.б. жатады. Жасанды жерлендіргіштерге токтың жерге кетуін қамтамасыз ететін жерге арнайы көмілген, сенімді байланысқан (электрлік) тік және жатық өткізгіштер жүйесі

жатады. Электр қондырғыларында жерлендіргіштердің екі түрі де параллель қосылады.

Жасанды жерлендіргіштерді контурлық түрде орналастырады, яғни оларды электр қондырғысының контуры бойынша жүргізеді. Мұндай жерлендіргіштер кернеуі 1кВ-тан жоғары құрылғылар үшін міндетті және кернеуі 1кВ-қа дейінгі құрылғылар үшін де ұсынылады. Кейбір жағдайларда кернеуі 1кВ-қа дейінгі қондырғылар үшін электр қондырғыларынан белгілі бір қашықтыққа шығарылатын жерлендіргіштерді пайдалануға рұқсат етіледі.

Контурлық жерлендіргіштер тарату құрылғысы немесе электр қондырғысының периметрі бойынша орналасқан (сыртқы қоршаудан 3 м қашықтықта), ұзындығы 2-20 м (жергілікті жағдайларға байланысты) тік болатты электродтардан тұрады. Электродтар жер бетінен 0,5-0,7 м шығып тұратындай етіп қағылады. Сондай деңгейде электродтарға 6 м-ден көп емес металдық торды және тік бұрышты өткізгіштер балқыттылып біріктіріледі. Мұндай тор жер бетіндегі потенциалды контурлық жерлендіргіш шегінде түзету үшін қолданылады. Жерлендіргіштердің өлшемі ЭҚЕ-ге сәйкес алынады. Мысалы, дөңгелек өткізгіштің диаметрі 6мм-ден аз болмауы керек, ал тік бұрышты өткізгіштің қимасы 48 мм² -ден кем емес және қалыңдығы 4 мм-ден аз болмауы керек. Тік бұрышты жерлендіргіштің қалыңдығы 4 мм-ден аз емес, ал болатты құбыр қабырғасының қалыңдығы 3,5 мм-ден аз болмауы керек.

Жерлендіргішке қойылатын негізгі талап оның кедергісі мүмкіндігінше төмен және тұрақты болу керек. Жерлендіргіштің $R_{ж}$ стационарлық және $R_{ж.имп}$ импульстік кедергісі қаншалықты төмен болса, онда ол өзінің функциясын соншалықты тиімді орындайды және жерлендіргіштен ток аққан кезде потенциалы аз болады. Бұл Ужан жанасу кернеуі мен $U_{ж}$ қадам кернеуінің төмендеуіне алып келеді және электр қондырғыларында қызмет етуді қауіпсіз етеді (11.4-сурет). Алайда жерлендіргіштің кедергісін өте төмендету, мысалы, қосалқы станция территориясында металдық беттерді үлкейту және тік көмілген электродтардың санын көбейту техникалық тұрғыдан дұрыс емес, сол сияқты экономикалық тұрғыдан тиімді емес.

Сондықтан да жерлендіргіштер үшін мынадай қатынастар дұрыс болады:

$$R_{ж.имп} = \alpha_{ИМП} \cdot R_{ж} \quad (11.25)$$

мұндағы, $\alpha_{ИМП}$ – импульстік коэффициент, сызықтық өлшемі 200-300 м ден жоғары емес жерлендіргіштер үшін – $\alpha_{ИМП} < 1$, ал созылған жерлендіргіштер үшін аимп бірден үлкен де, кіші де, болуы мүмкін.

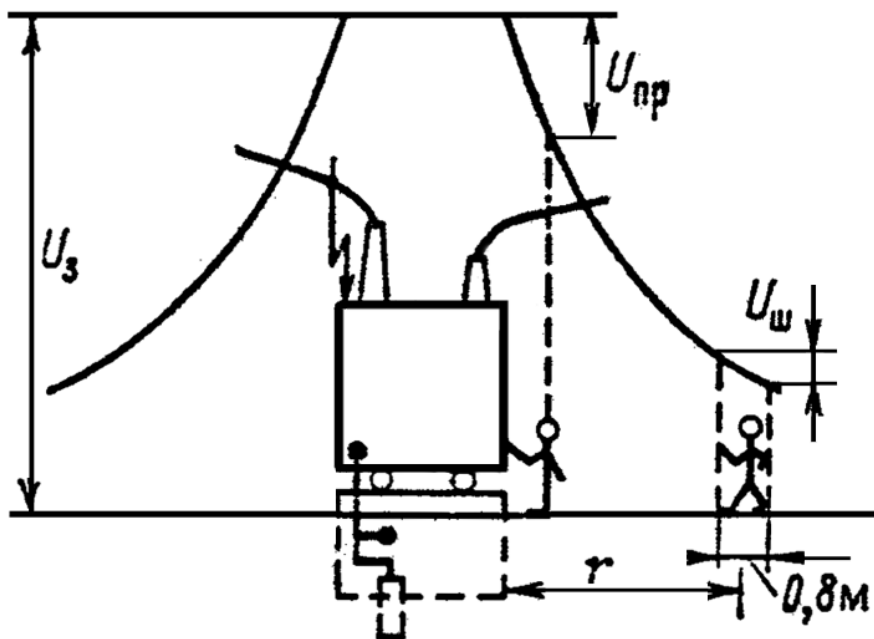
$$U_{ж} = I_{ж} \cdot R_{ж} \quad (11.26)$$

$$U_{ж} = I_{ж.имп} \cdot R_{ж.имп} \quad (11.27)$$

Егер нақты жағдай үшін жерлендіргіш бойымен жер бетіндегі потенциалдың таралу қисығы белгілі болса, онда төмендегі қатынастарды алуға болады:

$$U_K = f \cdot (U_{Ж} \cdot r) \quad (11.28)$$

$$U_{ЖАН} = \psi \cdot (U_{Ж}) \quad (11.29)$$



11.4-сурет. Жанасу және кадам кернеуі

Қадам кернеуін және жанасу кернеуін анықтағанда кадамның есептеу ұзындығын және адамның құрылғыдан қашықтығын 0,8 м-ге тең деп алады.

Қадам кернеуінің үлкен шамасы зақымдалған құрылғыға жақын орында болатындығы 11.4-суреттен көрініп тұр.

ЭҚЕ жанасу және кадам кернеулерінің рұқсат етілетін шамаларын нормаламайды.

ЭҚЕ-ге сәйкес жерге қосу құрылғысының кедергісі:

а) бейтараптамасы тиімді жерге қосылған кернеуі 1 кВ-тан жоғары электр қондырғыларында

$$R_{Ж} \leq 0,5, \quad (11.30)$$

б) бейтараптамасы жерге қосылмаған немесе резонансты жерге қосылған кернеуі 1 кВ-тан жоғары электр қондырғыларында

$$R_{Ж} \leq \frac{250}{I_{Ж}}, \quad (11.31)$$

бірақ 10 Ом-нан көп емес, мұнда, $I_{Ж}$ – жерге тұйықталу тогы, А

Егер жерге қосу құрылғысы бір уақытта кернеуі 1 кВ-қа дейінгі қондырғылар үшін де қолданылатын болса, онда

$$R_{ж} \leq \frac{125}{I_{ж}}. \quad (11.32)$$

в) бейтараптамасы терең жерге қосылған кернеуі 1 кВ-қа дейінгі электр қондырғыларындағы генераторлар мен трансформаторлардың бейтараптамасы қосылған жерге қосу құрылғысының қорытынды кедергісі 660, 380 және 220 В кернеудегі тораптарда 2,4 және 8 Ом-нан көп болмау керек. Сонымен бірге генератор немесе трансформатор бейтараптамасына жақын орналасқан жерлендіргіштің кедергісі 15,30 және 60 Ом-нан көп болмауы, ол осы кернеулердегі әуе желілері үшін 5, 10, 20 Ом-нан және 15, 30, 60 Ом-нан көп болмау керек.

г) бейтараптамасы жерге қосылмаған кернеуі 1 кВ-қа дейінгі электр қондырғыларында жерге қосу құрылғысының кедергісі 4 Ом-нан аспау тиіс. Бірлік немесе қорытынды қуаты 100 кВ А-ден көп емес трансформаторлар мен генераторлары бар тораптардағы жерге қосу құрылғысының кедергісі 10 Ом-нан көп болмау керек.

Соңғы уақытта жерге қосу кедергісінің рұқсат етілетін нормасына сәйкес жерге қосу құрылғысын құруда туындайтын қиындықтарға байланысты, жерге қосу құрылғысының сапалық критериясын өзгерту бойынша ұсыныстар енгізілген. Оларды адам және жануарлар қауіпсіздігінің критериясы бойынша рұқсат етілетін жанасу немесе фибрилляциялық токтың шекті рұқсат етілетін кернеулерімен нормалау ұсынылады.

Көпретті зерттеулер жүргізудің негізінде адамдардың бастапқы сезіну тоғы шамамен 0,5 мА-ді, ал рұқсат етілмейтін токтың шамасы 10 мА-ді құрайтыны анықталған. 10 мА дейінгі токтағы кернеуде тұрған электр қондырғыларына адамның денесі жанасса, онда адам өз денесін ажыратып алуына қабілетті болады. Ал 10 мА-ден көп токтағы кернеуде адам денесі тырысады, саусақтары бүгіледі және ол өзін электр қондырғысынан ажырата алмайды. Бұл жағдайда адам жүрегінің фибрилляциясы (тәртіпсіз қысқару), тырысуы, күйіп қалуы, сонымен бірге клиникалық өлім жағдайында болуы да мүмкін. Бұл жерде 10 мА токты адам үшін қауіпсіз деп санауға болады, бірақ кейбір зерттеулердің нәтижесі ер адам үшін 9 мА, ал әйел адам үшін 6 мА ток қауіпсіз деп саналады.

Зерттеулер нәтижесінде фибрилляциялық емес токтардың нормасы 11.1-кестеде көрсетілген.

Жоғары жиіліктегі электр тораптарында және тұрақты токтағы тораптарда, жиілігі 50 Гц айнымалы токтағы тораптарға қарағанда нормалық шамалары жоғары болады. Сонымен бірге 11.1-кестеде рұқсат етілетін жанасу кернеуі адамның кедергісі 1 кОм-ға тең болған жағдайға есептелген. Бірақ, көптеген эксперименттерге сүйенсек адам денесінің кедергісі әр түрлі ішкі және сыртқы жағдайларда 600 Ом – 100 кОм диапазонда өзгеріп тұрады. Сондықтан да нормалауда фибрилляциялық токтың шекті рұқсат етілетін шамасын алуға болады.

Фибрациялық емес токтардың және жанасу кернеуінің шекті рұқсат берілетін шиналарының нормасы.

Торап- тың жиілігі, Гц	Нормалық шамасы	Токтың әсер ету уақыты, с										
		0,01– 0,08	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
50	Ифibr. емес,мА	650	500	250	165	125	100	85	70	65	55	50
	Ужан. рұкс,В	650	500	250	165	125	100	85	70	65	55	50
400	Ифibr. емес,мА	-	500	500	330	250	200	170	140	130	110	100
	Ужан. рұкс,В	-	500	500	330	250	200	170	140	130	110	100
0 (тұ- рақ-ты ток)	Ифibr. емес,мА	-	500	400	340	280	250	230	210	190	165	150
	Ужан. рұкс,В	-	500	400	340	280	250	230	210	190	165	150

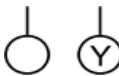
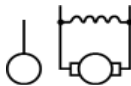
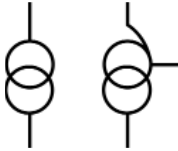
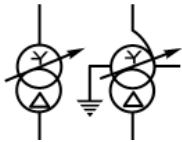
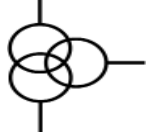
Электр қондырғыларына жанасқан жануарлар денесінің кедергісі мен рұқсат берілетін токтарды зерттеудің нәтижесі.

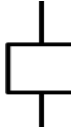
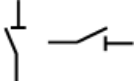
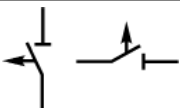
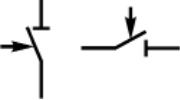
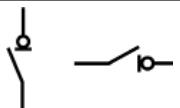
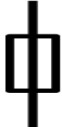
t, с	Шошқа және қойлар		Ірі малдар		Басқа жануарлар
	Ірұкс., мА	Рж, Ом	Ірұкс., мА	Рж, Ом	Урұкс., В
≤ 0,06	950	190	1200	150	180
0,2	750	200	950	158	150
1,0	150	300	225	200	45
4,0	100	300	150	200	30
≥ 10,0	80	300	120	200	24

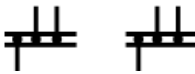
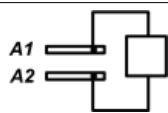
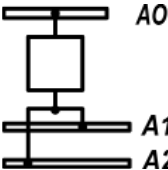
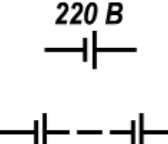
Электр қондырғыларына жанасқан жануарлар денесінің есептелген кедергісі $R_{жс}$ мен рұқсат етілетін токтарды $I_{рұқс}$ анықтау бойынша Германияда қызықты зерттеулер жүргізілді. Оның нәтижесі 11.2-кестеде көрсетілген.

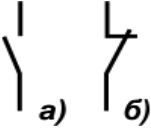
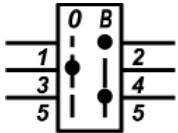
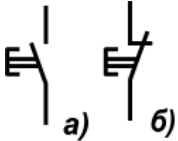
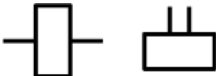
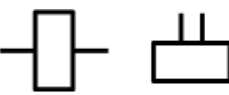
Мұнда жанасу кернеуінің рұқсат етілетін шамасы бойынша жерге қосу құрылғыларының параметрлерін нормалау жерге қосу құрылғысындағы жерлендіргіштің кедергісіне қойылатын талаптарды төмендетеді. Сондықтан жерге қосу құрылғысын жобалау барысында электр қауіпсіздігі мұқият ескеріліп және талдануы керек.

ҚОСЫМША А
ЭЛЕКТР СҰЛБАЛАРЫНДА ЖИІ ҚОЛДАНЫЛАТЫН ШАРТТЫ
БЕЛГІЛЕР /МШБ-ГОСТ, СТ, СЭВ 1984-79. СТ. СЭВ 567986/

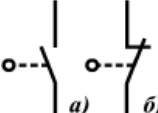
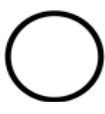
СҰЛБА ЭЛЕМЕНТІНІҢ АТЫ	БЕЛГІЛЕУ ТАҢБАСЫ	ӘРІПТІК КОД
А. Бірінші реттік тізбектер сұлбалары үшін шартты белгілер		<i>G, M</i>
Электр машинасы. Жалпы белгісі.		
Үш фазалы айнымалы ток генераторының статоры, параллель тармақтарымен жұлдызша қосылған.		<i>G</i>
Айнымалы тоқтың электр қозғалтқышы		<i>M</i>
Тұрақты ток генераторы, /қоздырғыш/		<i>GE</i>
Айнымалы ток машиналарының статор орамы		-
Синхронды генератордың қоздырушы орамы		<i>LG</i>
Күштік трансформаторы /автотрансформатор/. Жалпы белгісі		<i>T, AT</i>
Үш орамалы күштік трансформатор /автотрансформатор/. РПН-ы бар.		<i>T, AT</i>
Күштік трансформаторы, үш орамалы		<i>T</i>
Екі орамды, арнайы тарамдалған кернеуді реттейтін құрылымы бар / РПН/ күштік трансформатор		<i>T</i>
Бір фазалы трансформатор және дросьельдің орамы		-
Кернеу трансформаторы		<i>TV</i>

ҚОСЫМША А жалғасы <i>TV</i>		
СҰЛБА ЭЛЕМЕНТІНІҢ АТЫ	БЕЛГІЛЕУ ТАҢБАСЫ	ӘРІПТІК КОД
Үш фазалы, үш орамды өлшеуіш кернеу трансформаторы		<i>TV</i>
Өлшеуіш ток трансформаторы		<i>TA</i>
Реактор		<i>LR</i>
Қосарлы реактор		<i>LR</i>
Жоғары кернеулі ажыратқыш		<i>Q</i>
Айырғыш		<i>QS</i>
Жерге қосқыш айырғыш		<i>QSG</i>
Бөлгіш		<i>QR</i>
Қысқа тұйықтағыш		<i>QN</i>
Жүктеме ажыратқыш		<i>QW</i>
Балқыма сақтандырғыш		<i>F</i>

ҚОСЫМША А жалғасы		
СҰЛБА ЭЛЕМЕНТІНІҢ АТЫ	БЕЛГІЛЕУ ТАҢБАСЫ	ӘРІПТІК КОД
Вентильдік разрядтауыш, магнитті-вентильдік		<i>FV</i>
Күш тізбегіндегі автоматты ажыратқыш, басқару тізбегі		<i>QF</i> <i>SF</i>
Автоматты емес айырғыш /рубильник/		<i>S</i>
Түйістіргіш /контактор/, магниттік жүргізгіш		<i>KM</i>
Жоғарғы кернеулі құрылғысының жинақтаушы шинасы		<i>A</i>
Жинақтаушы шиналардың секциялары		<i>B</i>
Шиналарды қосатын ажыратқыш /қосалқы шиналы ажыратқыш/		<i>QA</i>
Секциялық ажыратқыш		<i>QB</i>
Айналма ажыратқыш		<i>QO</i>
Аккумулятор батареясы		<i>GB</i>

Б. Қашықтан өлшеу, сигнал және басқару сұлбалары үшін шартты белгілер Коммутациялы құрылғының түйіспелері /контактілері/; а – тұйықтау; б – ажырату		-
Күрделі сұлбалы коммутацияны басқару кілті		SA
Ілгектегі ажыратқыш: а – тұйықтау түйіспесі, б – ажырату түйіспесі		SB SBS SBT
Диод, стабилитрон		VD
Транзистор		VT
Тристор		VS
Электромагниттік жетегі бар электромеханикалық құрылғы: қосушы электромагнит, ажыратушы электромагнит		YA YAC YAT
Реле, түйістіргіш /контактор/, магниттік жүргізгіш орамдарын басқару сұлбалары: Ток релесі Кернеу релесі Уақыт релесі Аралық реле Көп қосылуға тыйма /блокировка/ жасайтын реле Командалық реле Қысымды бақылау релесі Приборлардың жағдайын анықтайтын реле Команданың орнықтырма релесі /ФИКСАЦИЯ/		K KA KV KT KL KBS KC KSP KQ KQQ

ҚОСЫМША А жалғасы

СҰЛБА ЭЛЕМЕНТІНІҢ АТЫ	БЕЛГІЛЕУ ТАҢБАСЫ	ӘРІПТІК КОД
Жол ажыратқышы: а – тұйықтау, б – ажырату		<i>SQ</i> <i>SQT</i> <i>SQC</i>
Сигнал шамы: Жасыл линзалы Қызыл линзалы		<i>HL</i> <i>HLG</i> <i>HLR</i>
Көрсеткіш, өлшегіш құралдар: Жалпы белгісі. Амперметр, А Вольтметр, V Ваттметр, W Варметр, VAR Частотметр, Hz Синхроноскоп, T		<i>P</i> <i>PA</i> <i>PV</i> <i>PW</i> <i>PVA</i> <i>PF</i>
Тіркеуіш өлшегіш құралдары: Жалпы белгілері		<i>PS</i>
Тіркеуіш амперметрі		<i>PSA</i>
Тіркеуіш вольтметрі		<i>PSV</i>
Жиілікті тіркейтін аспап (частотометр)		<i>PSF</i>
Осциллограф		<i>PO</i>
Интегралдық өлшегіш құралдары, счетчиктер: активті энергия		<i>PI</i>
Реактивті энергия		<i>PK</i>

«ҚОСЫМША Б»

Электр аппараттарын және құрылғыларын таңдағанда ескерілетін факторлар

№	Электр аппараттардың және құрылғылардың түрлері	Оқшауламаның деңгейі	Ұзақ токпен қыздырылу мерзімі	Төзімділігі		Екінші реттік тізбектің жүктемесі	Коммутациялық қабілеті	Тоқты шектеу сипаттамасы	Қалыпты режимдегі кернеу шығыны
				Электродинамикалық	термиялық				
1	Ажыратқыш	+	+	+	+	-	+	-	-
2	Айырғыш	+	+	+	+	-	/+/-	-	-
3	Қысқа тұйықтағыш	+	-	+	+	-	-	-	-
4	Бөлгіш	+	+	+	+	-	/+/-	-	-
5	Балқыма сақтандырғыш	+	+	-	-	-	+	+	-
6	Жүктеме ажыратқыш	+	+	+	+	-	+	-	-
7	Зарядсыздандырғыш / разрядник/	+	-	-	-	-	+	-	-
8	Ток трансформаторы	+	+	+	+	+	-	-	-
9	Кернеу трансформаторы	+	-	-	-	+	-	-	-
10	Тіректік оқшаулатқыш	+	-	+	-	-	-	-	-
11	Өткерме оқшаулатқыш	+	+	+	-	-	-	-	-
12	Реактор	+	+	+	+	-	-	-	+
13	Автомат ажыратқыш	+	+	/+/-	-	-	+	+	-
14	Түйістіргіш / контактор/	+	+	-	-	-	+	-	-
15	Магниттік жүргізгіш	+	+	-	-	-	+	-	-
16	Рубильник	+	+	+	+	-	+	-	-

Ескерту: 1. Ескерілетін факторлардың белгісі - + /плюс/, ескерілмейтін - - /минус/.

2. +/- белгімен көрсетілген факторлар тек қана жеке жағдайда ескеріледі.

«ҚОСЫМША В»
ХАЛЫҚАРАЛЫҚ ӨЛШЕМ БІРЛІГІНІҢ ЖҮЙЕСІ (СИСТЕМАСЫ)

Шама	Бірлік атауы	Белгіленуі	
		халықаралық	орысша
1	2	3	4
Негізгі өлшем бірліктері			
Ұзындығы	метр	m	м
Массасы /салмағы/	килограмм	kg	кг
Уақыт	секунд	S	с
Электр тоғының күші	ампер	A	А
Термодинамикалық температура	кельвин	K	К
Зат мөлшері	моль	mol	моль
Жарық күші			
Қосымша өлшем бірліктері			
Жазық бұрыш	радиан	rad	рад
Заттық бұрыш	стеродиан	Sr	ср
Туынды бірліктер			
Жазықтық /аудан/	шаршы метр	m ²	м ²
Көлемі, сыйымдылығы	куб метр	m ³	м ³
Жылдамдық	секундына метр	m/S	м/с
Бұрыштық жылдамдық	секундына радиан	rad/S	рад/с
Жылдамдату /үдеу/	шаршы метрдегі секундына метр	m/s ²	м/с ²
Бұрыштық жылдамдату	-»-сек. радиан	rad/s ²	рад/с ²
Тығыздығы /көлемдік салмағы/	куб.метр-килограмм	kg/m ³	кг/м ³
Электр тоғының тығыздығы	шаршы метрдің амперге қатысы	A/ m ²	А/м ²
Электр өрісінің кернеулігі	Вольттің метрге қатысы	V/m	в/м
Жарықтық	Кандела шаршы метрге	cd/m ²	кд/м ²
Арнайы атаулары бар өндіріс бірліктері			
Жиілік	герц	Hz	Гц
Күш, салмақ	ньютон	N	Н
Қысым, механикалық кернеу, серпімділік модулі	паскаль	Pa	Па
Энергия, жұмыс, жылу мөлшері	джоуль	j	Дж
Қуат, энергия тасқыны	ватт	w	Вт
Электр мөлшері /электр заряды/	кулон	c	Кл
Электр кернеуі, электр потенциалы, электр потенциалының түрлілігі,	вольт	V	В
электр қозғаушы күш			
Электр сыйымдылығы	фарад	F	ф
Электр кедергісі	ом	Ω	Ом

ҚОСЫМША В жалғасы

1	2	3	4
Электр өткізгіштік	сименс	S	См
Магнит индукциясының тасқыны, магнит тасқыны	вебер	W_b	Вб
Магнит тасқынының тығыздығы, магниттік индукция	тесла	T	Тл
Өзара индуктивтілік	генри	H	Гн
Жарық тасқыны	люмен	Im	лм
Жарықталғандық	люкс	I_x	лк

«ҚОСЫМША Г»

**Ондық және үлестік бірлестіктерді құратын көбейткіштер мен
қосымшалар және олардың атаулары**

Көбейткіштің атауы	Көбейткіш	Қосымшаның атауы	Қосымшаны белгілеу	
			халықаралық	орысша
Квинтиллион	10^{18}	экса	B	Э
Квадриллион	10^{15}	пета	P	П
Триллион	10^{12}	тера	T	Т
Миллиард	10^9	гига	G	Г
Миллион	10^6	мега	M	М
Мың	10^3	кило	K	к
Жүз	10^2	гекто	h	г
Он	10^1	дека	da	да
Оннан бірі	10^{-1}	деци	d	д
Жүзден бірі	10^{-2}	санти	c	с
Мыңнан бірі	10^{-3}	милли	m	м
Миллионнан бірі	10^{-6}	микро	μ	мк
Миллиардтан бірі	10^{-9}	нано	n	н
Триллионнан бірі	10^{-12}	пико	p	п
Квадриллионнан бірі	10^{-15}	фемто	f	ф
Квинтиллионнан бірі	10^{-18}	атто	a	а

«ҚОСЫМША Д». Турбогенераторлар мен гидрогенераторлардың негізгі техникалық деректері

Турбогенераторлардың түрлері	Айналу жиілігі, бір минуттегі айналымы, айн/мин	Номиналдық мәні					Асқын өтпелі индуктивтік кедергі X _d с.б.	Қозды-ру жүйесі	Орамаларын салқындату жүйесі		Масса, т	
		Қуаты МВ·А	cosφ	Статор тоғы, кА	Статор кернеуі, кВ	ПЭК пайдалы әсер коэфф-і, %			статор	ротор	жалпы (4)	ротор
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Турбогенераторлар												
T2 – 6 – 2	3000	7,5	0,8	0,687 0,42	6,3	97,6	0,137 0,148	М	В3	В3	18,05	2,99
T2 – 12 – 2	3000	15	0,8	1,375 0,88	6,3 10,5	97,8 97,7	0,116	М	В3	В3	18,74	4,86
TBC – 32	3000	40	0,8	3,67 2,2	6,3 10,5	97,8	0,151 0,159	М	КВР	НВР	69,2	16,2
ТВФ – 60 – 2	3000	75	0,8	6,88 4,25	6,3 10,5	98,5	0,195 0,146	М	КВР	НВР	11,2	24,2
ТВФ – 63 – 2	3000	78,75	0,8	7,21 4,33	6,3 10,5	98,3	0,180 0,139	М	КВР	НВР	114,8	25,4
ТВФ – 100 – 2	3000	117,5	0,85	6,475	10,5	98,7	0,183	М	КВР	НВР	153,0	30,0
ТВФ – 120 - 2	3000	125	0,8	6,875	10,5	98,4	0,192	ВЧ	КВР	НВР	159	30,8
ТВВ – 160- 2Е	3000	188,2	0,85	6,04	18	98,5	0,22	ТН	НВ	НВР	146	31
ТВВ – 165 – 2	3000	188,2	0,85	6,04	18	98,5	0,226	ВЧ	НВ	НВР	176,6	34,6
ТВВ – 200 – 2	3000	235	0,85	8,625	15,75	98,6	0,191	ВЧ, ТН	НВ	НВР	206	42
ТВВ – 220-2А	3000	259	0,85	9,49	15,75	98,6	0,197	ВЧ	НВ	НВР	213	43
ТВВ – 320 – 2	3000	353	0,85	10,2	20	98,7	0,173	ВЧ, БЩ ТН	НВ	НВР	305	55
ТТВ – 300	3000	353	0,85	10,2	20	98,8	0,195	ТН, ТС БЩ	НРВ	НВР	321,8	55,8
ТВМ – 300	3000	353	0,85	10,2	20	98,7	0,200	ТС	НМ	НВ	295,4	50,4
ТВВ-500-2	3000	588	0,85	17	20	98,7	0,242	ТН,БЩ	НВ	НВР	391	66

ТГВ-500	3000	588	0,85	17	20	98,8	0,243	ТН	НВ	НВ	279,5	61,5
ТГВ-500-4	1500	588	0,85	17	20	98,6	0,262	БЩ	НВ	НВ	441	-
ТВВ-800-2	3000	889	0,9	21,4	24	98,7	0,219	ТН	НВ	НВР	482	80
ТЗВ-800-2	3000	889	0,9	21,4	24	98,9	0,216	БЩ	НВ*	НВ	480	82
ТВВ-1000-2	3000	1111	0,9	26,73	24	98,9	0,27	БЩ	НВ	НВР	544	86,5
ТВВ-1000-4	1500	1111	0,9	26,73	24	98,9	0,324	БЩ	НВ	НВР	-	-
ТВВ-1200-2	3000	1333	0,9	2×16,05	24	99,0	0,247	БЩ	НВ	НВР	-	100

Гидрогенераторлар

СВ-1160/180-72	83,3	103,5	0,8	4,3	13,8	97,5	0,26	М	ВЗ	ВЗ	985	491
СВ-1500/170-90	62,5	118	0,85	4,95	13,8	97,5	0,22	М	ВЗ	ВЗ	1170	592
СВ-1500/200-86	68,2	127,8	0,9	5,52	13,8	97,6	0,5	ИН	ВЗ	ВЗ	1350	765
СВ-1190/250-48	125	264,7	0,85	9,75	15,75	97,44	0,24	ИН	ВЗ	ВЗ	1300	655
СВ-712/227-24	250	305	0,85	11,2	15,75	98,15	0,28	ТС	НВ	НВ	830	398
СВФ-1500/130/88	68,2	160	0,8	6,68	13,8	96,3	0,4	ИН	НВ	НВ	1080	577
СВ-1690/180-72	93,8	590	0,85	21,65	15,75	98,2	0,3	ИН	НВ	НВ3	1650	884
СКГВ-480/115-64	93,8	20	1	3,66	3,15	96,3	0,45	М	НВ	НВ	170	62
СКГВ-720/140-80	75	45,9	0,98	4,2	6,3	97	0,39	ТС	НВ	НВ	307	135
СВО-733/130-36?	166,7	41,5	0,91	2,635	10	97,5	0,24					
Қоғалтқыштық режім												
Генераторлық режім	-	41,5	0,73	2,51	10,5	97,5	0,22	М	ВЗ	-	450	206

Ескерту: 1. Гидрогенератордың түрін көрсететін әріптен кейін алымдағы сан статордың диаметрі, ал бөліміндегі – статордың активтік болатынының ұзындығын көрсетеді, см; Ең соңғы сан полюстің санын көрсетеді.

2. Әріптер қоздыру жүйелерін көрсетеді: М – тұрақты тоқты машиналық қоздырғыш; ИН – тәуелсіз қоздыру сұлбасымен орындалған иондық қоздырғыш; ТН – тәуелсіз тиристорлық қоздырғыш; ТС – өздігінен қоздырылатын тиристорлық қоздырғыш; БЩ – щеткасыз қоздырғыш.

3. Әріптер салқындату жүйелерін көрсетеді: ВЗ – ауамен; КВР – суітегімен жанама тәсілмен; НВР – суітегімен тікелей тәсілмен; НВ – суімен тікелей; НМ – маймен тікелей; НВЗ – тікелей ауамен; НВ* – статордың барлық активтік және құралымдық элементтерін тікелей сумен.

4. Статорды және роторды толық жинағандағы жалпы салмағы

«ҚОСЫМША Е» Синхронды компенсаторлардың техникалық деректері

Түрлері	Айналу жылігі айн/мин	Номинал қуаты, МВА		Статор- дың кернеуі, кВ	Шығын кВт	Асқын өтпелі индуктивтік кедергі X''_d	Салқын- дату жүйесі	Қоздыру жүйесі	Салмағы	
		Тоғы басым болған-да	Тоғы артта қалған- да						жалпы	статор
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
КС – 16 – 6	1000	16	9	6,3	370	0,16	ВЗ	СТ	49,7	24,1
КС – 16 – 11	1000	16	9	10,5	370	0,19	ВЗ	СТ	50,2	24,5
КСВБ – 50 – 11	750	50	20	11	800	0,29	КВР	БЩ	148,3	74,5
КСВБ – 50 – 11	750	50	40	11	800	0,29	КВР	БЩ	150	74,5
КСВБ – 100-11	750	100	50	11	1350	0,21	КВР	БЩ	225,5	113
КСВБ – 100-11	750	100	82,3	11	1350	0,21	КВР	БЩ	230	113
КСВБ – 160 – 15	750	160	80	15,75	1750	0,21	КВР	БЩ	310	150
КСВБ – 160-15	750	160	130	15,75	1750	0,21	КВР	БЩ	315	150
КСВБ – 160-15	750	160	130	15,75	1750	0,21	КВР	БЩ	315	150

Ескерту: компенсатордың түріне байланысты белгілер – КС – компенсатор синхронды, келесі әріптер (В) сүтегімен салқындалатылады, (Б) – шетқасыз және (О) резервті түрде қоздыру.

Салқындату: ВЗ – ауамен; КВР – жанама сүтегімен.

Қоздыру: СТ – статикалық тиристорлық қоздыру; БЩ – шетқасыз қоздыру жүйесі.

«ҚОСЫМША Ж» Кернеуі 35 кВ-ке дейінгі үшфазалы трансформаторлар
[Мемлекеттік стандарт (МС)-11920-85 Е]

Трансформаторлардың түрі	Номинал кернеуі, кВ		Шығын, кВт		Қысқа тұйықталу кернеуі, U _{кТ} , %	Бос жүріс тоғы, I _{б.ж.} , %
	Жоғарғы кернеу Ж.К. (ВН)	Төменгі кернеу Т.К. (НН.)	Бос жүріс Б.Ж. (Х.Х.)	Қысқа тұйықталу Қ.Т (Қ.З.)		
1	2	3	4	5	6	7
ТМ – 1000/35	13,75; 15,75 20 35	0,4; 0,69 6,3; 10,5 3,15; 6,3 10,5	2	12,2 11,6	6,5	1,4
ТМН – 100/35	20,35	0,4; 0,69 6,3; 11	2,1 2,1	12,2 11,6	6,5 6,5	1,4 1,4
ТМ – 1600/35	20 35	0,4; 0,69 3,15; 6,3 10,5	2,75 2,75	18 16,5	6,5 6,5	1,3 1,3
ТМН – 1600/35	13,8; 15,75 20; 35	0,4; 0,69 6,3; 11	2,9 2,75	18 16,5	6,5 6,5	1,3 1,3
ТМН – 2500/35	13,8; 15,75 20; 35	6,3; 11 0,69 6,3; 11	4,1 - 4,1	23,5 - 23,5	6,5 6,5 6,5	1 1 1
ТМ – 4000/10	6; 10 10	3,15 6,3	5,2	33,5	7,5	0,9
ТМ – 4000/35	35 20; 35	3,15 6,3; 10,5	5,3 5,3	33,5 33,5	7,5 7,5	0,9 0,9
ТМН – 4000/35	13,8; 15,75; 20; 35	6,3; 11	5,6	33,5	7,5	0,9
ТМ - 6300/10	10	3,15; 6,3	7,4	46,5	7,5	0,8
ТМ – 6300/35	35 10; 35	3,15 6,3; 10,5	7,6 7,6	46,5 ...	7,5 7,5	0,8 0,8
ТМН – 6300/20	13,8; 15,75; 20	6,3; 11	8	46,5	7,5	0,8
1	2	3	4	5	6	7
ТМН – 6300/35	35	6,3; 11	8	46,5	7,5	0,8

ТД – 10000/35	38,5	6,3; 10,5	-	-	-	-
ТД – 16000/35	38,5	6,3; 10,5	-	-	-	-
ТДЦ – 80000/15	15,75	6,3; 10,5	58	280	10	0,45
ТМС – 1000/10	3,15; 6,3 10,5	0,4	2,2	12,2	8	1,4
ТМНС – 6300/10	10,5	6,3	8	46,5	8	0,8
ТДНС – 10000/35	10,5; 13,8 15,75; 18; 36,75	6,3; 10,5	12	60	8	0,75
ТДНС – 16000/20	10,5; 13,8 15,75; 18	6,3 6,3; 10,5	17	85	10	0,7
ТДНС – 16000/35	36,75	6,3; 10,5	17	85	10	0,7
ТРДНС – 25000/10	10,5	6,3 – 6,3	25	115	10,5	0,65
ТРДНС – 25000/35	15,75; 18; 20; 36,75	6,3 – 6,3; 6,3 – 10,5	25	115	10,5	0,65
ТРДНС – 32000/15	15,75	6,3 – 6,3; 6,3 – 10,5; 10,5 – 10,5	29	145	12,7	0,6
ТРДНС – 32000/35	18; 20; 24; 36,75	6,3 – 6,3; 6,3 – 10,5; 10,5 – 10,5	29	143	12,7	0,6
ТРДНС – 40000/20	15,75; 18; 20	6,3 – 6,3; 6,3 – 10,5; 10,5 – 10,5	36	170	12,7	0,5
ТРДНС – 40000/35	24; 36,75	6,3 – 6,3; 6,3 – 10,5; 10,5 – 10,5	36	170	12,7	0,5
ТРДНС – 63000/35	20; 24; 36,75	6,3 – 6,3; 6,3 – 10,5;	50	250	12,7	0,45

Ескерту: 1. ТМ және ТД трансформаторларының кернеуді реттейтін ПВВ құрылғысы бар. Оның мүмкіндігі $\pm 2 \times 2,5\%$.

2. ТМН трансформаторларының РПН-ы бар. Оның мүмкіндігі $\pm 4 \times 2,5\%$ немесе $\pm 6 \times 1,5\%$.

Ескерту: 1. Трансформаторларда: ТРДНС – 25000-да $U_{К.ТЖК-ТК_2(ТК)_2} = 19\%$; $U_{ТК.ТК_2-ТК_2} = 30\%$,

ал ТРДНС – 32000, ТРДНС – 40000, ТРДНС – 63000-да $U_{К.ТЖК-ТК_2(ТК)_2} = 23\%$, $U_{К.ТЖК-ТК_2(ТК)_2} = 40\%$ болуы керек (трансформатордың номинал қуатына және номинал кернеуі келтірілген).

2. РПН бар трансформаторлардың жоғары орамасындағы кернеудің деңгейін реттеу мүмкіндігі $ЖК \pm 8 \times 1,5\%$.

«ҚОСЫМША Ж жалғасы» Кернеуі 110 кВ тобындағы үш фазалы трансформаторлар (М.С. 12965 – В5Е)

Трансформатордың түрі	Жоғарғы кернеу Ж.К. (ВН)	Номинал кернеу, кВ	Төменгі кернеу Т.К. (НН.)	Шығын, кВт		Қысқа тұйықталу кернеуі, U _{кз} , %	Бос жүріс тоғы, I _{о.ж.} , %
				Бос жүріс Б.Ж. (X.X.)	Қысқа тұйықталу Қ.Т. (Қ.З.)		
ТМН – 2500/110	110		6,6; 11	5,5	22	10,5	1,5
ТМН – 6300/110	115		6,6; 11; 16,5	10	44	105	1,0
ТДН – 10000/110	115		6,6; 11; 16,5 22	14	58	10,5	0,9
ТДН – 16000/110	115		6,6; 11; 16,5 22	18	85	10,5	0,7
ТДН – 25000/110	115		38,5	25	120	10,5	0,65
ТДН – 40000/110	115		38,5	34	170	10,5	0,55
ТРДН – 25000/110	115		6,3 – 6,3; 6,3 – 10,5; 10,5 – 10,5	25	120	10,5	0,65
ТРДН – 40000/110	115		6,3 – 6,3; 6,3 – 10,5; 10,5 – 10,5	34	170	10,5	0,55
ТРДН – 63000/110	115		6,3 – 6,3; 6,3 – 10,5; 10,5 – 10,5	50	245	10,5	0,5
«ҚОСЫМША Ж» жалғасы							
ТРДЦН – 125000/110	115		10,5 – 10,5	105	400	11	0,55
ТДН – 63000/110	115		38,5	50	245	10,5	0,5
ТДН – 80000/110	1150		38,5	58	310	10,5	0,45
ТДЦ – 125000/110	121		10,5; 13,8	120	400	10,5	0,55
ТДЦ – 200000/110	121		13,8; 15,75; 18	170	550	10,5	0,5
ТДЦ – 250000/110	121		15,75	200	640	10,5	0,5
ТДЦ – 400000/110	121		20	320	900	10,5	045

Ескерту: 1. РПН бар трансформаторлардың жоғары орамасындағы кернеудің деңгейін реттеу мүмкіндігі ЖҚ±16%. ±9 сатылы (қуаты 2500 кВ.А трансформаторлардың РПН төменгі орамасында ТК+15%÷12%; +10%-8 сатылы).

2. ПВВ бар жоғарлатқыш трансформаторлардың кернеудің деңгейін реттеу мүмкіндігі ПВВ±2×2,5%.

Түрі ТДЦ – 125000 – 400000 кВ.А трансформаторларда кернеуді реттейтін құрылғы жоқ.

**«ҚОСЫМША Ж жалғасы» 110 және 35 кВ-ты үш фазалы, үш орамды трансформаторлар
(М.С. 11920 – 85Е, 12965-85Е)**

Трансформатордың түрі	Номинал кернеу, кВ			Шығын, кВт		Қысқа тұйықталу /КЗ/ кернеуі, U _{кз} %			Бос жүріс I _{бж} ² /X.X./ тоғы, %.
	Жоғарғы кернеу Ж.К. (ВН)	Орта кернеу О.К. (СН)	Төменгі кернеу Т.К./НН/	Бос жүріс /х.х./	Қысқа тұйықталу /к.з./	ЖК – ОК ВН – СН	ЖК – ТК ВН – НН	ОК – ТК СН – НН	
ТМТН – 6300/110	115	16,5; 22; 38,5	6,6; 11	12,5	5,2	10,5	17	6	1,1
ТДТН – 10000/110	6115	16,5; 22; 38,5	6,6; 11	17	76	10,5	17,5	6,5	1,0
ТДТН – 16000/110	115	22; 34,5; 38,5	6,6; 11	21	1000	10,5	17,5	6,5	0,8
ТДТН – 25000/110	115	11; 22; 38,5	6,6; 11	28,5	140	10,5	17,5	6,5	0,7
ТДТН – 40000/110	115	11; 22; 38,5	6,6; 11	39	200	10,5	17,5	6,5	0,6
ТДТН – 63000/110	115	11; 38,5	6,6; 11	53	290	10,5	18	7	0,55
ТДТН – 80000/110	115	11; 38,5	6,6; 11	64	365	11	18,5	7	0,5
ТДЦТН – 80000/110	115	11; 38,5	6,6; 11	64	365	11	18,5	7	0,5
ТМТН – 6300/35	35	10,5; 13,8; 15,75	6,3	12	55	7,5	7,5	16,5	1,2
ТМТН – 10000/35	35	10,5; 13,8; 15,75	6,3	19	75	8 (16,5)	16,5 (8)	7	1
ТМТН – 16000/35	35	10,5; 13,8; 15,75	6,3	28	115	8 (16,5)	16,5 (8)	7	0,95

Ескерту: 1. Кернеуі 115 кВ-тық трансформаторлардың РПН жоғары орама жағынан бейтараптама нүктесіне қосылған. Кернеудің деңгейін реттеу мүмкіндігі ЖҚ±16%, ±9 сатылы; Кернеуі 35 кВ-тық трансформатордың РПН-ы ±6×1,5%; Кернеуі 36,75 кВ-тық трансформатордың РПН-ы ±8×1,5%;

2. Әрбір орама трансформатордың толық қуатына есептелінген.

3. Қысқа тұйықталу шығынының мәні негізгі жүл орамаларының ЖК – ОК тармақтары үшін көрсетілген.

**«ҚОСЫМША Ж жалғасы» Кернеуі 220 және 330 тобындағы үш фазалы трансформаторлар
(М.С. 17544 – 85)**

Трансформатордың түрі	Номинал кернеу, кВ		Шығын, кВт		Қысқа тұйықталу кернеуі, U _{к.т} , %	Бос жүріс тоғы, I _{б.ж.} , %
	Жоғарғы кернеу	Төменгі кернеу	Бос жүріс	Қысқа тұйықталу		
ТРДН – 32000/220	230	6,3 – 6,3 6,6 – 6,6 11 – 11 6,6 – 11	45	150	11,5	0,65
ТРДНС – 40000/220	230	6,3 – 6,3 6,6 – 6,6 11 – 11 6,6 – 11	50	170	11,5	0,6
ТРДН – 63000/220	230	6,3 – 6,3 6,6 – 6,6 11 – 11 6,6 – 11	70	265	11,5	0,5
ТРДЦН – 63000/220	230	6,6 – 6,6; 11 – 11; 6,6 – 11	70	265	11,5	0,5
ТРДЦН – 100000/220	230	11 – 11	102	340	12,5	0,65
ТРДЦН – 160000/220	230	11 – 11	155	500	12,5	0,6
ТРДЦН – 200000/220*	230	11 – 11	-	-	-	-
ТРДНС – 40000/330	230	6,3 – 6,3; 10,5 – 10,5; 6,3 – 10,5	80	180	11	0,8
ТРДНЦ – 63000/330	330	6,3 – 6,3; 10,5 – 10,5; 6,3 – 10,5	100	230	11	0,8
ТД – 80000/220	242	6,3; 10,5; 13,8	79	315	11	0,45
ТДЦ – 125000/220	242	10,5; 13,8	120	380	11	0,5
ТЦ – 160000/220*	242	13,8; 15,75	-	-	-	-

ТДЦ – 200000/220; ТЦ – 200000/220	242	13,8; 15,75; 18	130	660	11	0,4
ТДЦ – 250000/220; ТЦ – 250000/220	242	13,8; 15,75	207	600	11	0,5
ТДЦ – 400000/220; ТЦ – 400000/220	242	15,75; 20	280	870	11	0,45
ТНЦ – 630000/220	242	15,75; 20; 24	400	1200	12,5	0,35
ТНЦ – 1000000/220	242	24	480	2200	11,5	0,4
ТДЦ – 125000/330	347	10,5; 13,8	125	380	11	0,55
ТДЦ – 200000/330 ТЦ – 200000/330	347	13,8; 15,75; 18	180	520	11	0,5
ТДЦ – 250000/330 ТЦ – 250000/330	347	13,8; 15,75	214	605	11	0,5
ТДЦ – 400000/330 ТЦ – 400000/330	347	15,75; 20	300	790	11,5	0,45
ТНЦ – 630000/330	347	15,75 20,24	345	1300	11,5	0,35
ТНЦ – 1000000/330	347	24	480	2200	11,5	0,4
ТНЦ – 1250000/330	347	24	715	2200	14,5	0,55

* Тұтынушылардың сұранысына байланысты орындалып шығарылады.

Ескерту: 1. Трансформаторлардың РПН-ы бейтараптама нүктесіне қосылған. Кернеудің деңгейін реттеу мүмкіндігі $\pm 12\%$;

2. ТЦ, ТДЦ, ТНЦ трансформаторларында кернеуді реттейтін құрылғы жоқ.

3. Тарамдалған орамалы трансформаторлар үшін $U_{TK.ЖК_2-TK_2} = U_{TK.ЖК_2-TK_2} = 21\%$; $U_{TK.ЖК_2-TK_2} = 28\%$; қысқа тұйықталу шығыны ЖК-ТК орамалары үшін берілген.

«ҚОСЫМША Ж жалғасы» Кернеуі 500, 750 кВ класындағы трансформаторлар (М.С. 17544 – 85)

Трансформатордың түрі	Номинал кернеу, кВ		Шығын, кВт	Қысқа тұйықталу (к.т.)		Қысқа тұйықталу кернеуі, U _{к.т.} %		Бос жүріс, I _{б.ж.} %
	Жоғарғы кернеу ЖК/ВН/	Төменгі кернеу, ТК ₁ -ТК ₂ /НН ₁ -НН ₂ /	Бос жүріс / БЖ/	Қысқа тұйықталу (к.т.)	ЖК – ТК /ВН – НН/	ЖК – ТК ₁ /ВН-НН ₁ /	ТК ₁ -ТК ₂ / НН ₁ -НН ₂ /	
ТДЦ – 250000/500	525	13,8; 15,75; 20	205	590	13	-	-	0,45
ТЦ – 25000/500								
ТДЦ – 400000/500	525	13,8; 15,75; 20	315	790	13	-	-	0,45
ТЦ – 40000/500								
ТЦ – 69000/500	525	15,75; 20; 24; 36,75 24	420	4210	14	-	-	0,4
ТНЦ – 1000000/500	525	15,75 – 15,75; 20 – 20	570	1800	-	-	-	0,4
ОРЦ – 333000/500*	525/ $\sqrt{3}$		-	-	-	-	-	-
ОРЦ – 417000/500*	525/ $\sqrt{3}$	15,75 – 15,75 24 – 24 24 - 24 $\sqrt{3}$	230	1260	13,5	27	44	0,15
ОРЦ – 417000/500		20 – 20; 24 – 24	320	800	14	28	45	0,35
ОРЦ – 533000/750*	787/ $\sqrt{3}$	15,75 – 15,75; 20 – 20; 24 - 24	-	-	-	-	-	-

Ескерту: * Қабылдану сынағынан өткеннен кейін параметрлері белгіленеді.

«ҚОСЫМША Ж жалғасы» 220 кВ үшорамды трансформаторлар (М.С. 17544 – 85)

Трансформатордың түрі	Номинал кернеу, кВ			Шығын, кВт		Қысқа тұйықталу кернеуі, U _{к.т} , %			Бос жүріс тоғы, I _{б.ж} , %		
	Жоғарғы кернеу ЖК/ВН/	Орта кернеу ОК/СН/	Төменгі кернеу ТК/НН/	Бос жүріс (х.х)	Қысқа тұйықталу (К.З)						
					ЖК-ОК	Ж К - ОК-ТК	ОК-ТК				
ТДТН – 25000/220	230	38,5	6,6	45	130	135	105	12,5	20	6,5	0,9
ТДТН – 40000/220	230	38,5	11	54	220	200	170	12,5	22	9,5	0,55
ТДТН – 63000/220*	230	38,5	11	-	-	-	-	-	-	-	-

Ескерту: * Тұтынушылардың сұранысына байланысты істен шығарылады.
Барлық орамаларының қуаты трансформатордың номиналды қуатына тен.

«ҚОСЫМША Ж жалғасы» Кернеуі 220, 330, 500 және 750 кВ тобындағы автотрансформаторлар (М.С. 17544-85)

Трансформатордың түрі	Номинал қуат, МВА		Номинал кернеу, кВ				Шығын, кВт				Қысқа тұйықталу кернеуі, U _{к.т} , %				Бос жүріс тоғы, I _{б.ж.} , %	
	Авто-трансформатор	Төменгі кернеу орамы, ТК/НН/	Жалпы орамадағы ең үлкен шекті ток, А	Жоға-ры кернеу ЖК/ВН/	Орта кернеу ОК/СН/	Төменгі кернеу ТК/НН/	Бос жүріс БЖ	Қысқа тұйықталу, (К.Т)			ЖК-ОК	ВН-СН	ЖК-ТК	ВН-НН		СН-НН
								ВН-СН	ЖК-ТК	ВН-НН						
АТДЦТН – 63000/220/110	63	32	185	230	121	6,6; 11; 38,5	37	200	160	140	11	35	22	22	0,45	
АТДЦТН –125000/220/110	125	63	365	230	121	6,6; 11; 38,5	65	315	280	275	11	45	28	28	0,4	
АТДЦТН –200000/220/110	200	80 100	585	230	121	6,3; 6,6; 38,5 10,5; 11	105	430 430	340 400	310 340	11	32	20	20	0,45	
АТДЦТН-250000/220/110	250	125 100	735	230	121	10,5; 11 38,5	120	500 500	410 280	400 270	11	32	20	20	0,4	

АТДЦТН-125000/330/110	125	63	520	330	115	6,3; 6,6; 10,5 11; 38,5	100	345	240	210	10	35	24	0,45
АТДЦТН –200000/330/110	200	80	800	330	115	6,3; 6,6; 10,5; 11; 38,5	155	560	300	210	10,5	38	25	0,45
АОДЦТН-133000/330/220	133	33	408	$330/\sqrt{3}$	$230/\sqrt{3}$	10,5; 38,5	50	250	125	105	9	60	48	0,2
АТДЦТН-250000/500/110	250	100	983	500	121	10,5; 38,61	200	690	280	230	13	33	18,5	0,4
АТДЦН – 500000/500/220	500	500	712	500	-	230	220	1050	-	-	-	12	-	0,3
АОДЦТН –167000/500/220	167	50 67	750	$500/\sqrt{3}$	$230/\sqrt{3}$	10,5; 11; 38,5; 13,8 15,75; 20	90	315 315	105 190	95 67	11	35	21,5	0,25
АОДЦТН - 267000/500/220	267	67	1195	$500/\sqrt{3}$	$230/\sqrt{3}$	10,5; 13,8; 38,5; 15,75 20	125	470 470 470	110 160 310	100 150 250	11,5	37	23	0,25
АОДЦТН - 167000/500/330	167	33	345	$500/\sqrt{3}$	$330/\sqrt{3}$	10,5; 38,5	61	300	81	86	9,5	67	61	0,2
АОДЦТН - 267000/750/220	267	80	1492	$750/\sqrt{3}$	$230/\sqrt{3}$	10,5	200	600	145	140	13	31	17	0,35
АОДЦТ – 417000/750/330*	417	120	-	$750/\sqrt{3}$	$330/\sqrt{3}$	15,75; 10,5	-	-	-	-	-	-	-	-
АОДЦТН - 417000/750/500	417	33,7	552	$750/\sqrt{3}$	$500/\sqrt{3}$	10,5	125	630	60	60	11,5	81	68	0,15

Ескерту: * Қабылдау сынағынан өткеннен кейін параметрлері белгіленеді. ЖК-ТК және ОК-ТК орамаларындағы қысқа тұйықталу шығыны төменгі кернеудегі орамасының (ТК) қуатына келтірілген.

«ҚОСЫМША Ж жалғасы», Электр қондырғы ғимараттарының құнының ірілендірілген көрсеткіштері.
1. Кернеуі 35-150 кВ күштік трансформаторларды есептеу құны (мың, тенге).

Қуаты, МВ·А	Екі орамы		TK-i: тармақтаған және РПН бар	Үш орамалы		Екі орамалы		TK-i: тармақтаған және РПН бар	Үш орамалы		Екі орамалы		TK-i: тармақтаған және РПН бар	Үш орамалы
	РПН жоқ	РПН бар		РПН жоқ	РПН бар	РПН жоқ	РПН бар		РПН жоқ	РПН бар				
	35 кВ			110 кВ			150 кВ							
6,3	24	34	-	37,6	-	45	-	62	-	-	-	-	-	-
10	29	48	-	46,2	-	55	-	75	-	-	-	-	-	-
16	36,5	57,4	-	54,1	-	67	-	81	-	-	75	-	-	96
25	-	-	76	-	-	-	-	92	-	-	-	-	-	108
32	-	-	87,5	-	-	-	-	101	-	-	-	-	97	-
40	67	-	101,8	-	89	-	110	129	-	-	-	-	-	130
63	-	-	121	-	-	-	135	158	-	-	-	-	134	160
80	106	-	138	-	123	-	141	170	-	-	-	-	167	-
125	-	-	-	-	180	-	219	-	-	217	-	-	234	-
200	-	-	-	-	210	-	-	-	-	-	-	-	-	-
250	-	-	-	-	257	-	-	-	-	286	-	-	-	-
400	-	-	-	-	360	-	-	-	-	390	-	-	-	-

ҚОСЫМША Ж жалғасы», Кернеуі 220-330 кВ трансформаторларды және автотрансформаторларды есептеу құны (мың. теңге)

Қуаты, МВ·А	Екі орамалы		Үш орамалы РПН бар	Автотрансформатор РПН бар	Екі орамалы		Автотрансформатор РПН бар		
	РПН жоқ	ТК-і тармақталған және РПН бар			РПН жоқ	ТК-і тармақталған және РПН бар	330/ 110/ ТК	330/ 150/ ТК	330/ 220/ ТК
25	-	-	168	-	-	-	-	-	-
32	-	130	-	144	-	165	-	-	-
40	-	-	189	-	-	-	-	-	-
63	-	172	273	183	-	236	167	-	-
80	123	-	-	-	-	-	-	-	-
100	-	251	-	250	-	-	-	-	-
125	243	-	-	270	240	385	263	-	-
160	-	345	-	304	-	-	-	-	-
200	290	-	-	316	310	540	320	-	-
250	316	-	-	367	330	-	-	300	370
400	420	-	-	510	440	-	495	400	735
630	579	-	-	-	652	-	-	-	-
1000	820	-	-	-	1110	-	-	-	-
1250	-	-	-	-	1500	-	-	-	-

«ҚОСЫМША Ж жалғасы»,

2. Кернеуі 500, 750, 1150 кВ трансформаторларды есептеу кұны (мың, теңге).

Қуаты, МВ·А	Екі орамалы РПН бар 500 кВ	Автотрансформатор РПН бар		Екі орамалы РПН жоқ		Автотрансформаторлар	
		500/330	500/220	500/110	750/20	1150/20	750/500

250	420	-	-	440	-	-	-	-	-	-
320	-	-	630	-	-	-	-	-	-	-
400	540	-	-	-	-	-	-	-	-	-
630	670	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1000	1150	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3×167	-	800	800	-	-	-	-	-	-	-
3×267	-	1100	1100	-	-	-	-	-	-	-
3×33	1000	-	1306	-	1427	-	-	-	1700	-
3×417	1200	-	1400	-	1789	2119	1900	-	-	-
3×533	1590	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3×667	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3500

«ҚОСЫМША Ж жалғасы», 35-500 кВ-тық трансформаторлардың және автотрансформаторлардың заводтық құнын есептеу құнына келтіру үшін керекті орташа көрсеткіш коэффициенттері

Параметрлер	Параметрдің мәні									
Трансформатордың номинал кернеуі, U _{номВН} , кВ	35		110		150		220		330	500
Трансформаторлардың немесе автотрансформаторлардың номинал қуаты, S _{ном} , МВ.А	≤16	>16	≤32	>32	≤63	>63	≤160	>160	≤200	>200
а-коэффициент	2	1,6	1,7	1,5	1,5	1,35	1,4	1,3	1,4	1,35
									1,3	1,35

Ескерту: 1. Коэффициент а келесідей мәселелердің құнын ескереді: шиналардың найзағайдан қорғайтын аппараттардың, жермен қосатын және трансформаторларды салқындататын құрылғылардың, басқару қалқанына дейінгі бакылау кабельдердің, құрылыс және монтаждық жұмыстардың, сонымен қатар материалдардың.

2. Есептеу құны C_{есептеу} = а·C_{завод} , мұнда C_{завод} - заводтық құны

**«ҚОСЫМША 3» Кернеуі 1 кВ-тан жоғарғы негізгі электр аппараттарының техникалық деректері.
Айырғыштар**

Түрлері	Номинал кернеу, кВ	Номинал ток, А	Шекті өтпе қысқа тұйықталу тоғының амплитудасы, кА	Термиялық төзімділіктің шекті тоғы, кА/с			Жетектердің / приводтардың/ түрлері
				Негізгі пышақтар	Жерге қосылатын пышақтар		
1	2	3	4	5	6	7	
Ішкі қондырғылар үшін							
РВ, РВФ, РВФЗ	6	400 630 1000	41 52 100	16/4 20/4 40/4	- 20/1 31,5/1	ПР – 106, ПР – 11	
	10	400 630 1000	41 52 100	16/4 20/4 40/4	16/1 20/1 31,5/1	ПР – 10, ПР – 11	
	10	2000 4000	85 180	31,5/4 45/4 71/4	31,5/1 45/1 71/1	ПЧ – 50, ПДВ – 1	
РВ, РВЗ	20	6300 8000	220 300	80/4 120/4	- -	ПЧ – 50, ПДВ – 1	
	10 35	2000 2000	85 115	31,5/4 45/4	- -	ПЧ – 50, ПДВ – 1	
РВП, РВПЗ РВ, РЗ	20 20	12500 630 1000	490 50 55	180/4 20/4 20/4	100/1 20/1 20/1	ПД – 12У3 ПР – 3	
	35	630 1000	51 80	20/4 31,5	20/1 31,5/1	ПР – 3	

Сыртқы қондырғылар үшін						
1	2	3	4	5	6	7
РДЗ	35	1000 2000 3200	63 80 125	25/4 31,5/4 50/4	25/1 31,5/1 50/4	ІІР – УІ, ІІР – ХІІ ІІДІУІ
	110	1000 2000	80 100	31,5/3 40/3	31,5/4 40/1	
	220	3200 1000 2000 3200	125 100 100 125	50/3 40/3 40/3 50/3	50/1 40/1 40/1 50/1	
РДН, РНДЗ	330	3200	160	63/2	63/1	ІІДІУІ
РНВ, РНВЗ	500	3200	160	63/2	63/1	
	500	2000	45	16/2	16/2	ІІД, ІІРН
	750	4000	160	63/2		
РП, РПД	330	3200	160	63/2	-	ІІД – 2УІ
	500	3200	160	63/2	-	
	750	3200	160	63/2	-	
ЗР – 10УЗ	10	-	235	90/1	-	ІІЧ – 50
ЗР – 23УЗ	24	-	235	90/1	-	
ЗР – 35УЗ	35	-	235	90/1	-	
ЗОН	110	400	16	4/10	-	ІІРН – 1

Ескерту: 1. Айырғыштың түрін көрсететін әріптен кейін, оның кернеуі мен тоқтың деңгейі, ауа райы және қай жерде орналастырылатындығы көрсетіледі. Мысалы: РВРЗ – 20/6300 – УЗ – жермен қосатын пышағы бар ішкі қондырғылар үшін айырғыш, кернеудің деңгейі 20 кВ, тоғы 6300 А, ауа райы қоңыржай, жабық тарату құрылғысына арналған.

2. ЗР – Жабық ток өткізгіш үшін жермен қосатын жермен қосу үшін арналған бір полюсті айырғыш.

3. Трансформаторлардың бейтарап нүктелерін жермен қосу үшін арналған бір полюсті айырғыш.

«ҚОСЫМША И» Ажыратқыштар

Түрлері	Номинал кернеу, кВ	Номинал ток, А	Номиналды ажырату тоғы, кА	Аперидикалық токтың мәні, β, %	Өтпе қысқа тұйықталу тоғының параметрі, кА				Термиялық төзімділік тоғының өту уақыты, t _{терм} , с	Ажыратқыштардың		Жетек / привод/
					Электродинамикалық төзімділік тоғы	I _{дин}	I _{тер}	Толық уақыты, t _{т.у} , с		Өзіндік уақыты, t _{ө.у} , с		
Бақты майлы ажыратқыштар												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
C-35M-630-10Y1	35	630	10	-	26	10	10	4	0,08/0,15	0,05/0,12		ШПЭ-12, ПП-67
C-35-3200-2000-50Y1	35	3200	50	-	127	50	50	4	0,08	0,05		ШПЭ – 38
МКП-35-1000-25	35	1000	25	2	64	25	25	4	0,08	0,05		ШПЭ – 31
МКП-110М-1000-20	110	1000	20	-	52	20	20	3	0,08	0,04		ШПЭ – 33
У-110-2000-50 Y1	110	2000	50	30	135	50	50	3	0,08	0,05		ШПЭ – 46 ШПЭ – 46
У-110-2000-40Y1	110	2000	40	20	102	40	40	3	0,08	0,06		ШПЭ- 44 У1
У-220-2000-40Y1	220	2000	40	30	105	40	40	3	0,08	6,46		ШПЭ – 46 ШВВ – 46
У-220Б-1000-25Y1	220	1000	25	25	64	25	25	25/3	0,08	0,05		
У-220Б-1000-25Y1	220	1000	25	25	64	25	25	25/3	0,08	0,05		
У-220А-2000-25Y1	220	2000	25	25	64	25	25	25/3	0,08	0,05		
У-220Б-2000-25Y1	220	2000	25	25	64	25	25	25/3	0,08	0,05		
У-220-2000-25ХЛ1	220	2000	25	25	64	25	25	25/3	0,08	0,05		
У-220-2000-25ХЛ1	220	2000	25	25	64	25	25	25/3	0,08	0,05		
У-220А-2000-40Y1	220	2000	40	30	102	40	40	40/3	0,08	0,045		
У-220-Б-2000-40Y1	220	2000	40	30	102	40	31,5	40/3	0,08	0,045		

Ауалы ажыратқыштар											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ВВГ – 20 – 160	20	125000	160	-	140	160	160	40	0,14	0,12	ШРПФ – 3М
ВВУ – 35 – 40	35	2000,3200	40	-	100	40	40	3	0,07	0,05	ШРНА
ВАБК – 110Б – 50	110	3150	50	35	128	50	56	3	0,6	0,45	
ВВ-330, 500Б-31,5	500, 330	200	31,5	20	80	31,5	31,5	3	0,8	0,055	ШРНА
ВВН-330/500/750-63	330,500, 750	3150,4000	63	-	162	63	63	3	0,04	0,025	-
ВВБК – 220Б – 56	220	3150	56	47	143	56	56	3	0,04	0,025	-
ВВБК – 330Б – 40	330	3200	40	45	128	50	50	2	0,04	0,025	-
ВВБК – 500 – 50	500	3200	50	45	128	50	50	2	0,04	0,025	-
ВВ-330, 500Б-31,5	330, 500	2000	31,5	20	80	31,5	31,5	3	0,08	0,055	-
ВНВ – 220 – 63	220	3150	63	-	162	63	63	3	0,04	0,025	-
ВНВ-330/500/750-40	330,500, 750	3150,4000	40	-	102	40	40	3	0,04	0,025	-
ВНВ-330/500/750-63	330,500, 750	3150,4000	63	-	162	63	63	3	0,04	0,025	-
Аз майлы ажыратқыштар											
ВММ – 10 – 10	10	200-630	10	-	25	10	10	4	0,12	0,09	ПЭ-11, ПП-67
ВПМ – 10 – 20	10	630, 1000	20	-	52	20	20	4	0,12	0,09	ПЭ-11, ПП-67
ВМПП; ВМПЭ – 20	10	630, 1000, 1600	20	-	52	20	20	4	0,12	0,09	іштеліген
ВМПП, ВМПЭ – 31,5	10	630-3200	31,5	-	80	31,5	31,5	4	0,12	0,09	іштеліген
ВК – 10 – 20	10	630-1600	20	-	52	20	20	3	0,07	0,05	іштеліген
ВКЭ-10-31,5,ВК-10-31,5	10	630-3150	31,5	-	80	31,5	31,5	3	0,095	0,07	іштеліген
МГГ – 10 – 45	10	3200-5000	45	-	120	45	45	4	0,16	0,12	ПЭ – 21
МГГ – 10 – 63	10	5000	63	-	150	64	64	4	0,13	0,1	ПЭ – 21А
МГУ – 20 – 90	20	6300,9500	90	-	300	105	87	4	0,2	0,15	ПС – 31

ВГМ – 30 – 90	20	11200	90	-	320	125	105	4	0,2	0,15	ПС – 31
ВМУЭ – 35Б – 25	35	1000,1250	25	-	64	25	25	4	0,075	0,05	іштеліген
ВМТ – 110Б/220Б – 20	110, 220	1000	20	25	52	20	20	3	0,08	0,05	-
ВМТ – 110Б/220Б – 20	110, 220	1250	25	36	65	25	25	3	0,06	0,035	-
Электр магниті											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ВЭ – 10 – 20	10	1250-3600	20	-	51	20	20	4	0,75	0,06	іштеліген
ВЭ – 10 – 31,5	10	1250-3600	31,5	-	80	31,5	31,5	4	0,75	0,06	іштеліген
ВЭ – 10 – 40	10	1600-3150	40	-	100	40	40	3	0,08	0,06	іштеліген
ВЭМ – 6 – 40	6	2000,3200	40	-	125	40	40	4	0,08	0,06	іштеліген
ВЭМ – 6 – 20	6	1000,1250	20	-	52	20	20	4	0,06	0,05	іштеліген
Вакуумды											
ВНВП – 10/320	10	320	2	-	40	16	20	0,3	0,05	0,035	іштеліген
ВВТЭ – 10/630	10	630	10	60	25	10	10	3	0,05	0,03	іштеліген
ВВТП – 10/630 – 1600	10	1600	20	50	52	20	20	3	0,05	0,03	іштеліген
ВВК – 35Б – 20	35	1000	20	-	51	-	-	-	0,07	-	іштеліген
ВВК – 110Б – 20	110	1000	20	-	51	-	-	-	0,07	-	іштеліген
ВВТЭ – 10 – 10/630У2	10	630	10	60	25	10	10	10/3	0,05	0,03	ЭМ
ВВТП – 10 – 10/630У2	10	630	10	60	25	10	10	10/3	0,05	0,03	ЭМ
ВВТЭ – 10 – 20/630УХЛ2	10	630	20	50	52	20	20	20/3	0,05	0,03	ЭМ
ВВТП – 10-20/630УХЛ2	10	630	20	50	52	20	20	20/3	0,05	0,03	ЭМ
ВВТЭ-10-20/1000УХЛ2	10	1000	20	50	52	20	20	20/3	0,05	0,03	ЭМ
ВВТП-10-20/1000УХЛ2	10	1000	20	50	52	20	20	20/3	0,05	0,03	ЭМ
ВВЭ – 10-20/630У3	10	630	20	40	52	20	20	20/3	0,05	0,03	ЭМ
ВВЭ-10-20/1000У3	10	1000	20	40	52	20	20	20/3	0,05	0,055	ЭМ
ВВЭ-10-20/1600У3	10	1600	20	40	52	20	20	20/3	0,05	0,055	ЭМ
ВВЭ-10-31,5/630У3	10	630	31,5	...	80	31,5	31,5	31,5/3	0,075	0,055	...
ВВК-10-31,5/1000У3	10	1000	31,5	...	80	31,5	31,5	31,5/3	0,075	0,055	...
ВВЭ-10-31,5/1600У3	10	1600	31,5	...	80	31,5	31,5	31,5/3	0,075	0,055	...
ВВЭ-10-31,5/2000У3	10	2000	31,5	...	80	31,5	31,5	31,5/3	0,075	0,055	...

ВВЭ-10-31,5/3150У3	10	3150	31,5	...	80	31,5	31,5	31,5/3	0,075	0,055	...
ВВЭ-10-20/630Т3	11	630	20	...	52	20	20	20/3	0,075	0,055	...
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ВВЭ-10-20/1250Т3	11	1250	20	...	52	20	20	20/3	0,075	0,055	...
ВВЭ-10-31,5/630Т3	11	630	31,5	...	80	31,5	31,5	31,5/3	0,075	0,055	...
ВВЭ-10-31,5/1250Т3	11	1250	31,5	...	80	31,5	31,5	31,5/3	0,075	0,055	...
ВВЭ-10-31,5/1600Т3	11	1600	31,5	...	80	31,5	31,5	31,5/3	0,075	0,055	...
ВВЭ-10-31,5/2500Т3	11	2500	31,5	...	80	31,5	31,5	31,5/3	0,075	0,055	...
Элегазды											
ЯЕ – 11ОЛ – 23 (13)У4	110	1250	40	...	125	50	40	50/3	0,065	0,04	
ЯЭ – 220Л – 11(21)У4	220	1250	40	...	125	50	40	50/3	0,065	0,04	
ВЭК – 110 – 40/2000У1	110	2000	40	...	102	40	...	...	...	...	
ВЭК – 220 – 40/2000У1	220	2000	40	...	102	40	...	...	...	...	
ВГУ – 330Б-40/3150У1	330	3150	40	...	102	40	40	40/2	0,04-0,05	...	
ВГУ-500Б-40/3150У1, ХЛ1	500	3150	40	...	102	40	40	40/2	0,04-0,05	...	
ВГУ – 750 – 40/3150У1	750	3150	40	...	102	40	40	40/2	0,04-0,05	...	

Ескерту: Ажыратқыштардың түрлеріне түсініктеме:

Бірінші В – ажыратқыш; екі В – ауалы немесе вакуумды; ОА – ГАЭС үшін; М – ибақты майлы немесе аз көлемді майлы; екінші М – аз көлемді майлы (ВММ), Г – генераторлық немесе полюстары горшок тәрізді істелген (МГТ); П – серіпелі жетегі бар полюстары ілінетін болып істелінген (ВМПЦ, ВВПЦ, ВВПЦ), Э – электромагниттік ВВТЭ), екінші Э – электромагниттік жетегі бар; С – сейсмикалық әсерге төзімді, К – колоколы (ВК, ВКЭ) немесе комплектілі тарату құрылғы үшін істелінген (КРУ), Т – үш полюсті (ВВТЭ, ВВВП); Бірінші сан – номинал кернеу, кВ, екінші сан – номинал жұмыс тоғы, А, үшінші сан – номинал ажырату тоғы, кА (ауалы ажыратқыштарда керісінше)

Осы сандардан кейінгі әріптер: У – аймақтағы ауаның температурасы бірқалыпты («қоныржай»); Т – тропикалық ауа райына; Л – салқын ауа райына;

Ең соңғы саны: 1 – сыртқа жұмыс істеуге арналған; 2 – сырттан ауа келіп тұратын үйдің ішінде; 3 – табиғи желдеткіш бар үйдің ішінде.

«ҚОСЫМША К» Қысқа тұйықтағыш

Түрі	Номинал кернеу, кВ	Қысқа тұйықталған өтпе ток амплитудасы, кА	Термиялық төзімділіктің шекті тоғы, (уақыт, кА/с)	Қосудың толық уақыты	Жетек
КЗ – 35У	35	42	12,5/3	0,12	ПРК – 1У12
КЗ – 110У	110	42	12,5/3	0,12	ПРК – 1У1
КЗ – 220	220	51	20,0/3	0,25	ПРК – 1У1
КЭ – 110*	110	70	27,5/3	0,15	ППК
КЭ – 220*	220	70	27,5/3	0,15	ППК

* Великолук заводының жоғары кернеулі аппаратының техникалық деректері

«ҚОСЫМША К жалғасы», Бөлшектеуіш

Түрі	Номинал кернеу, кВ	Номинал ток, А	Бас пышақтың шекті өтпе тоғының амплитудасы, кА	Термиялық төзімділіктің шекті тоғы (уақыт, кА/с)	Ажыратудың толық уақыты, с	Жетек
ОД – 35/630	25	630	80	12,5/3	0,5	ПРО – 1У1
ОД – 100/1000	110	1000	80	31,5/3	0,38 – 0,45	ПРО – 1У1
ОДЗ – 110/1000	110	1000	80	31,5/3	0,38 – 0,45	ПРО – 1У1
ОД – 220/1000	220	1000	80	31,5/3	0,5	ПРО – 1У1
ОЭ – 110/1000*	110	1000	70	27,5/3	0,15	ППО
ОЭ – 220/1000*	220	1000	70	27,5/3	0,15	ППО

* Великолук заводының жоғары кернеулі аппаратының техникалық деректері

«ҚОСЫМША.Л» Ток трансформаторлары

Түрлері	Кернеу, $U_{ном}, кВ$	Номинал ток, кА		Екінші орама бойынша орындалу нұсқалары / варианттары/	Тезімділік тоғы, кА		Уақыт, $t_{терм}, с$	Өлшеуіштік орамасының жүктемесі $S_{2ном}, В.А$
		Бірінші $I_{1ном}$	Екінші $I_{2ном}$		Электродинамикалық, $i_{дин}$	Термиялық $I_{тер}$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сыртқа қондыру үшін								
ТФЗМ35 – У1	35	15 – 600 800 1000 1500 2000	5	0,5/10Р	3 – 127 107 134 106 141	0,7 – 31 31 37 41 55	3	30
ТФЗМ110 – У1	110	50 – 600 400 – 800 750 – 1500 1000 – 2000	5	0,5/10Р/10Р	10 – 126 62 – 124 79 – 158 106 – 212	2 – 26 14 – 28 26 – 52 34 – 68	3	30
ТФЗМ150 – У1	150	600 – 1200 1000 – 2000	1; 5	0,5/10Р/10Р/10Р	52 – 104 113 – 226	14 – 28 41,6 – 83	3	40
ТФЗМ220 – У1	220	300 – 600 1000 – 1200 2000	1; 5	0,5/10Р/10Р/10Р	25 – 50 100 100	9,8 – 19,6 39,2 39,2	3	30
ТФУМ330 – У1	330	1000 – 2000 1500 – 3000 2000 – 4000	1	0,5/10Р/10Р/10Р	160	63	1	30
ТФЗМ500 – У1	500	500 1000 2000	1	0,5/10Р/10Р/10Р	90 180 180	34 68 68	1	30
ТФРМ500 – У1	500	1000 – 2000 1500 – 3000 2000 – 4000	1	0,5/10Р/10Р/10Р	120	47	1	40

«ҚОСЫМША ІІ жалғасы»

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ТФРМ750 – У1	750	1000 – 2000 15000 – 3000 2000 - 4000	1	0,5/10P/10P/10P	120	47	1	40
Ішке қондыру үшін								
ТЛМ10 – У3	10	50 – 200 300, 400 600, 800 1000, 1500	5	0,5/10P; 10P/10P	17,6 – 35,2 100 100 100	2,8 – 10,1 18,4 23 26	3	10
ТЛЛК10 – У3	10	10 – 50 100 – 400 500 800, 1000 1600	5	0,5/10P; 10P/10P	2,47 – 14,8 74,5 74,5 74,5 74,5	0,45 – 2,2 14,5 19 27 27	4	10
ТЛЛ10 – У3	10	30 – 200 300 400	5	0,5/10P; 10P/10P	250* 175* 165*	34** 34** 34**	3	10
ТЛК10 – У3	10	30 – 50 75, 100, 150 200 300, 400 600, 800 1000, 1500	5	0,5/10P; 10P/10P	8 – 25 52 52 81	1,6 – 4 10 16 31,5	3	10
ТПОЛ10 – У3	10	600, 800 1000 1500	5	0,5/10P; 10P/10P	81* 69* 45*	32** 27** 18**	3	10
ТЛШ10 – У3	10	2000 3000	5	0,5/10P; 10P/10P	81 81	31,5 31,5	3	20
ТШВ15	15	6000, 8000	5	0,2/10P	-	20**	3	30

ТШВ24	24	20 000 24 000 30 000	5	0,2/10Р	- - -	8** 6** 6**	3	100
ТВГ24 – УЗ	24	6000 10 000 12 000 15 000	5	0,5/10Р/10Р	- - - -	12** 12** 12** 12**	4	30 40

Ескерту: * Электродинамикалық төзімділіктің еселігі. **Термиялық төзімділіктің еселігі.

·Кесте «Информэлектро» каталогының 02.40 және 02.41 серияларынан құрастырылған.

ҚОСЫМША М» Кернеу трансформаторлары

Түрлері	Ораманың номинал кернеуі			Номинал қуат, ВА, дәлдік класында				Максимум қуат, В.А.
	бірінші кВ	негізгі, екінші, В	қосымша В	0,2	0,5	1	3	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
НОЛ.08	6	100	-	30	50	75	200	400
	10	100	-	50	75	150	300	630
НОМ – 10 – 66	10	100	-	-	75	150	300	630
ЗНОЛ.09	$3/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	100:3 или 100	15	30	50	150	250
	$6/\sqrt{3}$			30	50	75	200	400
	$10/\sqrt{3}$			50	75	150	300	630
ЗНОЛ.06	$6/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	100:3 или 100	30	50	75	200	400
	$10/\sqrt{3}$			50	75	150	300	630
	$15/\sqrt{3}$			50	75	150	300	630
	$20/\sqrt{3}$			50	75	150	300	630
	$24/\sqrt{3}$			50	75	150	300	630

ЗНОЛ - 35	$35/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	100:3	-	150	300	600	1000
НТМИ – 6 – 66	3	100	100:3	-	50	75	200	400
	6	100	100:3	-	75	150	300	640НТМИ – 10 -
НТМИ – 10 – 66	10	100	100:3	-	120	200	500	960
НКФ – 100 – 57	$110/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	100	-	400	600	1200	2000
НКФ – 110 – 58	$110/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	100:3	-	400	600	1200	2000
НКФ – 220 – 58	$150/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	100	-	400	600	1200	2000
	$220/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	100	-	400	600	1200	2000
НКФ – 330 – 73	$330/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	100	-	400	600	1200	2000
НКФ – 500 – 78	$500/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	100	-	-	500	1000	2000
	$500/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	100	-	300	500	1000	1200
НДЕ – 500	$500/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	100	-	300	500	1000	1200
1	2	3	4	5	6	7	8	9
НДЕ – 750	$750/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	100	-	300	500	1000	1200
НДЕ – 150	$1150/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	100	-	-	300	600	1200

Ескерту: 1. Кесте «Информэлектро» каталогының 02.43 сериясынан құрастырылған.
2. Түрі НДЕ кернеу трансформаторы, кернеу бөлгіші арқылы қосылады.

«ҚОСЫМША Н» Ток шектегіш бетонды реакторлар (М.С. 14794 – 79*Е)

Түрлері	Фазадағы шығын, кВт	Электродинамикалық төзімділігі, кА	Термиялық төзімділігі, кА
1	2	3	4
Ішкі қондырғы үшін			
РБ, РБУ, РБГ – 10 – 400 – 0,35	1,6	25	9,83
РБ, РБУ, РБГ – 10 – 400 – 0,45	1,9	25	9,83
РБ, РБУ, РБГ, РБГ – 10 – 630 – 0,25	2,5	40	15,75
РБ, РБУ, - 10 – 630 – 0,4	3,2	32	12,6
РБГ – 10 – 630 – 0,40	3,2	33	13
РБ, РБУ, РБГ – 10-630-0,56	4	24	9,45
РБ, РБУ, РБГ – 10-100-0,14	3,5	63	24,8
РБ, РБУ – 100 – 0,22	4,4	49	19,3
РБГ – 10 – 1000 – 0,22	4,4	55	25,6
РБ, РБУ, РБГ – 10 – 1000 – 0,28	5,2	45	17,75
РБ, РБУ, РБГ – 10 – 1000 – 0,35	5,9	37	14,6
РБ, РБУ, РБГ – 10 – 1000 – 0,45	6,6	29	11,4
РБ, РБУ, РБГ – 10 – 1000 – 0,56	7,8	24	9,45
РБ, РБУ – 10 – 1600 – 0,14	6,1	66	26
РБГ – 10 – 1600 – 0,14	6,1	79	31,1
РБ, РБУ – 10 – 1600 – 0,20	7,5	52	20,5
РБГ – 10 – 1600 – 0,20	7,5	60	23,6
РБ, РБУ, РБГ – 10 – 1600 – 0,25	8,3	49	19,3
РБ, РБУ, РБГ – 10 – 1600 – 0,35	11	37	14,6
РБД, РБДУ – 10 – 2500 – 0,14	11	66	26
РБГ – 10 – 2500 – 0,14	11	66	31,1
РБД, РБДУ – 10 – 2500 – 0,20	14	52	20,5
РБГ – 10 – 2500 – 0,20	14	60	23,6
РБДГ – 10 – 2500 – 0,25	16,1	49	19,3

1	2	3	4
РБДГ – 10 – 2500 – 0,35	20,5	37	14,6
РБДГ – 10 – 4000 – 0,105	18,5	97	38,2
РБДГ – 10 – 4000 – 0,18	27,7	65	25,6
Сыртқы қондырғы үшін			
РБНГ – 10 – 1000 – 0,45	7,2	29	11,4
РБНГ – 10 – 1000 – 0,56	8,2	24	9,45
РБНГ – 10 – 1600 – 0,25	9,8	49	19,3
РБНГ – 10 – 1600 – 0,35	12,8	37	14,6
РБНГ – 10 – 2500 – 0,14	13,5	79	31,1
РБНГ – 10 – 2500 – 0,20	16,8	60	23,6
РБНГ – 10 – 2500 – 0,25	19,7	49	19,3
РБНГ – 10 – 2500 – 0,35	23,9	37	14,6

«ҚОСЫМША Н жалғасы», Бетонды қосарлы реакторлар

Түрлері	Байланыс коэффициенті	Бір фазадағы шығыны, кВт	Электро-динамикалық төзімділігі, кА	Қарсы қысқа тұйықталу тоғы болғанда электро-динамикалық төзімділігі, кА	Термиялық төзімділігі, кА
Ішкі қондырғы үшін					
РБС, РБСУ, РБСГ – 10 – 2 × 630 – 0,25	0,46	4,8	40	14,5	15,75
РБС, РБСУ – 10 – 2 × 0,40	0,50	6,3	32	12,5	12,6
РБСГ – 10 – 2 × 630 – 0,40	0,50	6,3	33	12,5	13
РБС, РБСУ, РБСГ – 10 – 2 × 630 – 0,56	0,53	7,8	24	11	9,45
РБС, РБСУ, РБСГ – 10 – 2 × 1000 – 0,14	0,49	6,4	63	21	24,8
РБС, РБСУ – 10 – 2 × 1000 – 0,22	0,53	8,4	49	18,5	19,3
РБСГ – 10 – 2 × 1000 – 0,22	0,53	8,4	55	18,5	25,6
РБС, РБСУ, РБСГ – 10 – 2 × 1000 × 0,28	0,53	10	45	16	17,75

РБСД, РБСДУ – 10 – 2 × 1000 – 0,35	0,55	11,5	37	15	14,6
РБСГ – 10 – 2 × 1000 – 0,35	0,55	11,5	37	15	14,6
РБСД, РБСДУ – 10 – 2 × 1000 – 0,45	0,49	13,1	29	13,5	11,4
РБСГ – 10 – 2 × 1000 – 0,45	0,49	13,1	29	13,5	11,4
РБСД, РБСДУ – 10 – 2 × 1000 – 0,56	0,50	15,7	24	13	9,45
РБСГ – 10 – 2 × 1000 – 0,56	0,50	15,7	24	13	9,45
РБС, РБСУ – 10 – 2 × 1600 – 0,14	0,56	11,5	66	26	26
РБСД, РБСДУ – 10 – 2 × 1600 – 0,20	0,51	14,3	52	22	20,5
РБСГ – 10 – 2 × 1600 – 0,14	0,56	11,5	79	26	31,1
РБСГ – 10 – 2 × 1600 – 0,20	0,51	14,3	60	22	23,6
РБСД, РБСДУ – 10 – 2 × 1600 – 0,25	0,52	16,7	49	20	19,3
РБСДГ – 10 – 2 × 1600 – 0,25	0,52	16,7	49	20	19,3
РБСДГ – 10 – 2 × 1600 – 0,35	0,46	22	37	18,5	14,6
РБСДГ – 10 – 2 × 2500 – 0,14	0,52	22,5	79	29,5	31,1
РБСДГ – 10 – 2 × 2500 – 0,20	0,46	32,1	60	26	23,6

Сыртқы қондырғы үшін

РБСНГ – 10 – 2 × 1000 – 0,45	0,44	15,4	29	16	11,4
РБСНГ – 10 – 2 × 1000 – 0,56	0,41	17,5	24	15	9,45
РБСНГ – 10 – 2 × 1600 – 0,25	0,51	22,1	49	22	19,3
РБСНГ – 10 – 2 × 2500 – 0,14	0,60	29,3	79	34	31,1

Ескерту: 1. Түрлерінде:

Р – реактор;

Б – бетонды;

БД – желдеткіші бар бетонды;

С – қосарлы;

Н – сыртқы қондырғы үшін;

Г – фазаларды көлденең орналастыру;

У – фазаларды сатылы түрде орналастыру, ал Г және У белгілері болмаса, онда фазаларды тігінен орналастырады.

2. Түріндегі бірінші сан – кернеудің мөлшері, екінші сан – номинал ток, А; үшінші – номинал индуктивтік кедергі, Ом.

3. Реакторлардың барлық түрлерінің термиялық төзімділігінің уақыты 8 с.

4. Кернеуі 6 кВ-тық қондырғыларда кернеуі 10 кВ-тық реакторлар қолданылады.

«ҚОСЫМША О», Алюминий талсымы резеңкемен немесе пластмассамен оқшауламаған, қорғасыннан поливинилхлоридтен және резеңкіден қабықшасы бар, сауытталған немесе сауытталмаған кабельдер үшін ұзақ уақыт рұқсат етілетін токтың мәні.

Ток өткізгішталсымның қимасы, мм²	Кабельдер үшін ток, А					
	Бір талсымды	Екі талсымды		Үш талсымды		
		Орналастыру тәртібі				
	ауада	ауада	жерде	ауада	жерде	
2,5	23	21	34	19	29	
4	31	29	42	27	38	
6	38	38	55	32	46	
10	60	55	80	42	70	
16	75	70	105	60	90	
25	105	90	135	75	115	
35	130	105	160	90	140	
50	165	135	205	110	175	
70	210	165	245	140	210	
95	250	200	295	170	255	
120	295	230	340	200	295	
150	340	270	390	235	335	
185	390	310	440	270	385	
240	465	-	-	-	-	

Ескерту: Кестені құрастырғанда талсымның рұқсат етілетін температурасы 65°C, қоршаған ауаныкі 25°, жердікі 15°C деп ескерілген.

«ҚОСЫМША О», Алюминийден талсымды майлықанифолмен сіңірілген қағаз және ақпайтын массалы оқшауламасы бар, қорғасынмен немесе алюминиймен қабықшаланған кабельдер үшін ұзаққа рұқсат етілетін токтың мәні

Ток өткізгіш талсымның қимасы, мм ²	Кабельдер үшін ток, А							
	Үш талсымды, кернеуі, кВ				Төрт талсымды кернеуі, кВ			
	3 кВ-қа дейін		6 кВ		10 кВ		1 кВ-қа дейін	
	жерде	ауада	жерде	ауада	жерде	ауада	жерде	ауада
6	55	35	-	-	-	-	-	-
10	75	46	60	42	-	-	60	45
16	90	60	80	50	75	46	90	60
25	125	80	105	70	90	65	115	75
35	145	95	125	85	115	80	135	95
50	180	120	155	110	140	105	165	110
70	220	155	190	135	165	130	200	140
95	260	190	225	165	205	155	240	165
120	300	220	160	190	240	185	270	200
150	335	250	300	225	275	210	305	230
185	380	290	340	250	310	235	345	260
240	440	330	390	290	355	270	-	-

Ескерту: Кесте талсымға рұқсат етілетін температураларды ескере отырып құрастырылған: 3 кВ дейін– 80°C; 6 кВ – 65 °C; 10 кВ – 60°C; 20 және 35 кВ – 50°C, қоршаған ауа – 25°C, жер – 15°C.

«ҚОСЫМША П», Сымдардың негізгі сипаттамалары

Сымдардың таңбалары	Сымның сыртқы диаметрі, мм	Токтық жүктеме, А		Сымның танбасы	Сымның сыртқы диаметрі, мм	Токтық жүктеме, А	
		үйдің сыртында	үйдің ішінде			үйдің сыртында	үйдің ішінде
М 10	3,6	95	60	АС 16/2,7	5,6	111	79

M 16	5,1	133	102	AC 2,5/4,2	6,9	142	109
M 25	6,3	183	137	AC 35/6,2	8,4	175	135
M 35	7,5	223	173	AC 50/8,0	9,6	210	165
M 50	9	275	219	AC 70/11	11	265	210
M 70	10,7	337	268	AC 95/16	13,5	330	260
M 95	12,6	422	341	AC 120/19	15,2	390	313
M 120	14	485	395	AC 120/27	15,5	375	-
M 150	15,8	570	465	AC 150/19	16,8	450	365
M 185	17,6	650	540	AC 150/24	17,1	450	365
M 240	19,9	760	685	AC 150/34	17,5	450	365
M 300	22,1	880	750	AC 185/24	18,9	520	430
M 400	25,6	1050	895	AC 185/29	18,8	510	425
A 16	5,1	105	75	AC 185/43	19,6	515	-
A 25	6,3	136	105	AC 240/32	21,6	605	505
A 35	7,5	170	130	AC 240/39	21,6	610	505
A 50	9	215	165	AC 240/56	22,4	610	-
A 70	10,6	265	210	AC 300/39	24	710	600
A 95	12,4	320	255	AC 300/48	24,1	690	585
A 120	14	375	300	AC 300/66	24,5	680	-
A 150	15,8	440	355	AC 400/22	26,6	830	713
A 185	17,4	500	410	AC 400/51	27,5	825	705
A 240	20,1	590	490	AC 400/64	27,7	860	-
A 300	22,2	680	570	AC 500/27	29,4	960	830
A 400	25,6	815	690	AC 500/64	20,6	945	815
A 500	29,1	980	820	AC 600/72	33,2	1050	620
A 600	32	1100	955	AC 700/86	36,2	1180	1040
AC 10/1,8	4,5	84	53				

«ҚОСЫМША II жалғасы», Қимасы төртбұрышты мысты және алюминийлі шина, сырланған

Шинаның мөлшері, мм	Бір жалақтың қимасы, мм ²	Бір жалақтың массасы, кг/м		Бір жалақ		Екі жалақ		Үш жалақ	
		мыс	алюминий	мыс	алюминий	мыс	алюминий	мыс	алюминий
15 × 3	45	0,4	0,122	210	165	-	-	-	-
20 × 3	60	0,534	0,162	275	215	-	-	-	-
25 × 3	75	0,668	0,203	340	265	-	-	-	-
30 × 4	120	1,066	0,324	475	365	-	-	-	-
40 × 4	160	1,424	0,432	625	480	-	-	-	-
40 × 5	200	1,78	0,54	700	540	-	-	-	-
50 × 5	250	2,225	0,675	860	665	-	-	-	-
50 × 6	300	2,67	0,81	955	740	-	-	-	-
60 × 6	360	3,204	0,972	1125	870	1740	1350	2240	1720
60 × 8	480	4,272	1,295	1320	1025	2160	1680	2970	2180
60 × 10	600	5,34	1,62	1475	1115	2560	2010	3300	2650
80 × 6	480	4,272	1,295	1480	1150	2110	1630	2720	2100
80 × 8	640	5,698	1,728	1690	1320	2620	2040	3370	2620
80 × 10	800	7,12	2,16	1900	1480	3100	2410	3990	3100
100 × 6	600	5,34	1,62	1810	1425	2470	1935	3170	2500
100 × 8	800	7,12	2,16	2080	1625	3060	2390	3930	3050
100 × 10	1000	8,9	2,7	2310	1820	3610	2860	4650	3650
120 × 8	960	8,45	2,6	2400	1900	3400	2650	4340	3380
120 × 10	1200	10,65	3,245	2650	2070	4100	3200	5200	4100

Ескерту: * Жалақтың үлкен қыры тік жазықтықта болса, онда оны көлденең орналастырылғанға сәйкесті деуге болады. Шиналарды көлденең орналастырып және оның үлкен қыры көлденең жазықтықта болса, онда ені 60 мм дейінгі жалақтың рұқсат етілетін тоғын 5%, ал ені үлкен жалақтың тоғын 8%-ға азайтуға болады.

«ҚОСЫМША II жалғасы», Қимасы қорапты мысты және алюминийлі шиналар, сырланған.

Мөлшері				Бір шинаның қимасы, мм ²	Кедергінің мезгілі, см ³			Инерцияның мезгілі, см ⁴				Екі шинаға рұқсат етілетін ток, А	
h	b	c	r		W		W ^{y-0-y0} Қосылған екі шина	Бір шинаның J		J ^{y-0-y0} Қосылған екі шина	Мысты		Алюминий
					W ^{x-x}	W ^{y-y}		J ^{x-x}	J ^{y-y}				
75	35	4	6	520	10,1	2,52	23,7	41,6	6,2	89	2730	-	
75	35	5,5	6	695	14,1	3,17	30,1	53,1	7,6	113	3250	2670	
100	45	4,5	8	775	22,2	4,51	48,6	111	14,5	243	6320	2820	
100	45	6	8	1010	27	5,9	58	135	18,5	290	4300	3500	
125	55	6,5	10	1370	50	9,5	100	290,3	36,7	625	5500	4640	
150	65	7	10	1785	74	14,7	167	560	68	1260	7000	5650	
175	80	8	12	2440	122	25	250	1070	114	2190	8550	6430	
200	90	10	14	3435	193	40	422	1930	254	4220	9900	7550	
200	90	12	16	4040	225	46,5	490	2250	294	4900	10500	8830	
225	105	12,5	16	4880	307	66,5	645	3450	490	7250	12500	10300	
250	115	12,5	16	5450	360	81	824	4500	660	10300	-	10800	

«ҚОСЫМША Р», Ажыратқышы бар, ашық тарату құрылғының (АТҚ) құны, мың руб.

Кернеу, кВ	АТҚ ажыратқыштардың қосындысы	Ажыратқыштары бар ұяшықтардың есептелу құны				
		Ауалы		Майлы		
		Ажыратылу тоғы				
		40 кА дейін	40 кА астам	30 кА дейін	30 кА астам	
35	3-ке дейін 3-тен астам	- 11	- 26	6 7	- 10	
		- 32	- 46	30 23	38 30	
110	2 – 4 4-тен астам					

150	2 – 4 4-тен астам	50 45	- -	- -	- -
220	4-ке дейін 4-тен астам	78 78	- 124	80 70	- 76
330	АТҚ ажыратқыштардың санына байланысты емес	170	260	-	-
500		280	350	-	-
750		800	-	-	-
1150		1800	-	-	-

«ҚОСЫМША Р жалғасы», 6 – 10 кВ-тық жабық тарату құрылғының (ЖТҚ) ұяшығының құны

Ұяшықтың атқаратын жұмысы	Жабдықтар	Ұяшықтың құны, мың. руб	
		Бір жинақтағыш шина	Екі жинақтағыш шина
Генератор байланыс трансформаторы	МГ – 20	15	20
	ВВ – 15	13	15
	МГ – 10	15	17
	МГГ – 10	9	10,7
Секциялық ажыратқыш	МГ – 10	10,7	12,5
Реакторлы секциялық ажыратқыш	МГ – 10	21	25,5
Шинаны қосатын ажыратқыш	МГ – 10	-	17
Желілік, топтық, қосарлы реактор	РБС – 2 × 630-0,25	4,35	-
	РБС – 2 × 630-0,40	4,55	-
	РБС – 2 × 1000-0,14	4,75	-
	РБС – 2 × 1000-0,28	5,64	-
	РБС – 2 × 1600-0,14	8,62	-
	РБС – 2 × 1600-0,25	9,83	-
	РБС – 2 × 2500-0,14	10,67	-
	РБС – 2 × 2500-0,35	12,45	-
	РБС – 2 × 3000-0,35	14,54	-
КРУ ұяшығы	ВМП	1,9	-
КРУН ұяшығы	ВМП	2,1	-
Генератор блогындағы генераторлық ажыратқыштың ұяшығы	ВВ–20, ВВГ–20	40	-

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Веников В.Н., Путятин Е.В. Ведение в специальность. Электроэнергетика. – М.: Высшая школа, 1988.- 240 с. ил.
2. Хожин Г. Жылу электр станцияларының электр жабдықтары. Оқу құралы. – Алматы. 1999.
3. Дукенбаев К., Нурекен Е. Энергетика Казахстана. Технический аспект. А.: – 2001., 276 б.
4. Хожин Г. Электр станциялары мен қосалқы станциялар. Оқулық. – Алматы: «Ғылым» ғылыми баспа орталығы. 2002. – 312 б.
5. Кириллин В.А. Энергетика. Основные проблемы (Вопросы и ответы). – М.: Наука, 1990. – 120 с.
6. Минин А.А. Кому нужен О Киотский протокол. Энергия. №2. 2004 г.
7. Лорин В. Об изменении климата. Киотском протоколе энергетическом будущем мира и России. Энергия №5. 2005.
8. Преображенская Л.Б. Структура производства электроэнергии в странах мира. Энергия. №1. 2006.
9. Джангиров В.А. и др. Современное состояние и перспективы развития электроэнергетики СНГ. Электричество. №11. 1998.
10. Беляев Л.С. Электроэнергетические системы и рынок в электроэнергетике. Энергия. №1. 2004.
11. Соколов С.Е., Кузембаева Р.М. Тепловые электрические станций. Учебное пособие по курсовому и дипломному проектированию. – Алма-Ата: Мектеп, 1990. – 187 с.
12. Рожкова Л.Д., Козулин В.С. Электрооборудование станций и подстанций: учебник для техникумов. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат. 1987 – 648 с.
13. Программа развития электроэнергетики до 2030 года. Постановление Правительство Республики Казахстан от 09.04.1997 г. №384.
14. Васильев А.А. Крючков И.П. Наяшкова Е.Ф. Околович М.Н. Электрическая часть станций и подстанций: Учебник для вузов. Под ред. А.А. Васильева. – 2-е изд. перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат. 1990 – 576 с.
15. Неклепаев Б.Н. Электрическая часть электростанций и подстанций: учебник для вузов. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат. 1986 – 640с.
16. Хожин Г. Электр станциялары мен қосалқы станциялар (Оқулық) – Алматы, Ы.Алтынсарин атындағы казактың білім академиясының Республикалық баспа кабинеті, 1998 – 262 б.17.
17. Электр станцияларды және электр тораптарын пайдалану ережелері. – М.: Энергия, 1986 – 224 б.
18. Электр қондырғыларының құрылысының ережелері. – М.: Энергоатомиздат, 1985 – 640 б.
19. Электр қондырғыларын пайдаланудағы техника қауіпсіздігін сақтау ережелері. – М.: Энергия, 1981 – 160 б.
20. Ғылыми-техникалық прогресс, Сөздік.–М.: Политиздат, 1987.- 366 б.
21. Костенко М.П., Пиотровский Л.М. Электр машиналары. Жоғары оқу орындарына арналған оқулық. 2-басылым. М-Л.: Энергия, 1964. – 548 б.
22. Хожин Г.Х. Электр станциялары мен қосалқы станциялардың электр бөлігі Электр энергетикасы мамандығының студенттеріне арналған оқу құралы. Алматы: АЭИ. 1995.
23. Хожин Г.Х. Электр станцияларды жобалау. Оқу құралы. АЭЖБИ. К.К.Б. тапсырыс № 576, Алматы, 2003.
24. Расчет коротких замыканий и выбор электрооборудования: Учебное пособие / Под ред. И.И. Крюкова, В.А. Старшинова. – М.: Академия, 2005. – 416 с.
25. Справочник по проектированию электроэнергетических систем. – Под ред. С.С. Рокотяна и И.М.Шапиро. – М.:Энергоатомиздат, 1958. – 248 с.
26. Хожин Г.Х. Электр станциялардың электр бөлігі. Жаттығу сабағына арналған методикалық нұсқау, 1-бөлім. Алматы: АЭИ, 1994.
27. Электротехнический справочник / Под общей ред. П.Г. Грудинского. – М.: Энергия. – 1980. – 570 с.

28. Б.Н. Неклепаев, И.П.Крючков. Электрическая часть станций и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 605с.
26. Хожин Г.Х. Электр станциялары мен қосалқы станциялардың тарату құрылғылары. Жоғары оқу орындарына арналған оқу құралы. А.: АИЭС, 2001.
30. Нормы технологического проектирования тепловых электрических станций и тепловых сетей. – М.: Энергия, 1985. – 105 с.
31. Г.Х. Хожин, С.Е. Соколов, Р.М. Кузембаева. Электроэнергетика. Оқу құралы. – Алматы, ҚазККА, 2007. – 140 б.
32. Баков Ю.В. Проектирование электрической части электростанций с применением ЭВМ. Учебное пособие для вузов. М.: Энергоатомиздат, 1991.
33. Хожин Г.Х. Электр станциялары мен қосалқы станциялардың электр бөлігі. Курстық жобаға арналған әдістемелік нұсқаулар. Алматы: АЭИ, 1996.
34. Околович М.Н. Проектирование электрических станций. Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1982. – 400 с.:ил.
35. Хожин Г.Х., Ленков Ю.А. Русско-казахский словарь по специальности «Электроэнергетика». «Электроэнергетика» мамандығы бойынша орысша-қазақша сөздік. Оқу құралы. – Алматы, 2009. – 297 б.
36. Хожин Г.Х. Электр станциялардың электр бөлігі. Курстық және дипломдық жобаларды орындауға арналған оқу құралы. Алматы: АЭИ, 1996.
37. Правила устройства электроустановок. – М.: Энергосервис, 2002. – 280 с.
38. Ульянов С.А. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах. Учебник для вузов. – М.: Энергия, 1970. – 520 с.
39. Гук Ю.Б., Кантан В.В., Петров С.С. Проектирование электрической станций и подстанций. Учебное пособие для вузов. Л.: Энергоатомиздат, 1985. – 312 с.:ил.
40. Хожин Г.Х., Сажин В.Н. Электр жүйелері мен тораптары. Оқу құралы: – Алматы, 2007.
41. Соколов С.Е., Кузембаева Р.М., Хожин Г.Х. Электроэнергетика (Электрические станций и подстанций). Учебное пособие, АИЭС, КМБ, заказ № 78., Алматы, 2008.
42. Соколов С.Е., Хожин Г.Х. Проектирование электрических станций. Конспект лекций для студентов всех форм обучения специальности 050718 – Электроэнергетика. АИЭС, КМБ, заказ № 468. – Алматы, 2008.
43. Акопьянц Г.С., Тюгай В.Г., Лигай Р.Г. Развитие электроэнергетики Республики Казахстан на перспективу до 2030 года. Вестник Алматинского института энергетики и связи, № 4, 2009г. Алматы, 2009.
44. Сажин В.Н., Хожин В.Н., Оржанова Ж.К. Электр тораптары мен жүйелерін есептеу және жобалау. Дәрістер жинағы. 5В071800 – Электр энергетика мамандығының студенттері үшін. АЭЖБУ. К.К.Б. тапсырыс № 470; Алматы, 2010. – 50 б.: ил.
45. Хожин Г.Х., Кузембаева Р.М., Соколов С.Е. Электр станцияларды жобалау, 5В071800 – Электр энергетика мамандығы бойынша оқитын барлық оқу түрінің студенттері үшін курстық жобаны орындауға арналған әдістемелік нұсқау, Алматы. 2010, - 23б.
46. Хожин Г. Электроэнергетика («Электр станциялары бөлімі»): Оқулық. Алматы: ЖШС РПБК «Дәуір», 2011 – 416 бет.
47. Оңалбай Аяшев., ЭКСПО – 2017 – дамудың бетбұрыс белесі., Егемен Қазақстан газеті – 8 қазан 2013 ж. №228.
48. Назарбаев Н.Ә. «Қазақстан Республикасының ЭКСПО – 2017 Халықаралық көрмесін Астанада өткізу туралы шешім қабылдануына байланысты Қазақстан халқына Үндеуі», Егемен Қазақстан – 07 желтоқсан 2012 ж, №807-808.
49. Жылқыбай Жағыпарұлы. «Астана ЭКСПО – 2017», Егемен Қазақстан. – 10 шілде 2014 ж.
50. Талғат Ермағияев. «Қазақстанның серпілісі үшін тың мүмкіндіктер», Егемен Қазақстан – 21 мамыр 2014 ж.
51. Сұңғат Әліпбай. «Үшінші индустриялық ревалюция», Егемен Қазақстан. – 5 ақпан 2014 ж.
52. Динара Бітікова., ЭКСПО – 2017: Эмблема бар. Эскиз бекітілді. Іске сәт!, Егемен Қазақстан газеті – 23 қазан 2013 ж., №237.

Г.Хожин

**ЭЛЕКТР СТАНЦИЯЛАРЫ МЕН
ҚОСАЛҚЫ СТАНЦИЯЛАР**

оқулық

Басуға 29.10.2014 ж. қол қойылды.

Қағазы офсеттік. Қаріп түрі «Times».

Пішімі 70x100^{1/16}. Офсеттік басылым. Баспа табағы 28,25

Таралымы: Мемлекеттік тапсырыс бойынша - 800 дана. Тапсырыс №9780.

Тапсырыс берушінің файлдарынан Қазақстан Республикасы
«Полиграфкомбинат» ЖШС-де басылды.

050002, Алматы қаласы, М.Мақатаев көшесі, 41.