

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Коммерциялық емес акционерлік қоғамы

АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ

Электр станциялары, тораптары және түйінері
кафедрасы

«Қорғауға жіберілді»

Кафедра меңгерушісі

Т. 2. К, доцент Чибеткулов. Е. К
(аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

« _____ » _____ 20__ ж.
(колы)

ДИПЛОМДЫҚ ЖОБА

Тақырыбы: Синхронда генератордағы қозғару
әуілесімді автоматты реттеу жүйесі
(АЭЭС-2 жобасы)

мамандығы бойынша

Орындаған Тыныштықбаев Мерей ЖСК-12-01
(аты - жөні) (тобы)

Жетекші Т. 2. К, профессор Хожим Г. К
(аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

Кеңесшілер:

Экономикалық бөлім бойынша:

аға оқушы Түлегенова С. К.
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)
С. К. « 31 » 05 20 16 ж.
(колы)

Өмір тіршілігі қауіпсіздігі бойынша:

доцент Абдулмуратов Н. С
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)
Н. С. « 19 » 05 20 16 ж.
(колы)

Мөлшер бақылаушы:

доцент Марсумбаева М. А.
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)
М. А. « 31 » 05 20 16 ж.
(колы)

Пікір жазушы:

Бейтөв Ш. А. «АлЭС» АҚ пайдалану қозғалтқышы бас
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні) маманы
« _____ » _____ 20__ ж.
(колы)

Алматы 2016

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Коммерциялық емес акционерлік қоғамы

АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ

Электр энергетикасы факультеті
5B 07 18 00 - Электр энергетикасы мамандығы
Электр станциялары, жүйелері мен тораптары кафедрасы

жобаны орындауға берілген

ТАПСЫРМА

Студент Томаштоқбаев Мерей Мұратбайұлы
(аты - жөні)

Жоба тақырыбы Синхронды генератордың қоздыру жүйесінің автоматты реттеуін жасау (АЭГ-2 жосалама)
ректордың «19» 10.2015ж №148 бұйрығы бойынша бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі: «__» __ 20__ ж.

Жобаға бастапқы деректер (талап етілетін жоба нәтижелерінің параметрлері және нысанның бастапқы деректері)

Синхронды генератордың қоздыру жүйесінің автоматты реттеуін жасау (АЭГ-2 жосалама)
Генераторлардың қуаты және саны (2x100 + 2x120 МВт)
Энергия жүйесімен байланысқан кермеу - 220 кВ
Отын түрі - көмір, қосқа тұйықталу қуаты - 600 МВт
Энергия жүйесі бойынша өлшемдер саны мен ұзақтығы - 2 / 35 км. Озық мұқатауға келетін жағдай - Р_{дт} - 11%

Диплом жобасындағы әзірленуі тиіс сұрақтар тізімі немесе диплом жобасының қысқаша мазмұны:

Тиімді мұқатау электрік сұлбалары таңдау,
өмір тиімді қауіпсіздігі, техника - экономикалық таңдау жасау

Сызба материалдарының (міндетті түрде дайындалатын сызуларды көрсету) тізімі

- 1) Қуаты 540 МВт ОИ70-ноң құрылысшы сұлбасы
- 2) Құрылысшы сұлбаның алмастыру сұлбасы
- 3) Электр орталықтың бас жобасы (генплан)
- 4) Электр орталықтың бас электр сұлбасы

Негізгі ұсынылатын әдебиеттер

- 1) Хожин Г.К. Электромеханика („Электр станциялар бөлімі“): Оқулық Алматы: ЖИЭС РП.БК “Дәуір”, 2011 - 416 б.
- 2) Хожин Г.К. “Электр станциялар мен қосалқы станциялар”, Оқулық, Алматы, 2014 - 452 б.
- 3) Ромкова Л.Д., Кожулин В.С., Электросборудовые станции и подстанции - учебник для техникумов - 3-е изд. перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1987. - 648 с.

Жоба бойынша бөлімшелерге қатысты белгіленген кеңесшілер

бөлімшелер	кеңесші	мерзімі	қолы
Әмір тіршілі құрылысшы Экон бөлімі	Абдилмуратов Н.С. Түлегенова С.К.	19.05.16 31.05.16.	
Мәшинер бақылаушы	Терещукелва М.А.	31.05.2016н	

Диплом жобасын дайындау

КЕСТЕСІ

№ р/с	Тарау аттары, әзірленетін сұрақтардың тізімі	Жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескерту
1.	Дипломдық жобаның әзірленуіне қажетті материалдарды табу	19.01.16ж - 21.02.16ж	
2.	Электротехникалық бағам	23.02.16ж - 04.04.16ж	70
3.	Үлгілер бағамы	06.04.16ж - 11.04.16ж	5
4.	Қауіпсіздік және өмір сүрулік әрекеті бағамы	13.04.16ж - 18.04.16ж	5
5.	Сөздік материалдарды	20.04.16ж - 02.05.16ж	15
6.	Дипломдық жұмыстың алғашқы бөліміні қорғау	04.05.16ж - 16.05.16ж	
7.	Дипломдық жұмыстың түйінді бөліміні қорғау	18.05.16ж - 23.05.16ж	5
8.	Дипломдық жұмыстың қорғау	2016ж маусым	100%

Тапсырманың берілген уақыты « _____ » _____ 20 ж.

Кафедра меңгерушісі _____

(қолы)

(аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

Жоба жетекшісі _____

(қолы)

Т.З.К профессор Хожин Г.К
(аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

Орындалатын тапсырманы қабылдаған студент _____


(қолы)

Жамоиетовқубаев М.М.
(аты -жөні)

Аннотация

Темой дипломной работы является разработка автоматического регулирования системы возбуждения синхронного генератора (на примере АТЭЦ-2). В этой дипломной работе были сделаны небольшое введение о системе возбуждения, а также были разобраны системы возбуждения установленные в АТЭЦ-2. Большое внимание было уделено на статистическую систему возбуждения UNITROL-5000, которая была установлена недавно. Также в этой работе выбраны электротехнические оборудования для проектируемой станций и рассчитана экономичность этой станций. В конце работы были разобраны параметры микроклимата и молнезащиты открытых распределительных устройств.

Abstract

The theme of the master's work is the development of automatic control of synchronous generator excitation system (for example, NCP-2). In this research paper, I did a little introduction about the excitation system and disassembled excitation system installed in the NCP-2. Much attention I paid to statisticheskuyu excitation system UNITROL-5000, which has been established recently. Also in the project I chose electrical equipment designed for plants and calculated the efficiency of the station. In the end, I examine the parameters of the microclimate and open distribution Lightning protection devices.

Аңдатпа

Дипломдық жұмысының тақырыбы синхронды генераторлардағы қоздыру жүйесінің автоматты реттеуін жасау (АЖЭО-2 мысалында). Жобада жалпы қоздыру жүйесіне кіріспе жасалып, АЖЭО-2 де орналасқан қоздыру жүйесі талданды. Жаңадан қойылған UNITROL-5000 статикалық қоздыру жүйесіне назар аударылды. Берілген алмастыру сұлбасына электротехникалық жабдықтарды таңдау жасалып, экономикалық түрде тиімділігі есептелді. Станциядағы микроклимат параметрлері және ашық тарату құрылғыларының найзағайдан қорғау шаралары қарастырылды.

Мазмұны

Кіріспе.	8
1 Қоздыру жүйесі. Оның артықшылықтары мен кемшіліктері	9
1.1 ЖЭО-2 қоздыру жүйесі	9
1.2 UNITROL А6Т-0/U5Н1-D2000 қоздыру жүйесі туралы ортақ мәліметтер	12
1.3 UNITROL-5000 жүйесінің кескіндемесі	16
1.4 Өздігінен қозу схемасының қоректену жүйесі	17
1.5 А5 типті - басқару жүйесінің құрылымы	18
1.6 Т типті күштік бөлігінің құрылымы	19
1.7 Өрісті сөндіру тізбегі және асқын кернеуден қорғау	19
1.8 Тұрақты токтағы өрістің автоматты сөндірілуі (АГП)	21
2 Электрлік бөлім	22
2.1 Қалыпты режимде қуат балансын есептеу	23
2.2 Трансформаторларды және автотрансформаторларды таңдау	33
2.3 Екі нұсқаның трансформаторларының электр энергиясының жылдық шығынын есептеу	35
2.4 Қысқа тұйықталу токтарын есептеу	39
2.5 Өлшеу аппараттарын таңдау	61
3 Экономикалық бөлім	65
3.1 ЖЭО-2 құрылысына керекті капитал	65
3.2 Үлестік капитал мөлшері	66
3.3 Экономикалық көрсеткіштер	70
4 Өміртіршілік қаупсіздігі бөлімі	73
4.1 АЖЭО-2 диспетчер бөлмесіндегі микроклимат параметрлерін талдау	73
4.2 Ашық тарату құрылғыларын найзағайдан қорғау шаралары	77
4.3 Электр бөлмесіндегі ауа алмасуына және оның еселігіне есеп жүргізу	83
Қорытынды	87
Әдебиеттер тізімі	88

Кіріспе

Дүние жүзінде энергетика үздіксіз дамуда. Генератор мен жүйе энерго жүйенің жұмысын қамтамасыз ететін құраушы бөлік, ал қоздыру жүйесі генератордың ең маңызды жүйесінің бірі болып табылады. Барлық қалыпты (ұзақ және қысқа уақытты) және апаттық режимдердегі синхронды генератордың қоздыру жүйесі қоздыру орамының тогын қамтамасыз етеді.

Генератордың жұмысын қамтамасыз ететін басқа жабдықтармен салыстырғанда қоздыру жүйесінің сенімділігі бірқатар төмен және оны арттыру маңызды мәселенің бірі болып табылады. Сенімділікті арттыру жүйені резервтеуге едәуір тәуелді болады. Осылайша, резервті қоздыру жүйесінің сенімділігін арттыру қажет.

Дипломдық жобаның мақсаты – (АЖЭО-2 мысалында) ЖЭО-ның синхронды генераторының қоздыру жүйесін автоматты реттеуді жобалау. АЖЭО-2-де алты генератор, оның ішінде екі 110 кВ, үшеуі 120 кВ және соңғысы резервтік генератор 65 кВ арналған. Сәйкесінше бірінші генератордан төртінші генераторға дейінгілер диодты тиристорлық, ал бесіншісі мен алтыншы генераторы UNITROL-5000 қоздыру жүйесімен қамтылған.

Ескірген резервтік қоздыру жүйесін жаңарту қажеттілігі, оны электрмен жабдықтау сенімділігі мен сапасына қойылатын талаптарды жоғарлатады. Генератор жұмысын қамтамасыз ететін, жүйеде генератордың жұмыс тұрақтылығын арттыру барлық жабдықтардың пайдалану мерзімінің өсуіне әкеледі. Электр машиналық жүйе пропорционал әрекет ететін жүйе болып табылады, сондықтан генератордың динамикалық және статикалық тұрақтылығына қажетті жағдайларды қамтамасыз ете алмайды. Соның себебінен бесінші және алтыншы генераторлардағы қоздыру жүйелері UNITROL-5000 қоздыру жүйесіне ауыстырылады, және бұл дипломдық жұмыста жаңа статикалық қоздыру жүйесі туралы толығырақ айтылады. Сонымен қатар, АЖЭО-2 бесінші және алтыншы генераторларында жаңа UNITROL-5000 қоздыру жүйесі қандай мақсатпен қойылғаны туралы негізделеді. UNITROL-5000 ең басты артықшылықтары бұл:

- заманауи технологиялар;
- сенімді швейцариялық сапасы;
- қоздыру жүйесі облысында 90 жылдық жұмыс тәжірибесі;
- пайдалануға енгізуге және қызмет көрсетуге аз уақыт шығыны.

1 Қоздыру жүйесі. Оның артықшылықтары мен кемшіліктері

1.1 ЖЭО-2 қоздыру жүйесі

Қоздыру жүйесі синхронды машинаның қоздыру орамдарын тұрақты токпен және сәйкесінше қоздыру тогын реттеу үшін арналған.

Қоздырушы орамының шығысында қоздыру жүйесін $U_{fном}$ қоздырушы номинал кернеуімен және электр машинаның қалыпты жұмыс режиміне сәйкес келетін қоздырушы орамындағы $I_{fном}$ номинал токпен; машинаның номинал қуатынан әдетте 0,2-0,6% құрайтын $P_{fном} = U_{fном} \cdot I_{fном}$ қоздырушы номинал қуатымен; жеделдеткіш қабілетімен (жеделдету еселігімен); энерго жүйедегі апаттық жағдайда қоздыру жүйесінің тез әсер еткіштігімен және генератордың бұзылуы кезінде өздігінен қозу жылдамдығымен сипаттайды.

Қоздырушы номиналды кернеуді таңдау: қоздыру қуатымен; щетка мен жанасу сақиналары арқылы өтетін шекті токтармен; қоздырушылары сенімді жұмыс істейтін шекті кернеулермен және т.б. анықталады. Қазіргі генераторлардың номинал қоздыру қуаты 80-600 В құрайды. Кернеуі бойынша жеделдеткіш қабілеті деп қоздырушының (генератор қоздырушы орамына жалғанған) $U_{fи.т}$ ең үлкен тұрақталған кернеуінің, қоздырушының $U_{fном}$ номинал кернеуінің мәніне қатынасын, ал ток бойынша жеделдеткіш қабілеті деп жеделдету режимінде қоздырушының $I_{fи}$ шекті қозу тогының $I_{fном}$ номинал қозу тогына қатынасын айтамыз.

Синхронды генераторлардың қоздыру жүйесіне жоғары талаптар қойылады:

- қалыпты және апаттық режимде қоздыру орамдарының сенімді қорегін қамтамасыз ету;
- нөлден қалыпты мәнге дейін генератор жүктемесін өзгертуде қоздыру тогын тұрақты реттеу;
- апаттық жағдайды жойғаннан кейінгі режим тұрақталатын белгілі бір уақыт аралығындағы шекті қоздыру.

Сонымен қатар, ол жеткілікті жылдам әсер еткіш және кернеуі бойынша жеделдеткіш еселігі 2,0 кем емес (көп жағдайларда оны 3-4 арттырады) болуы керек.

Синхронды генераторларды қоздыру үшін қолданылатын энергия көзіне байланысты барлық қоздыру жүйелерін үш негізгі топқа бөлуге болады:

- қоздыру жүйесінің энергия көзі тұрақты ток генераторлары (қоздырғыш) болып табылады;
- қоздыру жүйесінің энергия көзі айнымалы ток генераторлары (қоздырғыш) болып табылады. Бұл генератордың айнымалы тогы басқарылатын және басқарылмайтын жартылай өткізгішті түзеткіштердің көмегімен тұрақты токқа түрлендіріледі;

- өздігінен қоздырылатын машинаның энергиясын қолданатын қоздыру жүйесі. Бұл энергия арнайы трансформаторлар мен жартылай өткізгішті түзеткіштердің көмегімен түрлендіріледі.

Қалыптасқан режимде ТВФ-120-2 типті турбогенераторлардың қалыпты жұмысына арналған қоздыру жүйесі, апаттық және өтпелі режимдердегі генератордың қоздыру бөлігіне қойылатын талаптарды қамтамасыз етуге, сонымен қатар, оперативті кезекпен өткізілетін барлық операцияларды орындауға арналған.

Жүйеде айнымалы токтың екі қорек көзі қолданылады: ЖЖҚ жоғары жиілікті қоздырғыш және ВУ-ВГТ мен ВУ-ТК статикалық түзетуші қоздырғыш арқылы генератор роторының орамына қосылатын, КТ компаундтау трансформаторлар. КТ генератор статор орамының фазалық шығысының тізбегіне тізбектей қосылған, генератор білігінде ЖЖҚ-та жетегі болады. Жүйеінің түзетуші ток тізбегіне өрісті сөндіргіш автоматы ӨСА, 1ВВ жұмыс қоздырғышының екі өрісті кіріс автоматы және қоздырғышты тізбектей өздігінен қозу орамы қосылған. Сонымен қатар, асқын кернеуден УЗП-1 ротор орамдарын қорғау түйіні, 2ВВ резервті қоздырғышты еңгізу автоматы, өлшегіш аспаптары мен рұқсат етілген жеделдету ұзықтығынан қорғау релелері қоздыру тізбектеріне қосылған. Компаундтау трансформаторларының шығысында УЗП-2 асқын кернеуден қорғаушы түйіні мен қоздыруды автоматты сөндіру рөлін атқаратын қысқа тұйықтағыш орнатылған.

Бір машиналы (қоздырғыш астанда) жоғары жиілікті жартылай өткізгішті қоздыру жүйесі генератор қозуының номинал параметрлері 10%-ға өсуінде ұзақ режимді қамтамасыз етуге арналған. Жүйе генераторды пайдалану нұсқауында көрсетілген шамалардан ұзақтығы мен көлемі бойынша рұқсат етілген асқын ұзақ қозу тогы мен кернеудің өсуін қамтамасыз етеді.

Жүйеде қоздыруды басқаратын екі канал қарастырылған – автоматты (ҚАР) және қол (ҚББ (блок ручного управления)). Қалыпты жұмыста ҚАР болуы керек. ҚББ жүйенің бастапқы іске қосылуын қамтамасыз етеді, сонымен қатар, ҚАР ақаулығында немесе генераторды сынау кезінде арнайы режимде кернеу трансформаторларынан қоректенетін тізбекте қолданылады.

ҚАР жұмысы кезінде жүйе келесілерді қамтамасыз етеді:

- реактивті жүктемелері нөлден номинал шамаға өзгерген кезде 2% дейін ауытқитын, берілген деңгейде генератор кернеуін автоматты ұстап тұруды;

- генератор кернеуі қайта қалпына келмейтіндей 4% аса екі еселенген номинал деңгейге дейін төмендеп, генератор қозуының жеделдеуін. Рұқсат етілген ұзақтықтан асқан жағдайда жеделдетуді автоматты сөндіруді ҚББ-на ауыстру жолын;

- генератор кернеуінің қайта қалпына келмейтіндей 5% аса төмендеуі 4-6 о.е./с. жеделдету кезінде генератор роторының сақиналарында кернеу өсуінің номинал жылдамдық шамасын;

- 1,1-0,85 номинал шамада генератордың бос жүріс режимінде, тораптан ажыратылған орнатылған трансформатор кернеуіне әсер ету жолымен өзгерту;
- торапқа жіберу режиміндегі 80-100 МВар кем емес дейінгі тораптан қоректену режимінде 10-20 МВар реактивті жүктемені өзгерту мүмкіншілігі – стансаның жинағыш шиналарында кернеуі номинал деңгейде торапта генератордың жұмысында.

ҚББ жұмысында жүйе төменгілерді қамтамсыз етеді:

- 0,5 ротор тогынан, статордың номинал кернеуінде бос жүріс режиміне сәйкес келетін, ротордың номинал тогы 1,1 дейін, қысқа тұйықталу немесе бос жүріс режимінде жұмыс істейтін генератор торабынан ажыратылған ротор тогының өзгеру мүмкіндігі;

- торапқа жіберу режиміндегі, 60-80 МВар дейінгі тұтыну режимінде, генератордың реактивті жүктемесі 10-15 МВар аралығында өзгеру мүмкіндігі;

- торапта қысқа тұйықталу кезінде, тізбектей жалғанған орамдар жағынан қоздыруды жеделдету мен күштік компаундату есебінен қысқа уақытты қоздыруды жеделдету;

- өрісті сөндіргіш автомат жұмысы тоқталғанда және қалыпты жұмысында ротор орамын екі қоректендіруші көздердің сөндірілуі өрісті сөндіруге команда берілгенде іске асады;

- ротор орамын үздіксіз қоректендіру генераторды қашықтықтан басқару пультінен орындалуы мүмкін, сонымен қатар жұмыс қоздырудан резервтік қоздыруға және кері ауысуларды қамтамасыз етеді.

Қоздыру жүйесі келесі негізгі элементтерден тұрады:

- қоздырғыштан – ВГТ;

- ВУТГД-300/360-У4 түзетуші құрылғысынан;

- КТ – компаундтау трансформаторынан;

- ҚАР – қоздыруды автоматты реттеу панелінен;

- 3ВВ – қысқа тұйықтағыштан;

- 1ВВ – жұмыс қоздырушы тізбектерді еңгізу автоматынан;

- 2ВВ – резервтік қоздырушы тізбектерді еңгізу автоматынан.

ЖЭО-2 қоздыру жүйелерінің түрі. Қалыпты және апаттық жұмыс режимдегі қуаты 100 МВт дейінгі турбогенераторларды қоздыруға арналған диодты, тәуелсіз қоздыру жүйесі. Қоздыру жүйесі келесілерді қамтамасыз етеді:

а) бастапқы қоздыруды және турбогенераторлардың (ТГ) бос жүрісін;

б) дәл синхрондалу әдісімен жүйеге ТГ қосу;

в) қуат диаграммасымен анықталатын, барлық пайдалану режимдеріндегі генераторлардың қозуын қолдан және автоматты реттеу;

г) шиналардағы кернеудің төмендеуіне әкелетін, энерго жүйедегі бұзылуда ТГ қоздыруды жеделдету (тек ҚАР жұмысында);

д) шиналардағы кернеудің жоғарлауына әкелетін, энерго жүйедегі бұзылуда ТГ қайта қоздыру (тек ҚАР жұмысында);

е) қоздыру орамдарын үздіксіз қоректендіруде жұмыс қоздырғыштан резервтікке және одан кері ТГ қозуының ауысуы;

ж) қоздырусыз, қайта синхрондылуда немесе тораптан ажыратуда ТГ асинхронды жұмыс режимі;

з) ТГ ротор орамдарын асқын кернеуден қорғау;

и) қалыпты және апаттық режимдерде қоздыру мен ТГ өрісін сөндіру [5].

1.2 UNITROL А6Т-0/U5Н1-D2000 қоздыру жүйесі туралы ортақ мәліметтер

Синхронды машиналардың статикалық қоздыру жүйесінің кернеуін реттеуге арналған UNITROL 6 буыны ұсынылған. Қалдық магниттелген ротор құрышын қолданатын генераторды іске қосу, түрлендіргіштің секциялары параллель қосылған токтардың арасынан динамикалық тарату, сонымен қатар, ақпарттармен өзара алмасу құралдарын жақсарту мен диагностиканың жаңа функциясы есебінен жүйенің мүмкіншілігін кеңейтуге мүмкіндік беретін АС800РЕС басқару жүйесі негізінде орындалған.

UNITROL статикалық қоздыру жүйесі мен контактісіз кернеуді реттегіштерді өндіру 1957 жылы АББ компаниясы алдын алған. Дүние жүзі бойынша АББ компаниясы (10 000 А дейінгі қоздыру токтарын) шығаратын мыңдаған қоздыру жүйелері орнатылып, пайдалануда.

UNITROL типті қоздыру жүйесі қолданыстағы электр стансаларды жаңартуда, сонымен қатар жаңадан құрылып жатқан объектілерде қолданылуы мүмкін.

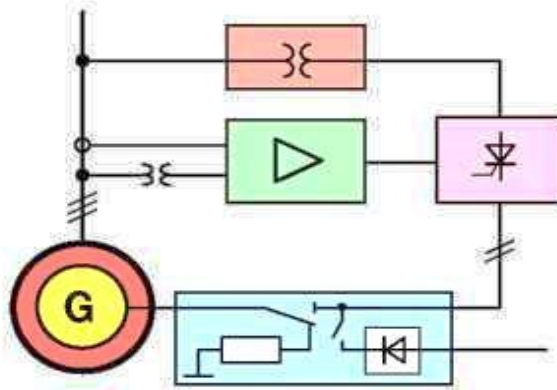
UNITROL типті қоздыру жүйесі қозғалтқыш және генератор режимінде жұмыс істейтін, кез келген типті синхронды машиналарда және номиналды қуатта қолданылуы мүмкін.

UNITROL типті қоздыру жүйелері:

- газ немесе бу турбиналы жылу электр стансаларынды;
- су электр стансаларында;
- синхронды өтемдеуіштерде;
- дизель жетекгі бар генераторларда қолданылады.

UNITROL типті жүйенің құрылымы қолданыстағы электр стансаларды жаңарту кезінде, тапсырыс берушінің талаптарын қанағаттандыратын әр оңтайлы шешімді қабылдауға мүмкіндік береді.

Кез келген статикалық қоздыру жүйесінің негізгі элементтері – күштік түрлендіргіш, басқару жүйесі, өрісті сөндіру аппаратурасы мен түзетуші трансформатор.



1.1 сурет – Статикалық қоздыру жүйесінің құрылымдық сұлбасы

Күштік түрлендіргіштер. Тиристорлық түрлендіргіш айнымалы ток көзінен қоректенеді және шығысында тұрақты ток кернеуінің реттелуін қамтамасыз етеді. UNITROL типті статикалық қоздыру жүйелерінде қолданылатын түрлендіргіштер, келесі айырықша қасиеттерге ие болады:

- қоздыруды жылдам жеңілдетуде, қозуды кернеу өрісінің өзгеруімен қамтамасыз етілуі;
- шағын құрылымы себебінен күштік панельдердің үлкен емес өлшемдері;
- жұмыстың жоғары сенімділігін қамтамасыз ететін резервтеу;
- жеделдетуді орныдауға жеткілікті қуат резерві.

Басқару жүйелері. Кернеуді реттегіштер ПИД-фильтр негізінде орындалған. Реттегіштің шығыс сигналы басқару импульстарын тиристорлы күштік түрлендіргіштерге генерациялау үшін қолданылады.

Кернеуді реттегіш сандық функциясын қуаттың ауытқуын болдырмас үшін, дәлдейді:

- реттегіш, тораппен параллель жұмысының тұрақтылығын қамтамасыз етеді;
- блоктың болуы генераторды жұмыс режимде ұстап тұруға мүмкіндік береді. Бұл көп жағдайда апаттық өшірілуі мен қорғаныстың істен шығуын болдырмайды;
- қуатты тұрақтандырғыш қуат тербелуін тиімді сөндіреді және қоздыруға жетпеген жағдайда генератор ауқымын кеңейтеді;
- қолмен басқару режимінің болуы, апаттық жағдайда жүйенің жұмыс қабілеттілігін сақтап қалуға және жөндеу мен қызмет көрсету бойынша жұмыстарды жүргізу жайлылығын қамтамасыз етеді.

Өрісті сөндіру. Өрісті сөндіргіш аппаратурасы қоздыру орамы қорында қалған энергияны тез арада төмендетуге және қоздыру жүйесінен ротор тізбегін ажыратуға мүмкіндік береді.

- қоздыру орамын қоздыру жүйесінен разрядты резисторға қайта қосады;

- торапта пайда болған апаттарда генератор қозуын тез арада төмендетеді;

- қоздыру орамдарын асқын кернеуден қорғайды;

- жоғары қуатты машиналар үшін қоздыруды жылдам төмендетуді қамтамасыз ететін сызықты емес разрядты резисторларды қолдану.

Қоздыру трансформаторы. Қоздыру трансформаторы қоректендіргіш кернеуді қоздыру жүйесіне кіретін қажетті кернеу деңгейіне дейін төмендетеді. Трансформатордың таралу индуктивтілігі күштік түрлендіргіштің тиристоры үшін қауіпсіз, ток шамасының ұлғаю жылдамдығын шектейді.

Қоздыру жүйесі мен кернеуді реттегіштің параметрлері синхронды машинаның сенімділігі мен динамикалық қасиетін айтарлықтай дәрежеде анықтайды. Қазіргі уақытта қоздыру жүйесінің екі негізгі типі қолданылады – щеткасыз айналмалы қоздырғыштар және статикалық өздігінен қозатын жүйелер. Щеткасыз қоздыруда шығыс аз қуатты күштік түрлендіргішті кернеуді реттегіштен қоздыруды алатын, сол білікте орнатылған, қоздыру тогы аз қуатты машинамен қамтамасыз етіледі. Генератордың қоздыру орамы статикалық өздігінен қоздырғышта, күштік түрлендіргіш пен қоздыру трансформаторлары арқылы генератор шиналарынан қоректенеді.

Статикалық қоздырудың артықшылықтары:

- электр машинаның қоздырушы уақыт тұрақтылығы болмау себебінен, жақсартылған жылдам әсер еткіштігі;

- жоғары ПӘК;

- қоздыру орамын қолдану тиімділігі мен оңтайлы қорғау;

- білік ұзындығын қысқарту.

UNITROL 5000 - қоздыру жүйесінің жаңа түрі. Қолдану ауқымын кеңейтетін, қоздыру тогының үлкен шамасына жететін және шағын қуат жүйелері үшін (соның ішінде электр машиналы қоздыру жүйелері үшін) өте жақсы техникo-экономикалық көрсеткіштерді қамтамасыз ететін UNITROL 5000 типті жүйені әзірлеудің негізгі тұжырымдамасы - құрылымының иілгіштігін жоғарлату болып табылады.

UNITROL P және UNITROL P қоздыру жүйелерінің жақсы жақтарын үйлестіре отырып, UNITROL P салыстырғанда аталған жүйенің күштік бөлігін резервтеу бойынша, жоғары мүмкіндікті қамтамасыз етеді. Бұл жағдайда бірнеше тиристорлы түрлендіргіштерді параллель қосқанда, п-1 және п-2 резервтеу сұлбаларын қолдану мүмкін болды. Түрлендіргіштерді таңдау кезінде қамтамасыз етілетін қор, номинал және жеделдету қоздыру токтарымен қамтамасыз етеді (бір п-1 немесе екі п-2 түрлендіргіштер істен шығып қалған жағдайда). UNITROL P типті қымбат және күрделі жүйелерді қолдану кезінде қамтамасыз етілетін аталған құрылым, 10 000 А дейін қоздыру ток шамаларына жетуге мүмкіндік береді. Бұдан басқа, өзара параллель қосылған түрлендіргіштер арасындағы токты тегістейтін жаңа режим, орнатылған жабдықтарды қолданудың аса тиімділігін қамтамасыз етеді, сонымен қатар параллель қосылған түрлендіргіштер санын қысқартуға

мүмкіндік береді. UNITROL 5000 басқару жүйесі UNITROL типті жүйеде іске асатын және UNITROL P басқару жүйесімен қоса орындалған, негізгі және қосымша функциялардың жиынтығын қамтамасыз етеді. Бұл бағдарламалық жасақтаманың қосымша функцияларын іске асыру бойынша жинақталған тәжірибені қолдануға және өзін өзі тәжірибеде жақсы танытқан SMT Tool пайдалануға мүмкіндік береді.

UNITROL 5000 жүйесінде IEEE P552A стандарты бойынша жасалған, қуатты тұрақтандырғышпен қатар, қоршаған орта шарттары өзгерген кезде өзінің параметрлерін автоматты баптайтын, қуатты адаптивті тұрақтандырғышты қолдану мүмкіндігі туды.

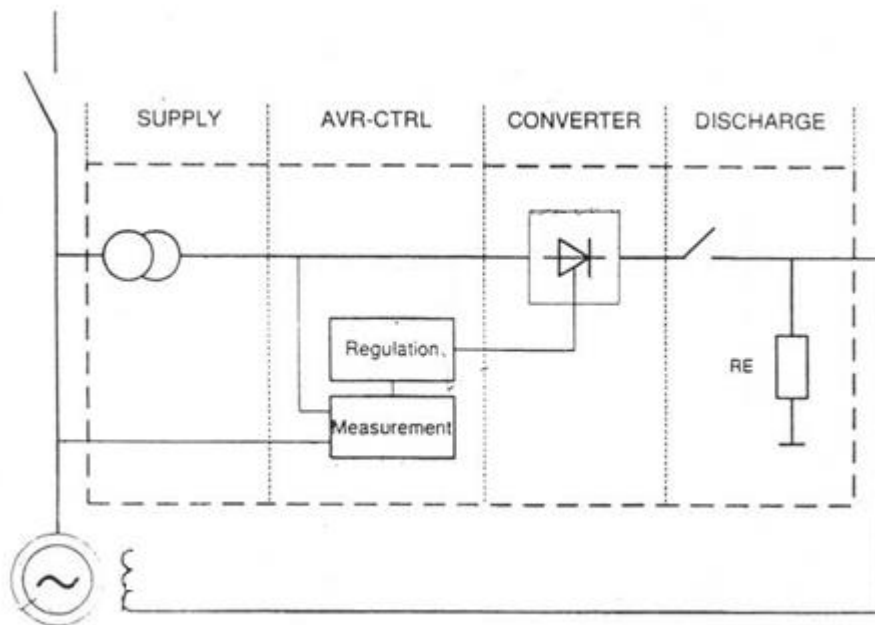
Мәліметтермен ішкі алмасуды іске асыру үшін АГССпеІ типті хаттаманы қолдану, еңгізу/шығыс желілерінің саны бойынша шектеулерді алады [4].



1.2 сурет – UNITROL-5000 типті статикалық қоздыру жүйесінің сыртқы түрі

1.3 UNITROL-5000 жүйесінің кескіндемесі

Қоздыру жүйесінің басты элементтеріне: энергия көзі, өлшеу және реттегіш тізбектер, күштік түрлендіргіштер, өрісті сөндіру тізбегі жатады.



SUPPLY - қоректену бөлігі; AVR-CTRL - керенуді реттегіш бөлігі; CONVERTER - күштік түрлендіргіш; DISCHARGE - өрісті сөндіру бөлігі.

1.3 сурет – Қоздыру жүйесінің құрамдас бөліктері

Энергия көзінің құрамына түзеткіш трансформатор, күштік түрлендіргіштің кірісіне берілетін екіншілік кернеу, сондай-ақ кернеу көзінің бастапқы қозуы кіреді. Осы энергия көздерінің әрқайсысы қоздыру машинасының орамдарына ток ағымын алып келеді.

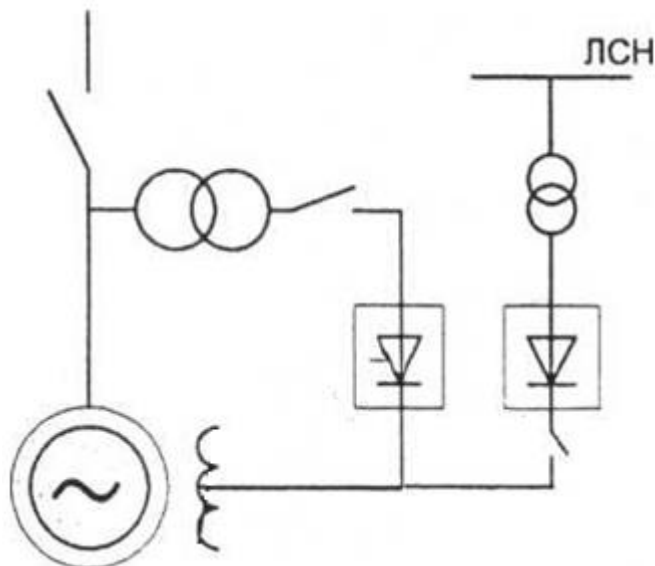
Реттегіш - кернеу мен қоздыру тоғын автоматты басқаруды қамтамасыз етеді. Реттегіштің құрамына токты өлшеу тізбегі және генератордың статоры кіреді.

Күштік түрлендіргіш кіріс айнымалы кернеуді шығыс тұрақты кернеуге (реттелетін) түрлендіреді. Шығыс тұрақты кернеу өз кезегінде қоздыру жүйесінің орамдарына беріледі. Unitrol қоздыру жүйесінің күштік түрлендіргіші толығымен басқарылатын тиристорлық көпір негізінде орындалады.

Өрісті сөндіру тізбегі генератордың тез қоздыруылына арналған және өріс сөндіру автоматынан тұрады (АГП). Сонымен қатар, қоздыру орамаларын асқын кернеуден қорғаудан сақтайтын тиристорлық ажыратқыштан (crowbar) және ажыратқыш кедергіден тұрады.

UNITROL 5000 типті стастикалық қоздыру жүйесі резервтік (екіканалды) реттегіштен және 1+1 схемасымен қосылған UNL 13300 типті екі тиристорлық көпірлердің негізінде орындалады. Өріс сөндіру автоматы (АГП) тұрақты ток тарабында орналасқан және номиналды ток көрсеткіші 2000 А.

1.4 Өздігінен қозу схемасының қоректену жүйесі



ЛСН - Өздіндік Мұқтаждық Желісі.

1.4 сурет – Айнымалы токтағы ӨАС-ден тұратын өздігінен қозу схемасы

Қалыпты жұмыс кезінде қоздыру жүйесі түзеткіш трансформатор арқылы генератордың шиналарынан қорек көзін алады. Түзеткіш трансформатор өз кезегінде түрлендіргіштің кірісіне қажетті кернеудің деңгейін қамтамасыз етеді. Сонымен қатар генератордың шиналарымен қоздыру тізбегінің арасында гальваникалық түйін жасайды.

Түзеткіш трансформатордың екіншілік кернеуі тұрақты ток тарабындағы керекті кернеу форсировкасын қамтамасыз ететін шарт бойынша таңдалады.

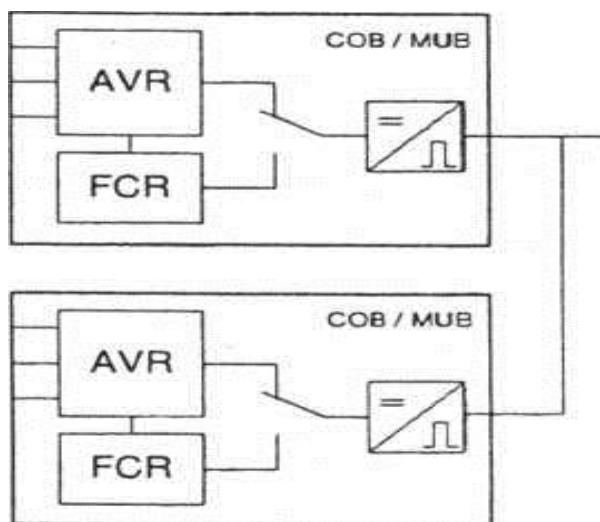
Өздігінен қозу генераторының бастапқы үрдісінде ротор болатының қалдық магниттелу арқасында дәлденетін кернеу қажет. Тиристорлармен басқарылатын импульстардың қалыптасуы қоздыруды қосқанда дереу басталады. Түрлендіргіштің жұмысы істеуі үшін қажетті кіріс кернеуінің мәні 5 В. Егер кіріс кернеуінің мәні берілген мәннен кіші болса, онда автоматты түрде бастапқы қоздыру тізбегі жұмысқа қосылады.

Бастапқы қоздыру кернеуі айнымалы токтағы өздіндік мұқтаждық желісінен қоректеней және қалдық магниттелуден генератордың өздігінен қоздыруын қамтамасыз ете алмағанда кідіріп қосылады. Сол кезде бастапқы қоздыру автоматы қосылады және орамға ток Өздіндік Мұқтаждық Желісі (ЛСН) арқылы жетеді. Статор кернеуінің мәні номиналды мәнің 10 % на

жеткенде күштік түрлендіргіш жұмысқа қосылады, ал бастапқы қозу автоматы кіріс кернеінің мәні өскен кезде қайтарма токтың ағуын тоқтатады. Бастапқы қоздыру желісіне ағатын токтың мәні қоздырудың бос жүріс тоғының 10....20 % құрайды және тізбектей қосылған резистормен шектеледі.

1.5 А5 типті - басқару жүйесінің құрылымы

Әрқайсысы қолмен басқаруды реттегішті қосатын екі каналдық жүйе (АВТО/АВТО). Кернеу реттегішінің конфигурациясы.



AVR – кернеуді реттегіш (АВТО); FCR – қоздыру тоғының резервтік реттегіші.

1.5 сурет – Әрқайсысы қолмен басқаруды реттегішті қосатын А5 типті екі каналдық (АВТО/АВТО) жүйе

Екі каналдық жүйе резервтеу арқылы орындалатын екі автоматты кернеу реттегішінен тұрады.

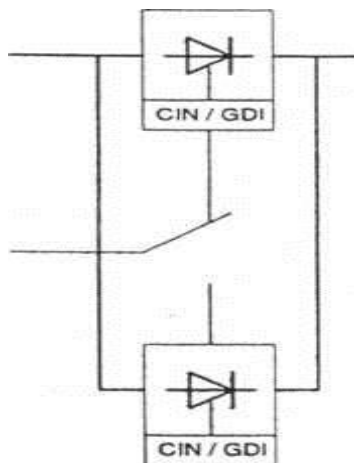
Ток қоздыру реттегішіне ауысып қосуы кез- келген каналдың қолдан басқару режиміне қосылған кезде орыдалады.

U_g және I_g мәндерін өлшейтін құрал резервтеу арқылы немесе резервтеусіз орындалады, ал I_f өлшеуге арналған құрал резервтеу арқылы орыналады.

Жүйенің жұмыс істеуі кезінде реттегіштердің біреуі ыстық резервте орналасады, ал соққысыз каналдардың арасындағы ауысып қосылу автоматты түрде орындалады.

1.6 Т типті күштік бөлігінің құрылымы

Симметриялы түрде резервтелген түрлендіргіш



CIN – түрлендіргіштің интерфейсі; GDI – басқару импульсінің генераторы.

1.6 сурет – Симметриялы түрде резервтелген түрлендіргіш

Түрлендіргіш екі тиристорлық көпірден және (1+1) схемасы түріндегі резервтеуден тұрады. Көпірлердің біреуі ғана жұмыс істеп тұрады, ал көпірлердің арасындағы ауысып қосылу басқару жүйесінің пәрмені бойынша орындалады.

Салқындату жүйесінің үш нұсқасы болуы мүмкін:

- 1) табиғи әуелік;
- 2) бір желдеткішті мәжбүрлі әуелік;
- 3) резервті мәжбүрлі әуелік.

Интерфейс тақтасы түрлендіргішке енгізіледі.

CIN: түрлендіргіштің интерфейсі. Түрлендіргіш интерфейсінің тақтасы вентелятордың немесе түрлендіргіштің электрлік компоненттерін басқару үшін қолданылады.

GDI: Басқару импульсінің генераторы. Басқару импульсінің генераторы тиристорды басқару импульсін құрайды.

1.7 Өрісті сөндіру тізбегі және асқын кернеуден қорғау

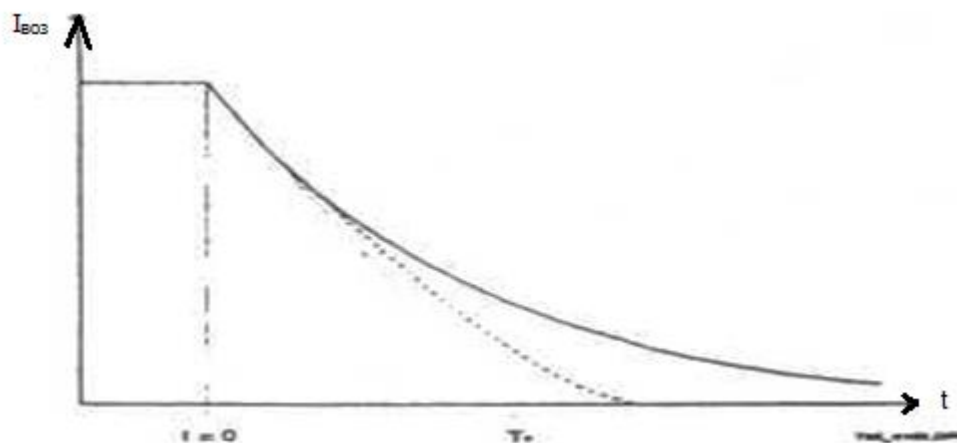
Генератордың ақаулығы кезінде және қорғаныстың қосылуы кезінде қоздыру орамасында сақталған энергия тез және тиімді түрде өшірілуі керек, оның себебі генератордың бұзылуын алдын алуы. Өрістің сөндірілуі түрлендіргіш, тиристорлы ажыратқыш (crowbar), өрістің автоматты сөндірілуі (АГП) және ажыратқыш кедергі арқылы орындалады.

Өрістің автоматты сөндірілуі (АГП) апаттық режимдегі қоздыру желісі ішінде өтіп жатқан токты үзіуі бойынша таңдалады. Өрістің автоматты сөндірілуінің (АГП) ажырауы кезінде түзеткіш трансформатор және қоздыру орамаларының арасында желінің ажырауына алып келеді. Бұрынғы кездерде қоздыру жүйесінде түйіспелі ажыратқыш АГП қолданса, қазіргі кезде АГП жүйесі тиристорлық ажыратқышпен бірге жұмыс істейді.

Қоздыру орамасында сақталған энергияның өшуі рязрядтық түрлендіргіште орындалады. Разрядты түрлендіргіш тұрақты уақытта қоздыруды азайту қамтамасыз етеді.

АГП ажырату командасы берілген уақытта тиристорлық ажыратқыштың тиристорларының ашылуына импульстар беріледі. Ол өз кезегінде ажыратқыш резистор арқылы ағып өтетін ток және АГП контактыларымен үзілетін ток мәнінің төмендеуіне алып келеді.

Қозыдру тоғының уақытқа тәуелділігі ажыратқыш тиристордың сипаттамасы арқылы анықталады.



1.7 сурет – Өрістің өшуі кезіндегі қоздыру тоғы

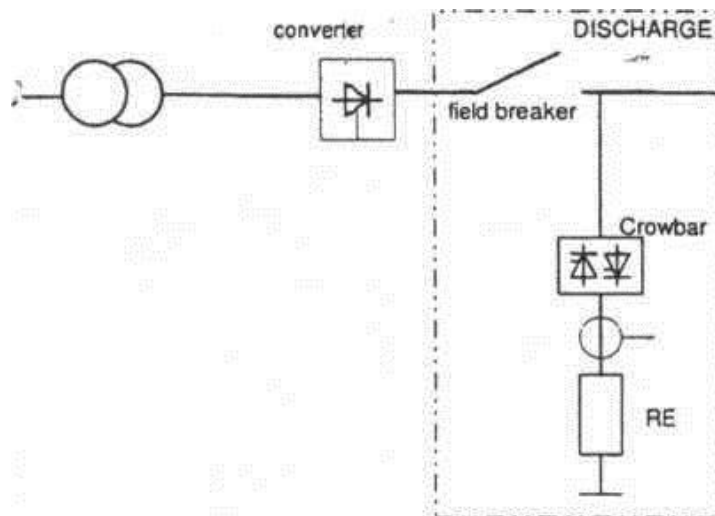
Желілік резисторды қолданған кезде тұрақты уақыттағы өрістің сөнуі келесі формула арқылы анықталады:

$$T = \frac{L_f}{R_f \cdot R_c} \quad (1.1)$$

Желілік емес ажыратқыш кедергіні қолданғанда 1.7 суретте көрсетілгендей өшу үрдісі тезірек болады.

Ажыратқыш резистор өрістің өшуінің ең ауыр режим шарты бойынша таңдалады. Ол өз кезегінде генератор шиналарындағы қысқа тұйықталу кезіндегі өрістің өшуі болып табылады.

1.8 Тұрақты тоқтағы өрістің автоматты сөндірілуі (АГП)



1.8 сурет – Тұрақты тоқтағы өрістің автоматты сөндірілуі (АГП)

АГП күштік түрлендіргіш пен қоздыру орамасының арасында орналасады. АГП да ажыратқыш контакт болмайды, ал өрістің өшуі тиристорлық ажыратқыш арқылы іске асады. Тұрақты тоқтағы АГП апаттық режимде немесе генератор шиналарында қысқа тұйықталу болған кезде өрістің тез және тиімді өшуіне мүмкіндік береді [4].

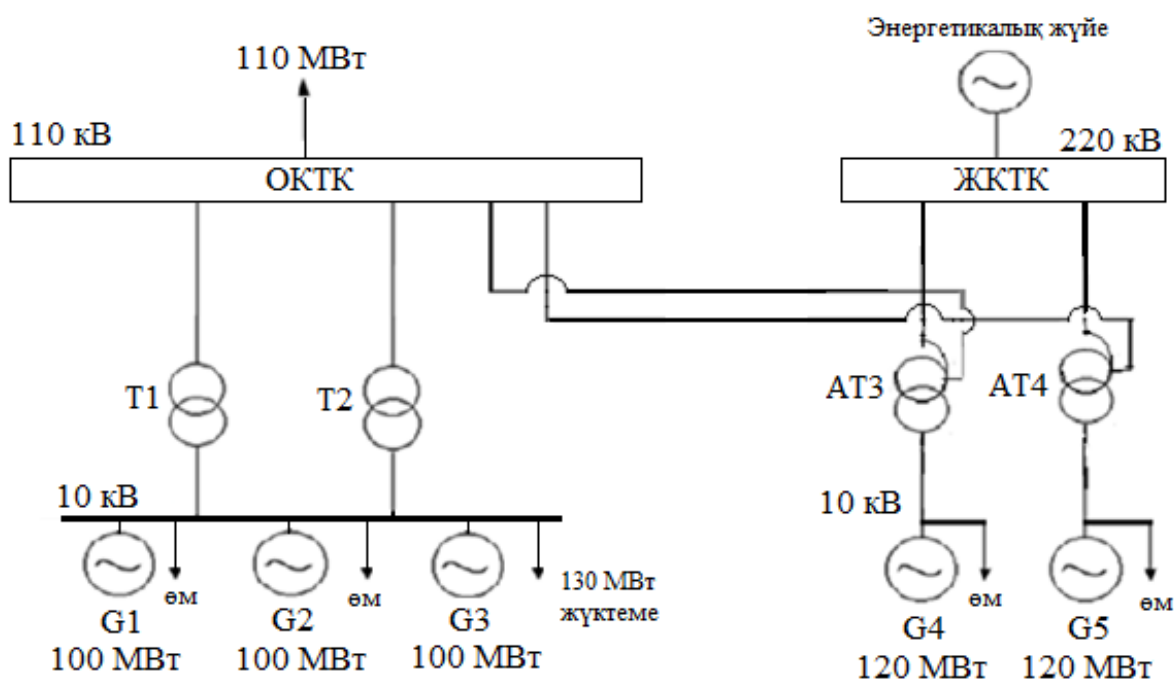
2 Электрлік бөлім

2.1 кесте – Бастапқы мәліметтер

Жылу электр орталығы						
Отын түрі	Генератордың саны және қуаты, МВт	Генераторлық кернеудің шиналарындағы максималды, МВт	Ө.М. шығыны, %	Ортаңғы кернеу шиналарындағы (РУ-110 кВ) макс. жүктемесі	Энергожүйе мен байланыстының кернеуі, кВ	Энергожүйедегі байл. желілер саны мен ұзындығы, шт/км
Көмір	3/100 2/120	130	11	110	220	2/35

2.2 кесте – ЖЭО-ның генераторының жұмыс істеу уақыты

Уақыт	0-8	8-18	18-24
Қыс	90%	100%	90%
Жаз	70%	80%	70%



2.1 сурет – 1-ші нұсқа үшін станцияның құрылымдық сұлбасы

2.3 кесте – ТВФ-100-2 типті турбогенератордың параметрлері

Айналу жиілігі, айн/мин		3000
Номиналды толық қуаты, МВА		117,5
Активті қуаты, МВт		100
Статордың номиналды кернеуі, кВ		10,5
$\cos\varphi_{\text{ном}}$		0,85
Статордың номиналды тоғы, кА		6,475
Индукт. асқын кедергі $x''_{d,c.б.}$		0,183
Қоздыру жүйесі		М
Салқындату жүйесі	статор	КВР
	ротор	НВР
Масса, т	жалпы	153
	ротор	30
ПӘК η , %		98,7

Өндірілетін қуатына (120 МВт) байланысты келесі генератордың түрін таңдауға болады:

2.4 кесте – ТВФ-120-2У3 типті турбогенератордың параметрлері:

Айналу жиілігі, айн/мин		3000
Номиналды толық қуаты, МВА		125
Активті қуаты, МВт		100
Статордың номиналды кернеуі, кВ		10,5
$\cos\varphi_{\text{ном}}$		0,8
Статордың номиналды тоғы, кА		6,875
Индукт. асқын кедергі $x''_{d,c.б.}$		0,192
Қоздыру жүйесі		ВЧ
Салқындату жүйесі	статор	КВР
	ротор	НВР
Масса, т	жалпы	159
	ротор	30,8
ПӘК η , %		98,4

2.1 Қалыпты режимде қуат балансын есептеу

1-ші нұсқа үшін:

1) G1, G2 және G3 қуаттарын өндіру, МВт

Қыс:

$$P_{G1+G2+G3}^{0-8} = \frac{(100+100+100) \cdot 90\%}{100} = 270 \text{ MBm};$$

$$P_{G1+G2+G3}^{8-18} = \frac{(100+100+100) \cdot 100\%}{100} = 300 \text{ MBm};$$

$$P_{G1+G2+G3}^{18-24} = \frac{(100+100+100) \cdot 90\%}{100} = 270 \text{ MBm}.$$

Жаз:

$$P_{G1+G2+G3}^{0-8} = \frac{(100+100+100) \cdot 70\%}{100} = 210 \text{ MBm};$$

$$P_{G1+G2+G3}^{8-18} = \frac{(100+100+100) \cdot 80\%}{100} = 240 \text{ MBm};$$

$$P_{G1+G2+G3}^{18-24} = \frac{(100+100+100) \cdot 70\%}{100} = 210 \text{ MBm}.$$

Электр станцияларындағы электр энергияны өндірудің айнымалы графигі кезінде өзіндік мұқтаждықтың қуат шығынын анықтауға болады.

$$P_{16-22} = \left(0,4 + 0,6 \cdot \frac{P_i(t)}{P_{\text{белг}}} \right) \cdot P_{\text{о.м.мах}}, \quad (2.1)$$

мұндағы $P_i(t)$ – t уақытта станцияның шинаға беретін қуаты, МВт;

$P_{\text{белг}}$ – станцияның белгіленген қуаты, МВт;

$P_{\text{о.м.мах}}$ – өзіндік мұқтаждықтың максималды қуаты.

2) G1, G2 және G3 ө.м. жүктемесі, МВт

Қыс:

$$P_{G1+G2+G3}^{0-8} = \left(0,4 + 0,6 \frac{270}{300} \right) \cdot \frac{11\%}{100\%} \cdot 300 = 31,02 \text{ MBm};$$

$$P_{G1+G2+G3}^{8-18} = \left(0,4 + 0,6 \frac{300}{300} \right) \cdot \frac{11\%}{100\%} \cdot 300 = 33 \text{ MBm};$$

$$P_{G1+G2+G3}^{18-24} = \left(0,4 + 0,6 \frac{270}{300} \right) \cdot \frac{11\%}{100\%} \cdot 300 = 31,02 \text{ MBm}.$$

Жаз:

$$P_{G1+G2+G3}^{0-8} = \left(0,4 + 0,6 \frac{210}{300} \right) \cdot \frac{11\%}{100\%} \cdot 300 = 27,06 \text{ MBm};$$

$$P_{G1+G2+G3}^{8-18} = \left(0,4 + 0,6 \frac{240}{300}\right) \cdot \frac{11\%}{100\%} \cdot 300 = 29,04 \text{ MBm};$$

$$P_{G1+G2+G3}^{18-24} = \left(0,4 + 0,6 \frac{210}{300}\right) \cdot \frac{11\%}{100\%} \cdot 300 = 27,06 \text{ MBm}.$$

3) G4 және G5 қуаттарын өндіру (әр қайсысы), МВт

Қыс	Жаз
$P_{G4+G5}^{0-8} = \frac{120 \cdot 90\%}{100\%} = 108 \text{ MBm};$	$P_{G4+G5}^{0-8} = \frac{120 \cdot 70\%}{100\%} = 84 \text{ MBm};$

$P_{G4+G5}^{8-18} = \frac{120 \cdot 100\%}{100\%} = 120 \text{ MBm};$	$P_{G4+G5}^{8-18} = \frac{120 \cdot 80\%}{100\%} = 96 \text{ MBm};$
---	---

$P_{G4+G5}^{18-24} = \frac{120 \cdot 90\%}{100\%} = 108 \text{ MBm};$	$P_{G4+G5}^{18-24} = \frac{120 \cdot 70\%}{100\%} = 84 \text{ MBm}.$
---	--

4) G4 және G5 генераторларының ө.м.-ның жүктемесі (әр қайсысы), МВт

Қыс:

$$P_{G4+G5}^{0-8} = \left(0,4 + 0,6 \frac{108}{120}\right) \cdot \frac{11\%}{100\%} \cdot 120 = 12,408 \text{ MBm};$$

$$P_{G4+G5}^{8-18} = \left(0,4 + 0,6 \frac{120}{120}\right) \cdot \frac{11\%}{100\%} \cdot 120 = 13,2 \text{ MBm};$$

$$P_{G4+G5}^{18-24} = \left(0,4 + 0,6 \frac{108}{120}\right) \cdot \frac{11\%}{100\%} \cdot 120 = 12,408 \text{ MBm}.$$

Жаз:

$$P_{G4+G5}^{0-8} = \left(0,4 + 0,6 \frac{84}{120}\right) \cdot \frac{11\%}{100\%} \cdot 120 = 10,824 \text{ MBm};$$

$$P_{G4+G5}^{8-18} = \left(0,4 + 0,6 \frac{96}{120}\right) \cdot \frac{11\%}{100\%} \cdot 120 = 11,616 \text{ MBm};$$

$$P_{G4+G5}^{18-24} = \left(0,4 + 0,6 \frac{84}{120}\right) \cdot \frac{11\%}{100\%} \cdot 120 = 10,824 \text{ MBm}.$$

5) 10 кВ-тағы жүктеме, МВт

Қыс

$$P^{0-8} = 130 \text{ MBm};$$

$$P^{8-18} = 130 \text{ MBm};$$

Жаз

$$P^{0-12} = 104 \text{ MBm};$$

$$P^{12-20} = 104 \text{ MBm};$$

$$P^{18-24} = 130 \text{ MBm};$$

$$P^{20-24} = 104 \text{ MBm}.$$

6) Т-1 және Т-2 жүктелуі, МВт (қосындысы)

Қыс

Жаз

$$P_{T1:T2}^{0-8} = 270 - 130 - 31,02 = 108,98 \text{ MBm}; \quad P_{T1:T2}^{0-8} = 210 - 104 - 27,06 = 78,94 \text{ MBm};$$

$$P_{T1:T2}^{8-18} = 300 - 130 - 33 = 137 \text{ MBm}; \quad P_{T1:T2}^{8-18} = 240 - 104 - 29,04 = 106,96 \text{ MBm};$$

$$P_{T1:T2}^{18-24} = 270 - 130 - 31,02 = 108,98 \text{ MBm}; \quad P_{T1:T2}^{18-24} = 210 - 104 - 27,06 = 78,94 \text{ MBm}.$$

7) Т-1 және Т-2 трансформаторлардың әрбірінің жүктелуі, МВт

Қыс

Жаз

$$P_{T1,T2} = \frac{108,88}{2} = 54,44 \text{ MBm}; \quad P_{T1,T2} = \frac{78,94}{2} = 39,47 \text{ MBm};$$

$$P_{T1,T2} = \frac{137}{2} = 68,5 \text{ MBm}; \quad P_{T1,T2} = \frac{106,96}{2} = 53,48 \text{ MBm};$$

$$P_{T1,T2} = \frac{108,88}{2} = 54,44 \text{ MBm}; \quad P_{T1,T2} = \frac{78,94}{2} = 39,47 \text{ MBm}.$$

8) 110 кВ-тағы жүктеме, МВт (110МВт)

Қыс

Жаз

$$P_{110 \text{ кВ}}^{0-8} = \frac{110 \cdot 80\%}{100\%} = 88 \text{ MBm}; \quad P_{110 \text{ кВ}}^{0-8} = \frac{110 \cdot 60\%}{100\%} = 66 \text{ MBm};$$

$$P_{110 \text{ кВ}}^{8-18} = \frac{110 \cdot 100\%}{100\%} = 110 \text{ MBm}; \quad P_{110 \text{ кВ}}^{8-18} = \frac{110 \cdot 70\%}{100\%} = 77 \text{ MBm};$$

$$P_{110 \text{ кВ}}^{18-24} = \frac{110 \cdot 80\%}{100\%} = 88 \text{ MBm}; \quad P_{110 \text{ кВ}}^{18-24} = \frac{110 \cdot 60\%}{100\%} = 66 \text{ MBm}.$$

9) АТ3 пен АТ4 орамдарының 10 кВ-қа жүктелуі (әр қайсысы), МВт

Қыс

Жаз

$$P_{AT3:AT4}^{0-8} = 108 - 12,408 = 95,592 \text{ MBm}; \quad P_{AT3:AT4}^{0-8} = 84 - 10,824 = 73,176 \text{ MBm};$$

$$P_{AT3:AT4}^{8-18} = 120 - 13,2 = 106,8 \text{ MBm}; \quad P_{AT3:AT4}^{8-18} = 96 - 11,616 = 84,384 \text{ MBm};$$

$$P_{AT3:AT4}^{18-24} = 108 - 12,408 = 95,592 \text{ MBm}; \quad P_{AT3:AT4}^{18-24} = 84 - 10,824 = 73,176 \text{ MBm}.$$

10) АТ3 пен АТ4 орамдарының 110 кВ-қа жүктелуі (әр қайсысы), МВт

Қыс

Жаз

$$P_{AT3:AT4}^{0-8} = \frac{108,98 - 88}{2} = 10,49 \text{ MBm}; \quad P_{AT3:AT4}^{0-8} = \frac{78,94 - 66}{2} = 6,47 \text{ MBm};$$

$$P_{AT3:AT4}^{8-18} = \frac{137-110}{2} = 13,5 \text{ MBm};$$

$$P_{AT3:AT4}^{8-18} = \frac{106,96-77}{2} = 14,98 \text{ MBm};$$

$$P_{AT3:AT4}^{18-24} = \frac{108,98-88}{2} = 10,49 \text{ MBm};$$

$$P_{AT3:AT4}^{18-24} = \frac{78,94-66}{2} = 6,47 \text{ MBm}.$$

11) АТ3 және АТ4 автотрансформатордың 220 кВ-қа жүктелуі (әр қайсысы), МВт

Қыс

Жаз

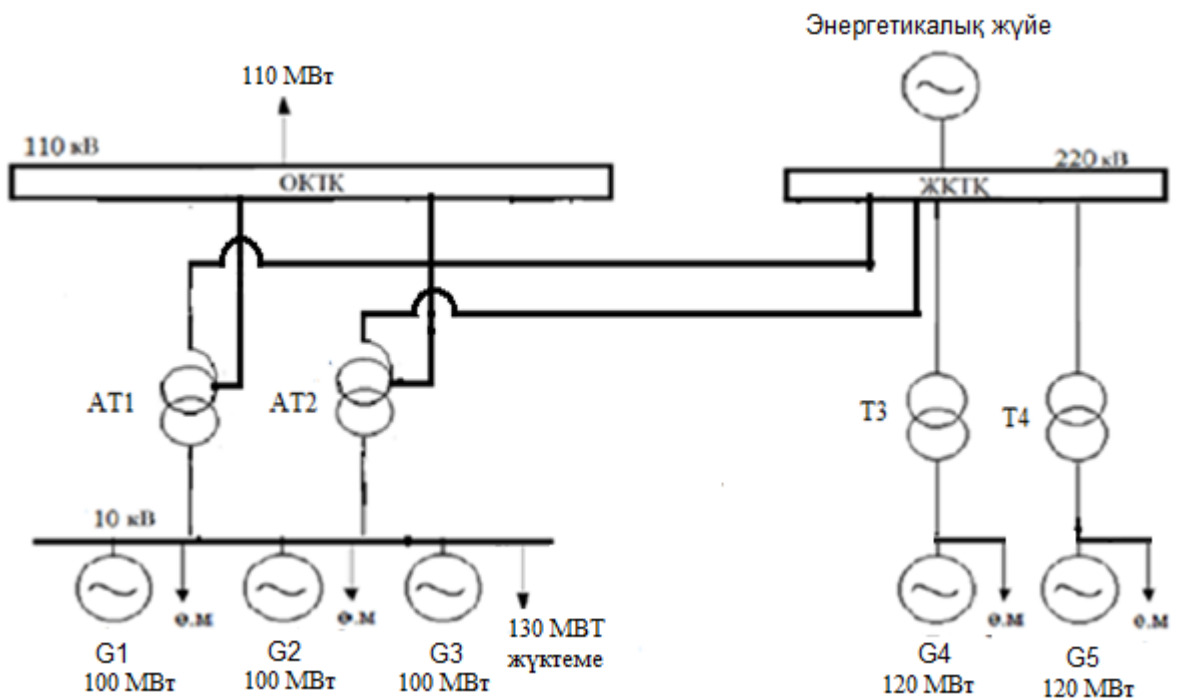
$$P_{AT3:AT4}^{0-8} = 95,592 - 10,49 = 106,082 \text{ MBm}; \quad P_{AT3:AT4}^{0-8} = 73,176 + 6,47 = 79,646 \text{ MBm};$$

$$P_{AT3:AT4}^{8-18} = 106,8 - 13,5 = 120,3 \text{ MBm}; \quad P_{AT3:AT4}^{8-18} = 84,384 - 14,98 = 99,364 \text{ MBm};$$

$$P_{AT3:AT4}^{18-24} = 95,592 - 10,49 = 106,082 \text{ MBm}; \quad P_{AT3:AT4}^{18-24} = 73,176 - 6,47 = 79,646 \text{ MBm}.$$

2.5 кесте – Қалыпты режимде 1-ші нұсқа үшін қуат балансы

Анықталатын параметрлер	Жылдың кезеңі	Уақыты, сағ.		
		0-8	8-18	18-24
1) G1, G2 және G3 қуаттарын өндіру, МВт	қыс	270	300	270
	жаз	210	240	210
2) G1, G2 және G3 ө.м. жүктемесі, МВт	қыс	31,02	33	31,02
	жаз	27,06	29,04	27,06
3) G4 және G5 қуаттарын өндіру (әр қайсысы), МВт	қыс	108	120	108
	жаз	84	96	84
4) G4 және G5 генераторларының (әр қайсысы) ө.м.-ның жүктемесі, МВт	қыс	12,408	13,2	12,408
	жаз	10,824	11,616	10,824
5) 10 кВ-тағы жүктеме, МВт	қыс	130	130	130
	жаз	104	104	104
6) Т-1 және Т-2 жүктелуі, МВт (қосындысы)	қыс	108,98	137	108,98
	жаз	78,94	106,96	78,94
7) Т-1 және Т-2 трансформаторлардың әрбірінің жүктелуі, МВ	қыс	54,44	68,5	54,44
	жаз	39,47	53,48	39,47
8) 110 кВ-тағы жүктеме, МВт	қыс	99	110	99
	жаз	77	88	77
9) АТ3 және АТ4 орамдарының 10 кВ-қа жүктелуі (әр қайсысы), МВт	қыс	95,592	106,8	95,592
	жаз	73,176	84,384	73,176
10) АТ3 және АТ4 орамдарының 110 кВ-қа жүктелуі, МВт	қыс	10,49	13,5	10,49
	жаз	6,47	14,98	6,47
11) АТ3 және АТ4 автотрансформаторлардың 220 кВ-қа жүктелуі (әр қайсысы), МВт	қыс	106,082	120,3	106,082
	жаз	76,646	99,364	79,646



2.2 сурет – 2-ші нұсқа үшін станцияның құрылымдық сұлбасы

2-ші нұсқа үшін:

1) G1, G2 және G3 қуаттарын өндіру, МВт

Қыс:

$$P_{G1+G2+G3}^{0-8} = \frac{(100+100+100) \cdot 90\%}{100} = 270 \text{ МВт};$$

$$P_{G1+G2+G3}^{8-18} = \frac{(100+100+100) \cdot 100\%}{100} = 300 \text{ МВт};$$

$$P_{G1+G2+G3}^{18-24} = \frac{(100+100+100) \cdot 90\%}{100} = 270 \text{ МВт}.$$

Жаз:

$$P_{G1+G2+G3}^{0-8} = \frac{(100+100+100) \cdot 70\%}{100} = 210 \text{ МВт};$$

$$P_{G1+G2+G3}^{8-18} = \frac{(100+100+100) \cdot 80\%}{100} = 240 \text{ МВт};$$

$$P_{G1+G2+G3}^{18-24} = \frac{(100+100+100) \cdot 70\%}{100} = 210 \text{ МВт}.$$

2) G1, G2 және G3 ө.м. жүктемесі, МВт

Қыс:

$$P_{G1+G2+G3}^{0-8} = \left(0,4 + 0,6 \frac{270}{300}\right) \cdot \frac{11\%}{100\%} \cdot 300 = 31,02 \text{ MBm};$$

$$P_{G1+G2+G3}^{8-18} = \left(0,4 + 0,6 \frac{300}{300}\right) \cdot \frac{11\%}{100\%} \cdot 300 = 33 \text{ MBm};$$

$$P_{G1+G2+G3}^{18-24} = \left(0,4 + 0,6 \frac{270}{300}\right) \cdot \frac{11\%}{100\%} \cdot 300 = 31,02 \text{ MBm}.$$

Жаз:

$$P_{G1+G2+G3}^{0-8} = \left(0,4 + 0,6 \frac{210}{300}\right) \cdot \frac{11\%}{100\%} \cdot 300 = 27,06 \text{ MBm};$$

$$P_{G1+G2+G3}^{8-18} = \left(0,4 + 0,6 \frac{240}{300}\right) \cdot \frac{11\%}{100\%} \cdot 300 = 29,04 \text{ MBm};$$

$$P_{G1+G2+G3}^{18-24} = \left(0,4 + 0,6 \frac{210}{300}\right) \cdot \frac{11\%}{100\%} \cdot 300 = 27,06 \text{ MBm}.$$

3) G4 және G5 қуаттарын өндіру (әр қайсысы), МВт

Қыс

$$P_{G4+G5}^{0-8} = \frac{120 \cdot 90\%}{100\%} = 108 \text{ MBm};$$

Жаз

$$P_{G4+G5}^{0-8} = \frac{120 \cdot 70\%}{100\%} = 84 \text{ MBm};$$

$$P_{G4+G5}^{8-18} = \frac{120 \cdot 100\%}{100\%} = 120 \text{ MBm};$$

$$P_{G4+G5}^{8-18} = \frac{120 \cdot 80\%}{100\%} = 96 \text{ MBm};$$

$$P_{G4+G5}^{18-24} = \frac{120 \cdot 90\%}{100\%} = 108 \text{ MBm};$$

$$P_{G4+G5}^{18-24} = \frac{120 \cdot 70\%}{100\%} = 84 \text{ MBm}.$$

4) G4 және G5 генератор-ның ө.м.-ның жүктемесі (әр қайсысы), МВт

Қыс:

$$P_{G4+G5}^{0-8} = \left(0,4 + 0,6 \frac{108}{120}\right) \cdot \frac{11\%}{100\%} \cdot 120 = 12,408 \text{ MBm};$$

$$P_{G4+G5}^{8-18} = \left(0,4 + 0,6 \frac{120}{120}\right) \cdot \frac{11\%}{100\%} \cdot 120 = 13,2 \text{ MBm};$$

$$P_{G4+G5}^{18-24} = \left(0,4 + 0,6 \frac{108}{120}\right) \cdot \frac{11\%}{100\%} \cdot 120 = 12,408 \text{ MBm}.$$

Жаз:

$$P_{G4+G5}^{0-8} = \left(0,4 + 0,6 \frac{84}{120}\right) \cdot \frac{11\%}{100\%} \cdot 120 = 10,824 \text{ MBm};$$

$$P_{G4+G5}^{8-18} = \left(0,4 + 0,6 \frac{96}{120}\right) \cdot \frac{11\%}{100\%} \cdot 120 = 11,616 \text{ MBm};$$

$$P_{G4+G5}^{18-24} = \left(0,4 + 0,6 \frac{84}{120}\right) \cdot \frac{11\%}{100\%} \cdot 120 = 10,824 \text{ MBm}.$$

5) 10 кВ-тағы жүктеме, МВт

$$\begin{array}{l} \text{Қыс} \\ P^{0-8} = 130 \text{ MBm}; \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{Жаз} \\ P^{0-12} = 104 \text{ MBm}; \end{array}$$

$$P^{8-18} = 130 \text{ MBm};$$

$$P^{12-20} = 104 \text{ MBm};$$

$$P^{18-24} = 130 \text{ MBm};$$

$$P^{20-24} = 104 \text{ MBm}.$$

6) АТ1 және АТ2 жүктелуі, МВт (қосындысы)

$$\begin{array}{l} \text{Қыс} \\ P_{AT1:AT2}^{0-8} = 270 - 130 - 31,02 = 108,98 \text{ MBm}; \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{Жаз} \\ P_{AT1:AT2}^{0-8} = 210 - 104 - 27,06 = 78,94 \text{ MBm}; \end{array}$$

$$P_{AT1:AT2}^{8-18} = 300 - 130 - 33 = 137 \text{ MBm}; \quad P_{AT1:AT2}^{8-18} = 240 - 104 - 29,04 = 106,96 \text{ MBm};$$

$$P_{AT1:AT2}^{18-24} = 270 - 130 - 31,02 = 108,98 \text{ MBm}; \quad P_{AT1:AT2}^{18-24} = 210 - 104 - 27,06 = 78,94 \text{ MBm}.$$

7) АТ1 және АТ2 әрбірінің жүктелуі, МВт

$$\begin{array}{l} \text{Қыс} \\ P_{AT1,AT2} = \frac{108,88}{2} = 54,44 \text{ MBm}; \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{Жаз} \\ P_{AT1,AT2} = \frac{78,94}{2} = 39,47 \text{ MBm}; \end{array}$$

$$P_{AT1,AT2} = \frac{137}{2} = 68,5 \text{ MBm}; \quad P_{AT1,AT2} = \frac{106,96}{2} = 53,48 \text{ MBm};$$

$$P_{AT1,AT2} = \frac{108,88}{2} = 54,44 \text{ MBm}; \quad P_{AT1,AT2} = \frac{78,94}{2} = 39,47 \text{ MBm}.$$

8) 35 кВ-тағы жүктеме, МВт (110 МВт)

$$\begin{array}{l} \text{Қыс} \\ P_{35 \text{ кВ}}^{0-8} = \frac{110 \cdot 90\%}{100\%} = 99 \text{ MBm}; \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{Жаз} \\ P_{35 \text{ кВ}}^{0-8} = \frac{110 \cdot 70\%}{100\%} = 77 \text{ MBm}; \end{array}$$

$$P_{35 \text{ кВ}}^{8-18} = \frac{110 \cdot 100\%}{100\%} = 110 \text{ MBm}; \quad P_{35 \text{ кВ}}^{8-18} = \frac{110 \cdot 80\%}{100\%} = 88 \text{ MBm};$$

$$P_{35 \text{ кВ}}^{18-24} = \frac{110 \cdot 90\%}{100\%} = 99 \text{ MBm}; \quad P_{35 \text{ кВ}}^{18-24} = \frac{110 \cdot 70\%}{100\%} = 77 \text{ MBm}.$$

9) Әрбір АТ-1 және АТ-2 трансформаторларының 220 кВ қуат ағыны

$$\begin{array}{l}
 \text{Қыс} \qquad \qquad \qquad \text{Жаз} \\
 P^{0-8} = \frac{108,98-99}{2} = 4,99 \text{ МВт}; \quad P^{0-8} = \frac{168-21,648}{2} = 73,176 \text{ МВт}; \\
 P^{8-18} = \frac{137-110}{2} = 13,5 \text{ МВт}; \quad P^{8-18} = \frac{192-23,232}{2} = 84,384 \text{ МВт}; \\
 P^{18-24} = \frac{108,98-99}{2} = 4,99 \text{ МВт}; \quad P^{18-24} = \frac{168-21,648}{2} = 73,176 \text{ МВт}.
 \end{array}$$

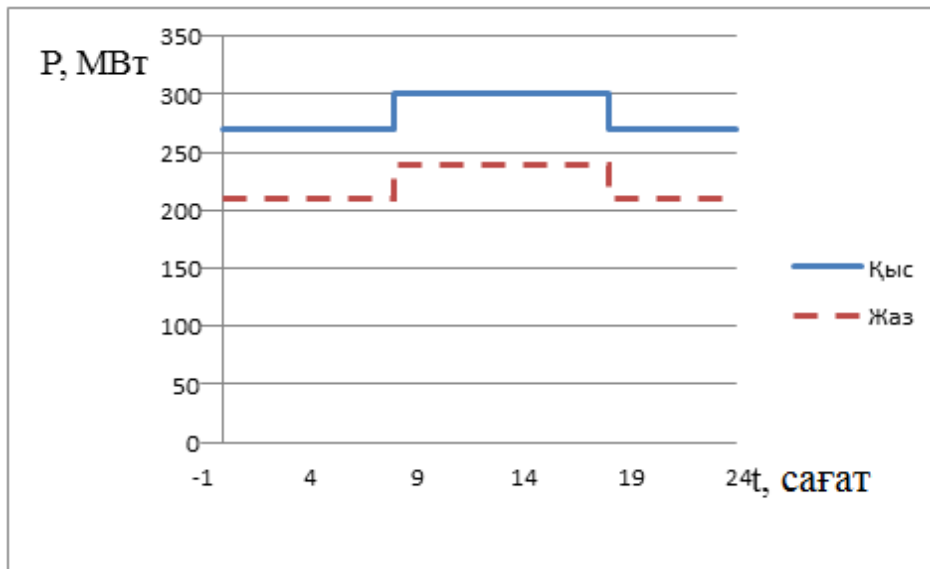
10) Т-3 және Т-4 трансформаторлардың әрбірінің жүктелуі

$$\begin{array}{l}
 \text{Қыс} \qquad \qquad \qquad \text{Жаз} \\
 P^{0-8} = \frac{216-24,816}{2} = 95,592 \text{ МВт}; \quad P^{0-8} = \frac{106,96-88}{2} = 9,48 \text{ МВт}; \\
 P^{8-18} = \frac{240-26,4}{2} = 106,8 \text{ МВт}; \quad P^{8-18} = \frac{78,94-77}{2} = 0,97 \text{ МВт}; \\
 P^{18-24} = \frac{216-24,816}{2} = 95,592 \text{ МВт}; \quad P^{18-24} = \frac{106,96-88}{2} = 9,48 \text{ МВт};
 \end{array}$$

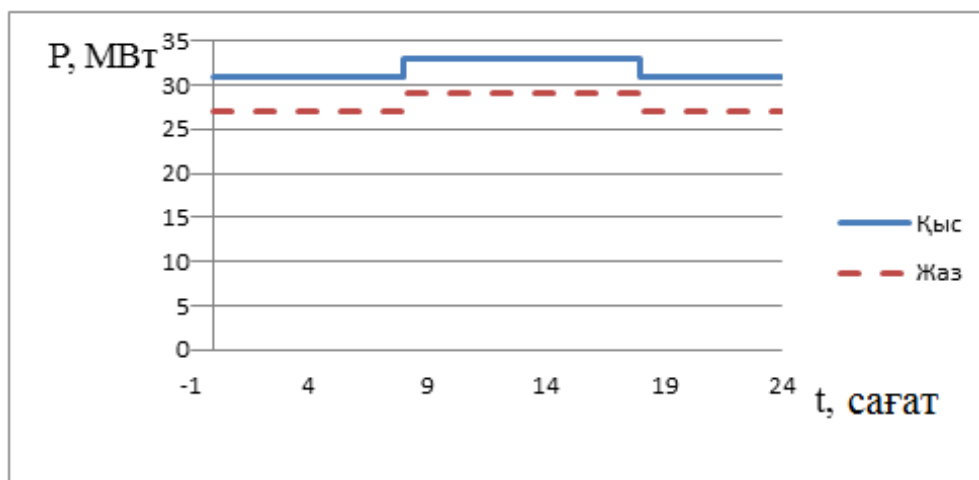
2.4 кесте – Қалыпты режимде 2-ші нұсқа үшін қуат балансы

Анықталатын параметрлер	Жылдың кезеңі	Уақыты, сағ		
		0-8	8-18	18-24
1) G1, G2 және G3 қуаттарын өндіру, МВт	қыс	270	300	270
	жаз	210	240	210
2) G1, G2 және G3 ө.м. жүктемесі, МВт	қыс	31,02	33	31,02
	жаз	27,06	29,04	27,06
3) G4 және G5 қуаттарын өндіру, МВт	қыс	216	240	216
	жаз	168	192	168
4) G4 және G5 генераторларының ө.м.-ның жүктемесі, МВт	қыс	12,408	13,2	12,408
	жаз	10,824	11,616	10,824
5) 10 кВ-тағы жүктеме, МВт	қыс	130	130	130
	жаз	104	104	104
6) АТ1 және АТ2 жүктелуі, МВт (қосындысы)	қыс	108,98	137	108,98
	жаз	78,94	106,96	78,94
7) АТ-1 және АТ-2 әрбірінің жүктелуі, МВ	қыс	54,44	68,5	54,44
	жаз	39,47	53,48	39,47
8) 110 кВ-тағы жүктеме, МВт	қыс	99	110	99
	жаз	77	88	77
9) Әрбір АТ-1 және АТ-2 трансформаторның 220 кВ қуат ағыны	қыс	4,99	13,5	4,99
	жаз	0,97	9,48	0,97

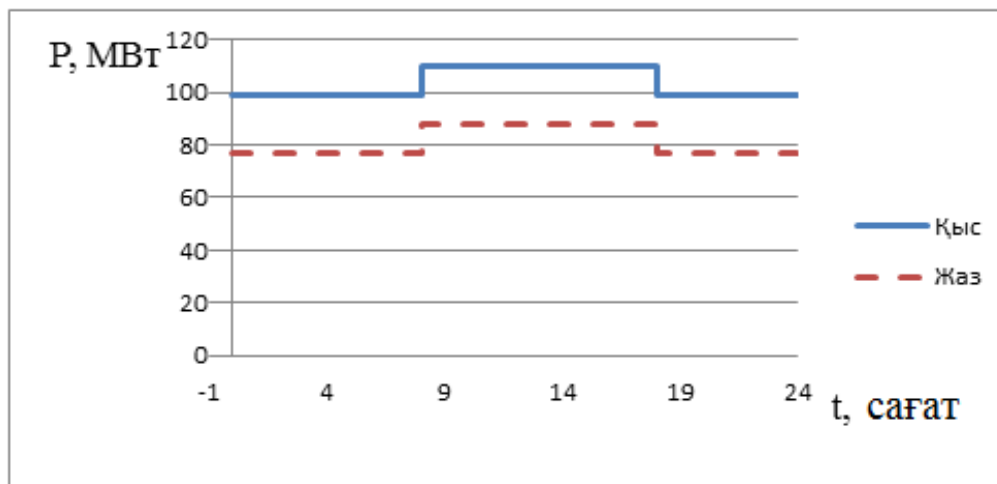
10) Т-3 және Т-4 трансформаторлардың әрбірінің жүктелуі	қыс жаз	95,592 73,176	106,8 84,384	95,592 73,176
--	------------	------------------	-----------------	------------------



2.3 сурет – ЖЭО генераторларының қуат өндіру графигі



2.4 сурет – Ө.М. жүктемесінің графигі



2.5 сурет – 110 кВ ТҚ-ғы жүктеме графигі

2.2 Трансформаторларды және автотрансформаторларды таңдау

1-ші нұсқа үшін:

1) Қалыпты режим бойынша Т-1 және Т-2 трансформаторларының шарты:

$$S_{\text{ном.Т1,Т2}} = \frac{P_{\text{Т1,Т2}}}{0,85} = \frac{68,5}{0,85} = 80,58 \text{ МВА}; \quad (2.2)$$

2) G1, G2 және G3 генераторларының 10 кВ-тық ТҚ-ның жинақтағыш шинасына қуаттың ең көп мөлшерде беруі бойынша кезеңі (мезгілі):

$$P_{\text{Т1,Т2}}^{0-12} = 270 - 130 - 31,02 = 108,98 \text{ МВм}; \quad S_{\text{Т1,Т2}} = \frac{108,98}{0,85} = 128,21 \text{ МВА};$$

$$P_{\text{Т1,Т2}}^{12-20} = 300 - 130 - 33 = 137 \text{ МВм}; \quad S_{\text{Т1,Т2}} = \frac{137}{0,85} = 161,176 \text{ МВА};$$

$$P_{\text{Т1,Т2}}^{20-24} = 270 - 130 - 31,02 = 108,98 \text{ МВм}; \quad S_{\text{Т1,Т2}} = \frac{108,98}{0,85} = 128,21 \text{ МВА}.$$

3) Апаттық режимді есептегенде, 40%-ды асқын жүктеме мүмкіншілігі ескеріледі:

$$S_{\text{Т1,Т2}} = \frac{P_{\text{Т1,Т2}}}{1,4 \cdot 0,85} = \frac{137}{1,4 \cdot 0,85} = 115,126 \text{ МВА}. \quad (2.3)$$

Есептеудің нәтижесінде Т-1, Т-2 трансформаторлары үшін, ТДЦ-125000/110-У1 типті 2 дана трансформаторларды орнату таңдалды (2.5 кесте).

2.5 кесте – ТДЦ-125000/110-У1 типті трансформатордың параметрлері

Түрі	S _{ном} , МВА	ШЫҒЫН, кВт		U _к , %	Бағасы мың теңге
		P _х	P _к	ЖК-ТК	
ТДЦ-125000/110-У1	125	120	400	10,5	230·5=1150тг

АТ3 және АТ4 автотрансформаторларының қуаты қалыпты режим шарты.

$$\text{Қалыпты режим: } S_{\text{ном.АТ3,АТ4}} = \frac{P_{\text{АТ3,АТ4}}}{0,8} = \frac{120}{0,8} = 150 \text{ МВА}.$$

Орнатуға АДЦТН-200000/220/110 типті автотрансформаторын тандаймыз (200 > 150)

Алынған мәліметтер бойынша автотрансформаторларды таңдауға болады. S_{ном} > S_{ав.тр} шарты бойынша АДЦТН-200000/220/110 типті 2

автотрансформаторлар таңдалады. Автотрансформатордың параметрлерін 2.6 кестеге еңгіземіз.

2.6-кесте – АТДЦТН-200000/220/110 типті автотрансформатордың параметрлері

$S_{\text{НОМ}}$, МВА	200
Орам кернеуі ЖК, кВ	230
Орам кернеуі ОК, кВ	121
Тр-рдың шығыны P_x , кВт	105
Тр-рдың шығыны P_k , кВт	430
U_k , %	11
I_x , кА	0,45
$S_{\text{НН}}$, МВА	100
Бағасы, мың теңге	$324 \cdot 5 = 1620$

2-ші нұсқа үшін:

АТ1 және АТ2 автотрансформаторларының қуаты қалыпты режим шарты.

$$\text{Қалыпты режим: } S_{\text{НОМ.АТ1,АТ2}} = \frac{P_{\text{АТ1,АТ2}}}{0,85} = \frac{68,5}{0,85} = 80,58 \text{ МВА};$$

$$\text{Апаттық режим: } S_{\text{Т1,Т2}} = \frac{P_{\text{АТ1,АТ2}}}{1,4 \cdot 0,85} = \frac{137}{1,4 \cdot 0,85} = 115,126 \text{ МВА}.$$

Жүйе мен жүктеме арасында токтардың балансын теңдестіру үшін, аралығына автотрансформатор қою керек. Автотрансформатор $S_{\text{НОМ}} > S_{\text{ав.тр}}$ шартымен таңдаймыз. $125 > 115,126$ МВА.

Алынған мәліметтер бойынша автотрансформаторларды таңдауға болады. $S_{\text{НОМ}} > S_{\text{ав.тр}}$ шарты бойынша АТДЦТН– 125000/220/110 типті 2 автотрансформатор таңдалды (2.7 кесте).

2.7 кесте – АТДЦТН–125000/220/110 типті автотрансформатордың параметрлері

$S_{\text{НОМ}}$, МВА	125
Орам кернеуі ЖК, кВ	230
Орам кернеуі ОК, кВ	121
Тр-рдың шығыны P_x , кВт	65
Тр-рдың шығыны P_k , кВт	315
U_k , %	11
I_x ,	0,4
$S_{\text{НН}}$, МВА	63
Бағасы, мың теңге	$270 \cdot 5 = 1350$

Т3 және Т4 трансформаторының қуаты қалыпты режим шарты

$$\text{Қалыпты режим: } S_{T3,T4} \geq \frac{P_{T3,T4}}{\cos \varphi_{\text{ном.г.}}} = \frac{120}{0,8} = 150 \text{ МВА.}$$

Орнатуға ТДЦ-200000/242/15,75 типті 2 дана күштік трансформаторларын тандаймыз.

2.8 кесте – ТДЦ-200000/242/15,75 күштік трансформаторының параметрлері

Түрі	S _{ном} , МВА	Шығын, кВт		U _к , %	Бағасы, мың теңге
		P _х	P _к		
ТДЦ-200000/220/10	200	130	660	11	290·5=1450

2.3 Жылдық шығын есептеу

Қыс 180 тәулік (Қ.ұ), жаз 185 тәулік (Ж.ұ). Энергия шығының меншікті құны шартты түрде 0,0115 ш.б./кВт·сағ. деп қабылдаймыз.

1-ші нұсқа үшін: ТДЦ-125000/110 күштік трансформаторы таңдалып, жылдық шығыны есептелді.

2.9 кесте – ТДЦ-125000/110-У1 типті трансформатордың параметрлері

Түрі	S _{ном} МВА	Шығын,кВт		U _к , %	Бағасы, мың теңге
		P _х	P _к		
ТДЦ-125000/110	125	120	400	ЖК-ТК 10,5	230·5=1150

Болаттағы энергияның жылдық шығыны:

$$W_6 = P_{б.жс.} \cdot 8760 = 120 \cdot 8760 = 1051,2 \cdot 10^3 \text{ кВт} \cdot \text{сағ.} \quad (2.4)$$

Мыс орамындағы энергияның жылдық шығыны:

$$\begin{aligned} \Delta W_M &= \frac{P_{к.т}}{S_{ном}^2 \cdot \cos^2 \varphi} \cdot (P_{TP(0-8)^3 \cdot t(0-8)+(18-24)}^2 \cdot K_y + P_{TP(8-18)k \cdot t(8-18)k}^2 \cdot K_y + P_{TP(0-8)жс(0-8)+(18-24)жс}^2 \cdot Ж_y + \\ &+ P_{TP(8-18)жс(8-18)жс}^2 \cdot Ж_y) = \frac{400}{125^2 \cdot 0,85^2} \cdot (54,44^2 \cdot 14 \cdot 180 + 68,5^2 \cdot 10 \cdot 180 + 39,47^2 \cdot 14 \cdot 185 + 53,48^2 \cdot \\ &\times 10 \cdot 185) = 883,425 \cdot 10^3 \text{ кВт} \cdot \text{сағ.} \end{aligned}$$

Ары қарай 1-ші нұсқа үшін таңдалған АТДЦТН-200000/220/110 автотрансформатордың жылдық шығынын есептейміз.

2.10 кесте – АТДЦТН-200000/220/110 типті автотрансформатордың параметрлері

$S_{НОМ}$, МВА	200
Орам кернеуі ЖК, кВ	230
Орам кернеуі ОК, кВ	121
Тр-рдың шығыны P_x , кВт	105
Тр-рдың шығыны P_k , кВт	430
U_k , %	11
I_x ,	0,45
$S_{НН}$, МВА	100
Бағасы, мың теңге	$324 \cdot 5 = 1620$

$$\Delta W_B = P_{Б.Ж.} \cdot 8760 = 105 \cdot 8760 = 919,8 \cdot 10^3 \text{ кВт} \cdot \text{сағ};$$

$$P_{к.т.ж.к} = P_{к.т.ок} = P_{к.т.тк} = 0,5 \cdot P_{к.т.ж.к-тк} = 0,5 \cdot 430 = 215 \text{ кВт};$$

$$\begin{aligned} \Delta W_{МЖК} &= \frac{P_{к.т}}{S_{НОМ}^2 \cdot \cos^2 \varphi} \cdot (P_{T-3(0-8)^{3+}(0-8)+(18-24)}^2 \cdot K_y + P_{T-3(8-18)k+(8-18)k}^2 \cdot K_y + P_{T-3(0-8)ж(0-8)+(18-24)ж}^2 \cdot Ж_y + \\ &+ P_{ТР(8-18)ж(8-18)ж}^2 \cdot Ж_y) = \frac{215}{200^2 \cdot 0,8^2} \cdot (106,082^2 \cdot 14 \cdot 180 + 120,3^2 \cdot 10 \cdot 180 + 76,646^2 \cdot 14 \cdot 185 + 99,364^2 \cdot 10 \cdot 185) = \\ &= 729,47 \cdot 10^3 \text{ кВт} \cdot \text{сағ}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta W_{МОК} &= \frac{215}{200^2 \cdot 0,8^2} \cdot (10,49^2 \cdot 14 \cdot 180 + 13,5^2 \cdot 10 \cdot 180 + 6,47^2 \cdot 14 \cdot 185 + 14,98^2 \cdot 10 \cdot 185) = \\ &= 9,36 \cdot 10^3 \text{ кВт} \cdot \text{сағ}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta W_{МТК} &= \frac{215}{200^2 \cdot 0,8^2} \cdot (95,592^2 \cdot 14 \cdot 180 + 106,8^2 \cdot 10 \cdot 180 + 73,176^2 \cdot 14 \cdot 185 + 84,384^2 \cdot 10 \cdot 185) = \\ &= 585,98 \cdot 10^3 \text{ кВт} \cdot \text{сағ}; \end{aligned}$$

$$\Delta W_{МАТ3-АТ4} = (729,47 + 9,36 + 585,98) \cdot 10^3 = 1324,81 \cdot 10^3 \text{ кВт} \cdot \text{сағ}.$$

2-ші нұсқа үшін: ТДЦ-200000/242/15,75 трансформаторы таңдалып, жылдық шығыны есептелінеді.

2.11 кесте – ТДЦ-200000/242/15,75 күштік трансформаторының параметрлері

Түрі	$S_{НОМ}$, МВА	Шығын, кВт		U_k , %	Бағасы, мың теңге
		P_x	P_k		
ТДЦ-200000/220/10	200	130	660	11	$290 \cdot 5 = 1450$

Болаттағы энергияның жылдық шығыны:

$$W_{\sigma} = P_{\sigma \dots \text{ж.}} \cdot 8760 = 130 \cdot 8760 = 1138,8 \cdot 10^3 \text{ кВт} \cdot \text{сағ.}$$

Мыс орамындағы энергияның жылдық шығыны:

$$\begin{aligned} \Delta W_M &= \frac{P_{KT}}{S_{НОМ}^2 \cdot \cos^2 \varphi} \cdot (P_{TP(0-12)^{3 \cdot t} (0-12)+(20-24)}^2 \cdot K_y + P_{TP(12-20)k \cdot t(12-20)k}^2 \cdot K_y + P_{TP(0-12)ж(0-12)+(20-24)ж}^2 \cdot \text{Жу} + \\ &+ P_{TP(12-20)ж(12-20)ж}^2 \cdot \text{Жу}) = \frac{660}{200^2 \cdot 0,8^2} \cdot (118,53^2 \cdot 16 \cdot 180 + 140,8^2 \cdot 8 \cdot 180 + 88,83^2 \cdot 16 \cdot 185 + 118,53^2 \times \\ &\times 8 \cdot 185) = 2917,25 \cdot 10^3 \text{ кВт} \cdot \text{сағ.} \end{aligned}$$

2-ші нұсқа үшін АТДЦТН– 125000/220/110 автотрансформаторлары таңдалып, осы автотрансформатордың жылдық шығыны есептелген.

2.12 кесте – АТДЦТН–125000/220/110 типті автотрансформатордың параметрлері

$S_{НОМ}$, МВА	125
Орам кернеуі ЖК, кВ	230
Орам кернеуі ОК, кВ	121
Тр-рдың шығыны P_x , кВт	65
Тр-рдың шығыны P_k , кВт	315
U_k , %	11
I_x ,	0,4
$S_{НН}$, МВА	63
Бағасы, мың теңге	270·5=1350

$$\Delta W_B = P_{B \dots \text{ж.}} \cdot 8760 = 65 \cdot 8760 = 569,4 \cdot 10^3 \text{ кВт} \cdot \text{сағ};$$

$$P_{к.т.ж.к} = P_{к.т.ок} = P_{к.т.тк} = 0,5 \cdot P_{к.т.жк-тк} = 0,5 \cdot 315 = 157,5 \text{ кВт};$$

$$\begin{aligned} \Delta W_{МЖК} &= \frac{P_{KT}}{S_{НОМТ-4,5}^2 \cdot \cos^2 \varphi} \cdot (P_{T-3(0-8)^{3 \cdot t} (0-8)+(18-24)}^2 \cdot K_y + P_{T-3(8-18)k \cdot t(8-18)k}^2 \cdot K_y + P_{T-3(0-8)ж(0-8)+(18-24)ж}^2 \cdot \text{Жу} + \\ &+ P_{TP(8-18)ж(8-18)ж}^2 \cdot \text{Жу}) = \frac{157,5}{125^2 \cdot 0,85^2} \cdot (4,99^2 \cdot 14 \cdot 180 + 13,5^2 \cdot 10 \cdot 180 + 0,97^2 \cdot 14 \cdot 185 + 9,48^2 \cdot 10 \cdot 185) = \\ &= 7,77 \cdot 10^3 \text{ кВт} \cdot \text{сағ}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta W_{МОК} &= \frac{157,5}{125^2 \cdot 0,85^2} \cdot (99^2 \cdot 14 \cdot 180 + 110^2 \cdot 10 \cdot 180 + 77^2 \cdot 14 \cdot 185 + 88^2 \cdot 10 \cdot 185) = \\ &= 1058,63 \cdot 10^3 \text{ кВт} \cdot \text{сағ}; \end{aligned}$$

$$\Delta W_{MTK} = \frac{157,5}{125^2 \cdot 0,85^2} \cdot (54,44^2 \cdot 14 \cdot 180 + 68,5^2 \cdot 10 \cdot 180 + 39,47^2 \cdot 14 \cdot 185 + 53,48^2 \cdot 10 \cdot 185) =$$

$$= 350,846 \cdot 10^3 \text{ кВт} \cdot \text{сағ};$$

$$\Delta W_{MAT1-AT2} = (7,77 + 1058,63 + 350,846) \cdot 10^3 = 1417,246 \cdot 10^3 \text{ кВт} \cdot \text{сағ}.$$

2.13 кесте – Нұсқаларды технико-экономикалық салыстыру (α -заводтық құнын есептеу құнына келтіру үшін керекті орташа көрсеткіш коэффициенті) [Ә-1.381 б. «Қосымша Ж»]

Бөліктердің атауы	Бірліктің есептік құны, ш.б.	1-нұсқа		2-нұсқа	
		бір.саны. дана	қосынды ш.б.	бір.саны. дана	қосынды ш.б.
1. Трансформатор ТДЦ-125000/110	1150· α $\alpha=1,5$	2	2297	-	-
2. ТДЦ-200000/220/10	1450·1,4 $\alpha=1,4$	-	-	2	2030
3. 110 кВ ТҚ-на ұяшық	38·5	3	570	-	-
4. 220 кВ ТҚ-на ұяшық	124·5	1	620	-	-
5. Автотрансформатор АДЦТН-200000/220/110	1620·1,3 $\alpha=1,3$	2	4212	-	-
6. Автотрансформатор АДЦТН–125000/220/110	1350·1,3 $\alpha=1,3$			2	3510
7. 110 кВ ТҚ-на ұяшық	38·5			2	380
8. 220 кВ ТҚ-на ұяшық	124·3			3	1860
Барлығы:			7699		7472

$$\text{Мұндағы } P_a + P_o = (6,4 + 2)\% = 8,4\% = 0,084$$

Энергия шығынының құны

$$U_{шығ} = \beta \cdot \Delta W, \beta = 0.0115 \text{ ш.б./кВт} \cdot \text{сағ}; \quad (2.5)$$

1-ші нұсқа үшін:

$$\Delta W_{\sigma} = 2 \cdot 1051,2 \cdot 10^3 \cdot 10^3 + 2 \cdot 919,8 \cdot 10^3 \cdot 10^3 = 3942 \cdot 10^3 \text{ кВт} \cdot \text{сағ};$$

$$\Delta W_M = 2 \cdot 883,425 \cdot 10^3 + 2 \cdot 1324,81 \cdot 10^3 = 4416,47 \cdot 10^3 \text{ кВт} \cdot \text{сағ};$$

$$\Delta W = \Delta W_{\sigma} + \Delta W_M = 3942 \cdot 10^3 + 4416,47 \cdot 10^3 = 8358,47 \cdot 10^3 \text{ кВт} \cdot \text{сағ}.$$

2-ші нұсқа үшін:

$$\Delta W_{\sigma} = 2 \cdot 1138,8 \cdot 10^3 \cdot 10^3 \cdot 10^3 + 2 \cdot 569,4 \cdot 10^3 \cdot 10^3 = 2522,88 \cdot 10^3 \text{ кВт·сағ};$$

$$\Delta W_M = 2 \cdot 2917,25 \cdot 10^3 \cdot 10^3 + 2 \cdot 1417,246 \cdot 10^3 = 13565,772 \cdot 10^3 \text{ кВт·сағ};$$

$$\Delta W = \Delta W_B + \Delta W_M = 2522,88 \cdot 10^3 + 13565,772 \cdot 10^3 = 16088,652 \cdot 10^3 \text{ кВт·сағ}.$$

2.14 кесте – 1-ші және 2-ші нұсқаның шығындарын салыстыру

Шығындар	1-нұсқа	2-нұсқа
1. Есептік қаржы салымы қ.ш.б	7699	7472
2. Амортизацияға шығару $U_a + U_{кк}$ ш.б.	$0,084 \cdot 7699 = 646,716$	$0,084 \cdot 7472 = 627,648$
3. Энергия шығынының құны, $U_{шығ}$ ш.б.	$0,0115 \cdot 8358,47 \cdot 10^3 = 96,122$	$0,0115 \cdot 16088,652 \cdot 10^3 = 185,019$
4. Минималды шығынды келтіру Z_{min} , ш.б.	$0,12 \cdot 7699 + 646,716 + 96,122 = 1666,718$	$0,12 \cdot 7472 + 627,648 + 185,019 = 1709,307$

1-ші және 2-ші нұсқалардың шығындарының арасындағы айырмашылығы төмендегі өрнекпен анықталады:

$$Z_{min\%} = \frac{1709,307 - 1666,718}{1666,718} \cdot 100\% = 2,5\% < 5\% ;$$

болғандықтан 1-ші нұсқа тиімді болып табылады.

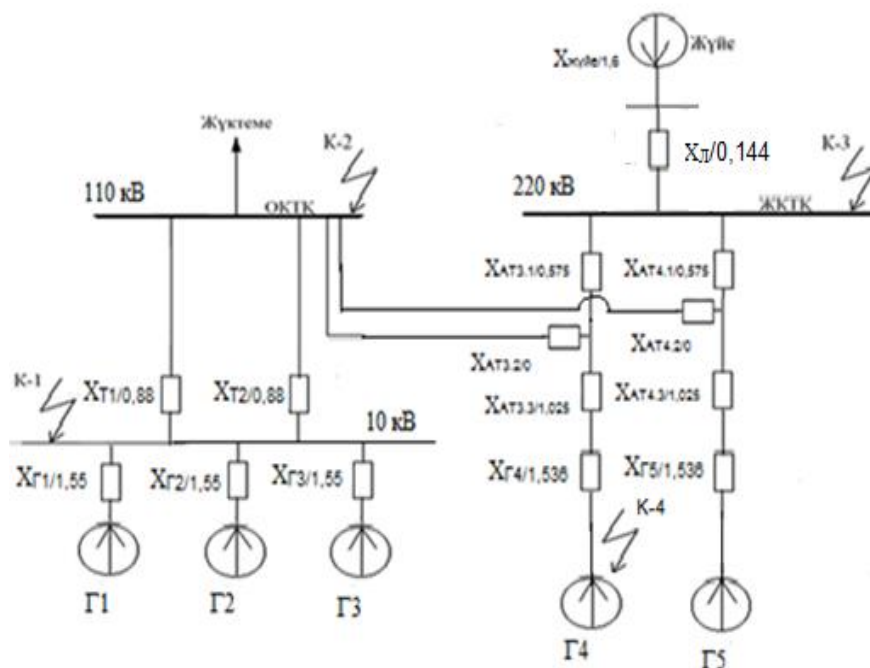
2.4 Қысқа тұйықталу токтарын есептеу

1-ші және 2-ші нұсқаның шығындарын салыстыру нәтижесінде бірінші нұсқа таңдалып алынды:

Шартты берілгені $U_{ном} = 10 \text{ кВ}; 110 \text{ кВ}; 220 \text{ кВ}, S_{\sigma} = 1000 \text{ МВА};$

ТВФ-100-2 турбогенераторы үшін $x''_d = 0,183 \text{ с.б.}$

Қысқа тұйықталу токтарын есептеу ыңғайлы болу үшін алмастыру сұлбасын құру қажет. Электр станцияның құрлымдық сұлбасына байланысты алмастыру сұлбасы келесі түрде болады.



2.6 сурет – Станцияның электрлік бөлігінің алмастыру сұлбасы

Кедергілерді есептеу барысында базалық қуатты $S_6=1000$ МВА шамасын алған жөн.

G1, G2, G3 генераторларының кедергілері:

$$X_{G1} = X_{G2} = X_{G3} = X_d'' \cdot \frac{S_6}{S_{ном}} = 0,183 \cdot \frac{1000}{117,5} = 1,55 \text{ ш.б.}; \quad (2.6)$$

T1, T2 трансформатордың кедергілері:

$$X_{T1} = X_{T2} = \frac{U_k \% \cdot S_6}{100 \cdot S_{ном}} = \frac{11 \cdot 1000}{100 \cdot 125} = 0,88 \text{ ш.б.}; \quad (2.7)$$

AT3, AT4 автотрансформаторларының кедергілері:

$$X_{ГЖ} = 0,5 \cdot (u_{кжс-о\%} + u_{кжс-т\%} - u_{к-т\%}) = 0,5 \cdot (11 + 32 - 20) = 11,5 \%;$$

$$X_{ТО} = 0,5 \cdot (u_{кжс-о\%} + u_{к-т\%} - u_{кжс-т\%}) = 0,5 \cdot (11 + 20 - 32) = -0,5 \%; \quad (2.8)$$

$$X_{ГТ} = 0,5 \cdot (u_{к-т\%} + u_{кжс-т\%} - u_{кжс-о\%}) = 0,5 \cdot (20 + 32 - 11) = 20,5 \%;$$

$$X_{AT3.1} = X_{AT4.1} = \frac{x_T \% \cdot S_6}{100 \cdot S_{ном}} = \frac{11,5 \cdot 1000}{100 \cdot 200} = 0,575 \text{ ш.б.}; \quad (2.9)$$

$$X_{AT3.2} = X_{AT4.2} = \frac{x_T \% \cdot S_{\bar{\sigma}}}{100 \cdot S_{\text{ном}}} = 0 \text{ ш.б.};$$

$$X_{AT3.3} = X_{AT4.3} = \frac{x_T \% \cdot S_{\bar{\sigma}}}{100 \cdot S_{\text{ном}}} = \frac{20,5 \cdot 1000}{100 \cdot 200} = 1,025 \text{ ш.б.}.$$

Желі кедергісі:

$$X_{Л1} = X_{Л2} = X_{\text{сал}} \cdot \frac{l}{2} \cdot \frac{S_{\bar{\sigma}}}{U_{\text{cp}}^2} = 0,4 \cdot \frac{35}{2} \cdot \frac{1000}{220^2} = 0,144 \text{ ш.б.} [\Theta - 1.218 \text{ б.}]; \quad (2.10)$$

G4, G5 генераторларының кедергілері:

$$X_{Г4} = X_{Г5} = X_d'' \cdot \frac{S_{\bar{\sigma}}}{S_{\text{ном}}} = 0,192 \cdot \frac{1000}{125} = 1,536 \text{ ш.б.}.$$

Енді берілген кедергілер бойынша К-1 нүктесіндегі қысқа тұйықталу тогын анықтау қажет. G1, G2, G3 генераторлары бір-біріне параллель орналасқан:

$$X_1 = X_{Г1} // X_{Г2} // X_{Г3} = 1,55 // 1,55 // 1,55 = 0,516 \text{ ш.б.};$$

T1 және T2 бір-біріне параллель орналасқан:

$$X_2 = X_{T1} // X_{T2} = 0,88 // 0,88 = 0,44 \text{ ш.б.};$$

G4, G5 генераторлары өзара параллель орналасқан:

$$X_4 = X_{Г4} // X_{Г5} = 1,536 // 1,536 = 0,767 \text{ ш.б.};$$

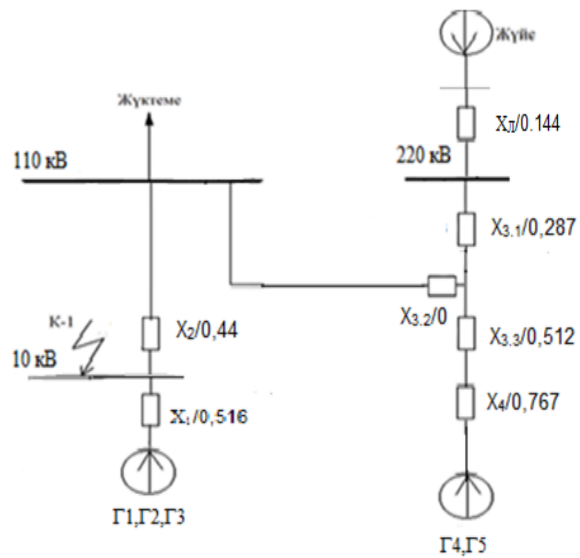
AT3 және AT4 автотрансформаторларының кедергісі:

$$X_{3.1} = X_{AT3.1} // X_{AT4.1} = 0,575 // 0,575 = 0,287 \text{ ш.б.};$$

$$X_{3.2} = X_{AT3.2} // X_{AT4.2} = 0 \text{ ш.б.};$$

$$X_{3.3} = X_{AT3.3} // X_{AT4.3} = 1,025 // 1,025 = 0,512 \text{ ш.б.}.$$

Сол кезде сұлба келесідей болады:



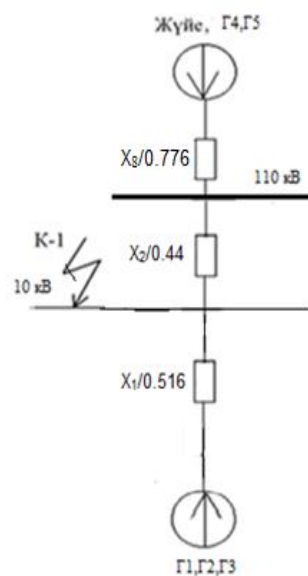
2.7 сурет – Алмастыру сұлбасының қарапайымдатылған түрі

Сұлбаны одан әрі қарапайым күйге келтіреміз:

$$X_6 = X_{3,3} + X_4 = 0,512 + 0,767 = 1,279 \text{ ш.б.};$$

$$X_7 = X_{77} + X_{3,1} = 0,144 + 0,287 = 0,431 \text{ ш.б.};$$

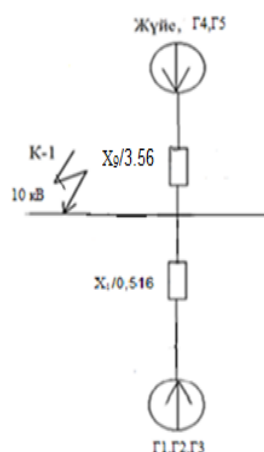
$$X_8 = X_6 // X_7 = 1,279 // 0,431 = 0,776 \text{ ш.б.}$$



2.8 сурет – Алмастыру сұлбасының қарапайымдатылған түрі

Осыдан X_9 анықтаймыз:

$$X_9 = X_8 // X_2 = 0,776 // 0,44 = 3,56 \text{ ш.б.}$$



2.9 сурет – Алмастыру сұлбасының қарапайымдатылған түрі

Сол себепті 10кВ нүктесінде қысқа тұйықталу $U_{орт-К1} = 10,5$ кВ болады.

Энергия көздерінің мәні E_0'' [Ә-1.201 б.]:

Г1, Г2, Г3 генераторлары үшін: $E_0'' = 1,08$;

Г4, Г5 генераторлары үшін: $E_0'' = 1,13$.

Базалық токтың мәні:

$$I_{\sigma} = \frac{S_{\sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_{срК1}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 54,9 \text{ кА}; \quad (2.11)$$

Г1, Г2, Г3 тогы:

$$I_{n0} = \frac{E_0''}{X_p} \cdot I_{\sigma} = \frac{1,08}{0,516} \cdot 54,9 = 84,9 \text{ кА}; \quad (2.12)$$

мұндағы X_p – тармақтағы кедергінің нәтижелік көрсеткіші;

I_{σ} – базалық ток.

Энергожүйе және Г4, Г5 тогы:

$$I_{n0} = \frac{E_0''}{X_p} \cdot I_{\sigma} = \frac{1,13}{3,56} \cdot 54,9 = 13,95 \text{ кА};$$

Осы 2 токтың қосындысы:

$$I_{n0К} = 84,9 + 13,95 = 98,85 \text{ кА}.$$

К-1 нүктесі үшін соққы тогы:

$$i_{y\partial} = \sqrt{2} \cdot k_{y\partial} \cdot I_{n0}; \quad (2.13)$$

G1,G2,G3 үшін $k_{y\partial} = 1,976$ [Ә-4.149 б.3.7 кесте]:

$$i_{y\partial1} = \sqrt{2} \cdot k_{y\partial} \cdot I_{n0} = \sqrt{2} \cdot 1,976 \cdot 84,9 = 127,25 \text{ кА};$$

Энергожүйенің және G4,G5 $k_y=1,975$ [Ә-4.150 б.3.8 кесте]:

$$i_{y\partial2} = \sqrt{2} \cdot k_{y\partial} \cdot I_{n0} = \sqrt{2} \cdot 1,975 \cdot 13,95 = 28,96 \text{ кА};$$

Соққы тоғының жалпы мәні:

$$i_y = i_{y\partial1} + i_{y\partial2} = 117,25 + 38,96 = 156,21 \text{ кА};$$

Номиналды ток:

$$I_{ном} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \varphi_{ном}} = \frac{100 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 10^3 \cdot 0,85} = 3,46 \text{ кА};$$

Апаттан кейін:

$$I_{max} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot 0,85 \cdot \cos \varphi_{ном}} = \frac{100 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 0,95 \cdot 10^3 \cdot 0,85} = 3,81 \text{ кА}.$$

Осы мәндер ескеріп, ажыратқыш таңдаймыз ВГГ-10 ($U_{ном}=10$ кВ, $I_{ном}=4000$ А) [Ә-10]:

$$\tau = t_{PK} + t_{OTK} = 0,08 + 0,05 = 0,13 \text{ с}.$$

G1,G2,G3 генераторларының апериодикалық құраушылары ТВФ-100-2 үшін $T_a=0,417$ [Ә-1.222 б.6.7 кесте]:

$$i_{n,G1,G2,G3} = \sqrt{2} \cdot I_{n0,G1,G2,G3} \cdot e^{-\frac{t}{T_a}} = \sqrt{2} \cdot 114,9 \cdot e^{-\frac{0,15}{0,417}} = 113,419 \text{ кА};$$

G4,G5 генераторларының периодикалық құраушылары ТВФ-120-2 үшін $T_a=0,4$ [Ә-1.223 б.6.7 кесте]:

$$i_{n,G4,G5} = \sqrt{2} \cdot I_{n0,G4,G5} \cdot e^{-\frac{t}{T_a}} = \sqrt{2} \cdot 16,95 \cdot e^{-\frac{0,15}{0,4}} = 10,5 \text{ кА};$$

Қысқа тұйықталу тоғының толық квадраттық импульсі [Ә-1.211 б.]:

$$B_K = I_{n,0,k3}^2 \cdot (t_{айыр} + T_a) = 84,9^2 \cdot (0,13 + 0,115) = 1765,9 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

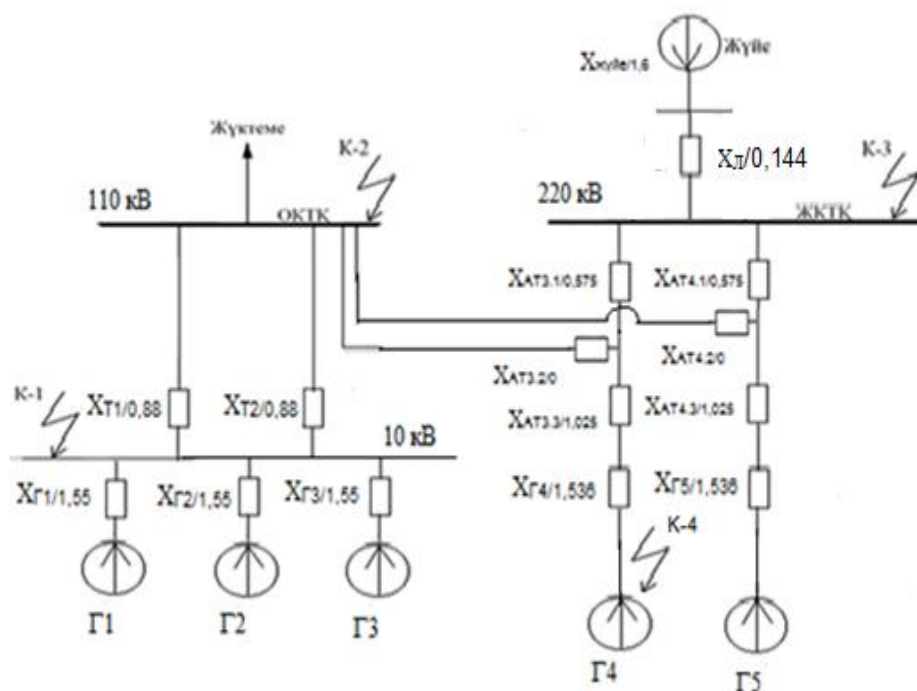
Ажыратқыштарды таңдау шарты:

- 1) $U_{уст} \leq U_{НОМ}$;
- 2) $I_{max} \leq I_{НОМ}$;
- 3) $I_{n,\tau} \leq I_{отк,НОМ}$;
- 4) $i_{a,\tau} \leq I_{a,НОМ} = \sqrt{2} \cdot \beta_n \cdot I_{отк,НОМ} / 100$;
- 5) $\sqrt{2} \cdot I_{n,\tau} + I_{a,\tau} \leq \sqrt{2} \cdot I_{отк,НОМ} \cdot \left(\frac{\beta_n}{100} + 1\right)$;
- 6) $I_y \leq I_{дин}$;
- 7) $B_K \leq I_{n,0}^2 \cdot (t_{отк} + T_a)$.

2.15 кесте – К-1 нүктесіндегі ажыратқыштар мен айырғыштарды таңдау

Есептелген мәліметтер	Ажыратқыш ВГГ-10-400	Айырғыш РВР-10/4000
$U_{НОМ} = 10 \text{ кВ}$	$U_{НОМ} = 10 \text{ кВ}$	$U_{НОМ} = 10 \text{ кВ}$
$I_{max} = 3,81 \text{ кА}$	$I_{НОМ} = 4 \text{ кА}$	$I_{НОМ} = 4 \text{ кА}$
$I_{n,\tau} = 10,5 \text{ кА}$	$I_{отк,НОМ} = 63 \text{ кА}$	
$i_{a,\tau} = 63,419 \text{ кА}$	$I_{a,НОМ} = \sqrt{2} \cdot \beta_n \cdot I_{отк,НОМ} / 100 =$ $\sqrt{2} \cdot 63 \cdot 63 / 100 = 66,13 \text{ кА}$	
$\sqrt{2} \cdot I_{n,\tau} + I_{a,\tau} =$ $\sqrt{2} \cdot 63,419 + 10,5 = 100,188 \text{ кА}$	$\sqrt{2} \cdot I_{отк,НОМ} \cdot \left(\frac{\beta_n}{100} + 1\right) =$ $\sqrt{2} \cdot 63 \cdot \left(\frac{63}{100} + 1\right) = 145,22 \text{ кА}$	
$I_{н,ОК} = 98,85 \text{ кА}$	$I_{дин} = 100 \text{ кА}$	
$i_y = 156,21 \text{ кА}$	$i_{дин} = 161 \text{ кА}$	$I_{дин} = 180 \text{ кА}$
$B_K = 3563,14 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{n,0}^2 \cdot (t_{отк} + T_a) = 100^2 \cdot 4 = 40000$ $\text{кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{мер}^2 \cdot t_{мер} = 120^2 \cdot 4 =$ $57600 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

К-2 нүктесіндегі қысқа тұйықталуды есептеу:



2.10 сурет – Станцияның электрлік бөлігінің алмастыру сұлбасы

G1, G2, G3 генераторларының кедергілері:

$$X_{1,1} = X_{Г1} // X_{Г2} // X_{Г3} = 1,55 // 1,55 // 1,55 = 0,516 \text{ ш.б.};$$

T1, T2 трансформатордың кедергілері:

$$X_{1,2} = X_{Т1} // X_{Т2} = 0,88 // 0,88 = 0,44 \text{ ш.б.};$$

$$X_1 = X_{1,1} + X_{1,2} = 0,516 + 0,44 = 0,956 \text{ ш.б.};$$

Ары қарай G4, G5 генераторлары өзара параллель орналасқан:

$$X_4 = X_{Г4} // X_{Г5} = 1,536 // 1,536 = 0,767 \text{ ш.б.};$$

АТ3 және АТ4 автотрансформаторларының кедергісі:

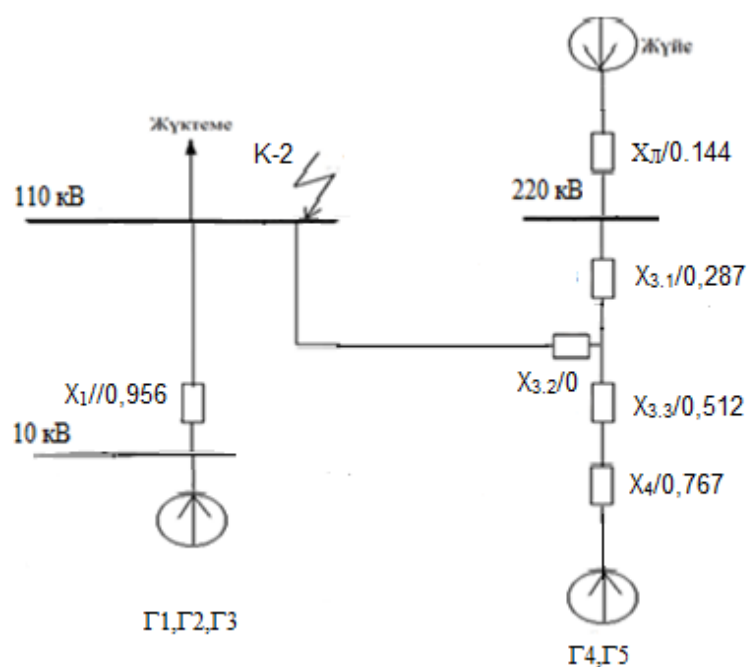
$$X_{3,1} = X_{АТ3,1} // X_{АТ4,1} = 0,575 // 0,575 = 0,287 \text{ ш.б.};$$

$$X_{3,2} = X_{АТ3,2} // X_{АТ4,2} = 0 \text{ ш.б.};$$

$$X_{3.3} = X_{AT3.3} // X_{AT4.3} = 1,025 // 1,025 = 0,512 \text{ ш.б.}$$

Желідегі кедергі мәні:

$$X_{Л} = 0,144 \text{ ш.б.}$$

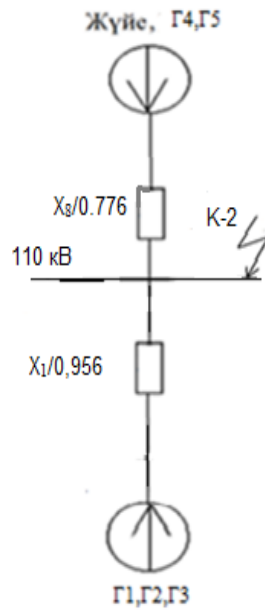


2.11 сурет – Алмастыру сұлбасының қарапайымдатылған түрі

$$X_6 = X_{3.3} + X_4 = 0,512 + 0,767 = 1,279 \text{ ш.б.};$$

$$X_7 = X_{Л} + X_{3.1} = 0,144 + 0,287 = 0,431 \text{ ш.б.};$$

$$X_8 = X_6 // X_7 = 1,279 // 0,431 = 0,776 \text{ ш.б.}$$



2.12 сурет – Алмастыру сұлбасының қарапайымдатылған түрі
 Қысқа тұйықталу 110 кВ тарату құрылғысында болғандықтан $U_{орт-К2} = 115$ кВ болады.

Базалық токтың мәні:

$$I_{\sigma} = \frac{S_{\sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_{сркл}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 115} = 5,02 \text{ кА};$$

G1,G2,G3 тоғы:

$$I_{n0} = \frac{E''_0}{X_p} \cdot I_{\sigma} = \frac{1,08}{0,956} \cdot 5,02 = 5,812 \text{ кА};$$

Энергожүйенің және G4,G5 тоғы:

$$I_{n0} = \frac{E''_0}{X_p} \cdot I_{\sigma} = \frac{1,13}{0,776} \cdot 5,02 = 7,3 \text{ кА};$$

Осы 2 токтың қосындысы:

$$I_{n0К} = 5,812 + 7,3 = 13,112 \text{ кА}.$$

К-2 нүктесі үшін соққы тоғы:

$$i_{y\sigma} = \sqrt{2} \cdot k_{y\sigma} \cdot I_{n0},$$

G1,G2,G3 үшін $k_y=1,976$: [Ә-4.149 б.3.7 кесте]

$$i_{y\partial 1} = \sqrt{2} \cdot k_{y\partial} \cdot I_{n0} = \sqrt{2} \cdot 1,976 \cdot 5,812 = 16,242 \text{ кА};$$

Энергожүйенің және G4,G5 $k_y=1,975$: [Ә-4.50 б.3.8 кесте]

$$i_{y\partial 2} = \sqrt{2} \cdot k_{y\partial} \cdot I_{n0} = \sqrt{2} \cdot 1,975 \cdot 7,3 = 20,389 \text{ кА};$$

Соққы тоғының жалпы мәні:

$$i_y = i_{y\partial 1} + i_{y\partial 2} = 16,242 + 20,389 = 36,63 \text{ кА};$$

Номианлды ток:

$$I_{н\text{о}\text{м}} = \frac{P_{н\text{о}\text{м}}}{\sqrt{3} \cdot U_{н\text{о}\text{м}} \cdot \cos \varphi_{н\text{о}\text{м}}} = \frac{100 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 115 \cdot 10^3 \cdot 0,85} = 590 \text{ А};$$

Апаттан кейін:

$$I_{\text{max}} = \frac{P_{н\text{о}\text{м}}}{\sqrt{3} \cdot U_{н\text{о}\text{м}} \cdot 0,85 \cdot \cos \varphi_{н\text{о}\text{м}}} = \frac{100 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 115 \cdot 0,95 \cdot 10^3 \cdot 0,85} = 621,728 \text{ А}.$$

Енді осы мәндерді ескере отырып ажыратқыш таңдасақ ЯЭ-110Л-23/(13)У4 ($U_{н\text{о}\text{м}}=110$ кВ, $I_{н\text{о}\text{м}}=1250$ А, $t_{\text{отк}}=0,065$) [Ә-1.433 б

$$\tau = t_{PK} + t_{OTK} = 0,01 + 0,065 = 0,75 \text{ с}.$$

G1, G2 және G3 генераторларынан ағатын токтың периодикалық құраушысы.

τ уақытында:

$$i_{ntG1,G2,G3} = \frac{I_{n01}}{I_{н\text{о}\text{м}}} = \frac{5,812}{0,590} = 9,5 \text{ кА};$$

осыдан,

$$\frac{I_{n01}}{I_{n,\tau}} = 0,77 \text{ кА};$$

$$I_{n,\tau} = 0,77 \cdot 5,812 = 4,47.$$

G1,G2,G3 генераторларының апериодикалық құраушылары ТВФ-100-2 үшін $T_a=0,417$ [Ә-4.150 б.3.8 кесте]:

$$i_{ntG1,G2,G3} = \sqrt{2} \cdot I_{n,0,G1,G2,G3} \cdot e^{-\frac{t}{T_a}} = \sqrt{2} \cdot 4,47 \cdot e^{-\frac{0,075}{0,417}} = 5,28 \text{ кА};$$

G4,G5 генераторларының периодикалық құраушылары ТВФ-120-2 үшін $T_a=0,4$ [Ә-4.150 б.3.8 кесте]:

$$i_{ntG4,G5} = \sqrt{2} \cdot I_{n0,G4,G5} \cdot e^{-\frac{t}{T_a}} = \sqrt{2} \cdot 7,3 \cdot e^{-\frac{0,075}{0,4}} = 8,54 \text{ кА};$$

Қорытынды периодикалық ток:

$$\sum I_{n,\tau} = 4,47 + 7,3 = 11,77 \text{ кА};$$

Қорытынды аperiodикалық ток:

$$\sum i_{a,t} = 5,28 + 8,54 = 13,82 \text{ кА}.$$

Қысқа тұйықталу тогының толық квадраттық импульсі [Ә-1.211 б.]:

$$B_K = I_{n,0,k3}^2 \cdot (t_{айыр} + T_a) = 13,82^2 \cdot (0,065 + 0,115) = 34,37 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Ажыратқыштарды таңдау шарты:

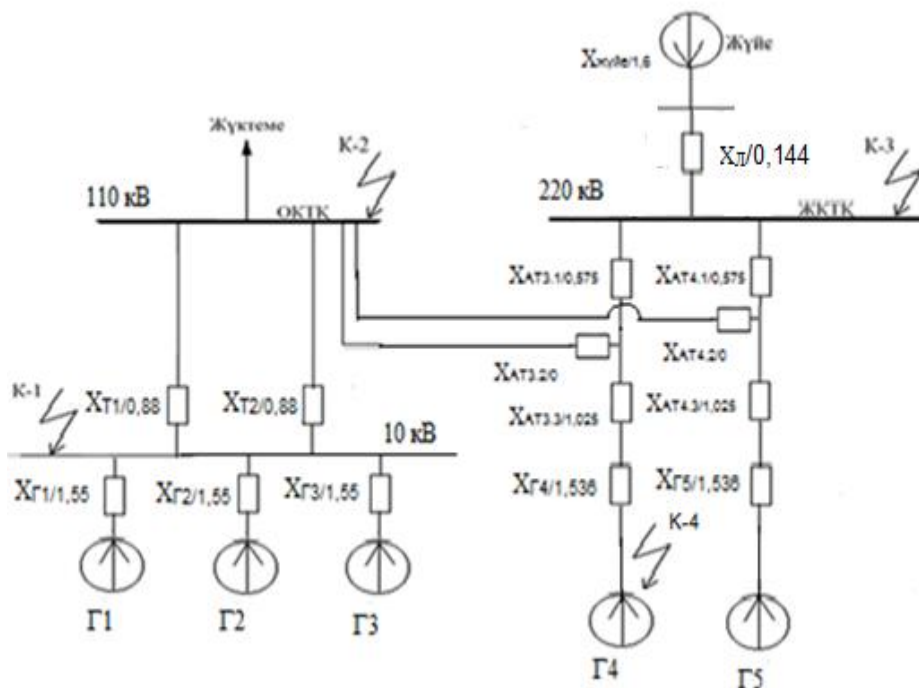
- 1) $U_{уст} \leq U_{н.ом}$;
- 2) $I_{max} \leq I_{н.ом}$;
- 3) $I_{n,\tau} \leq I_{отк,н.ом}$;
- 4) $i_{a,\tau} \leq I_{a,н.ом} = \sqrt{2} \cdot \beta_n \cdot I_{отк,н.ом} / 100$;
- 5) $\sqrt{2} \cdot I_{n,\tau} + I_{a,\tau} \leq \sqrt{2} \cdot I_{отк,н.ом} \cdot \left(\frac{\beta_n}{100} + 1\right)$;
- 6) $I_y \leq I_{дин}$;
- 7) $B_K \leq I_{n,0}^2 \cdot (t_{отк} + T_a)$.

2.16 кесте – К-2 нүктесіндегі ажыратқыштар мен айырғыштарды таңдау

Есептелген мәліметтер	Ажыратқыш ЯЭ-110Л-23/(13)У4	Айырғыш РНД-110/630 Т1
$U_{н.ом} = 110 \text{ кВ}$	$U_{н.ом} = 110 \text{ кВ}$	$U_{н.ом} = 110 \text{ кВ}$
$I_{max} = 621,728 \text{ А}$	$I_{н.ом} = 12,5 \text{ кА}$	$I_{н.ом} = 630 \text{ А}$
$I_{n,\tau} = 11,77 \text{ кА}$	$I_{отк,н.ом} = 40 \text{ кА}$	
$i_{a,\tau} = 13,82 \text{ кА}$	$I_{a,н.ом} = \sqrt{2} \cdot \beta_n \cdot I_{отк,н.ом} / 100 =$ $\sqrt{2} \cdot 40 \cdot 36 / 100 = 20,36 \text{ кА}$	
$\sqrt{2} \cdot I_{n,\tau} + I_{a,\tau} =$ $\sqrt{2} \cdot 11,77 + 13,82 = 30,465 \text{ кА}$	$\sqrt{2} \cdot I_{отк,н.ом} \cdot \left(\frac{\beta_n}{100} + 1\right) =$ $\sqrt{2} \cdot 40 \cdot \left(\frac{36}{100} + 1\right) = 76,93 \text{ кА}$	

$I_{n,OK} = 13,112 \text{ } \kappa A$	$I_{\text{дун}} = 50 \text{ } \kappa A$	
$i_y = 36,63 \text{ } \kappa A$	$i_{\text{дун}} = 125 \text{ } \kappa A$	$I_{\text{дун}} = 80 \text{ } \kappa A$
$B_K = 34,37 \text{ } \kappa A^2 \cdot c$	$I_{n,0}^2 \cdot (t_{\text{омк}} + T_a) = 50^2 \cdot 4 = 7500 \text{ } \kappa A^2 \cdot c$	$I_{\text{мер}}^2 \cdot t_{\text{мер}} = 31,5^2 \cdot 4 = 3969 \text{ } \kappa A^2 \cdot c$

К-3 нүктесіндегі қысқа тұйықталуды есептеу:



2.13 сурет – Станцияның электрлік бөлігінің алмастыру сұлбасы

Г1, Г2, Г3 генераторларының кедергілері:

$$X_{1,1} = X_{Г1} // X_{Г2} // X_{Г3} = 1,55 // 1,55 // 1,55 = 0,516 \text{ ш.б.};$$

Т1, Т2 трансформатордың кедергілері:

$$X_{1,2} = X_{Т1} // X_{Т2} = 0,88 // 0,88 = 0,44 \text{ ш.б.};$$

$$X_1 = X_{1,1} + X_{1,2} = 0,516 + 0,44 = 0,956 \text{ ш.б.};$$

Ары қарай Г4, Г5 генераторлары өзара параллель орналасқан:

$$X_4 = X_{Г4} // X_{Г5} = 1,536 // 1,536 = 0,767 \text{ ш.б.};$$

АТ3 және АТ4 автотрансформаторларының кедергісін есептесек:

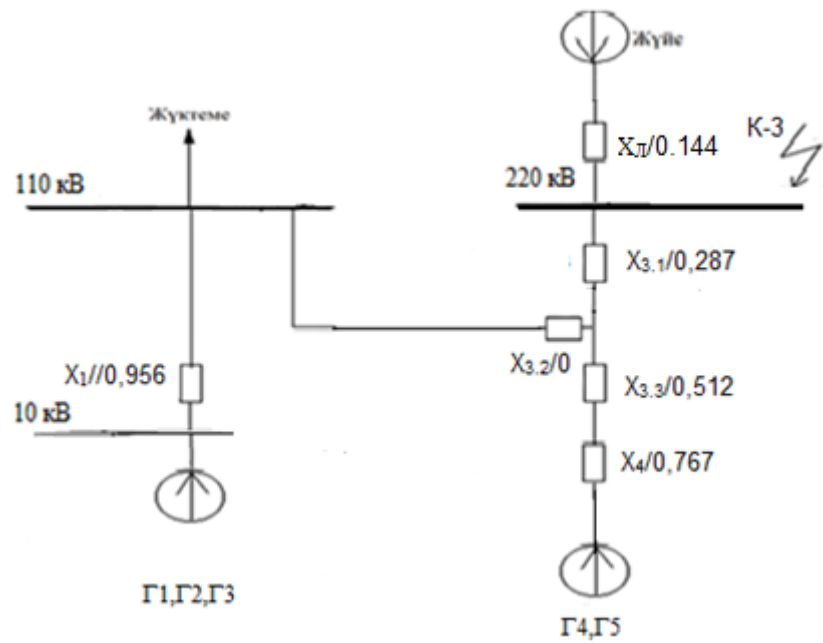
$$X_{3,1} = X_{АТ3,1} // X_{АТ4,1} = 0,575 // 0,575 = 0,287 \text{ ш.б.};$$

$$X_{3,2} = X_{АТ3,2} // X_{АТ4,2} = 0 \text{ ш.б.};$$

$$X_{3,3} = X_{АТ3,3} // X_{АТ4,3} = 1,025 // 1,025 = 0,512 \text{ ш.б.};$$

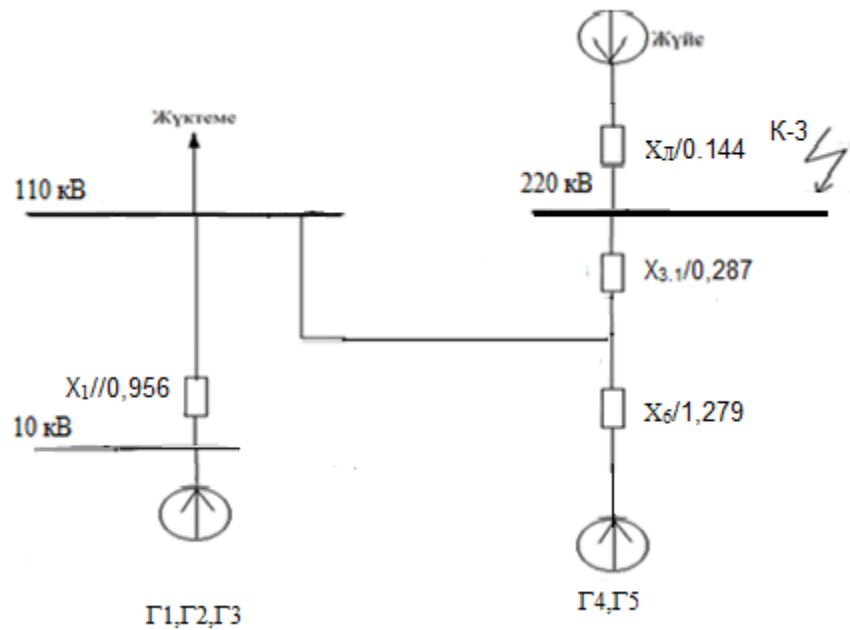
Желідегі кедергі мәні:

$$X_{Л} = 0,144 \text{ ш.б.}$$



2.14 сурет – Алмастыру сұлбасының қарапайымдатылған түрі

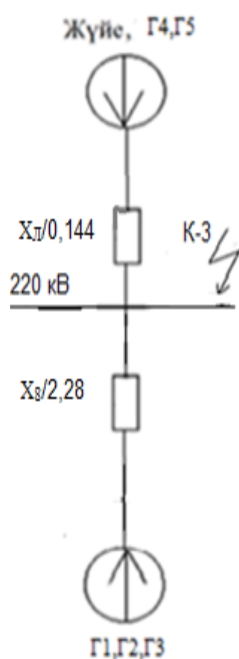
$$X_6 = X_{3,3} + X_4 = 0,512 + 0,767 = 1,279 \text{ ш.б.}$$



2.15 сурет – Алмастыру сұлбасының қарапайымдатылған түрі

$$X_7 = X_6 // X_{3,1} = 1,279 // 0,287 = 4,25 \text{ ш.б.};$$

$$X_8 = X_7 // X_1 = 4,25 // 0,956 = 2,28 \text{ ш.б.}$$



2.16 сурет – Алмастыру сұлбасының қарапайымдатылған түрі

Қысқа тұйықталу 220 кВ тарату құрылғысында болғандықтан $U_{орт-К3} = 230$ кВ болады

Базалық токтың мәні:

$$I_{\sigma} = \frac{S_{\sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_{сркл}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 230} = 2,51 \text{ кА};$$

Г1,Г2,Г3 тоғы:

$$I_{n0} = \frac{E''_0}{X_p} \cdot I_{\sigma} = \frac{1,08}{2,28} \cdot 2,51 = 1,88 \text{ кА};$$

Энергожүйенің және Г4,Г5 тоғы:

$$I_{n0} = \frac{E''_0}{X_p} \cdot I_{\sigma} = \frac{1,13}{0,144} \cdot 2,51 = 19,69 \text{ кА};$$

Осы 2 токтың қосындысы:

$$I_{n0K} = 1,88 + 19,69 = 21,57 \text{ кА};$$

К-2 нүктесі үшін соққы тоғы: $i_{y\sigma} = \sqrt{2} \cdot k_{y\sigma} \cdot I_{n0}$.

Г1,Г2,Г3 үшін $k_y = 1,976$ [Ә-4.149 б.3.7 кесте]:

$$i_{y\partial 1} = \sqrt{2} \cdot k_{y\partial} \cdot I_{n0} = \sqrt{2} \cdot 1,976 \cdot 1,188 = 5,25 \text{ кА};$$

Энергожүйенің және G4,G5 $k_y=1,975$ [Ә-4.150 б.3.8 кесте]:

$$i_{y\partial 2} = \sqrt{2} \cdot k_{y\partial} \cdot I_{n0} = \sqrt{2} \cdot 1,975 \cdot 19,69 = 54,99 \text{ кА};$$

Соққы тоғының жалпы мәні:

$$i_y = i_{y\partial 1} + i_{y\partial 2} = 5,25 + 54,99 = 60,24 \text{ кА};$$

Номиналды токты есептейтін болсақ:

$$I_{ном} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \varphi_{ном}} = \frac{100 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 230 \cdot 10^3 \cdot 0,85} = 295,53 \text{ А};$$

Апаттан кейін

$$I_{max} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot 0,85 \cdot \cos \varphi_{ном}} = \frac{100 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 230 \cdot 0,95 \cdot 10^3 \cdot 0,85} = 310,867 \text{ А}.$$

Осы мәндерді ескере отырып, ЯЭ-220Л-11(21)У4 ажыратқышы таңдаймыз ($U_{ном}=220$ кВ, $I_{ном}=1250$ А, $\text{totk}=0,065$) [Ә-1.433 б. «Қосымша И»]:

$$\tau = t_{PK} + t_{OTK} = 0,01 + 0,065 = 0,75 \text{ с}.$$

ЭЖ келетін қысқа тұйықталу тоғының периодикалық құрамының бастапқы мәні, сол қысқа тұйықталу тоғының периодикалық құрамына тең болады:

$$i_{mG1,G2,G3} = \frac{I_{n02}}{I_{ном}} = \frac{19,69}{0,295} = 66,745 \text{ кА};$$

осыдан,

$$\frac{I_{n01}}{I_{n,\tau}} = 0,77 \text{ кА};$$

$$I_{n,\tau} = 0,77 \cdot 19,69 = 15,16 \text{ кА}.$$

Апериодикалық тоғы:

$$i_{mG1,G2,G3} = \sqrt{2} \cdot I_{n,0,G1,G2,G3} \cdot e^{-\frac{t}{T_a}} = \sqrt{2} \cdot 21,57 \cdot e^{-\frac{0,075}{0,4}} = 23,04 \text{ кА};$$

G1, G2 және G3 генераторларынан ағатын токтың периодикалық құраушысы:

$$i_{nG1,G2,G3} = \frac{I_{n01}}{I_{ном}} = \frac{1,188}{0,295} = 4,02 \text{ кА};$$

$$\frac{I_{n01}}{I_{n,\tau}} = 2,33 \text{ кА};$$

Осыдан:

$$I_{n,\tau} = 2,33 \cdot 1,188 = 2,76 \text{ кА}.$$

Апериодикалық тоғы

$$i_{nG1G2G3} = \sqrt{2} \cdot I_{n,0,G1G2G3} \cdot e^{\frac{-t}{T_a}} = \sqrt{2} \cdot 2,76 \cdot e^{\frac{-0,075}{0,417}} = 3,21 \text{ кА};$$

Қорытынды периодикалық ток:

$$\sum I_{n,\tau} = 15,16 + 2,76 = 17,92 \text{ кА};$$

Қорытынды апериодикалық ток:

$$\sum i_{a,t} = 23,04 + 3,21 = 26,25 \text{ кА};$$

Қысқа тұйықталу тогының толық квадраттық импульсі [Ө-1.211 б.]:

$$B_K = I_{n,0,k3}^2 \cdot (t_{айыр} + T_a) = 21,57^2 \cdot (0,065 + 0,4) = 328,27 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

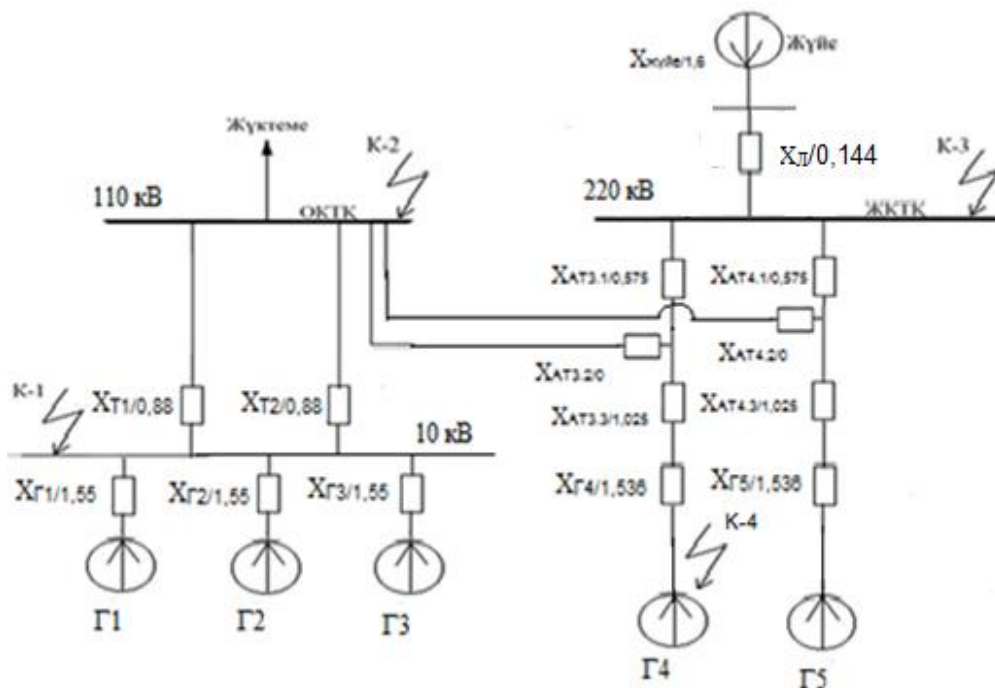
Ажыратқыштарды таңдау шарты:

- 1) $U_{уст} \leq U_{ном}$;
- 2) $I_{max} \leq I_{ном}$;
- 3) $I_{n,\tau} \leq I_{отк,ном}$;
- 4) $i_{a,\tau} \leq I_{a,ном} = \sqrt{2} \cdot \beta_n \cdot I_{отк,ном} / 100$;
- 5) $\sqrt{2} \cdot I_{n,\tau} + I_{a,\tau} \leq \sqrt{2} \cdot I_{отк,ном} \cdot (\frac{\beta_n}{100} + 1)$;
- 6) $I_y \leq I_{дин}$;
- 7) $B_K \leq I_{n,0}^2 \cdot (t_{отк} + T_a)$.

2.17 кесте – К-3 нүктесіндегі ажыратқыштар мен айырғыштарды таңдау

Есептелген мәліметтер	Ажыратқыш ЯЭ-220Л-11(21)У4	Айырғыш РНД-220/630 Т1
$U_{НОМ} = 220 \text{ кВ}$	$U_{НОМ} = 220 \text{ кВ}$	$U_{НОМ} = 220 \text{ кВ}$
$I_{\max} = 310,867 \text{ А}$	$I_{НОМ} = 12,5 \text{ кА}$	$I_{НОМ} = 630 \text{ А}$
$I_{n,\tau} = 17,92 \text{ кА}$	$I_{отк,НОМ} = 40 \text{ кА}$	
$i_{a,\tau} = 26,25 \text{ кА}$	$I_{a,НОМ} = \sqrt{2} \cdot \beta_n \cdot I_{отк,НОМ} / 100 =$ $\sqrt{2} \cdot 40 \cdot 36 / 100 = 40,36 \text{ кА}$	
$\sqrt{2} \cdot I_{n,\tau} + I_{a,\tau} =$ $\sqrt{2} \cdot 17,92 + 26,25 = 60,657 \text{ кА}$	$\sqrt{2} \cdot I_{отк,НОМ} \cdot \left(\frac{\beta_n}{100} + 1 \right) =$ $\sqrt{2} \cdot 40 \cdot \left(\frac{36}{100} + 1 \right) = 76,93 \text{ кА}$	
$I_{n,OK} = 21,57 \text{ кА}$	$I_{дин} = 50 \text{ кА}$	
$i_y = 60,24 \text{ кА}$	$i_{дин} = 125 \text{ кА}$	$I_{дин} = 100 \text{ кА}$
$B_K = 328,27 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{n,0}^2 \cdot (t_{отк} + T_a) = 50^2 \cdot 3 = 7500 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{TEP}^2 \cdot t_{TEP} = 40^2 \cdot 3 =$ $4800 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

К-4 нүктесіндегі қысқа тұйықталуды есептеу:



2.17 сурет – Станцияның электрлік бөлігінің алмастыру сұлбасы

Г1, Г2, Г3 генераторларының кедергілері:

$$X_{1,1} = X_{Г1} // X_{Г2} // X_{Г3} = 1,55 // 1,55 // 1,55 = 0,516 \text{ ш.б.};$$

Т1, Т2 трансформатордың кедергілері:

$$X_{1,2} = X_{Т1} // X_{Т2} = 0,88 // 0,88 = 0,44 \text{ ш.б.};$$

$$X_1 = X_{1,1} + X_{1,2} = 0,516 + 0,44 = 0,956 \text{ ш.б.};$$

Желідегі кедергі мәні:

$$X_{Л} = 0,144 \text{ ш.б.};$$

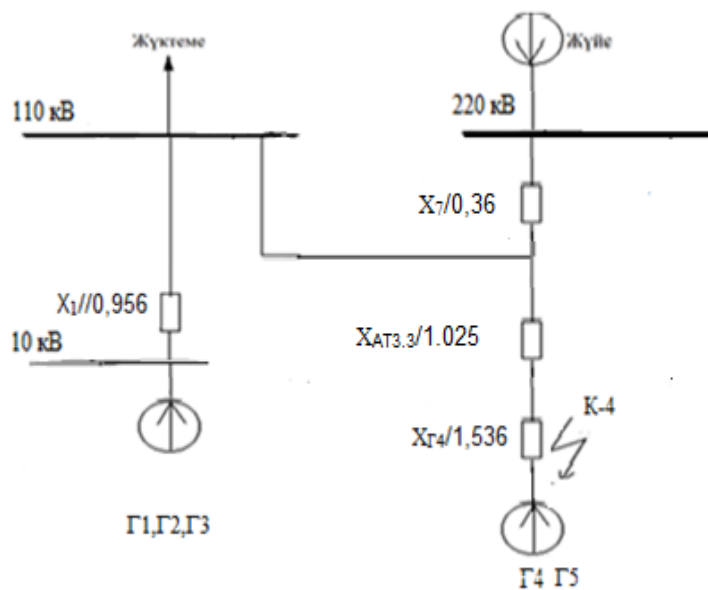
Ары қарай қарастырсақ онда:

$$X_4 = X_{АТ3,1} // X_{АТ4,1} = 0,575 // 0,575 = 0,285 \text{ ш.б.};$$

$$X_5 = X_{Л} + X_4 = 0,144 + 0,285 = 0,429 \text{ ш.б.};$$

$$X_6 = X_{Г5} + X_{АТ4,3} = 1,536 + 1,025 = 2,251 \text{ ш.б.};$$

$$X_7 = X_5 // X_6 = 0,429 // 2,251 = 0,36 \text{ ш.б.};$$

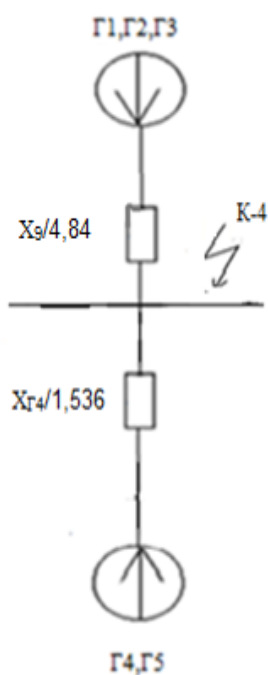


2.18 сурет – Алмастыру сұлбасының қарапайымдатылған түрі

Ары қарай есептесек:

$$X_8 = X_1 // X_7 = 0,956 // 0,36 = 3,82 \text{ ш.б.};$$

$$X_9 = X_8 + X_{AT3.3} = 3,82 + 1,025 = 4,84 \text{ ш.б.}.$$



2.19 сурет – Алмастыру сұлбасының қарапайымдатылған түрі

Қысқа тұйықталу 10 кВ нүктесінде, сол себепті $U_{\text{орт-К1}} = 10,5$ кВ болады.
Базалық токтың мәні:

$$I_{\sigma} = \frac{S_{\sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{срк1}}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 54,9 \text{ кА};$$

G1,G2,G3 тогы:

$$I_{n0} = \frac{E''_0}{X_p} \cdot I_{\sigma} = \frac{1,08}{4,84} \cdot 54,9 = 12,25 \text{ кА};$$

Энергожүйенің және G4,G5 тогы:

$$I_{n0} = \frac{E''_0}{X_p} \cdot I_{\sigma} = \frac{1,13}{1,536} \cdot 54,9 = 40,38 \text{ кА};$$

Осы екі токтың қосындысы:

$$I_{n0K} = 40,38 + 12,25 = 52,63 \text{ кА};$$

К-1 нүктесі үшін соққы тогы: $i_{y\sigma} = \sqrt{2} \cdot k_{y\sigma} \cdot I_{n0}$.

G1,G2,G3 үшін $k_y = 1,976$ [Ә-4.149 б.3.7 кесте]:

$$i_{y\sigma1} = \sqrt{2} \cdot k_{y\sigma} \cdot I_{n0} = \sqrt{2} \cdot 1,976 \cdot 12,25 = 34,23 \text{ кА};$$

Энергожүйенің және G4,G5 $k_y = 1,975$ [Ә-4.150 б.3.8 кесте]:

$$i_{y\sigma2} = \sqrt{2} \cdot k_{y\sigma} \cdot I_{n0} = \sqrt{2} \cdot 1,975 \cdot 40,38 = 112,78 \text{ кА};$$

Соққы тогының жалпы мәні:

$$i_y = i_{y\sigma1} + i_{y\sigma2} = 34,23 + 112,78 = 147,012 \text{ кА};$$

Номианлды токты:

$$I_{\text{ном}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi_{\text{ном}}} = \frac{100 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 10^3 \cdot 0,85} = 3,046 \text{ А};$$

Апаттан кейін:

$$I_{\text{max}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot 0,95 \cdot \cos \varphi_{\text{ном}}} = \frac{100 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 0,95 \cdot 10^3 \cdot 0,85} = 3,081 \text{ А}.$$

Осы мәндерді ескере отырып ВГГ-10 ($U_{\text{НОМ}}=10$ кВ, $I_{\text{НОМ}}=4000$ А) ажыратқышы таңдалады [Ә-10].

$$\tau = t_{PK} + t_{OTK} = 0,08 + 0,05 = 0,13 \text{ с.}$$

G1,G2,G3 генераторларының периодикалық құраушылары ТВФ-100-2 үшін $T_a=0,417$ [Ә-1.222 б.6.7 кесте].

$$i_{n1G1G2G3} = \sqrt{2} \cdot I_{n,0,G1G2G3} \cdot e^{\frac{-t}{T_a}} = \sqrt{2} \cdot 12,25 \cdot e^{\frac{-0,16}{0,417}} = 13,48 \text{ кА.}$$

G4,G5 генераторларының аperiodикалық құраушылары ТВФ-120-2 үшін $T_a=0,4$ [Ә-1.223 б.6.7 кесте].

$$i_{n1G4G5} = \sqrt{2} \cdot I_{n,0,G4G5} \cdot e^{\frac{-t}{T_a}} = \sqrt{2} \cdot 40,38 \cdot e^{\frac{-0,16}{0,4}} = 24,7 \text{ кА.}$$

Қысқа тұйықталу тогының толық квадраттық импульсі [Ә-1.211 б.]:

$$B_K = I_{n,0,k4}^2 \cdot (t_{\text{айырып}} + T_a) = 12,25^2 \cdot (0,15 + 0,115) = 39,76 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.}$$

Ажыратқыштарды таңдау шарты:

- 1) $U_{уст} \leq U_{НОМ}$;
- 2) $I_{\text{max}} \leq I_{НОМ}$;
- 3) $I_{n,\tau} \leq I_{отк,НОМ}$;
- 4) $i_{a,\tau} \leq I_{a,НОМ} = \sqrt{2} \cdot \beta_n \cdot I_{отк,НОМ} / 100$;
- 5) $\sqrt{2} \cdot I_{n,\tau} + I_{a,\tau} \leq \sqrt{2} \cdot I_{отк,НОМ} \cdot (\frac{\beta_n}{100} + 1)$;
- 6) $I_y \leq I_{дин}$;
- 7) $B_K \leq I_{n,0}^2 \cdot (t_{отк} + T_a)$.

2.18 кесте – К-4 нүктесіндегі ажыратқыштар мен айырғыштарды таңдау

Есептелген мәліметтер	Ажыратқыш ВГГ-10-4000	Айырғыш РВР-10/4000
$U_{НОМ} = 10 \text{ кВ}$	$U_{НОМ} = 10 \text{ кВ}$	$U_{НОМ} = 10 \text{ кВ}$
$I_{\max} = 3,81 \text{ кА}$	$I_{НОМ} = 4 \text{ кА}$	$I_{НОМ} = 4 \text{ кА}$
$I_{n,\tau} = 13,48 \text{ кА}$	$I_{отк,НОМ} = 63 \text{ кА}$	
$i_{a,\tau} = 24,7 \text{ кА}$	$I_{a,НОМ} = \sqrt{2} \cdot \beta_n \cdot I_{отк,НОМ} / 100 =$ $\sqrt{2} \cdot 63 \cdot 63 / 100 = 66,13 \text{ кА}$	
$\sqrt{2} \cdot I_{n,\tau} + I_{a,\tau} =$ $\sqrt{2} \cdot 13,48 + 24,7 = 43,76 \text{ кА}$	$\sqrt{2} \cdot I_{отк,НОМ} \cdot \left(\frac{\beta_n}{100} + 1 \right) =$ $\sqrt{2} \cdot 63 \cdot \left(\frac{63}{100} + 1 \right) = 145,22 \text{ кА}$	
$I_{n,OK} = 52,63 \text{ кА}$	$I_{дин} = 100 \text{ кА}$	
$i_y = 147,02 \text{ кА}$	$i_{дин} = 161 \text{ кА}$	$I_{дин} = 180 \text{ кА}$
$B_K = 39,76 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{n,0}^2 \cdot (t_{отк} + T_a) = 100^2 \cdot 4 = 40000 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{ТЕР}^2 \cdot t_{ТЕР} = 120^2 \cdot 4 =$ $57600 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

2.5 Өлшеу аппараттарын таңдау

Ток трансформаторының таңдау шарттары:

- $U_{кон} \leq U_{НОМ}$;
- $I_{НОМ.есептік} \leq I_{НОМ}$.

Дәлдік класымен:

- $i_y \leq i_{дин}$;
- $B_K \leq I_{ТЕР}^2 \cdot t_{ТЕР}$.

2.19 кесте – К-1 нүктесі үшін ТШЛ-10 ток трансформаторын таңдаймыз [Ө-11]

К-1 мәндері	Трансформатордың мәндері
$U_{кон} = 10 \text{ кВ}$	$U_{НОМ} = 10 \text{ кВ}$
$I_{НОМ.есептік} = 3,46 \text{ кА}$	$I_{НОМ} = 4 \text{ кА}$
$i_y = 176,21 \text{ кА}$	$i_{дин} = 180 \text{ кА}$
$B_K = 3563,14 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{ТЕР}^2 \cdot t_{ТЕР} = 19200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

2.20 кесте – К-2 нүктесі үшін ТФЗМ110Б-III ток трансформаторын таңдаймыз [Ә-1.393б. «Қосымша Л»]

К-2 мәндері	Трансформатордың мәндері
$U_{кон} = 110 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 110 \text{ кВ}$
$I_{ном.есептік} = 621,728 \text{ А}$	$I_{ном.} = 2000 \text{ А}$
$i_y = 36,63 \text{ кА}$	$i_{дин} = 212 \text{ кА}$
$B_K = 34,37 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I^2_{ТЕР} \cdot t_{ТЕР} = 108 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

2.21 кесте – К-3 нүктесі үшін ТФЗМ 220Б-III ток трансформаторын таңдаймыз [Ә-1.393б. «Қосымша Л»]

К-3 мәндері	Трансформатордың мәндері
$U_{кон} = 220 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 220 \text{ кВ}$
$I_{ном.есептік} = 295,53 \text{ А}$	$I_{ном.} = 1200 \text{ А}$
$i_y = 60,24 \text{ кА}$	$i_{дин} = 100 \text{ кА}$
$B_K = 328,27 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I^2_{ТЕР} \cdot t_{ТЕР} = 4609,92 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

2.22 кесте – К-4 нүктесі үшін ТШЛ-10 ток трансформаторын таңдаймыз [Ә-11]

К-4 мәндері	Трансформатордың мәндері
$U_{кон} = 10 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$
$I_{ном.есептік} = 3,46 \text{ кА}$	$I_{ном.} = 4 \text{ кА}$
$i_y = 147,02 \text{ кА}$	$i_{дин} = 180 \text{ кА}$
$B_K = 35,966 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I^2_{ТЕР} \cdot t_{ТЕР} = 19200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Кернеу трансформаторының таңдау шарттары [Ә-1,243б.]:

$$U_{орн.ном} \leq U_{ном};$$

$$S_{2есептік} \leq S_{2ном}.$$

2.23 кесте – Кернеу трансформаторының екінші қайтара жүктелуі [Ә-1,2446.]

Құрылғы	Түрі	Бір орамның қуаты S, ВА	Орманың саны	cosφ	sinφ	Құрылғы саны	P тұтын, Вт	Q тұтын у, ВА
Вольтметр	Ә-335	2	1	1	0	1	2	-
Ваттметр	Д-335	1,5	2	1	0	2	6	-
Варметр	Д-335	1,5	2	1	0	1	3	-
Активті қуатты көрсеткіші	Е-829	10	-	1	0	1	10	-
Реактивті қуатты көрсеткіші	Е-830	10	-	1	0	1	10	-
Активті энергияның есептеуіш	И-680	2	2	0,38	0,925	1	4	9,7
Тіркеуші вольтметр	Н-334	10	1	1	0	1	10	-
Жиілікті өлшеуіш	Ә-372	3	1	1	0	2	6	-
Тіркеуші ваттметр	Н-334	10	1	1	0	1	10	-
Барлығы:							71	9,7

Екінші қайта жүктелу:

$$S_{2\Sigma} = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{71^2 + 9,7^2} = 71,65 \text{ ВА} \quad (2.14)$$

Өлшеуіштік кернеу трансформаторларын таңдаған кезде екінші орамындағы $S_{2\Sigma}$ жүктеме анықталып, кернеу трансформаторларының 0,5 дәлдік классындағы номиналды қуаттағы кернеу трансформаторлары таңдалды.

10 кВ желіге НОМ-10-66 кернеу трансформаторы таңдалды. Оның есептік және каталогтық мәндері 2.24 кестеде келтірілген [Ә-1.3956. «Қосымша М»].

2.24 кесте – Кернеу трансформаторының есептік және каталогтық мәндері

Есептік мән	Каталогтық мән
$U_{орн.ном} = 10 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$

$S_{2\text{есептік}} = 71,65 \text{ BA}$	$S_{2\text{н.ом}} = 75 \text{ BA}$
--	------------------------------------

110 кВ желіге НКФ-110-58 кернеу трансформаторы таңдалды. Оның есептік және каталогтық мәндері 2.25 кестеде көрсетілген [Ә-1.395б. «Қосымша М»].

2.25 кесте – Кернеу трансформаторының есептік және каталогтық мәндері

Есептік мәндер	Каталогтық мәндер
$U_{\text{орн.ном}} = 110 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном}} = 110 \text{ кВ}$
$S_{2\text{есептік}} = 71,65 \text{ BA}$	$S_{2\text{н.ом}} = 400 \text{ BA}$

220 кВ желіге НКФ-220-58 кернеу трансформаторы таңдалды. Оның есептік және каталогтық мәндері 2.26 кестеде көрсетілген [Ә-1.395б. «Қосымша М»].

2.26 кесте – Кернеу трансформаторының есептік және каталогтық мәндері

Есептік мәндер	Каталогтық мәндер
$U_{\text{орн.ном}} = 220 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном}} = 220 \text{ кВ}$
$S_{2\text{есептік}} = 71,65 \text{ BA}$	$S_{2\text{н.ом}} = 400 \text{ BA}$

3 Экономикалық бөлім

3.1 ЖЭО-2 құрылысына керекті капитал

Бұл бөлімде ЖЭО-2 станциясының құрылысының тиімділігіне баға береміз. Ол үшін ЖЭО-2 құрылысына керекті капиталдық салымдар, электр энергияның құнын, отынға жұмсалатын шығын және станцияға керекті капиталдық салымның өтімділік мерзімін есептейміз.

3.1 кесте – ЖЭО-2 құрылысына қажетті капитал салымдар

Жабдықтың атауы	Жабдықтың маркасы	Жабдық саны, дана	Құны, мың теңге
Генератор	ТВФ-100-2	3	140400
Трансформатор	ТДЦ-125000/110	2	230000
Автотрансформатор	АТДЦТН-200000/220/110	2	324000
110 кВ ТҚ-на ұяшық		4	57000
220 кВ ТҚ-на ұяшық		2	62000
Генератор	ТВФ-120-2У3	2	100800
Барлығы			3085000

Капиталдың мөлшерін анықтасак:

$$K_{cm} = [K_{\text{бл}}^{\Gamma} + (n_{\text{бл}} - 1) \cdot K_{\text{бл}}^n] \cdot K_{pc} \cdot K_{\text{инф}}^{\text{сmp}}, \text{ млн. теңге}, \quad (3.1)$$

мұндағы $K_{\text{бл}}^{\Gamma}$ -генератордағы болктың капитал мөлшері;

$K_{\text{бл}}^n$ -кейінгі блоктағы капитал мөлшері;

K_{pc} -құрылыс ауданының коэффициенті;

$n_{\text{бл}}$ - блок саны;

$K_{\text{инф}}^{\text{сmp}}$ -капитал мөлшеріндегі инфляция коэффициенттері.

$$K_{\text{бл}} = K_{\Gamma} + K_{\text{бл.тр}} + K_{\text{тр.с.н}} + K_{\text{уяшык}} \quad (3.2)$$

110 кВ желісіндегі капитал мөлшері:

$$K_{\text{бл}110} = (140400 + 230000 \cdot 1,5 + 57000) \cdot 1000 = 5424 \text{ млн. теңге};$$

$$K_{\text{cm}110} = (5424 + (2 - 1) \cdot 324 + 46,75 + 8 \cdot 56 + 162) \cdot 0,95 \cdot 7,4 = 65251 \text{ млн. теңге};$$

220 кВ желісіндегі капитал мөлшері:

$$K_{бл220} = (100800 + 324000 \cdot 1,5 + 62000) \cdot 1000 = 6488 \text{ млн.теңге};$$

$$K_{см220} = (6488 + (2-1) \cdot 385,9 + 20 + 5 \cdot 235 + 162) \cdot 0,95 \cdot 7,4 = 93155,3 \text{ млн.теңге};$$

$$K_{\Sigma см} = 65251 + 93155,3 = 158406,300 \text{ млн.теңге}.$$

3.2 Үлестік капитал мөлшері

$$K_{y\partial} = \frac{K_{см}}{N_y}, \text{ млн. теңге/МВт}, \quad (3.3)$$

мұндағы $K_{см}$ – электр станциясының құрылысына капитал мөлшері, млн.теңге;

N_y – берілген станцияның қуаты, МВт.

$$K_{y\partial} = \frac{158406,300}{540} = 293,345 \text{ млн. теңге/МВт}.$$

Станцияның бір жыл ішінде өндіретін энергиясы:

$$W_B = N_y \cdot h_y, \text{ МВт}\cdot\text{сағ}, \quad (3.4)$$

мұндағы N_y – берілген станциядағы қуат көлемі, МВт;

h_y – бір жылдағы өндірілген қуат мөлшерінің сағат саны.

$$W_B = 540 \cdot 6500 = 3510000, \text{ МВт}\cdot\text{сағ}.$$

Өзіндік мұқтаждықтағы жылдық энергия шығыны:

$$W_{сн} = N_{сн} \cdot n_{,блок} \cdot T_p + p \cdot W_B, \text{ МВт}\cdot\text{сағ}, \quad (3.5)$$

мұндағы $N_{сн}$ – өзіндік мұқтаждықтағы энергия мөлшері;

$n_{,блок}$ – блок саны;

T_p – блоктың бір жыл ішіндегі жұмыс істейтін сағат саны;

pW_B – электр энергиясының жылдық өңделуі, МВт.сағ.

$$W_{сн} = 33 \cdot 4 \cdot 8000 + 0,029 \cdot 3510000 = 303390 \text{ МВт}\cdot\text{сағ}.$$

Өзіндік мұқтаждықтағы жылдық энергия шығыны:

$$K_{ch} = (W_{ch} / W_B) \cdot 100\%; \quad (3.6)$$

$$K_{ch} = (158406,300 / 3510000) \cdot 100\% = 4,513\%.$$

Станциядағы энергияның жылдық тасымалдауы келесідей:

$$W_{отт} = W_B - W_{ch}, \text{ } MBm \cdot ca\text{ғ}; \quad (3.7)$$

мұндағы W_B – бір жылда өндіретін энергия көлемі, МВт·сағ;
 W_{ch} – өзіндік мұқтаждықтағы жылдық энергия шығыны, МВт·сағ.

$$W_{отт} = 3510000 - 303390 = 3206610, \text{ } MBm \cdot ca\text{ғ}.$$

Станциядағы жалпы шығындардың анықталуы:

$$I_{ст} = I_{отын} + I_{cy} + I_{ea} + I_{рем} + I_{ao} + I_{экс} + I_{цех} + I_{жалпы} \text{ теңге/жыл}.$$

1) Шартты отынның жылдық шығыны келесі формула бойынша есептеледі:

$$B_{cy} = \beta_{XX} \cdot n_{ол} \cdot T_p + \beta \cdot W_B + \Delta\beta \cdot (N_H - N_{KP}) \cdot n_{ол} \cdot h_y \text{ т.у.т.}, \quad (3.8)$$

мұндағы $\beta_{XX} = 14,8 \text{ } m/ca\text{ғ}$ – шартты отынның бос жүрісінің бір сағаттағы көлемі;

$\beta = 0,282$ – отынның шығындалу сипатының коэффициенті;

$\Delta\beta = 0,016$ – отынның шығындалу сипатының орташа айырымы, т/МВт;

N_H – номиналды қуат мөлшері;

$N_{KP} = 270$ – көмір кезінде отынның шығындалу сипатынан.

$$B_{cy} = 14,8 \cdot 4 \cdot 8000 + 0,282 \cdot 3510000 + 0,016 \cdot (110 - 270) \cdot 4 \cdot 6500 = 1396860 \text{ т.у.т.}$$

Бір жылдағы табиғи отынның шығыны:

$$B_{ch} = B_{cy} \cdot \frac{29330}{Q_H^p} \cdot \left(1 + \frac{\alpha_{ном\%}}{100} \right), \text{ } т.н.т/жыл, \quad (3.9)$$

мұндағы $\alpha_{ном\%} = 1,3$ – көмірдің шекті шығын нормасы;

$Q_n^p = 4200$ ккал/кг = 17676 кДж/кг – Екібастұздағы табиғи отынның жануының үлестік жылуы.

$$B_{\text{ен}} = 1396860 \cdot \frac{29330}{17676} \cdot \left(1 + \frac{1,3}{100}\right) = 1537130,09, \text{ т.н.т/жыл.}$$

Шартты отынды жіберуге арналған жылдық шығыны:

$$B_{\text{отн}} = \frac{B_y \cdot 10^6}{W_{\text{отн}} \cdot 10^3} = \frac{1396860 \cdot 10^6}{3206610 \cdot 10^3} = 189,61 \text{ г.у.т/кВт} \cdot \text{сағ};$$

Шартты отынды жіберуге арналған жылдық шығынының пайдалы әсер коэффициенті:

$$\eta_{\text{отнр}} = \frac{123}{B_y} \cdot 100\% = \frac{123}{189,61} \cdot 100\% = 64\% ;$$

Көмірдегі ЖЭО үшін:

$$I_{\text{отын}} = (C_{\text{пр}} + C_{\text{тр}}) \cdot B_H \text{ мың теңге/жыл,} \quad (3.10)$$

мұндағы $C_{\text{пр}} = 10000$ теңге/т – отынның прејскурантты бағасы;

$C_{\text{тр}} = 7,5$ теңге/т – отынды 500 км қашықтығына тасымалдау бағасы;

$B_H = 15337130,09$ – энергетика қазандарына жұмсалатын табиғи отынның жылдық шығыны, т.н.т/жыл.

Екібастұздан Алматыға дейінгі қашықтықты 500 км-ге тең деп аламыз.

$$I_{\text{отын}} = (7,5 + 10000) \cdot 1537130,09 = 15382829,37 \text{ мың теңге/жыл.}$$

Шартты отынның 1 тоннасының бағасы:

$$C_{\text{ТУТ}} = \frac{I_{\text{отын}}}{B_y} = \frac{15382829,375 \cdot 10^3}{1396860 \cdot 10^6} = 11012 \text{ теңге/т};$$

Суға жұмсалатын шығындарды есептеу:

$$I_{\text{су}} = W_B \cdot 0,14 = 35100000 \cdot 0,14 = 4914000 \text{ мың теңге/т.} \quad (3.11)$$

мұндағы суға кететін шығын: 1,4 теңге/кВтсағ

2) I_{ea} - еңбекақыға кететін шығын мөлшері. Өндірістегі және эксплуатациядағы жұмысшылар саны $K_{ш}$ штаттық коэффициент негізінде алынады және бұл жұмыста штаттық коэффициент санын, орнатылған қуаты 500 МВт-тан жоғары ЖЭО үшін - 1,3-1,5 адам/МВт, қуаты 500 МВт-тан аз болса- 1,6 -1,8 адам/МВт. Бұл жұмыста станция 540 МВт болғандықтан – 1,4. Бір жұмысшының орташа айлық көлемі АЖЭО-2 негізінде 300\$=97500 тг. Осыған 21% (әлеуметтік салық және зейнетақы қоры) қосқанда, келесі формула:

$$I_{ea} = N_y \cdot K_{ш} \cdot 97500 \cdot 1,125 \cdot 12 \text{ мың теңге/жыл}; \quad (3.12)$$

$$I_{ea} = 540 \cdot 1,4 \cdot 97500 \cdot 1,125 \cdot 12 = 245504 \text{ мың теңге/жыл.}$$

3) Капитал салымдарының амортизациялық аударымдары:

$$I_{ao} = K_{\sum CT} \frac{H_a^{ob} \%}{100} = 26636422 \frac{8}{100} = 2130913,76 \text{ мың теңге/жыл}, \quad (3.13)$$

мұндағы $H_a^{ob} \%$ – амортизация нормасы 8% құрайды;

$K_{\sum CT}$ – станцияның жалпы капитал салымдары.

Эксплуациялық шығындар:

$$I_{экс} = \beta \cdot I_{ao} = 1,3 \cdot 2130913,76 = 2770187,89 \text{ мың теңге/жыл}; \quad (3.14)$$

Жөндеуге кеткен шығындар:

$$I_{рем} = 0,15 \cdot I_{ao} = 0,15 \cdot 2130913,76 = 32087,064 \text{ мың теңге/жыл}; \quad (3.15)$$

мұндағы $\beta=1,3$ – эксплуатациялық шығынның коэффициенті.

4) Цех шығындары:

$$I_{цех} = \delta \cdot I_{экс} = 0,9 \cdot 2770187,89 = 2493169,1 \text{ мың теңге/жыл}; \quad (3.16)$$

мұндағы δ - цех шығындарының коэффициенті, $\delta=0,9$.

5) Жалпы станциялық шығындар:

$$I_{\text{жалпы}} = 0,2 \cdot (I_{\text{ea}} + I_{\text{ao}} + I_{\text{рем}}) = 0,2 \cdot (245504 + 2130913,76 + 32087,064) = 481700,9648.$$

Жалпы ысыраптарды есептегенде осыған дейін есептеген барлық шығындар кіреді:

$$I_{\text{ст}} = 15382829,37 + 4914000 + 245504 + 32087,064 + 2130913,76 + 2770187,89 + 2493169,1 + 481700,9648 = 23163781,26 \text{ мың.тенге/ жыл.}$$

Өзіндік құнның бағасы:

$$S_{\text{ЭОП}} = \frac{I_{\text{ст}}}{W_{\text{ОП}}} = \frac{23163781,26}{3206610000} = 7,2 \text{ теңге/кВт}\cdot\text{сағ}; \quad (3.17)$$

Электр энергиясын жіберу бойынша отынның құрамдас бөлігі:

$$S_{\text{ЭОП}} = \frac{I_{\text{отын}}}{W_{\text{ОП}}} = \frac{15382829370}{3206610000} = 4,79 \text{ теңге/кВт}\cdot\text{сағ}; \quad (3.18)$$

Өзіндік құнның құрылымы:

$$I_{\text{отын}\%} = \frac{I_{\text{отын}}}{I_{\text{ст}}} 100\% = \frac{15382829,37}{23163781,26} 100\% = 66,4\%; \quad (3.19)$$

Электр энергиясының құны:

$$T_{\text{жЭО}} = 7,2 + 1,1 = 8,3 \text{ теңге/кВт}\cdot\text{сағ}. \quad (3.20)$$

3.3 Экономикалық көрсеткіштері

Өткізу құны:

$$V_{\text{РЕАЛ}} = T_{\text{жЭО}} \cdot W_{\text{ОП}} = 8,3 \cdot 3206610 = 26614863 \text{ мың теңге/жыл};$$

Пайда:

$$\Pi = V_{\text{РЕАЛ}} - I_{\text{ст}} = 26614863 - 23163781,26 = 3451081,8 \text{ мың теңге/жыл.}$$

Таза пайда 20%-таза пайданы есептегендегі салық көлемі:

$$\text{ТП} = \Pi - \Pi \cdot 20\% = 3451081,8 - 3451081,8 \cdot 0,2 = 2760865,44 \text{ мың теңге/жыл.}$$

Өтемділік мерзімін есептегенде дисконттауды есепке алмаймыз:

$$T = \frac{K \sum_{CT}}{ТП} = \frac{15840630}{270865,44} = 13 \text{ жыл};$$

Инвестиция жасау үшін пайданың 60 %- ы кетеді:

$$ЧП_{ИНВ} = 60\% \cdot ЧП = 0,6 \cdot 2760865,44 = 1656519,26 \text{ мың теңге/жыл};$$

Салынған капиталдың мөлшері:

$$I_0 = 158063 \text{ млн.теңге};$$

Ақшалай түсімдер:

$$CF = ЧП_{ИНВ} + I_{ao} = 54596,31 + 2130,913 = 56727,223 \text{ млн.теңге};$$

Келтірілген таза құны:

$$NVP = \sum_{t=1}^n \frac{CF}{(1+r)^n} - I_0;$$

мұндағы I_c - салынған капиталдың мөлшері млн. теңге;

r - дисконт мөлшері 10%;

n - жобаны өтеуге кететін уақыт, жыл.

Ішкі пайданың нормасы мына формуламен анықталады:

$$IRR = 1 - \sqrt[n]{\frac{CF}{I_c}};$$

$$IRR = \left(1 - \sqrt[n]{\frac{3787,432}{26636,422}} \right) \cdot 100\% = 16,37\% .$$

3.2 кесте - Таза ағымдағы құнды есептеу нәтижелері

Жыл саны	Салынған капиталдың мөлшері I_0	Ақшалай түсімдер CF, млн. тенге	$1/(1+r)^n$	Ағымдағы құны, млн. тенге
0	-158063		1	-158063
1		56727,223	0,9	-144620
2		56727,223	0,82	-138154
3		56727,223	0,75	-123745
4		56727,223	0,68	-114702
5		56727,223	0,62	-103471
6		56727,223	0,56	-80146
7		56727,223	0,52	-45072
8		56727,223	0,46	-35945
9		56727,223	0,42	-29173
10		56727,223	0,38	-18886
11		56727,223	0,35	-16902
12		56727,223	0,31	-14544
13		56727,223	0,28	-8243
14		56727,223	0,26	-6789
15		56727,223	0,23	39892

Қорытынды: объектінің өтелімділік мерзімі, дисконттауды есепке алғанда, 15 жылды, ал дисконттауды есептемегенде - 13 жылды құрайды. Есептеу барысында IRR 16,37%-ды құрады, ол пайыз мөлшерлемесіне тең. Демек, жоба тиімді. Сондай-ақ бұл станицяның құны басқа станциялармен бәсекеге түсуге қабілетті және тиімділігі жоғары.

4 Өмір тіршілік қауіпсіздігі бөлімі

4.1 АЖЭО-2 диспетчер бөлмесіндегі микроклимат параметрлерін талдау

Өндірістік бөлмелердің микроклиматы туралы пікір айтып және оны түзету бойынша қандай да бір шешімдер қабылдар алдында, белгілі бір әдіспен параметрлері бойынша оның нақты күйін «өлшеп» алу керек.

Өндірістік бөлмелері микроклиматының санитарлық ережелерге сәйкес алдын ала орнатылған көрсеткіштердің көмегімен өлшенеді. Оларға келесі көрсеткіштер кіреді:

- ауа температурасы;
- бет температурасы;
- ауаның салыстырмалы ылғалдығы;
- ауаның қозғалыс жылдамдығы;
- жылу сәулеленуінің қарқындылығы.

Яғни, аталған көрсеткіштер белгілі бір шарттарға тәуелді вариациялануы мүмкін. Нақты айтқанда, өлшенетін телімде жұмыс қай кезеңде жасалатына (суық немесе жылы) және оның қарқындылығына тәуелді болады.

Мысалы, егер жұмыс суық жыл мезгілінде орындалса және адам ағзасының үлкен энергия шығынымен байланысты емес болса (компьютерде оператордың жұмысы), бөлмедегі микроклимат параметрі келесідей болу керек: ауа температурасы $+22-24^{\circ}\text{C}$ төмен емес (бет температурасы $+21-25^{\circ}\text{C}$ төмен емес, ауаның салыстырмалы ылғалдылығы 60-40%, ауаның қозғалыс жылдамдығы 0,1 м/с). Ал егер де жұмыс жылы мезгілде және оны орындау кезінде адам ағзасы көп энергия жұмсаса (мысалы, жұмысшы «арты ауыр» өндірістік құрал-сайманды түсіру жұмысын атқарғанда), бөлмедегі температура нормасы $+18-20^{\circ}\text{C}$ шегінде өзгеру керек (бет температурасы $+17-21^{\circ}\text{C}$ жоғары емес, ауаның салыстырмалы ылғалдылығы 60-40%, ал ауаның қозғалыс жылдамдығы 0,3 м/с).

Бөлменің микроклиматы – бұл адам ағзасына тікелей әсер ететін, бөлменің ішкі ортасының жағдайы.

Өндірістік бөлме – адамдардың еңбек қызметі тұрақты (ауысым бойынша) немесе мезгілді (жұмыс күні ішінде) іске асатын арнайы тағйындалған ғимараттағы (құрылыстағы) тұйық кеңістік.

Жұмыс орны – жұмыс ауысымында немесе оның бөлігінде еңбек қызметі іске асатын бөлме телімі. Өндірістік бөлменің бірнеше телімдері жұмыс орны бола алады. Егер аталған телімдер бөлменің бүкіл жерінде орналасқан болса, онда бөлменің барлық ауданы жұмыс орны болып саналады.

Зиянды өндірістік фактор – қоршаған орта факторы, оның әсері жұмысшыда кәсіптік ауруды, уақытша немесе тұрақты жұмысқа қабілеттілігін

төмендеуін, соматикалық және жұқпалы аурудың жиілігін жоғарлатып, ағзаның репродуктивті функциясының бұзылуына әкеледі.

Жоғарыда аталған санитарлық нормалар өндірістік бөлмелердің микроклимат жағдайының нақты саралануы туралы түсінік береді. Бұл құжатқа сәйкес қоршаған орта жағдайы қолайлы және рұқсат етілген болып бөлінеді.

Қолайлы микроклиматтық жағдайлар сегіз сағаттық жұмыс ауысымы ішінде адам ағзасының функционалдық және жылулық жағдайына толық жайлылықты қамтамасыз етуімен ерекшеленеді. Бұл терморегуляция механизмінің минимал күш салуымен іске асады, және денсаулық жағдайының ауытқуының қозуын болдырмайды. Микроклиматтың қолайлы жағдайы жоғары жұмысқа қабілеттілік деңгейінің алғышарттарын тудырады және жұмыс орындар үшін оңтайлы болып табылады.

Бұл жағдайлар өндірістік бөлмелердің оператор жұмысы типтес жұмыс орындарында міндетті түрді қабылданады. Ол туралы Санитарлық ережелердің 5.2 пунктінде айтылған. Әдетте бұл жұмыстар адамның жүйке-эмоциялық күш салуымен (кабинеттегі жұмыс, технологиялық процесстерді басқару пульттары мен орындары, есептеу техникасы залдарында және т.б.) байланысты болады. Микроклиматтың қолайлы мөлшері қамтамасыз етілуі тиіс басқа да жұмыс орындары мен түрлердің тізімі өнеркәсіптің жеке салалары бойынша Санитарлық ережелермен және Госсанэпиднадзор органымен келісілген т.б. құжаттармен анықталады.

Рұқсат етілген микроклиматтық жағдайлар сегіз сағаттық жұмыс ауысымы кезеңінде адамның функционалдық және рұқсат етілген жағдайының белгісі бойынша анықталады. Олар қолайлы жағдайға қарағанда жайсыз, бірақ адам денсаулығының қандай да болмасын зақымдануына әкелмейді. Дегенмен, бірқатар жағдайларда мұндай жағдайлар ортақ немсе жергілікті жылулық жайсыздық түйсінуінің пайда болуына, жылу реттегіш механизмінің күш салынуына, хал-жайының нашарлауына және адамның жұмыс қабілеттілігінің төмендеуіне әкелуі мүмкін. Микроклиматтың рұқсат етілген көрсеткіштердің мөлшері технологиялық талаптар бойынша, техникалық және экономикалық себептермен қолайлы жағдай мөлшері қамтамасыз етілмегенде қабылданады [5]. Жекеленген бөлмелерде темір жол көлігінің қозғалыстағы құрамын жөндеу бойынша депо (мысалы, вагондар құрғату орындары) ауа температурасы мен оның ылғалдығы қолайлы мөлшерде орнатылуы мүмкін емес. Олай болмаған жағдайда технологиялық процесспен бірге шығарылып отырған өнімнің сапасы зақымданады.

Көбінесе тұрмыста өндірістік бөлмелерде (өндірістік процесстің технологиялық талаптары себебінен) қолайлы жағдайды ғана емес сонымен қатар рұқсат етілген нормативтік микроклимат көрсеткіштердің мөлшерін қабылдау мүмкін емес. Бұл жағдайда микроклимат жағдайын *зиянды* және *қауіпті* деп қарастыру керек. Мысал ретінде әртүрлі өндірістік кәсіпорындардағы болат балқытушы немесе лак және бояу жасау цехтарында жүретін жұмыстарды келтіруге болады. Бұл жағдайда жұмыскер ағзасына

микроклиматтың кері әсерін алдын алу үшін жұмыс беруші арнайы шаралар қолдану қажет.

Мысал, нан-тоқаш өнімдерін пісіретін екі қондырғысымен жабдықталған шағын наубайхана бөлмесінде микроклимат көрсеткіштері (технологиялық себептермен) рұқсат етілген нормадан жоғары болып тіркелген. Жылы мезгілде бөлмедегі ауаның фактілі температурасы $+29^{\circ}\text{C}$ ($+20-21,9^{\circ}\text{C}$ рұқсат етілген), ал бет температурасы $+35^{\circ}\text{C}$ ($+24,1-28,0^{\circ}\text{C}$ рұқсат етілген) жетеді. Зиянды факторлардың кері әсерін өтеу үшін наубайхана әкімшілігі себезгі кабинасы бар қосалқы бөлмемен жабдақтады, сонымен қатар жұмыскерлер үшін жұмыс уақытында өтетін демалуға қосымша үзілісті белгіленді.

Өндірістік бөлмелерде микроклимат жағдайын кім бақылау керек. Бұл қиын және көп еңбекті талап ететін жұмыс тек сол саланың мамандығының қолынан келеді. Яғни, қоршаған ортаның зияндылық факторын аспаптын көмегімен өлшеу маманы. Қатардағы қызметкер мұндай мәселені орындай алмайды [6].

Бітіру жұмысының тақырыбына сәйкес, микроконтроллерлік кешен негізінде ғимараттың климаттық-бақылау жүйесін жете зерттеу қажет. Конденсацияланатын бөлме үшін жылулық және ылғалдылық балансын құру жылыту-вентиляция техникасында қабылданған ортақ әдіспен жүргізіледі. Мұнда бөлменің ауа ортасының күйінің өзгеруіне әсер ететін барлық факторлар ескерілуі керек. Әр-түрлі мақсаттағы бөлмелерде екі негізгі жүктеме категориясы болады:

- бөлменің сыртында пайда болытын, жылулық жүктемелер (сыртқы);
- бөлменің ішінде пайда болатын, жылулық жүктемелер (ішкі).

Сыртқы жылулық жүктемелер келесілерден тұрады:

- температураның айырмашылығынан пайда болатын жылудың жоғалуы немесе пайда болуы;
- есіктер, едендер, терезелер, төбе мен қабырғалар арқылы ғимараттың сырты мен іші;
- жылулық сәулелену арқылы жылу берілуі;
- сыртқы вентиляциялану ауасы.

Ішкі жылулық жүктемелер негізінде төмендегілерден тұрады:

- адамдар бөліп шығаратын, жылудан;
- жарықтандырғыш және электр тұрмыстық аспаптар бөліп шығаратын, жылудан (тұрғын үй-жайларда);
- жұмыс істеп тұрған аспаптар мен қондырғылардан бөлініп шығатын, жылудан.

Аталған барлық ішкі жылулық жүктемелер әрқашан оң болып табылады. Соныдықтан жаз кезеңінде олар жойылуға тиіс, ал қыста соның есебінен жылыту аспаптарын орнатуға жүктемелер төмендейді.

Есептеулердің жаз және қыс режимдерінде жүргізу керек.

Бөлмеге қажетті жіберілетін ауаның көлемі келесі формуламен анықталады:

$$G = \frac{Q_{арт}}{c \cdot (t_{\sigma} - t_{км})}, \quad (4.1)$$

мұндағы $Q_{арт}$ – әртүрлі жылу көздерінен таралатын, анық (артылған) жылу көлемі, кДж/сағ;
 c – ауаның салмақтық жылу сыйымдылығы, кДж/(кг С);
 t_{σ} және $t_{км}$ – сәйкесінше бөлмедегі және келіп түскен ауаның температурасы.

$Q_{арт}$ артылған жылу: адамнан келіп түсетін жылудан $Q_{адам}$, жарық жылуынан $Q_{жарық}$, бөгеттер арқылы жылудың шоғырлануы $Q_{бөгет}$ мен жоғалуынан тұрады.

Адамнан келетін жылу келесі формуламен есептеледі:

$$Q_{адам} = N \cdot Q_{1адам}, \quad Вт, \quad (4.2)$$

мұндағы N – залдағы адамдар саны;

$Q_{1адам}$ – бір адамнан қоршаған ортаға келіп түсетін жылу.

25⁰С температурада (жазда), $Q_{1адам} = 58 \text{ Вт}$, онда

$$Q_{адам} = 960 \cdot 58 \text{ Вт} = 55,68 \text{ кВт};$$

18⁰С температурада (қыста), $Q_{1адам} = 128 \text{ Вт}$, онда

$$Q_{адам} = 960 \cdot 128 \text{ Вт} = 122,88 \text{ кВт}.$$

Жарықтан келетін жылудың түсуін есептеу:

$$Q_{жарық} = \eta \cdot N_{жарық}, \quad Вт; \quad (4.3)$$

мұндағы η – электр энергияның жылу энергиясына өту коэффициенті ($\eta=0,5$);

$Q_{жарық}$ – шамдардың орнатылған қуаты ($2Q_{жарық}=70 \text{ Вт/м}^2$), бөлменің ауданы $486,2 \text{ м}^2$.

$$Q_{жарық} = 0,5 \cdot 70 \text{ Вт/м}^2 \cdot 486,2 \text{ м}^2 = 17,1 \text{ кВт}.$$

Қоршаудан келетін жылудың түсуін (жоғалуы) есептеу:

$$Q_{\text{бге}} = V_{\text{б}} \cdot x_0 \cdot (t_{\text{с.всеп}} - t_{\text{і.всеп}}), \text{Вт}, \quad (4.4)$$

мұндағы $V_{\text{бөл}}$ – бөлменің көлемі, м^3 ;

x_0 – меншікті жылулық сипаттама, $\text{Вт} / \text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C}$.

Ғимараттың құрастырылымының ерекшелігін ескере отырып, бөгеттер арқылы келетін (жоғалатын) жылудың көлемін есептеу мүмкін емес, өйткен олардың мәні кіші болады. Берілген мәндерді алғашқы формулаға қоя отырып:

Жаз мезгілі үшін ауа алмасуы:

$$G = \frac{17,1\text{кВт} + 83,3\text{кВт}}{1,17\text{кДж} / \text{кг}^\circ\text{C} \cdot 10^0\text{C}} = 9,3 \text{ кг} / \text{с} = 33600 \text{ кг} / \text{сағ} = 28000 \text{ м}^3 / \text{сағ};$$

Қыс мезгілі үшін ауа алмасуы:

$$G = \frac{17,1\text{кВт} + 128\text{кВт}}{1,17\text{кДж} / \text{кг}^\circ\text{C} \cdot 10^0\text{C}} = 12,73 \text{ кг} / \text{с} = 45821 \text{ кг} / \text{сағ} = 38184 \text{ м}^3 / \text{сағ}.$$

4.2 Ашық тарату құрылғыларын найзағайдан қорғау шаралары

Найзағайдан қорғау жүйесі (НҚЖ) – бұл найзағай әсерінен ғимараттар мен құрылыстардың, адамдардың қауіпсіздігін, қондырғының сенімді жұмысын қамтамасыз ететін қорғаушы іс-шаралардың кешені.

Ғимараттар мен құрылыстарды найзағайдан қорғау құралдары кешеніне: сыртқы НҚЖ – найзағайдың тікелей соққысынан (НТС) қорғау құралдары және ішкі – найзағайдың екінші ретгі соққысынан қорғау құралдары (қорғалатын объектілерді электромагниттік өріс әсерін шектейтін және олардың ішінен ұшқындануын алдын алатын) жатады.

Қорғалатын объектілер қалыпты және арнаулы болып екіге бөлінеді. Қалыпты – бұл әкімшілік, өндірістік және тұрғын үй құрылыстары, сонымен қатар биіктігі 60 м аспайтын ғимараттар мен құрылыстар. Арнаулы – бұл әлеуметтік, физикалық және тікелей қоршаған ортаға қауіпті объектілер, сонымен қатар биіктігі 60 м асатын құрылыстар.

Әдеттегі қорғалатын объектілер НТС-нан қорғайтын қажетті төрт сенімділік деңгейінің біріне жатады (4.1 кесте).

4.1 кесте – Қарапайым нысандар үшін НТС-нан қорғаныс деңгейлер

Қорғаныс деңгейі	НТС-нан қорғау сенімділігі
I	0,98
II	0,95
III	0,90
IV	0,80

Сенімділік: $P_z = 1 - P$, мұнда P – жайтартқышпен қорғалатын объектінің найзағаймен бұзылуының шекті рұқсат етілген мүмкіншілігі.

Арнаулы объектілер үшін НТС-нан қорғау сенімділігінің минималды шекті деңгейі 0,9-0,999 аралығында, НТС-ның зардабының күрделілігіне және ортақ маңыздылығының дәрежесіне байланысты қабылданады.

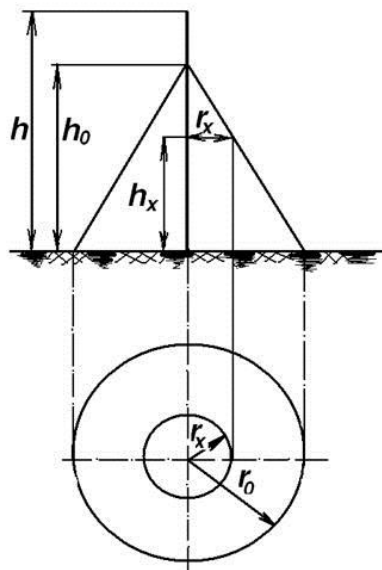
4.2.1 Ашық тарату құрылғыларын найзағайдын тікелей соққысынан қорғау

Ашық тарату құрылғылар (АТҚ) қондырғыларын НТС-нан өзекшелі және арқан-сым жайтартқыштары көмегімен қорғалады. Соңғысы көбінесе үлкен ұзақтықты шиналарды қорғауда қолданады.

Өзекшелі жайтартқыштар жермен жалғанған, қорғалатын нысандардан асқақ орналасқан, тік метал өзекшелері (найзағай қабылдағыш) түрінде жасалады. Найзағай қабылдағыштын минимал қимасы: болат – 50 мм^2 , алюминий - 70 мм^2 және мыс үшін - 35 мм^2 құрайды.

Найзағайдын биік нысандарды талғамалы тиіуі жайтартқыштын қорғаушы әсерімен байланысты. Жайтартқыштың қорғаныс аймағы деп берілген мөлшерден аспайтын, толықтай соның көлемінде орналасқан нысанаға найзағайдың соғуының ықтималдығымен айқындалатын, геометриялық жайтартқыштың бойымен қоршалған кеңістікті айтады.

Биіктігі h жалғыз өзекшелі жайтартқыштың қорғаныс аймағы $h_0 < h$ биіктікті дөңгелек конус болып табылады (4.1 сурет).



4.1 сурет – Жалғыз өзекшелі жайтартқыштың қорғаныс аймағы

Аймақтың габариті екі параметрмен анықталады: h_0 конус биіктігімен және r_0 жер деңгейінен конус радиусымен, және олар 4.2 кестеде көрсетілген эмпирикалық формулалармен табылады.

4.2 кесте – Жалғыз өзекшелі жайтартқыштың қорғаныс аймағын есептейтін формулалар

Қорғаныс сенімділігі, P_3	Жайтартқыш биіктігі h , м	Конус биіктігі h_0 , м	Конус радиусы r_0 , м
0,9	0–100	0,85 h	1,2 h
	100–150	0,85 h	$[1,2-(h-100)] h$
0,99	0–30	0,80 h	0,80 h
	30–100	0,80 h	$[0,8-1,43 \cdot (h-30)] h$
	100–150	$[0,8-(h-100)] h$	0,70 h
0,995	0–30	0,72 h	0,70 h
	30–100	0,72 h	$[0,7-1,43 \cdot (h-30)] h$
	100–150	$[0,68-(h-100)] h$	$[0,6-2 \cdot (h-100)] h$
0,999	0–30	0,70 h	0,60 h
	30–100	$[0,7-7,14 \cdot (h-30)] h$	$[0,6-1,43 \cdot (h-30)] h$
	100–150	$[0,65-(h-100)] h$	$[0,5-2 \cdot (h-100)] h$

h_x биіктіктегі қорғалатын нысанның r_x қорғаныс зонасының радиусы келесі формуламен анықталады:

$$r_x = 1,6ph \frac{h-h_x}{h+h_x} = 1,6p \frac{h-h_x}{1+h_x/h}, \quad (4.5)$$

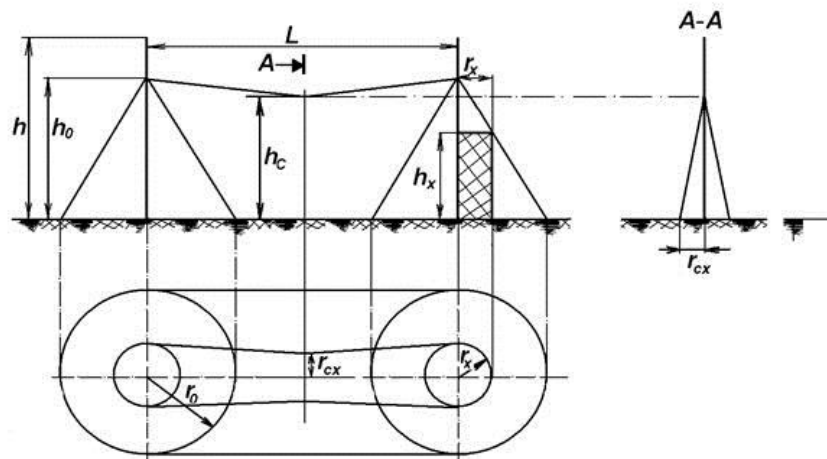
4.1 суретте, қорғалатын нысанның биіктігі артқан сайын және жайтартқыштан алшақ орналасқан сайын, жайтартқыш одан да биік болуы керек. Қосалқы станция және АТҚ территориясы үлкен болғанымен, оны тек жайтартқыштын көмегімен қорғау әдетте мүмкін емес. Сондықтан жайтартқыштар саны АТҚ ауданына және ондағы қондырғылардың өзара орналасуына тәуелді болады.

Жалғыз жайтартқышпен салыстырғанда, анағұрлым үлкен ортақ қорғаныс аймағын құрайтындай екі немесе одан көп жайтартқыштарды орналастыруға болады (4.1 сурет).

Егер өзекшелі жайтартқыштар арасындағы арақашықтық L эмпирикалық формула бойынша анықталатын L_{\max} шекті шамасынан аспайтын болса, онда жайтартқыш қос болып саналады (4.3 кесте).

$L > L_{\max}$ шартында жайтартқыштар ортақ қорғаныс зонасын құрмайды және дара болып саналады. L_c анық мәнінен L арақашықтығы кем болғанда (4.2 кесте), қорғаныс аймағы шегінің иілуі болмайды, яғни $h_c = h_0$. $L_c \leq L \leq L_{\max}$ арақашықтығы үшін h_c биіктігі келесі формуламен анықталады.

$$h_0 = h - \frac{a}{7p}. \quad (4.6)$$



4.2 сурет – Қос өзекшелі жайтартқыштың қорғаныс аймағы

4.3 кесте – Қос өзекшелі жайтартқыштың қорғаныс аймағын есептеу формулалары

Қорғаныс сенімділігі, P_3	Жайтартқыш биіктігі h , м	L_{max} , м	L_c , м	$h_{п}$, м
0,9	0-30	$5,75 h$	$2,5 h$	$L_c / 2,5$
	30-100	$[5,75 - 3,57 \cdot (h - 30)] h$	$2,5 h$	$L_c / 2,5$
	100-150	$5,5 h$	$2,5 h$	$L_c / 2,5$
0,99	0-30	$4,75 h$	$2,25 h$	$L_c / 2,25$
	30-100	$[4,75 - 3,57 \cdot (h - 30)] h$	$[2,25 - 0,0107 \cdot (h - 30)] \cdot h$	120 -
	100-150	$4,5 h$	$1,5 h$	$L_c / 1,5$
0,995	0-30	$4,35 h$	$2,25 h$	$L_c / 2,25$
	30-100	$[4,35 - 3,57 \cdot (h - 30)] h$	$[2,25 - 0,0107 \cdot (h - 30)] \cdot h$	120 -
	100-150	$4,15 h$	$1,5 h$	$L_c / 1,5$
0,999	0-30	$4,25 h$	$2,25 h$	$L_c / 2,25$
	30-100	$[4,25 - 3,57 \cdot (h - 30)] h$	$[5,75 - 3,57 \cdot (h - 30)] \cdot h$	120 -
	100-150	$4,0 h$	$1,5 h$	$L_c / 1,5$

Кестеде көрсетілген L_{max} және L_c шекті арақашықтығы биіктігі 150 м дейін жететін жайтартқыштарға сәйкес келеді.

Жайтартқыш аймағының құлап түсуі болмас үшін келесі шарттың орындалуы қажет.

$$L \leq L_c. \quad (4.7)$$

$L = L_c$ мәні берілсе, онда жайтартқыштың шекті биіктігі $h_{ш}$ (1.3) шарты орындалғанда, 4.3 кесетте көрсетілген формуламен анықталады.

Қорғаныс аймағының көлденең қимасының мөлшері барлық сенімділік деңгейлері үшін ортақ формуламен анықталады.

$h_c \leq h$ биіктікте, жайтартқыштар арасындағы арақашықтық ортасындағы көлденең қимасының жартылай ені төменгі формуламен анықталады:

$$r_{0x} = 1,6p \frac{h - h_x}{1 + h_x / h_x}. \quad (4.8)$$

110 кВ және одан жоғары – АТҚ-да, әдетте жайтартқыштарды сызықты, трансформаторлы және т.б порталдарда орнатады. Дегенмен, келесі шектеулерді ескереу қажет.

Егер найзағай мезгілінде жердің эквиваленттік кедергісі 500 Ом·м аспайтын АТҚ-35 кВ үшін және 1000 Ом·м жоғары АТҚ-110 кВ үшін өзекшелі жайтартқыштар АТҚ порталдарында орнатылады. Бұл мәндерден асқан жағдайда АТҚ немесе ҚС жерлендіргіш құрылғының ауданы 1000 м² кем болмауы тиіс.

Аталған шарттар орындалмаған жағдайда жайтартқыштар бөлек тұратын болып жасалады.

АТҚ және ҚС найзағайдың тікелей соққысынан қорғау үшін есептеудің келесі реті ұсынылуы мүмкін.

1) Электрлік бірігулердің басты сұлбасына сәйкес, негізгі өлшемдері көрсетілген және негізгі ұяшықтары бойынша қорлары бар қабылданған типтік ТҚ жоспарын немесе толтырылу сұлбасын салады;

2) Найзағайдың тікелей соққысынан қорғанысты қажет ететін, едәуір жоғары орналысқан АТҚ объектілері алынады, бұл биіктігі $h_x = 23$ м иілгіш шиналар;

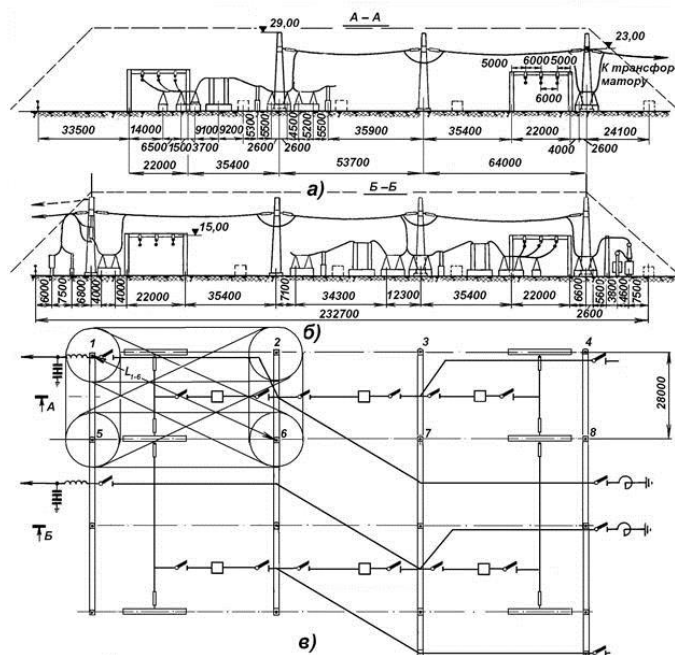
3) Жайтартқыштарды орнату орындарын порталдарда болжалдап таңдайды (4.3 сурет, 1-2-3-4 және т.б. нүктелер);

4) 4.3 суретте (1-2-6-5 нүктелері) жайтартқыштарды орнату нүктелерінен пайда болған ең үлкен тік төртбұрышты таңдайды;

5) Сол тік төртбұрыштың өлшемі арқылы диагоналін анықтайды (L1-6);

6) 4.3 кестеден $P_3=0,995$ қорғаныс ықтималдығы үшін, өзара арақашықтығы L1-6 болатын екі өзекшелі жайтартқыштың қорғаныс аймағында құлаудың болмауын қамтамасыз етін жайтартқыштың $h_{ш}$ шекті биіктігін анықтайды;

7) 4.3 кесте бойынша жайтартқыш биіктігін $h=h_{ш}$ қабылдап, жеке өзекшелі жайтартқыштың h_0 және r_0 қорғанысы үшін жалғыз конустың параметрлерін анықтайды;

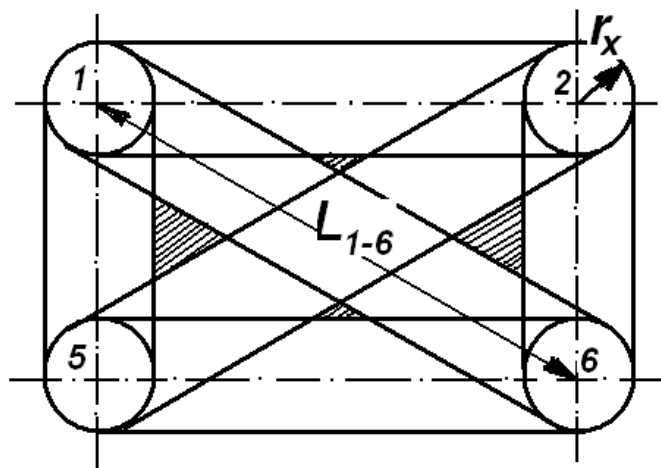


а) –трансформатор ұяшығы бойынша қимасы; б) –желі ұяшығы бойынша қимасы;
в) –толтыру сұлбасы

4.3 сурет – Ажыратқыштары үш қатарлы орналасқан, сымда бір жарым ажыратқыштары бар 500 кВ АТҚ

8) (4.8) формула бойынша h_x биіктіктегі жалғыз жайтартқыштың қорғаныс аймағының радиусын r_x табады (4.3 сурет үшін $3 \cdot h_x = 23$ м);

9) Қарастырылып отырған 1,2,6,5 жйатартқыштар үшін h_x биіктіктегі қорғаныс аймағының қимасын құрады (4.4 сурет);



4.4 сурет - h_x биіктіктегі төрт өзекшелі жайтартқыштардың қорғаныс аймағы

Егер h_x биіктікте төрт өзекшелі жайтартқыштардың қорғаныс аймағының қимасында құлау болса (4.4 суретте штрихталған аймақтар), онда

h жоғарлатып, қорғаныс аймағын құру мен есептеуді қайтау керек. h порталдын биіктігінен анағұрлым асқан жағдайда (жайтартқыштар биіктігі 10 м аса), порталдарға қосымша жайтартқыштарды орнату қажет. Егер ондай жағдай болмаса, жеке тұратын жайтартқыштарды орнату орындарын таңдау қажет.

10) (1,2,6,5 нүктелерінде) жайтартқыштар орнатылған орындармен шектелген, барлық ауданның қорғанысына жеткенде, h_x биіктігінде АТҚ қорғаныс аймағының толық қимасын құрады.

11) АТҚ қимасында қорғаныс аймағын сызады. Егер қорғаныс аймағына жабдықтың кейбір түрлері кірмеген жағдайда, мысалы, тұйықтағыш реакторлар немесе күштік трансформаторлар, онда оларды прожекторлық дінгектерде немесе бөлек тұратындай жайтартқыштармен қосымша қорғайды.

Егеп өзекшелі жайтартқыштардың қорғаныс аймағы АТҚ барлық территориясын қамтымаса, онда шиналауда орналасқан қосымша арқаннан жасалған жайтартқыштарды қолданады.

4.3 Электр бөлмесіндегі ауа алмасуына және оның еселігіне есеп жүргізу

Өндірістік бөлмеде артық жылудың және зиянды заттардың (мысалы, көміртек тотығы СО) бөлініп шығу шарты орындалатын, ортақ ауа алмасу қажеттілігі үшін ағындық ауаның көлемін есептеу.

Механикалық вентиляция жүйесінің ең ауыр жұмыс режимі ретінде, жылы мезгіл үшін төменде келтірілген ауа алмасуын есептеуі «Жылыту, вентиляция және ауаны жақсарту. Жобалау нормалары» СНиП 2.04.05-91 сәйкес келтірілген.

4.3.1 Зиянды заттардың бөлініп шығу шартынан ауа алмасуын есептеу

$$L_g = \frac{G_{gp}}{q_{пдж} - q_{п}}, \quad (4.9)$$

мұндағы L_g – қабылданған механикалық вентиляция сұлбасына сай, ағындық немесе жойылған ауа көлемі, м³/с;

G_{gp} – өндірістік бөлмеде бөліп шығарылатын зиянды заттардың көлемі, мг/с;

$q_{пдж}$ – бөлмеде рұқсат етілетін зиянды заттардың шекті шоғырлануы, мг/м³. «Жұмыс аймағының ауасына қойылатын ортақ санитарлы-гигиеналық талаптар» ССБТ ГОСТ 12.1.005-88 анықталады;

$q_{п}$ – бөлмеге жіберілетін сыртқы ауадағы зиянды заттардың шоғырлануы мг/м³ $q_n = 0,3 \cdot q_{пдж}$.

Жұмыс зонасы ауасына біруақытта бірнеше зиянды заттарды бөліп

шығаруында, есептеулер қайсысы ең үлкен көлемде таза ауаның жіберілуін талап ететін, сол зиянды зат бойынша жүргізіледі.

Мысалы, термиялық цехтарда табиғи газда жұмыс істейтін шынықтыру агрегаттарында, жұмыс зонасының ауасы көміртек оксидімен (СО) ластанады. Жұмыс зонасының ауасына түсетін көміртек оксидінің көлемі төменгі формуламен анықталады.

$$G_{CO} = B \cdot \beta \cdot \frac{p}{100}, \text{ кг/ч}, \quad (4.10)$$

мұндағы B – табиғи газдың шығыны, кг/ч;
 β – 1 кг отынды жаққанда түзетін, қайтатын газдардың көлемі кг/кг (газ пештері үшін 15 кг/кг);
 p – қайту газдардың құрамындағы СО пайыздық құрамы (3-5%).

Табиғи газдың шығыны:

$$B = \alpha \cdot K_p \cdot \sqrt{N}, \text{ кг/ч}, \quad (4.11)$$

мұндағы α – 1 кВт қуатта отынның меншікті шығыны, 0,58кг/кВт·сағ;
 K_p – жану процессін реттеу мен жылытуды ескергенде пештің жұмыс режимінің коэффициенті 1,2-1,5 тең деп қабылданады;
 N – пештің қуаты, кВт.

4.3.2 Айқын артық жылудың бөлінуі шартынан ауа алмасуды есептеу

Өндірістік бөлмеде айқын артық жылудың бөлінуі кезінде ағындық (жойылған) ауаның көлемі артық жылудың компенсациясы шартынан анықталады:

$$L_g = \frac{Q_a}{C_g \cdot \rho_g \cdot (t_{y0} - t_n)}, \text{ м}^3/\text{с}. \quad (4.12)$$

мұнда Q_a – өндірістік бөлмеде айқын артық жылу, Вт.

Бөлмеге түсетін айқын жылу мен бөлмеден шығатын жылудың көлемдері арасындағы айырмашылық келесі формуламен анықталады:

$$Q_a = q \cdot V, \text{ Вт}, \quad (4.13)$$

мұндағы q – айқын жылудың меншікті артықшылығы, Вт/м³. Суық цехтарда (механикалық, құрастыратын және т.б.) айқын жылудың меншікті артықшылығы $q=23 \text{ Вт/м}^3$ кем емес. Ыстық цехтарда (құю, темір ұста,

илемдеу, термиялық, қазандық және т.б.) айқын жылудың меншікті артықшылығы бағалау жұмыстарда $100\div 200 \text{ Вт/м}^3$ болып қабылданады, ал нақты есептеулерде жылуды ескергенде $Q_{\text{я}}$ барлық энергетикалық жабдықтар шығаратын жылуды ескеріп, анықтайды.

V – өндірістік бөлменің көлемі, м^3 ;

$C_{\text{ө}}$ – ағындық ауаның массалық жылу сыйымдылығы, $1000 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$;

$\rho_{\text{ө}}$ – ағындық ауаның тығыздығы, $1,2 \text{ кг/м}^3$;

$t_{\text{yд}}$ – бөлмеден жойылатын ауаның температурасы, келесі формуламен анықталады:

$$t_{\text{yд}} = t_{\text{норм}} + \Delta t \cdot (H - 2), \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (4.14)$$

мұндағы $t_{\text{норм}}$ – бөлменің нормаланатын температурасы ГОСТ 12.1.005-88 бойынша жылы мезгіл үшін орындалатын жұмыстың ауырлық категориясына байланысты таңдалады;

Δt – өндірістік емес бөлме үшін қабылданатын температура градиенті, $0,5 \text{ град/м}$, ал өндірістік бөлмелер үшін $1,5 \text{ град/м}$;

H – еденнен тартып алатын ойыққа дейінгі арақшықтық, м ;

$t_{\text{н}}$ – ағындық ауаның температурасы. Жұмыс зонасында нормаланатын рұқсат етілген температурадан $5\div 8 \text{ } ^\circ\text{C}$ төмен қабылданады.

Көлемі V бөлмедегі тығыз емес өндірістің жұмыс істеу аймағындағы ауаның қозғалу жылдамдығы нормаға сәйкес келетінің анықтау керек. Вентиляциялық жүйенің қысқа сипаттамасын, яғни энергия бөлмесіндегі қолданылуларын көрсету керек.

Берілгені:

$V=150 \text{ м}^3$;

$G_{\text{зиян}}=20,6 \text{ г/сағ}$ – көміртек оксид – заты;

$q_{\text{II}}=2,0 \text{ мг/м}^3$;

$q_{\text{ПДК}}=20 \text{ мг/м}^3$.

Шешімі:

$L_{\text{ө}}$ ($\text{м}^3/\text{сағ}$) ауа алмасуын (4.15) формула бойынша есептейміз: Электр бөлмесіндегі ауа алмасуына және оның еселігіне есеп жүргізу үшін: $G_{\text{зиян}}$ жұмыс істеу аймағындағы әр сағат сайын түсіп отыратын г/сағ немесе кг/сағ зиянды заттың мөлшері (сәйкесінше аударылмалы коэффициенттер 103 немесе 106- мен көрсетіледі) біздің жағдай үшін 103 коэффициентімен есептейміз. $q_{\text{ПДК}}$ – зиянды зат тұтынушыларының шектеуші мүмкіндігі мг/м^3 , яғни көміртек оксидінің ПДК 20мг/м^3 болады.

$$L_{\text{ө}} = \frac{20,6}{20 - 2} = 1444,4 \text{ м}^3/\text{м}^3; \quad (4.15)$$

Электр бөлмесіндегі көрсетілген барлық бөлме көлемінде 1 сағаттағы ауа алмасуының еселігін есептейміз:

$$L_g = \frac{1444,4}{150} = 7,62 \text{ 1/сағ.}$$

Ауа алмасуының еселігін ауаның қозғалу жылдамдығына байланысты есетейді. Егер ауаның еселігі 1 сағатың ішінде 3-5 есе көтеріліп тұрмаса, қозғалу жылдамдығы өз қалпына келіп отырады. Бұл есепте ауа еселігі 7,62 1/сағ, жұмыс істеу аймағындағы ауаның қозғалу жылдамдығы өз қалпына келіп тұрады. Электр бөлмесіндегі немесе өнеркәсіптегі вентиляциялық жүйенің қысқа мәліметтер.

Қорытынды

Бұл дипломдық жұмыста АЖЭО-2 станциясының қоздыру жүйесіне талдау жасалып, жаңадан қолданысқа еңгізілген UNITROL-5000 қоздыру жүйесінің орнатылуының артықшылықтары қарастырылған. Сонымен қатар, АЖЭО-2 қоздыру жүйесінің іске қосылуы, диодтық тәуелсіз және UNITROL-5000 қоздыру жүйесіне салыстырулар жүргізілген.

Электрлік бөлімде ЖЭО сұлбасы және негізгі электрлік жабдықтары, барлық коммутациялық аппараттары таңдалып, қысқа тұйықталу токтары есептелінді.

Экономикалық бөлімде станцияның капитал мөлшері, шығын мөлшері, өзіндік құны есептелген. Басқа станциялармен басекелесуге қабілеттілігін анықталып, өтемділік мерзімін ескере отырып станция салынуының тиімділігі қарастырылған.

Өміртіршілік қауіпсіздігі бөлімінде АЖЭО-2 диспетчер бөлмесіндегі микроклимат параметрлері, ашық тарату құрылғыларын найзағайдан қорғау шаралары есептеулері жүргізілген.

Әдебиеттер тізімі

- 1 Хожин Г.Х. Электроэнергетика (Электр станциялары). Оқулық. Қазақстан Республикасының білім және ғылым министрлігі бекіткен. ЖШС РПБК «Дәуір», Алматы, 2014.
- 2 www.abb.com
- 3 Хожин Г.Х. Электрическая часть электростанций. Учебное пособие АЭИ, Алматы, 1995., 75с
- 4 Л.Д.Рожкова, В.С.Козулин Электроорудование станций и подстанций: Учебник для техникумов.- 3-е изд., перераб. и доп.-М.: Энергоатомиздат, 1987.- 648 с.:ил.
- 5 Производственная инструкция по эксплуатации резервного возбуждения. Электрический цех ПИ-ТЭЦ-2-ЭЦ-017
- 6 Дюсебаев М.К. Охрана труда и безопасность жизнедеятельности.- А.,2011
- 7 Еңбекті қорғау және өміртіршілік қауіпсіздігі негіздері. Дәрістер жинағы.-А.,2007
- 8 Л.Ш. Валиева, А.А. Жакупов. Организация и планирование производства. Управление предприятием. Методические указания к курсовой работе (для специальности 10,02 всех форм обучения). – Алма-ата: АЭИ, 1989.
- 9 Хожин Г.Х. Электрическая часть электростанций. Учебное пособие АЭИ, Алматы, 1995., 75с
- 10 <http://www.vsoyuz.com/ru/produkcija/cb/generatornye-vyklyuchateli/vgg-10.htm>
- 11 Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Эл. часть станций и подстанций. М.: Энергоатомиздат, 1989 г.
- 12 Л.Ш.Валиева, А.А. Жакупов. Организация и планирование производства. Управление предприятием. Методические указания к курсовой работе (для специальности 10,02 всех форм обучения). – Алма-ата: АЭИ, 1989.
- 13 Хожин Г.Х., Соколов С.Е., Кузембаева Р.М. Электрические станции и подстанции, Методические указания к выполнению расчетно- графической работы №1 для всех форм обучения специальности 050718- Электроэнергетика, Алматы, АИЭС: 2009., 39с.