ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Коммерциялық емес акционерлік қоғамы

АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ

_____

кафедрасы

«Қорғауға жіберілді»
Кафедра меңгерушісі

_____
(аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)
_____ «_____» _____ **20___ ж.**
(қолы)

ДИПЛОМДЫҚ ЖОБА

Тақырыбы: 110 кВ электр торапторындағы өткізгіштік қабілетін арттыру

мамандығы бойынша

Орындаған Алпысбай Жанболат Бейбітұлы ЭССк-12-1
(аты - жөні) (тобы)

Жетекші т.ғ.к, профессор Орынова Ж.К.
(аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

Кеңесшілер:

Экономикалық бөлім бойынша :
э.ғ.к, профессор Жакупов А.А.
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)
_____ «27» 05 20 16 ж.
(қолы)

Өмір тіршілігі қауіпсіздігі бойынша:
доцент Абдимуратов Ж.С.
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)
_____ «06» 05 20 16 ж.
(қолы)

Мөлшер бақылаушы:
оқытушы Сокольева Ю.С.
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)
_____ «31» 05 20 16 ж.
(қолы)

Пікір жазушы :
Естаева Е.З.
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)
_____ «_____» _____ 20___ ж.
(қолы)

Алматы 2016

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Коммерциялық емес акционерлік қоғамы

АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ

Электр энергетикасы факультеті
5В071800 мамандығы
Электр станцияларды, торапторы және жүйелері кафедрасы

жобаны орындауға берілген

ТАПСЫРМА

Студент Алпысбай Жанболат Бейбітұлы
(аты - жөні)

Жоба тақырыбы 110 кВ электр торапторындағы өткізгіштік қабілетін арттыру.

ректордың «19» 10. 2015 №148 бұйрығы бойынша бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі: «01» 06 2016 ж.

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

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

1. ЭЖ өткізгіштік қабілетін жоғарылату құралдары
2. ЭЖ сымдары үшін механикалық есептеулер
3. Сымдардың механикалық тербелгіштігін есептеу
4. Әуе ЭБЖ өткізгіштік қабілетін жоғарылату ж/е жаңа маркадағы сымдарды қолдану
5. Өмір тіршілік қауіпсіздігі
6. Экономикалық бөлім

Сызба материалдарының (міндетті түрде дайындалатын сызуларды көрсету) тізімі

Негізгі ұсынылатын әдебиеттер

1. Идельчик. В. И. Электрические системы и сети: Учебник для вузов. М.: Энергоатомиздат, 1989
2. Справочник по проектированию электрических систем под ред. С.С. Рокотяна и И.М. Шапиро, 1985
3 Блок В.М. Пособие к курсовому и дипломному проектированию для эл. энергетических специальностей
4. Подпоркин Г. Изоляторы, разрядники и вводы // Новости электротехники. 2002. №4
5. Правила устройства электроустановок. - М. Изд-во ДЕАН, 2001г.

Жоба бойынша бөлімшелерге қатысты белгіленген кеңесшілер

бөлімшелер	кеңесші	мерзімі	қолы
Экономика бөлімі	Шеховцева	27.05.16.	
ӨТҚ бөлімі	Абдимуратов Н.	06.05.16.	
Негізгі бөлімі	Ортанова Ж.К.	30.05.16	

Диплом жобасын дайындау

КЕСТЕСІ

№ р/с	Тарау аттары, әзірленетін сұрақтардың тізімі	Жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескерту
1	Дипломдық жобаның тақырыбын анықтау.	19.10.2015	
2.	Тақырып бойынша нормативтік көліметтер және әдебиеттер тізіміне ену	16.11.2015	
3.	Зерттеу тапсырмалары мен нұсқаның тақсатын тағ	30.11.2015	
4	Негізгі бөлімдер мен графикалық материал. жину	7.12.2015	
5.	ЭЖ өткізгіштік қабілетін ж-у	7.01.2016	
6.	ЭЖ сымдарының жұмыс сенімділігіне механ-к есеп-р	10.02.2016	
7.	Әуе ЭБЖ өткізгіштік қабіл-н жоғарылату ж/е жаңа маркадағы сымдарды таңдау.	23.03.2016	
8.	Өмір тіршілік қауіпсіздігі	11.04.2016	
9.	Экономикалық бөлім	18.04.2016	
10.	Графикалық бөлімді реттеу.	2.06.2016	

Тапсырманың берілген уақыты «_____»_____20 16 ж.

Кафедра меңгерушісі _____ Утбетхулов С.К., т.ғ.к, доцент
(қолы) (аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

Жоба жетекшісі _____ Ертаева Ж.К., т.ғ.к.
(қолы) (аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

Орындалатын тапсырманы қабылдаған студент _____ Алпысбай Н.Б.
(қолы) (аты -жөні)

Андатпа

Дипломдық жобада 110 кВ электр тораптарының өткізгіштік қабілетін тораты дамыту және болжамдағы қуат теңгерімдерін ескеру арқылы жоғарылату сұрақтар қарастырылған. Бұл мәселені шешу жолдарының бірі жаңа маркадағы жоғары температуралы ықшамды сымдарды қолдану болып табылады.

Жобада өткізгіштік қабілеті жоғары сымдардың және АС маркасындағы кейбір сымдардың экономикалық және техникалық көрсеткіштеріне салыстыру жүргізілген, электр беріліс желілерінің сымдарының мұз қату мәселелеріне талдау жасалған, физоко-механикалық сипаттамалары келтірілген, сымдар мен арқансымдардың механикалық төзімділігіне есептеулер жүргізілген.

Техника-экономикалық көрсеткіштері және өміртіршілік қауіпсіздігі мәселелері қаралып, бірқатар есептердің шешімі келтірілген.

Аннотация

В дипломной работе рассмотрены вопросы повышения пропускной способности в электрических сетях 110 кВ с учетом прогнозируемых балансов мощности и развития сети. Одним из путей решения данной проблемы является применение высокотемпературных, компактных проводов новых марок.

В работе произведено сравнение технических и экономических показателей проводов повышенной пропускной способности и некоторых проводов АС, дан анализ современного состояния проблемы обледенения проводов линий электропередач, определены физико-механические характеристики, произведены расчеты провода и троса на механическую прочность.

Проведен расчет технико-экономических показателей и решение ряда вопросов по безопасности жизнедеятельности.

Annotation

The research paper discussed issues of improving throughput in networks 110 kV in view of the projected balance of power and network development . One solution to this problem is the use of high-temperature , compact wiring of new.

In this paper a comparison of technical and economic indicators of wires increased bandwidth and some wires AS , an analysis of the current state of the problem of icing of wires of electric lines defined physical and mechanical characteristics , calculations are made of wire and cable in the mechanical strength .

The technical-economic parameters were calculated and a number of issues of safety were described.

Мазмұны

Кіріспе 7
1 Әуе желілерінің (ӘЖ) өткізгіштік қабылетін жоғарылату құралдары және тәсілдері 8
1.1 Энергетикалық жүйенің жалпы сипаттамасы 8
1.2 Өткізгіштік қабілетін жоғарылату әдістері 15
2 Әуе желісінің сымдары мен арқансымдардың жұмыс сенімділігі үшін механикалық есептеулер 19
2.1 Сымдар мен арқансымдардың физико-механикалық сипаттамасын анықтау 20
2.2 Тіректің түрлерін таңдау 21
2.3 ЭБЖ сымдарының мұздану мәселелерінің жағдайларын талдау 24
2.5 Сымдар мен арқансымдардың механикалық төзімділігін есептеу 27
3 Әуе ЭБЖ өткізгіштік қабілетін жоғарылату және жаңа маркадағы сымдарды қолдану 38
3.1 ӘЖ қолданылатын заманауи сымдардың құрылымдық ерекшеліктері 40
3.2 Жаңа маркадағы сымдардың артықшылықтары мен кемшіліктері 48
3.3 Әр түрлі сымдарды қолдану тәжірбиесі 56
4 Өмір тіршілік қауіпсіздігі 61
4.1 Кернеуі 110кВ электр тораптарын пайдалануда қоршаған ортаға әсер ететін зиянды және қауіпті факторларға талдау жасау 61
4.2 ЭБЖ-тің биосфераға әсері 62
4.3 ЭБЖ аймақтарындағы экологиялық зиянның бағасы 64
4.4 Электр құрылғысының шу деңгейін бағалау және есептеу 64
4.5 Диспетчер бөлмесіндегі жарықтануды таңдау, жасанды жарықтану есебі 70
5 Экономикалық бөлім 77
5.1 Есептеудің мақсаты 77
5.2 Нұсқаларды таңдау 77
Қорытынды 86
Қолданылған әдебиеттер тізімі 87

Кіріспе

Соңғы жылдары Қазақстанның көптеген қалалары мен аудандарында ЭБЖ өткізгіштік қабілетін шектеу мәселелері кездеседі. Қазіргі уақытта Қазақстан Республикасының барлық аумақтарында жүктемелік түйіндерде электр энергияның тұтынылуы өсуде. Бұл республиканың барлық аумақтарында кәсіпорындардың қарқынды дамуымен байланысты, Энергетикалық тұтыну ҚР 2020 жылғы Энергетикалық стратегиясында қабылданған шамадан бірнеше есе асады және олардағы энергияның тұтынылуы да үнемі өсіп отырады. Соңғы 10 жылда электр энергияға сұраныстың соншалықты өсуі энергиямен жабдықтаушы кәсіпорындардың таратушы тораптарын үнемі жаңарту мен кеңейтуді талап етеді.

Тез өсетін қажеттіліктерді жабу үшін электр торапты компаниялар жұмыс жасап тұрған тораптарды тұрақты өзгертіп отырады, ол үшін келесі классикалық әдістер қолданылады:

- қосымша әуе желілерін (ӘЖ) тұрғызу;
- сымдарды көлденең қимасы жоғары сымдарға ауыстыру;
- кернеуді жоғарылату;
- фазаны тарамдау.

Қазіргі уақытта көрсетілген әдістер қолданылғанымен, олардың бірнеше кемшіліктері де бар. Мысалы, қосымша ӘЖ тұрғызу күрделі қаржы салымын, уақытша шығындарды және құрылыс үшін рұқсатты қажет етеді. Екінші бағыт үнемі мүмкін бола бермейді, себебі қимасы үлкен болат алюминий сымдардың салмағы ауыр болып келеді, сондықтан салбырау бойларында жел және көктайғақ әсерлерден тіректердің элементтерінде жоғарылатынған жүктеме қалыптастырады, бұны ескі тіректер көтере алмайды және ЭБЖ қосымша тіректерін орнату қажет болады. Бірақ жаңа тіректерді жиі орналасқан елді мекендерде, жекешеленген жерлерде, ұлттық саябақтарда, қорықтарда және құрылысқа тыйым салынған басқа да жерлерде орнату күрделі мәселе болуы мүмкін. Осыдан мүмкіндігінше жаңа желілердің құрылысын, қолданыстағы желілерді толық қайта жөндеу және жаңа тізбектерді ілусіз, ӘЖ жіберілетін қуатты жоғарылату қажеттілігі туындайды.

Механикалық төзімділігі жоғары және салмағы аз сымдарды өткізгіштік қабілетін төмендетусіз жасау әр түрлі компаниялардың қызығушылығын тудырды.

1 Әуе желілерінің (ӘЖ) өткізгіштік қабылетін жоғарылату құралдары және тәсілдері

1.1 Энергетикалық жүйенің жалпы сипаттамасы

«АЖК» АҚ электр энергияның жіберілуін кернеуі 0,4 – 220 кВ тарату тораптары бойынша іске асыратын аудандық электр торапты компания болып табылады.

Компанияның тарихы 21928 жылы Алматы қаласынан басталған, ол кезде Алматы қаласында бірінші рет әр қайсының қуаты 170 кВ үш генераторлы дизельді электр станция іске қосылған. Қазіргі уақытта, еліміздегі өнеркәсіптің және ауыл шаруашылығының дамуына байланысты көптеген энергетикалық қуаттар енгізілді және электр беріліс желілері (ЭБЖ) мен жылу электр сатнциялары тұрғызылды.

1996 жылы Бельгияның «Трактебель С.А» компаниясы «Алматыэнерго» мемлекеттік компаниясына жекешенлендірілген және ЖЭО – 1,2,3, ЗТК, Қапшағай СЭС, Каскад СЭС, АТЭК, ГЭРС, ПРП, ЦВТ және Негізгі кеңсе құрамымен «Алматы Пауэр Консолидейтед» АҚ ауыстырылды.

30.06.2003 жылы компания ҚР заңнамаларына сәйкес «АПК» АҚ қайта тіркелінді. Көптеген өзгерістерден кейін 2009 жылдың наурыз айында «АПК» АҚ атауы «Алатау Жарық Компаниясы» деп өзгертілген.

«АЖК» АҚ – республиканың оңтүстігіндегі Алматы қаласы мен Алматы облысындағы өнеркәсіптер мен ауыл шаруашылықтағы кәсіпорындар және елді мекендер үшін электр энергиясын тарату мен жіберу бойынша ең үлкен энергетикалық жүйе болып табылады. Компанияның қызмет көрсету радиусы Балқаш өзенінен бастап Қытай шекарасына дейінгі аумақты алады.

АЖК» АҚ балансы 220-110-35-10-6-0,4 кВ кернеу класындағы тораптардан тұрады. Компанияның құрамына келесілер кіреді: 220 кВ ӘЖ – ұзындығы 306,41 км; 110 кВ ӘЖ – ұзындығы 2769,013 км; кернеуі 35 кВ электр тораптары - 2673,572 км; кернеуі 0,4 – 220 кВ электр беріліс желілері (ЭБЖ), жалпы ұзындығы 10256,775 км; 35-220 кВ қосалқы станциялар (ҚС) және 6-10/0,4кВ трансформаторлы қосалқы станциялар; кернеуі 35 кВ және одан жоғары электрлік қосалқы станциялар - 207, бектілген қуаты 2 203,591; және трансформаторлар саны 8 161 дана.

Қызмет көрсету аумағы – 102 032 кв/км. 1.1 кестеде «АЖК» АҚ 2014 ж негізгі көрсеткіштері, ал 1.2 кестеде 2015 ж. өндірістік көрсеткіштердің өзгеруі көрсетілген.

Қазақстандық энергетикалық жүйе - «АЖК» АҚ-ы Өзбекстанның, Қырғызстанның энергетикалық компанияларымен бірге Орта Азияның бірлестірілген энергетикалық жүйесін құрайды және Ресеймен параллель режимде жұмыс жасайды.

Соңғы 5 жылда компания бірнеше күрделі жобаларды іске асырды. Жаңадан 20 қосалқы станция тұрғызылды, электр тораптарының жартысы қайта жөнделді және жаңартылды. Нәтижесінде энергетикалық компанияның қуаты 779 МВтА дейін өсті. Барлық жаңадан салынған және қайта жөнделген ҚС және ЭБЖ сапаның әлемдік стандарттарына сәйкес келетін жаңа технологиялармен жабдықталған.

1.1 кесте

«АЖК» АҚ 2015 ж көрсеткіштері	Өлшем бірл.	Мәні
Қызмет ету аумағының ауданы	кв.км.	102 151
Қосылған тұтынушылар саны	бірлік.	12/744 981
ЭБЖ жалпы ұзақтылығы	км.	29 225,4
Күштік трансформаторлардың саны	дана	8 586
Күштік трансформаторлардың жалпы қуаты	МВА	9 269,7
Электр тораптарында белгіленген максималды жүктеме, 2015 ж	МВт	1 386
Электр тораптарындағы электр энергияның нақты шығыны, 2015 ж.	млн.кВт.сағ	1 104
Электр энергияны жіберу көлемі, 2015 ж	млн.кВт.сағ	6 235,2

1.2 кесте – Өндірістік көрсеткіштердің өзгеруі, 2015 ж

Электр беріліс желісі (ЭБЖ)			
Кернеу класы	01.01.2015ж ұзақтылық және саны	01.01.2016ж. ұзақтылық жіне саны	2015 ж көрсеткіштердің өзгеруі
220 кВ ЭБЖ	469,64	472,57	2,93
110 кВ ЭБЖ	2 834,17	2 850,06	15,89
35 кВ ЭБЖ	2 586,52	2 589,04	2,52
6-10 кВ ЭБЖ	12 543,73	12 426,42	-117,31
0,4кВ ЭБЖ	10 716,31	10 887,3	170,99
Барлығы	29 150,39	29 225,4	75,01
Қосалқы станциялар (ҚС)			
35 кВ және одан жоғары ҚС	211	209	-2
ТП-6-10/0,4 кВ	6 989	6995	6
Күштік трансформаторлар 6-200 кВ, дана/МВА	8 623/9238,87	8 586/9 269,777	-37/30,90

Кәсіпорын Алматы облысының аумағына қызмет көрсетеді, жалпы ауданы 1422 мың. кВ.км, қызмет көрсететін абоненттердің саны: жеке тұлғалар – 13 918, заңды тұлғалар – 799.

«АЖК» АҚ негізгі тапсырмалары тұтынушыларға электр энергияны үздіксіз және сенімді жеткізу, электр энергиясына сұрастың өсуін қамтамасыз ету, жіберілетін электр энергияның сапасын МЕМСТ сәйкес сақтау болып табылады.

«АЖК» АҚ Алматы қ. 35 кВ және одан жоғары электр тораптарының техникалық жағдайына тексеру жүргізген. Нәтижесінде 35-110-220 кВ 29 ҚС 30 жыл пайдаланылуда, ал 35-110 кВ 15 ҚС – 30 жылға жетпейді.

ҚС 45% жуығы пайдаланылуға 50-70 жылдары берілген. Сұлбалар кеңес нормаларымен орындалған және қазіргі нормаларға сәйкес келмейді, жабдықтар ескірген және тозығы жеткен.

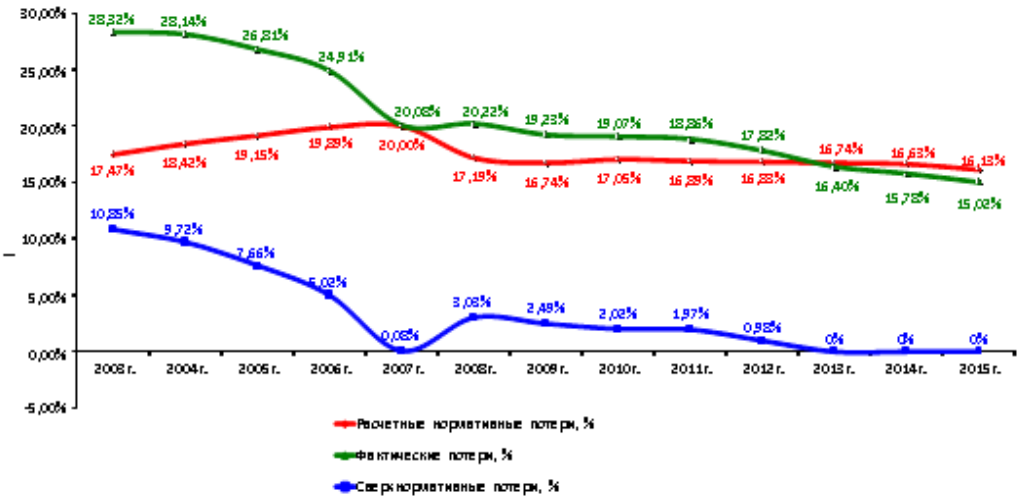
1.1 суретте «АЖК» АҚ электр энергиясының нақты шығындары және динамикасы көрсетілген.



1.1 сурет – 2003 – 2015 ж. электр энергияның нақты шығындарын төмендету динамикасы

35-110 кВ 10 ҚС трансформаторлар жөндеу режимдерінде нормадан артық жүктелген (норма – бұл трансформаторға 140%). 1990 жылдан бастап қазіргі уақытқа дейін бұл жүктемелер 20% өсті, ал трансформаторлы қуат көтерліген жоқ. 2004 жылы электр энергияның жиі ажырауынан. Жүктеменің көптігінен трансформаторларды жөндеуге шығару мүмкін емес, нітижесінде олар істен шығады. Бұл ҚС барлығы қаланың орталығында орналасқан.

Алматы қаласындағы электр станциялардың бекітілген қуаты – 874 МВт, ал жүктеме максимумы – 710 Мвт. Бірнеше себептерге байланысты электр станциялар өзінің жобалық қуатында жұмыс істей алмайды және электр станциялардың қуаты 613 МВт жетеді, яғни максималды жүктемеге қажеттіден 30% аз. Сондықтан, Алматы қаласында 2003 ж. электр энергияның жеткіліксіздігі 97 МВт болды, ал 2010 ж – 267 МВт жетті, яғни Бағдарламаның барлық іс шаралары орындалмаса және құралдары табылмаса 37% жүктеме жабылмайды.



1.2 сурет - 2003 – 2015 ж.ж электр энергия шығынының динамикасы



1.3 сурет – 2010 – 2015 ж.ж жөндеу жұмыстары жүргізілгеннен кейін «АЖК» АҚ электр тораптарындағы электр энергиясын жеткіліксіз берудің төмендеуі

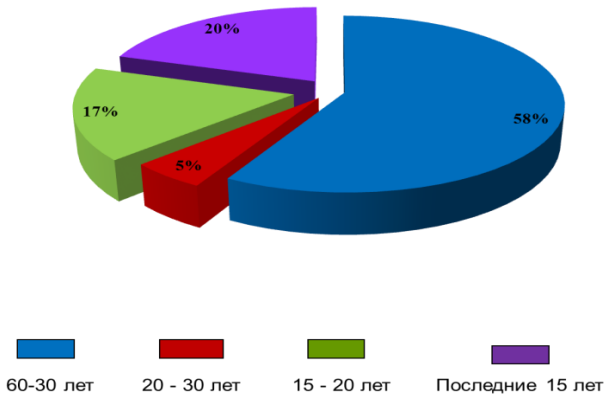
Көрсеткіштер	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Төмендеудің өсуі 2014/2009 (%)
Тораптардағы жеткіліксіз жіберу, оның ішінде:	3 994	2 913	4 130	1 611	1 178	974	-76%
- 3-10 кВ қаладағы ӘЖ (мың.кВт.сағ)	1 276	2 167	2 233	889	573	589	-54%
- 35-220 кВ тораптар (тыс.кВт.сағ)	2 719	747	1 897	721	604	385	-86%
Жөндеу, (млн.тг)	1 844	1 890	2 070	2 049	2 127	2 305	25%

«АЖК» АҚ бойынша негізгі құралдардың тозуын бағалау көрсеткіштері 1.3 кестеде көрсетілген.

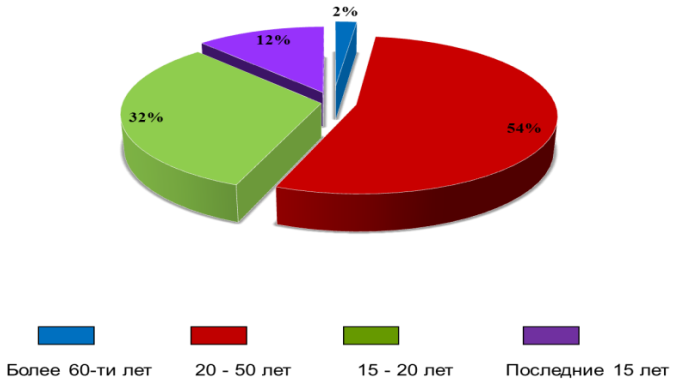
1.3 кесте – «АЖК» АҚ бойынша негізгі құралдардың тозуын бағалау көрсеткіштері

0,4 кВ және жоғары ЭБЖ	10 887,3 км
35 кВ және жоғары ҚС	209 дана
10/0,4 кВ ТП	6 995 дана
Күштік трансформаторлар 6-220 кВ, дана/МВА	8 586/9 269,777

1.5 суретте «АЖК» АҚ нысандарын пайдалануға енгізу жылдары көрсетілген.



1.4 сурет – 220 – 0,4 кВ ЭБЖ пайдалануға енгізу жылдары



1.5 сурет – 220-10-6 кВ ҚС пайдалануға енгізу жылдары

«АЖК» АҚ бойынша 2016 – 2019 ж.ж жоспарланған негізгі іс шаралар:

- жаңа ҚС құрылысы;
- қолданыстағы ҚС қайта жөндеу;
- 110 кВ жаңа ЭБЖ тұрғызу;
- 6 кВ тораптарды 10 кВ кернеуге ауыстыру;
- 0,4 кВ ӘЖ өзін арқалайтын оқшауланған сымдарға (СИП) ауыстыру;
- жобалы-сметалық құжаттарды және технико-экономикалық негіздеді жасау;

- негізгі құралдар мен материалды активтерді сатып алу;
- АСКУЭ жүйесін қалыптастыру.

«АЖК» АҚ тораптарындағы соңғы 3 жылдағы апаттарды талдау 1.4 кестеде көрсетілген, одан жабдықтардың зақымдауының өскенін көріге болады.

Жүргізілетін жаңарту және ескіру себептері торап сұлбасын нашарлатады және оның зақымдалуына әкеледі.

1.4 кесте – 2007 ж, 2008 ж және 2009 ж. 9 айы бойынша электр тораптарындағы жабдықтардың зақымдалу динамикасы

№ р/с	Жабдықтардың атауы	Барлық ажыратылулар		
		2007	2008	2009 жылдың 9 айы
1.	0,4кВ - ӘЖ	304	725	811
2.	0,4кВ - КЖ	251	352	193
3.	6, 10кВ - ӘЖ	50	212	96
4.	6, 10кВ - КЖ	1086	1161	821
5.	ТП, РП элементтері	802	1286	1 111
6.	35-220кВ тораптар	55	83	71
	Барлығы	2548	3819	3 103
	Өзгерістер		49%	жорамал - 8-10%

«АЖК» АҚ тораптарындағы «Узкие места» мәселелері (қиындықтары):

1. Алматы қаласы бойынша ҚС трансформаторлы қуат жетіспеушілігі;

2. Алматы қаласындағы тұтынушыларды электрмен жабдықтау сенімділігінің жеткіліксіздігі, Жоғары апаттылық.

3. 110 – 220 кВ тораптардың өткізгіштік қабілетінің жеткіліксіздігі.

4. 0,4-220 кВ тораптардағы жабдықтардың ескіруі.

5. Тораптағы аса нормативті шығындар.

6. 2016 жылға дейін тұтыныстың жобалық өсуін жабу.

7. Нысандарды электрмен жабдықтау сенімділігін қамтамасыз ету.

Тұтынушыларды электр энергиясымен жабдықтады жақсарту үшін «АЖК» АҚ 110 кВ жүйе қалыптастырушы электрлік тораптарды қайта жөндеу бойынша жұмыстар жүргізеді. Жұмысты жүргізідің мақсаты:

1) 0,4-10-110 кВ тораптарын дамытуды және жобаланған қуат балансын ескеріп 110 кВ электр тораптарының өткізгіштік қабілетін арттыру;

2) тұтынушыларды электрмен жабдықтау сенімділігін арттыру.

Негізі іс шаралар:

1) 110 кВ ӘЖ қайта жөндеу – сымдардың үлкен қимасына ауысу, сызықты-асылғы арматуралар мен оқшауламаларды ауыстыру;

2) өткізгіштік қабілетін арттыру және селитралы аудандарды қауіпсіз пайдалану шарттарын қамтамасыз ету үшін 110 кВ әуе ЭБЖ 110 кВ кабельді ЭБЖ ауыстыру;

3) АЖЭО-1 қазандық режиміне ауысуына байланысты АЖЭО-1 аумағындағы электрлік тораптарды дамыту сұлбасын және ТЭО жасау;

4) 110 кВ электр тораптарының жүктемесін босату үшін 110 кВ Шұғла, Саябақ, Арман ҚС қорегін 220 кВ «Кеңсай» ҚС ауыстыру.

1.2 Өткізгіштік қабілетін жоғарылату әдістері

Электр энергия тұтынылуының тез өсуі электрлік тораптарды күшейтуді, соның ішінде желінің өткізгіштік қабілетін жоғарылатуды қажет етеді. Жаңа желілерді төсеу (орнату) мүмкіндігі экономикалық және әлеуметтік аспекттермен – желі жолының астындағы жер құнының артуы, үлкен кәсіпорындар мен қалаларды электрмен жабдықтау қажеттілігі және тұрғын елдердің қауіпсіздігіне талаптармен шектеледі. Энергияны үлкен көлемде жіберу кернеу класы 110 кВ төмен емес желілер бойынша жүргізіледі.

Осы көрсеткіштер бойынша ең тиімді нұсқа –қолданыстығы ЭБЖ өткізгіштік қабілетін жоғарылату болып табылады. Бұл тапсырма – желіні қолдануды жақсарту, жұмыс кернеуін және сымдардағы жүктемелерді жоғарылату, қосымша техникалық құралдарды – реактивті қуатты қарымталаушыларды, торапта қуатты тарату құрылғыларын қолдану және айнымалы ток желісінің жұмыс режимдерін икемді басқару арқылы шешіледі.

Жіберілетін желідегі қуатты жоғарылатудің негізгі мүмкіндіктері:

- Желінің кернеуін жоғарылату (оқшауламаларды ауыстыру және әуе мен жер арасындағы қашықтықты сақтау үшін сымдардың орналасуын өзгертуге байланысты болуы мүмкін). Соңғы жылдары желіні қайта жөндеу көлемі көп болуына байланысты – желені айнымалы кернеуден тұрақты кернеуге ауыстыру нұсқасына көп көңіл бөлінеді.
- Сымдардың қимасын жоғарылату (әдетте тіректер мен оқшаулатқыштарды күшейтуге байланысты).
- Желінің жүктемесін жоғарылату, бұл кезде аумақ үшін орташа статистикалық мәліметтер бойынша жолдағы ауа райы шарттары мен критикалық нүктелерде үздіксіз өлшенетін нақты температура ескерілуі керек.
- Сымдардың температурасын жоғарылату есебімен жүктемені жоғарылату – қызуға төзімділігі жоғары жаңа типтегі сымдарды қолдану.
- Сымдардың температурасы жоғарылаған кезде жерге дейінгі қажет қашықтықты қамтамасыз ету, ілу биіткігін жоғарылату және механикалық төзімділігі жоғары және жылу бөлініуі төмен сымдарды қолдану.

Электр беріліс желілерінің өткізгіштік қабілеті деп, техникалық шектеулер есебінен желі бойымен ұзақ уақыт беруге болатын белсенді (активті) қуатты айтады. Оларға келесілер жатады:

- электр станциялары мен жүктеме түйіндерінің параллель жұмысының тұрақтылығын есепке алатын берілу қуатының шегі;
- өткізгіштердің рұқсат етілген қыздыру тоғы;
- кернеудің рұқсат етілген шығыны;

- кейінгі және аралық құрылғылардың (трансформаторлардың, ажыратқыштардың, көлденең компенсация құрылғыларының және т.с.с) өткізгіштік қабілеті;

- релелік қорғаныс құрылғалыры.

Электр станцияларының генераторының статикалық тұрақтылығының факторы бойынша, генераторлардан, трансформаторлардан және электр беріліс желілерден тұратын жүйедегі берілетін шекті қуат, келесі формуламен анықталады:

$$P_{пр} = \frac{EU_c}{X_г + X_т + X_л} \qquad (1.1)$$

мұндағы Е –генераторлардың ЭҚК-і;

U_c – жүйенің шиналарындағы кернеу;

$X_г$, $X_т$, $X_л$ – генераторлардыңдың, трансформаторлардыңдың және электр беріліс желілерінің кедергісі.

Егер жүйеде жұмыс жасайтын және алыс қашықтағы станциялардағы генераторларда желінің ұшы бойынша белгіленгенн U_1 және U_2 кернеулерін тұрақты ұстап тұруға көмектесетін, қатты қоздырғыш әсері бар реттеуіштері болса, онда берілетін қуаттың шегі келесіге тең болады:

$$P_{пр} = \frac{U_1 U_2}{X_л}. \qquad (1.2)$$

Бұл формуладан электр беріліс желісіне әсер ету есебінен электр беріліс жүйесінің өткізгіштік қабілетінің жоғарылауының келесі жобалау жолдары көрінеді:

1. Желінің номиналды кернеуінің жоғарылауы. Мұнда маңыздысы, шекті қуат кернеудің квадратына пропорционал болады.

2. Желінің индуктивті кедергісінің азаюы. Ол тарамдалған фазаларды қолдану арқылы азаюы мүмкін. Мұндай жолды ұзын желілерде қолданған орынды. Басқа жолы электр берілістің әуелі ықшамды желілерін құрылымдық орындаудың түрлі нұсқаларын пайдалануда.

3. Желінің реактивті кедергісінің көлденең қарымталауын қолдану. Бұл жағдайда эквивалентті кедергі желіге параметрлердің шығынсыз таралуын есепке алмағанда, келесіге тең болады:

$$X_{л.э} = X_л - X_c \qquad (1.3)$$

Өткізгіштің қызуы бойынша рұқсат етілген тоғымен шектелген желінің өткізгіштік қабілеті келесі формуламен анықталады:

$$P_{пр} = \sqrt{3}UI_{доп}\cos\varphi \qquad (1.4)$$

мұндағы U – желінің кернеуі;

$I_{доп}$ – қыздыру бойынша рұқсат етілген ток;

cos φ –қуат коэффициенті.

Осыдан өткізгіштік қабілетін жоғарылатудың келесі жолдарын құруға болады.

1. *Номиналды кернеуді жоғарылату.* Өзгермейтін рұқсат етілген тоқ кезінде өткізгіштік қабілет номиналды кернеуге желілік түрде тәуелді. Жобалау жағдайында бұл факторлардың 220 В кернеудің орнына 380 В, орнына 6 кВ орнына 10 кВ, 35 кВ орнына 110 кВ кернеуді пайдаланған кезде тәжірибелік маңызы бар.

2. *Қарымталаушы құрылғыларды орнату есебінен cos φ жоғарылауы.* Тоқтың өсуін болдырмай, берілетін белсенді қуатты жоғарылату үшін, желіні реактивті күштен босату керек. Оның толық күші өзгеріссіз қалатындай (1.1 а сурет) қарымталаушы құрылғыны орналастыру есебінен жасауға болады. Оның ішінде $S_{доп}QP$ үшбұрышты қарымталаушы құрылғылар болмаған кезде (1.1, б сурет) желідегі қуатқа сәйкес келеді. Егер белсенді қуатты P дан $P_к$ дейін жоғарылату керек болса, онда бір мезгілде реактивті қуат өсіп, жалпы қуат жоғарылайды. cos φ бірдей бұрынғы және қайта қосылған жүктеме кезінде қуат үшбұрышы $S'Q'P_к$ қалпын алады. $Q_{ку}$ күші бар қарымталаушы құрылғыларды қосқан кезде, толық күш бастапқы көлемге дейін төмендеуі тиіс. Онда қуат үшбұрышы мына түрге $S_{доп}Q_кP_к$, ие, мұндағы $Q_к$ – қарымталауыштан кейінгі реактивті күш.

Желінің қарымталауға дейін және кейін өзгеріссіз тогы кезінде, келесі формула қоланылады:

$$I_{доп} = \frac{S_{доп}}{\sqrt{3}U} = \frac{\sqrt{P^2 + Q^2}}{\sqrt{3}U} = \frac{\sqrt{P_к^2 + Q_к^2}}{\sqrt{3}U} \qquad (1.5)$$

немесе

$$P^2 + Q^2 = P_к^2 + Q_к^2. \qquad (1.4)$$

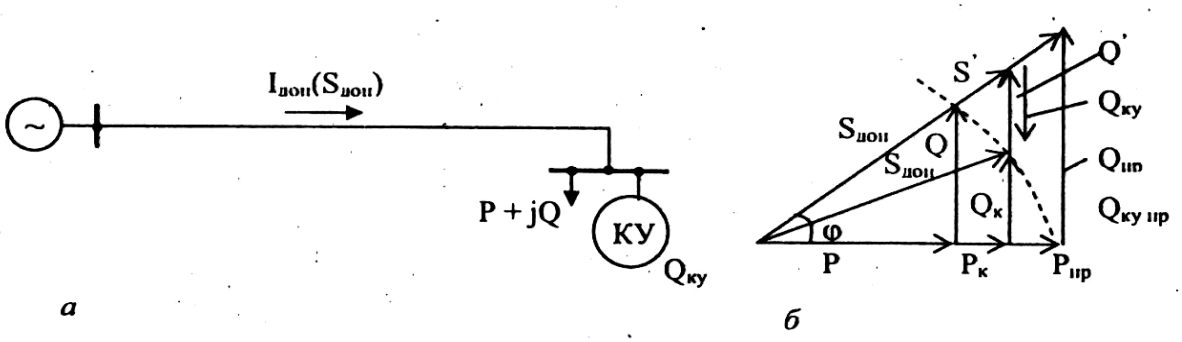
$Q_к = Q' - Q_{ку} = P_к tg\phi - Q_{ку}$ (1, б сурет) ескере отырып, Q_k (1.4) формуласына қойғаннан кейін, P дан $P_к$ –ға берілетін белсенді қуаттың жоғарылауына қажетті қарымталаушы құрылғының қуатын табуға болады:

$$Q_{ку} = P_к tg\phi - \sqrt{P^2(1 + tg^2\phi) - P_к^2} \qquad (1.5)$$

мұндағы $P_{к}$- келесі $P \le P_к \le S_{доп}$ шамада болуы мүмкін.

Реактивті күштің толық қарымталануы жағдайында белсенді қуаттың шекті мәні $P_к = P_{пр}$ (1, б сурет) болады, ал қарымталаулаушы құрылғының қуаты келесіні құрайды:

$$Q_{к.упр} = Q_{пр} = P_к tg\phi . \qquad (1.6)$$



1.6 сурет -

2 Әуе желісінің сымдары мен арқансымдардың жұмыс сенімділігі үшін механикалық есептеулер

Электрлік желілердің тораптарын тұрғызу, жобалау және пайдалану кезінде электр берілістің ӘЖ құрылмыдық орындау сұрақтары қарастырылады. ӘЖ құралымын таңдау бірінші кезекте сымдар мен тіректерді таңдаудан басталады, электр энергетикалық жүйелердің тораптарының жұмыс сенімділігіне және технико-экономикалық көрсеткіштеріне әсер етеді. Көп жағдайларда құралым инженерлік құрылыстардың (байланыс желілері, көлік магистралдары) жұмыс сенімділігіне және шарттарына әсер етеді, сонымен қатар экологиялық әсер (330- 750 кВ ӘЖ) және елді мекендердің технико-эстетикалық әсері бойынша бағаланады. Осылайша, ӘЖ құралымын дұрыс таңдау және механикалық төзімділік шарттары бойынша есептеу электр энергетикалық жүйенің тораптарын жобалаудағы маңызды тапсырма болып табылады.

Жалпы жағдайда ӘЖ құралымдық бөліктерін жобалаудың негізгі тапсырмаларына таңдау және тексеру есептері кіреді: сымдар мен найзағайдан қорғаныс арқансымдарының құралымы, сымдарға және тіректерге әсер ететін механикалық күш және жүктеме, әр түрлі жұмыс режимдеріндегі арқансымдар мен сымдардың механикалық кернеуі, желі жолы бойынша анкерлі және анкерлі-бұрыштық тіректерде сымдар мен арқансымдарды ілу аралықтары, тірек іргетасының түрі мен материалы.

ӘЖ жобалаудың спецификасы сымдар мен тіректердің желдің, салмақтың, көктайғақты қалыптасулардың және критикалық ауа райы шарттарына механикалық төзімділігін есептеудің экономикалық тиімділігі болып табылады.

ӘЖ электр энергияны ашық ауа орнатылған және тіректерде сызықты арматура мен оқшаулатқыштардың көмегімен бекітілген сымдар бойынша жіберу және тарату үшін арналған. ӘЖ негізгі элементтері сымдар, оқшаулатқыштар, сызықты арматура, тіректер және іргетастар болып табылады. Қосымша элементтерге найзағайдан қорғаныс сымдары мен разрядтауыштар жатады.

Кернеуі 1000 В жоғары ЭБЖ болат алюминий сымдар қолданылады. Найзағайдан қорғаныс арқансымдары бірнеше сымдардан біріктірілген болат қанаттан тұрады.

ӘЖ сымдарына ілу үшін арналған оқшаулатқыштар аспалы және істікті болып бөлінеді. Кернеуі 110 кВ жоғары желілерде тек қана аспалы оқшаулатқыштар қолданылады, олар фарфор және әйнек оқшаулағыш бөліктеп тұрады, оларда сызықты арматурамен оқшаулатқышты біріктіру үшін металл элементтер қосылған. Тізбектей қосылған оқшаулатқыштар қатары тіркес (гирлянда) деп аталады.

ӘЖ ауа райы шарттары әр түрлі аудандарда тұрғызылады. Жүктемені анықтайтын негізгі климаттық факторлар жел және көктайғақ болып

табылады. ЭБЖ жобалау кезінде желді және көктайғақты аудандар арнайы карта бойынша анықталады.

2.1.1 Бастапқы мәндер

ЭБЖ түрі – елді мекеннен өтетін кернеуі 110 кВ екі тізбекті ӘЖ.

Ауа райы шарттары:

- жел бойынша аудан - II;
- көктайғақ бойынша аудан – IV.

Температурасы:

- жоғары - t_{ma}=40°C;
- төменгі - t_{min}= -10°C;
- орташа жылдық - t_{cp}=5°C.

Тірек түрі: біріңғайланған темір бетонды.

Сымның маркасы: АС – 150.

Найзағайдан қорғаныс арқынсымның түрі: ТК – 50.

Оқшаулатқыштың материалы: фарфор.

Атмосфераның ластану деңгейі - I.

2.1 Сымдар мен арқансымдардың физико-механикалық сипаттамасын анықтау

«АЖК» АҚ 110 кВ ӘЖ негізінде АС – 150/24 маркасындағы сымдар мен ТК – 50 арқансымдары қолданылады.

Сымдар мен арқансымдардың физико-механикалық сипаттамалары 2.1 және 2.2 кестелерде келтірілген.

2.1 кесте – АС – 150/24 сымның физико-механикалық сипаттамасы

Қимасы, мм^2: Алюминий бөлігі Болат бөлігі Барлығы F	 149 24,2 173,2
Сымның диаметрі d, мм	17,1
Сымдардың саны мен диаметрі, дана×мм: алюминий болат	 26×2,7 7×2,1
Ораулар саны, дана. алюминий бөлігінде болат бөлігінде	 2 1
Сымның салмағы, Gп, даН/км	600
Тығыздылық модулі, Е, даН/мм^2	8,25·103
Сызықты ұзындықтың температуралық коэффициенті, α, град-1	19,2·10-6
Төзімділік шегі, даН/мм^2	29
Өзіндік салмақтың меншікті жүктемесі, γ1, даН/(м×мм^2)	3,46·10-3
Рұқсат етілген кернеу, даН/мм^2 Орташа жылдық температурады σt.cp Төменгі температурады σtmin Жоғарғы температурада σγmax	 8,7 13,0 13,0

2.2 кесте – ТК-50 арқансымның физико-механикалық сипаттамасы

Қимасы, мм^2: номиналды нақты Fт	 50 48,6
Арқанның диаметрі dт, мм	9,1
Сымдардың саны мен диаметрі, дана×мм	19×1,8
Ораулар саны, шт.	2
Арқанның салмағы, Gт, даН/км	417
Тығыздылық модулі Ет, даН/мм^2	20·103
Сызықты созылудың температуралық коэффициенті, αт, град-1	12·10-6
Төзімділік шегі, даН/мм^2	120
Өзіндік салмағынан меншікті жүктеме γт1, даН/(м×мм^2)	8·10-3
Рұқсат етілген кернеу, даН/мм^2 Орташа жылдық температура кезінде σтt.ср Төменгі температура кезінде σтt.min Ең жоғары темипература кезінде σтγ.max	 42 60 60

2.2 Тіректің түрлерін таңдау

Тіректің түрлерін таңдау кезінде ЭҚЕ, ӘЖ жобалаудың технологиялық нормаларын және жобалау мерзімінде қолданыстығы анықтамалық материалдарды пайдалану қажет. Тіректердің түрлерін таңдау, сонымен қатар есептік жүктемелерді анықтау кезінде сирек болып тұратын қолайсыз климаттық шарттарды ескеру қажет:

- 500 кВ ӘЖ үшін 15 жылда 1 рет;
- 330-110-6 кВ ӘЖ үшін 10 жылда 1 рет;
- 3 кВ және одан төмен ӘЖ үшін 5 жылда 1 рет, (ЭҚЕ §2.5.22).

Сымның есептік қимасына қарай аралық және анкерлі тіректердің түрі көктайғақ қабырғасының нормативті қалыңдығын ескеріп қабылданады.

Тіректер сымдарды ілу әдістеріне байланысты 2 топқа бөлінеді:

1) аралық тіректер - сымдар ұстап тұрушы қыспақтармен бекітіледі;

2) анкерлік түрдегі тіректер – сымдарды созу үшін арналған, бұл тіректерде сымдар керме қыспақтармен бекітіледі.

Көршілес тіректер арасындағы қашықтықты аралық (өткін) деп, ал анкерлі түрдегі тіректер арасындағы қашықтықты – анкерлік телім деп аталады. ЭҚЕ сәйкес ЭБЖ мен темір жол қиылыстарын анкерлі түрдегі тіректерде орындау керек. Желінің бұрылыс бұрыштарында бұрыштық тіректер орнатылады, онда сымдар ұстап тұрғыш немесе керме қыспақтармен ілінеді. Осылайша, тіректердің негізгі екі тобы арнайы бағыттағы түрлерге бөлінеді.

Тура аралық тіректер желінің түзу телімдерінде орнатылады. Сымдар тігінен іліннген ұстаушы тіркестермен бекітіледі. Аралық тіректер көлденең жүктемені сымға және тірекке желдің қысымынан, ал тік жүктемені сымдардың, оқшаулатқыштардың және тіректің өз салмағынан қабылдайды. Сымдар мен арқансымдар үзілмеген кезде аралық тіректер қабылданбайды.

Аралық бұрыштық тіректер желі бұрылысынң бұрышында орнатылады, сымдар ұстағыш тіркестермен ілінеді. Аралық тура тіректерге әсер ететін жүктемеден басқа бұрыштық тіректер сымдар мен арқансымдардың керілу жүктемесін қабылдайды.

Аспалы оқшаулатқыштары бар желілерде сымдар керме тіркестердің қыспағында бекітіледі, бұл тіркестер сымның жалғасы болып табылады және оның ауырлығын тіркеске жібереді. Анкерлі тіректерді орнату кезінде жолдың тура телімдерінде дәне сымдардң аспасында тіректің екі жағынан анкерлі тіректер орнатылыды. Қажет жағдайда тіректің екі жағынан да сымды әр түрлі керуге болады, сонда анкерлі тірек сымдардың ір түрлі керілуін қабылдайцды. Анкерлі тіректерді бұрыштарда орнату кезінде (жерінің бұрылыс нүктелерінде) анкерлі бұрыштық тіректер сымдар мен арқансымдардың керілуін құрайтын жүктемені қабылдайды.

Түпкі тіректер желінің соңында орнатылады. Бұл тіректерден ҚС аорталдарында ілінетін сымдар жіберіледі. Сымдарды ҚС құрылысының соңына дейін ілу кезінде түпкі тіректер сымдар мен арқансымдардың екі жақты ауырлығын қабылдайды.

ӘЖ ағаш, болат және темір бетонды тіректер қолданылады.

Болат тіректер өзектен, траверстен және арқан бағанасынан тұрады. Өзектің элементтері белбеу, қиғаштап қойылған тірек және кернегіш болып табылады. Траверстер белбеуден, күштен, қиғаштап қойылған тіректен және кернегіштен тұрады. Екі көршілес қиғаштап қойылған тіректерді немесе кернегіштерді бекіту нүктесінің арасындағы белбеулердің жартысы панель деп аталады.

Болат тірек жеке ұзын оқтаушалардан жасалады, олардың қимасы турабұрышты бұрыш түрінде болады. Бұл оқтаушалар өзара болт немесе тойтармалардың көмегімен қыздырып біріктірілген. Есептеу кезінде оқтаушалар өзара ауыстыруы мүмкін деп есептеледі, себебі қосылу бұрыштарында топсалар орналасқан.

Темір бетонды тіректер өзектен, траверс және арқан бағанасынан тұрады. Тіректің өзегі бүтін немес цилиндрлі темірбетонды құбыр түрінде орындалады. Траверс пен арқан бағанасы болат цинколанған фермдармен орындалады. Темір бетонды тіректер тіреуішті немесе тіреуішсіз болуы мүмкін.

ЭҚЕ және құрылыс нормлары мен ережелеріне сәйкес желіні жөндеу және пайдалану кезінде орын алатын үш режим болады: қалыпты, апаттық және жөндеу.

Қалыпты режим деп сымдар мен арқансымдар үзілмеген кездегі желінің жұмысын айтады. Бұл режимдегі жұмыс кезінде тірекке сымдардың, арқансымдардың, оқшаулатқыштардың, тіректердің өз салмақтарының жүктемесу әсер етеді. Қалыпты жұмыс режимінде I сымдар мен арқансымдар үзілмеген және көктайғақтан бос, максимал жылдамдықтағы жел желіне перпендикуляр бағытталған, жылдамдық арыны q=max.

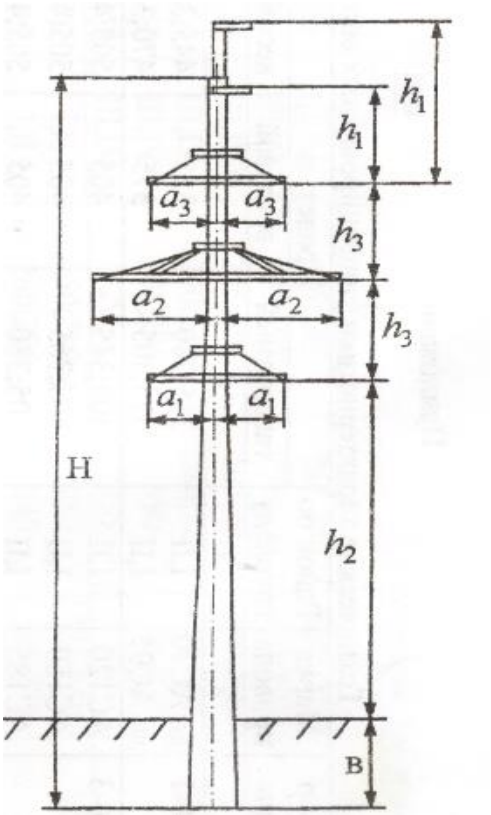
Қалыпты жұмыс режимінде II сымдар мен арқансымдар үзілмеген және көктайғақпен жабылған, жел желіге перпендикуляр бағытталған, оның жылдамдығы максималдыдан екі есе аз, ал жылдамдық арыны q = 0,25q.

Апаттық режим деп сымдар мен арқансымдар үзілген кездегі жұмысты айтамыз. Апаттық режим жүктемесі әсерінің ұзақтылығы аз, сондықтан көктайғақ пен жел қысымының есептік жүктемелері ескерілсейді.

Біріңғайланған тіректерді таңдау.

Бастапқы мәндер бойынша біріңғайланған аралық тіректердің түрі П-110-20 таңдалады. Тіректердің бірдей көлемдері 2.1 суретте, техникалық сипаттамалары 2.1 кестеде көрсетілген.

H=26,0м; h1=3,0м; h2=13,5м; h3=4,0м; a1=2,0м; a2=3,5м; a3=2,0м; b=3,3м



2.1 сурет – ПБ-110-8 біріңғайланған темірбетонды тіректер

2.3 кесте – ПБ-110-8 тіректің техникалық сипаттамасы

Сымның маркасы	Көктайғақ бойынша аудан	Аралық, м			Салмағы, т
		габаритті	желді	салмақты	
АС-150	III,IV	225	250	280	7,5

Есептік аралық, м

$$l_p=\alpha \cdot l_{габ},$$

мұндағы α=0,9 елді мекндер үшін;

$$l_p=0,9 \cdot 225=202,5.$$

2.3 ЭБЖ сымдарының мұздану мәселелерінің жағдайларын талдау

Солтүстік және таулы аумақтарда әуе ЭБЖ пайдалану кезіндһегі мәселелермен қатар қысқы мерзімде сымдардың мұздану мәселесі пайда болады. Мұздақтардың жиналуы тұрақты электрмен жабдықтау және әуе ЭБЖ қалыпты пайдалануға қиындықтар тудырады. Соңғы жиырма жылда жоғары вольтті ЭБЖ мұздақтың пайда болу географиясы мен динамикасында көптеген өзгерістер орын алды. Мұздақтың пайда болуына әкелетін суық және жылуы жоғары ылғал ауаның түйісуінің физикалық механизмдердің біреуіне сипаттама жүргіземіз. Қыстың жылы мерзімінде қоршаған ортаның ауа температурасының мәні оңнан теріске қарай лезде түскен кезде сымдарда су тамшысы пайда болады және қалың мұз қабықшасы пайда бола бастайды, оның қалыңдығы ондаған милиметрге жетеді және сымдарды ауырлата бастайды (2.2 сурет).



2.2 сурет – Әуе ЭБЖ сымдарындағы мұздақтардың жиналуы (қалыптасуы)

Сонымен бірге, сымдардағы тығыз мұздақтың қалыңдығы 60-70 мм жетуі мүмкін (2.3 сурет), ол сымды одан әрі ауырлата түседі. Барлық мұздақты жиналулар жеке жағдайларда сымның метріне 4 кг асуы мүмкін.



2.3 сурет – ЭБЖ сымдардың мұздануы

Номиналды кернеуі әр түрлі желілер үшін мұздақ қабырғасының рұқсат етілген қалыңдығы климаттық ауданға байланысты болады. 2.4 және 2.5 кестелерде әр түрлі климаттық аудандар үшін мұздақ қабаттарының нормативті мәні және Қазақстанның кейбір қалалары үшін мұздақты аудандар көрсетілген.

2.4 кесте – Жердің бетіндегі 10 м биіктік үшін мұздақ қабырғасының нормативті қалыңдығы, мм

Мұздақ қабатының қалыңдығы бойынша климаттық аудан	Желінің номиналды кернеуі		
	3 дейін	6 – 330	500, 750
I	5	5	Бақылау мәліметтері бойынша, бірақ 10нан кем емес
II	5	10	
III	10	15	
IV	15	20	
Ерекше	20 және одан жоғары, бақылау мәліметтері бойынша	22 және одан жоғары, бақылау мәліметтері бойынша	

Мұздақты жиналулар көп болған кезде сымдар мен арқансымдар үзілуі және арматуралар мен оқшаулатқыштар, сонымен қатар ӘЖ тіректері де бұзылуы мүмкін (2.4 сурет).



2.4 сурет – Мұздақ (көк мұз) – ЭБЖ үшін қауіпті

Көк мұз фазалы сымдар бойынша әрқалай (біркелкі емес) қалыптасуы мүмкін. Сымның салбырау бойы көк мұзбен және мұзсыз бірнеше метрге ерешеленуі мүмкін. Фазалық сымдарда мұздың әрқалай қалыптасуы салбырау бойының әр түрлі мәніне, сонымен қатар мұздың еруі кезіндегі оның әрқалай еруі жеке сымдардың «көтерілуіне» («подскок») және әуе оқшауламасының жабылуына әкелуі мүмкін. Көк мұз сымдардың билеуінің («пляски») себебі болып табылады.

Мұндай апаттар күрделі экономикалық шығынға ұшыратады және оларды жою үшін бірнеше күн қажет болады, сонымен қатар күптеген қаржы жұмсалады. Энергетиктер ЭБЖ мұз қату ең күрделі апаттардың бірі ретінде қарастырады. Мұздақты апаттарды жоюдың орташа уақыты басқа апаттарды жоюға кететін уақыттан 10 есе көп. ЭБЖ сымдарында мұз қату мәселелері барлық әлемде, соның ішінде қысқы температурасы төмен және ылғалдылығы жоғары аудандарда күрделі мәселе болп табылады.

Мұздақтың пайда болуына әкелуі мүмкін физикалық механизмді сипаттаймыз, ауаның екі массасының – суық және ылғалдылығы жоғары жанасу пайда болады. Мұндай жүйеде жылы ауа суық ауаны жұқа қабатын жердің бетіне түсіреді. Нәтижесінде беткі деңнейде қар қалыптасады, ол жылы қабатта жаңдырға айналады. Жаңбыр тамшылары суық ауаның қабатына ЭБЖ тіректеріне, сымдарға келіп қатады және мұздақтың қалыптасу процесі басталады. Мұндай механизм Канаданың облыстарында кездеседі. Мұнда мұздақ қалыптастыратын жаңбыр жылына 15 рет жауады және бірнеше сағатқа созылады, нәтижесінде ЭБЖ сымдарында қалыңдыға 30-60 мм қызылсу мұзы қалыптасады. Мұндай атмосфералық қысымнан келетін экономикалық залал (зардап) 5 млрд долларға жетеді. Осылайша, ЭБЖ сымдарында мұз қату мәселесі температурасы төмен және ылғалдылығы жоғары көптеген елдер үзін күрделі мәселе болып табылады.

Энергетиктердің көп жылғы еңбектеріне қарамастан, көптеген энергетикалық жүйелердің электр тораптарындағы мұздақты (көк мұзды) апаттардың әсері ауыр болып келеді және елді электрмен жабдықтауды

тоқтатады. Мұздақпен (көк мұзбен) күрес көп жағдайларда сымдарды дымқыл қар мен мұздан қаптау жолдарымен іске асады. Тіректерді аз арақашықтықта орнату және көк мұзбен күресудің қарапайым жолдары да үлкен еңбек шығыны мен материалдық қорларды қажет етеді. Нәтижесінде энергитикалық компаниялар және тұтынушылар үлкен залалға ұшырайды, ал үзілген сымдарды қалпына келтіру – қымбат және еңбекті көп қажет ететін процесс болып табылады. Энергетиктер ЭБЖ мұз қатуын ең күрделі апаттардың бірі деп қарастырады. Бұл мәселелермен көптеген солтүстік елдері, сонымен қатар Қытай және Жапония елдері қақтығысады. Сондықтан, барлық елдерде ЭБЖ мұз қату мәселелерімен күресу үшін әдістер мен құрылғылар жасалуда. Әуе ЭБЖ сымдары мен арқандарында мұз қатуымен күрес көк мұздың қалыптасуын жою және жиналған мұздардың көлемін азайту болып табылады.

2.5 Сымдар мен арқансымдардың механикалық төзімділігін есептеу

Мұздақ қабатының қалыңдығын және желдің жылдамдығын анықтау.

Тіректе сымдарды ілудің орташа биіктігі, м.

$$h_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^{m} h_i}{m} - \lambda, \qquad (2.1)$$

мұндағы h_i – тіректің жерден бастап j-ші траверске дейінгі қашықтығы, м;

m – тіректегі сымдардың саны;

λ – оқшаулатқыш тіркестерінің ұзындығы, м.

Есептеу кезінде 110 кВ ӘЖ үшін оқшаулатқыш тіркестерінің ұзындығы 1,3 м деп алынады.

$$h_{ср} = \frac{13{,}5 + 13{,}5 + (13{,}5 + 4) + (13{,}5 + 4) + (13{,}5 + 4 + 4) + (13{,}5 + 4 + 4)}{6} - 1{,}3 = 16{,}2$$

Тіректе арқансымның салбырауының орташа биіктігі, м,

$$h^{т}_{ср} = h_2 + h_3 \cdot h_3 + h_1 \qquad (2.2)$$

$$h^{т}_{ср} = 13{,}5 + 2 \cdot 4 + 6 = 24{,}5. = 13{,}5 + 2 \cdot 4 + 3 = 24{,}5.$$

Сымның рұқсат етілген салбырау бойы,м.

$$[f] = h_2 - \lambda - \Gamma, \quad « \qquad (2.3)$$

мұндағы h_2 – жерден бастап төменгі траверсқа дейінгі қашықтық, м;
Г – габаритті өлшем, м;

$$[f] = 13{,}5 - 1{,}3 - 6 = 6{,}2$$

Арқансымның рұқсат етілген салбырау бойы,м.

$$[f_т] = h^т_{ср} - (\Gamma + 2 \cdot h_3 + z), \qquad (2.4)$$

мұндағы z – аралық ортасында арқансым мен саымның арасындағы вертикаль бойынша ең төменгі рұқсат етілген қашықтық, lp=202,5 м z=4 үшін:

$$[f_т]=24{,}5-(6+2\cdot 4+4)=6{,}5.$$

Асым мен арқансым ауырлық орталағының биіктігі, м

$$h_{пр} = h_{ср} - \frac{2}{3}[f], \qquad (2.5)$$

$$h_{пр} = 16{,}2 - \frac{2}{3} \cdot 6{,}2 = 12$$

$$h^т_{пр} = 24{,}5 - \frac{2}{3} \cdot 6{,}5 = 20{,}2$$

Сым және арқансым үшін мұздақ қабатының қалыңдығы, мм:

$$C_{max} = k_{г1} \cdot k_{г2} \cdot C, \qquad (2.6)$$

мұндағы С – мұздақ қабатының нормативті мәні мм, (мұздақ бойынша 2-ші аудан үшін С=10 мм);

$k_{г1}, k_{г2}$ - сым немес арқансымның диаметріне және биіктігіне түзету коэффициені:

$$C_{max} = 1 \cdot 0{,}93 \cdot 10 = 9{,}3$$

$$C^т_{max} = 1 \cdot 1{,}02 \cdot 10 = 10{,}2.$$

Сым мен арқансымға желдің жылдамдықты арыны, даН/м^2,

$$q_{max} = q \cdot k_B, \tag{2.7}$$

мұндағы q – желдің нормативті жылдамдықты арыны, даН/м^2;

k_B – түзету коэффициенті;

$$q_{max} = 65 \cdot 1 - 65$$

$$q^{т}_{max} = 65 \cdot 1{,}25 = 81 = 25.$$

Сым мен арқансымға меншікті жүктемені анықтау.

Өзіндің салмақтан меншікті жүктеме, даН/(м·мм^2), 2.1 және 2.2 кестеден алынады.

$$\gamma_1 = 3{,}46 \cdot 10^{-3};$$

$$\gamma^{т}_1 = 8 \cdot 10^{-3}.8 \cdot 10\text{-}3.$$

Мұздақ салмағынан менщікті жүктеме, даН/(м·мм^2),

$$\gamma_2 = \frac{g_0 \cdot \pi \cdot C_{max} \cdot (d + C_{max})}{F}, \tag{2.8}$$

мұндағы d – сымның немесе арқансымның диаметрі, мм;

F – сымның немес арқансымның нақты қимасы, мм^2;

g_0=0,9·10-3 даН/(м·мм^2) – мұздақты жиналымдардың тығыздығы;

$$\gamma_2 = \frac{0{,}9 \cdot 10^{-3} \cdot 3{,}14 \cdot 9{,}3 \cdot (17{,}1 + 9{,}3)}{173{,}2} = 4 \cdot 10^{-3};$$

$$\gamma^{т}_2 = \frac{0{,}9 \cdot 10^{-3} \cdot 3{,}14 \cdot 10{,}2 \cdot (9{,}1 + 10{,}2)}{48{,}6} = 11{,}4 \cdot 10^{-3}.$$

Мұздақтың салмағынан және сымның өзінің салмағынан меншікті жүктеме, даН/(м·мм^2),

$$\gamma_3 = \gamma_1 + \gamma_2, \tag{2.9}$$

$$\gamma_3 = (3{,}46 + 4) \cdot 10^{-3} = 7{,}46 \cdot 10^{-3}$$

$$\gamma_3^{т} = (8 + 11{,}4) \cdot 10^{-3} = 19{,}4 \cdot 10^{-3}. \cdot$$

Мұздақ жоқ кезде желдің қысымынан меншікті жүктеме, даН/(м·мм^2),

$$\gamma_4 = \frac{q_{max} \cdot k_l \cdot k_н \cdot C_x \cdot d}{F} \cdot 10^{-3}, \qquad (2.10)$$

мұндағы k_l –аралық ұзындығының желдік жүктемене әсерін ескеретін коэффициент;

$k_н$ – аралық бойынша жел жылдамдығының бағытын ескеретін коэффициент;

C_x – диаметрі 20 мм сымдар үшін 1,1 тең кедергінің коэффициені, мұздақтан бос; 1,2 – мұздақ жабылған барлық сымдар мен диаметрі 20 мм кем сымдар үшін.

$$\gamma_4 = \frac{65 \cdot 1{,}024 \cdot 0{,}725 \cdot 1{,}2 \cdot 17{,}1}{173{,}2} \cdot 10^{-3} = 5{,}7 \cdot 10^{-3};$$

$$\gamma_4^{т} = \frac{81{,}25 \cdot 1{,}024 \cdot 0{,}7 \cdot 1{,}2 \cdot 9{,}1}{48{,}6} \cdot 10^{-3} = 13{,}1 \cdot 10^{-3}.$$

Мұздақ болған кездегі сым мен арқансымдағы желің қысымынан меншікті жүктеме, даН/(м·мм^2),

$$\gamma_5 = \frac{q' \cdot k_l \cdot k_н \cdot C_x \cdot (d + 2C_{max})}{F} \cdot 10^{-3}, \qquad (2.11)$$

мұндағы $q' = 0{,}25 \cdot q_{max}$ мұздақ қабаты 15 мм дейінгі аудандар үшін;

$$\gamma_5 = \frac{0{,}25 \cdot 65 \cdot 1{,}024 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}2 \cdot (17{,}1 + 2 \cdot 9{,}3)}{173{,}2} \cdot 10^{-3} = 4{,}1 \cdot 10^{-3};$$

$$\gamma_5^{т} = \frac{0{,}25 \cdot 81{,}25 \cdot 1{,}024 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}2 \cdot (9{,}1 + 2 \cdot 10{,}2)}{48{,}6} \cdot 10^{-3} = 15{,}1 \cdot 10^{-3}.$$

Сымның салмағы мен желдің қысымынан меншікті жүктеме, мұздақ жоқ кезде, даН/(м·мм^2),

$$\gamma_6 = \sqrt{\gamma_1^2 + \gamma_4^2}, \qquad (2.12)$$

$$\gamma_6 = \sqrt{3{,}46^2 + 5{,}7^2} \cdot 10^{-3} = 6{,}7 \cdot 10^{-3};$$

$$\gamma_6^{т} = \sqrt{8^2 + 13{,}1^2} \cdot 10^{-3} = 15{,}3 \cdot 10^{-3}.$$

Мұздақ қалыптасқан кездегі сымның салмағы мен желдің қысымынан меншікті жүктеме, даН/(м·мм^2),

$$\gamma_7 = \sqrt{\gamma_3^2 + \gamma_5^2} \qquad (2.13)$$

$$\gamma_7 = \sqrt{7{,}46^2 + 4{,}1^2} \cdot 10^{-3} = 8{,}5 \cdot 10^{-3};$$

$$\gamma_7^{т} = \sqrt{19{,}4^2 + 15{,}1^2} \cdot 10^{-3} = 24{,}6 \cdot 10^{-3}.$$

Критикалық аралықтарды есептеу.

Бірінші критикалық аралық, м.

$$l_{к1} = \frac{2 \cdot [\sigma_{t.cp}]}{\gamma_1} \cdot \sqrt{\frac{6 \cdot \left[\frac{1}{E}([\sigma_{t.cp}] - [\sigma_{t\,min}]) + \alpha(t_{cp} - t_{min})\right]}{1 - \left(\frac{[\sigma_{t.cp}]}{[\sigma_{t\,min}]}\right)^2}}, \qquad (2.14)$$

мұндағы E – тығыздылық модулі, даН/мм^2;

α – сым материалының сызықты созылуының температуралық коэффициенті, град-1;

$$lk_1 = \frac{2 \cdot 8{,}7}{3{,}46 \cdot 10^{-3}} \cdot \sqrt{\frac{6 \cdot \left[\frac{10^{-3}}{8{,}25}(8{,}7 - 13{,}0) + 19{,}2 \cdot 10^{-6}(5 - (-10))\right]}{1 - \left(\frac{8{,}7}{13{,}0}\right)^2}}.$$

Кернеу астындағы анықтама нөлден кем. Бірінші критикалық момент аз.

Екінші критикалық аралық, м.

$$l_{к2} = \frac{2 \cdot [\sigma_{\gamma.max}]}{\gamma_1} \cdot \sqrt{\frac{6 \cdot \alpha \cdot (t_{гол} - t_{min})}{\left(\frac{[\gamma_{max}]}{[\gamma_1]}\right)^2 - 1}}, \qquad (2.15)$$

мұндағы $t_{гол}$ – мұздақтың температурасы, -5ºС-қа тең;

$\gamma_{max}=\gamma 7$;

$$l_{к2}=\frac{2\cdot 13{,}0}{3{,}46\cdot 10^{-3}}\cdot\sqrt{\frac{6\cdot 19{,}2\cdot 10^{-6}\cdot(-5-(-10))}{\left(\frac{8{,}5\cdot 10^{-3}}{3{,}46\cdot 10^{-3}}\right)^2-1}}=80{,}4.$$

Үшінші критикалық аралық, м:

$$l_{к3}=\frac{2\cdot[\sigma_{t.max}]}{\gamma_1}\cdot\sqrt{\frac{6\cdot\left[\frac{1}{E}([\sigma_{\gamma.max}]-[\sigma_{t.cp}]+\alpha(t_{гол}-t_{ср})\right]}{\left(\frac{\gamma_{max}}{\gamma_1}\right)^2-\left(\frac{[\sigma_{\gamma.max}]}{[\sigma_{t.cp}]}\right)^2}},\qquad(2.16)$$

$$l_{к3}=\frac{2\cdot 13{,}0}{3{,}46\cdot 10^{-3}}\cdot\sqrt{\frac{6\cdot\left[\frac{10^{-3}}{8{,}25}(13{,}0-8{,}7)+19{,}2\cdot 10^{-6}\cdot(-5-10)\right]}{\left(\frac{8{,}5\cdot 10^{-3}}{3{,}46\cdot 10^{-3}}\right)^2-\left(\frac{13{,}0}{8{,}7}\right)^2}}=144{,}2.$$

Нәтижесінде, критикалық аралықтар мен есептік аралықтардың келіс қатынасын аламыз: $l_{к1}$ – мнимый, lр=202,5 м>lк3=144,2 м.

Алынған қатынастардың негізінде бастапқы режим анықталады. Бұл максималды жүктеме режимі болып табылады. Параметрлері: σ=[σγ.max]=13,0 даН/мм^2, γ=γmax=8,5·10-3 даН/(м·мм^2), t=tгол=-5°С.

Сымдағы кернеуді есептеу.

Сымның жағдайының теңдеуі бойынша орта жылдық температура – σtср режимдері, төменгі температура режимі- σtmin және ең жоғары жүктеме – σγmax үшін сымдағы кернеу есептеледі.

Төменгі температура режимі үшін сымдағы кернеуді есептеу. Теңдеуде барлық параметрлер көрсетіледі.

$$\sigma_р-\frac{\gamma_р^2\cdot l_р^2\cdot E}{24\cdot\sigma_р^2}=\sigma_и-\frac{\gamma_р^2\cdot l_р^2\cdot E}{24\cdot\sigma_и^2}-\alpha\cdot E\cdot(t_р-t_и),\qquad(2.17)$$

$$\sigma_{t\min} - \frac{(3{,}46\cdot 10^{-3})^2 \cdot 202{,}5^2 \cdot 8{,}25\cdot 10^3}{24\cdot \sigma_{t\min}^2} =$$

$$= 13{,}0 - \frac{(8{,}5\cdot 10^{-3})^2 \cdot 202{,}5^2 \cdot 8{,}25\cdot 10^3}{24\cdot 13{,}0^2} - 19{,}2\cdot 10^{-6}\cdot 8{,}25\cdot 10^3\cdot(-10-(-5))$$

Алынған теңдеуді келесі түрге келтіреміз:

$$\sigma_{t\min}^3 - 7{,}766\sigma_{t\min}^2 - 168{,}75 = 0$$

Алынған теңдеудің шешімі итерациялық әдіспен орындалады. Нөлдік жуықтау ретінде σ_0=10 даН/мм^2 мәнін аламыз.

Алынған функцияның $y = \sigma_{t\min}^3 - 7{,}766\sigma_{t\min}^2 - 168{,}75$:

y'=3·σ2tmin-2·7,766·σtmin

бірінші итерацияда түзету анықталады:

Δ1=y(σ0)/y'(σ0),

$$\Delta_1 = \frac{10^3 - 7{,}766\cdot 10^2 - 168{,}75}{3\cdot 10^2 - 2\cdot 7{,}766\cdot 10} = 0{,}378.$$

Кернеудің жаңа мәні:

σ1=σ0-Δ1,

σ1=10-0,377=9,623.

Итерациялық процесті тексері. Бұл үшін есептеу дәлдігі белгіленеді ε=0,01 даН/мм^2.

0,377>0,01,

демек, жаңа жуықтау ретінде σ=9,623 қабылдап, есептеуді жалғастыру керек.

екінші итерацияны тексеру:

$$\Delta_2 = \frac{9{,}623^3 - 7{,}766\cdot 9{,}623^2 - 168{,}75}{3\cdot 9{,}623^2 - 2\cdot 7{,}766\cdot 9{,}623} = 0{,}025.$$

Кернеудің жаңа мәні:

$$\sigma_2=9{,}623-0{,}025=9{,}598.$$

Тексеру орындалады:

$$0{,}025>0{,}01.$$

Үшінші итерацияға түзету:

$$\Delta_3=\frac{9{,}598^3-7{,}766\cdot 9{,}598^2-168{,}75}{3\cdot 9{,}598^2-2\cdot 7{,}766\cdot 9{,}598}=0{,}00013.$$

Тексеру:

0,00013<0,01, яғни σtmin анықтамсына σ3 аламыз:

σtmin=9,598 даН/мм^2.

Орта жылдық температура және ең көп жүктеме режимдері үшін сымдағы кернеуді есептеу «MERA2» бағдарламасының көмегімен жүргізіледі. Нәтижесінде келесі мәндер алынды:

σtcp=7,987 даН/мм^2;

σγmax=12,517 даН/мм^2.

Механикалық төзімділік шартына тексеру жүргізіледі:

σtcp≤[σtcp], 7,987<8,7;

σtmin≤[σtmin], 9,598<13,0;

σγmax≤[σγmax], 12,517<13,0.

Шарт орындалады, яғни сымдардың механикалық төзімділігі жобаланатын желі шаттары үшін жеткілікті.

Сымның жағдайының теңдеуі бойынша желі жоқ $\sigma_{гол}$ мұздақ, жоғарғы температура σt_{max} және найзағайлы $\sigma_{гр}$ режимдер үшін кернеуді есептеу жүргізіледі. Есептеу нәтижелері төменде көрсетілген:

σt_{max}=5,475 даН/мм^2;

$\sigma_{гол}$=12,277 даН/мм^2;

$\sigma_{гр}$=7,129 даН/мм^2.

Сымдар мен арқансымдардың салбырау бойын анықтау:

Жел жоқ көктайғақ, жоғарғы температура және найзағайлы режимдер үшін сымдардың салбырау бойы анықталады, м:

$$f=\frac{\gamma\cdot l^2}{8\cdot\sigma}, \qquad (2.18)$$

$$f_{t\,max}=\frac{3{,}46\cdot 10^{-3}\cdot 202{,}5^2}{8\cdot 5{,}475}=3{,}24;$$

$$f_{гол} = \frac{7{,}46 \cdot 10^{-3} \cdot 202{,}5^2}{8 \cdot 12{,}277} = 3{,}11;$$

$$f_{гр} = \frac{3{,}46 \cdot 10^{-3} \cdot 202{,}5^2}{8 \cdot 7{,}129} = 2{,}49.$$

Сымның төменгі нүктесінен бастап жерге дейінгі қашықтықты сақтауды келесі шарт бойынша тексереміз:

$$f \leq [f] = 6{,}2;$$

$$f_{tmax} = 3{,}24 < 6{,}2;$$

$$f_{гол} = 3{,}11 < 6{,}2.$$

Шарт орындалады, ряғни сымнан жерге дейінгі қашықтық габаритті өлшемнен төмен болады.

Найзағайлы режимдегі найзағайдан қорғаныс арқансымның салбырау бойы, м:

$$f_{гр}^{т} = f_{гр} + h_1 + \lambda - z, \qquad (2.19)$$

$$f_{гр}^{т} = 2{,}49 + 3 + 1{,}3 - 4 = 2{,}79.$$

Арқансымдағы кернеуді анықтау.

Найзағайлы режимде арқансымдағы кернеу, даН/мм^2,

$$\sigma_{гр}^{т} = \frac{\gamma_1^{т} \cdot l^2}{8 \cdot f_{гр}^{т}}, \qquad (2.20)$$

$$\sigma_{гр}^{т} = \frac{8 \cdot 10^{-3} \cdot 202{,}5^2}{8 \cdot 2{,}79} = 14{,}7.$$

Бастапқы ретінде параметрлері σтгр, γт1, t=15°С найзағайлы режим қабылданады. Сымның теңдеуі бойынша орташа және төменгі температура режимі мен максималды жүктеме режимдерін үшін арқансымдағы кернеу анықталады.

Орташа жылдық температура режимі үшін арқансымдағы кернеуді есептеу. Теңдеуге барлық параметрлер енгізіледі.

$$\sigma^{т}_{t.ср} - \frac{(8\cdot10^{-3})^2\cdot202{,}5^2\cdot20\cdot10^3}{24\cdot\sigma^{т2}_{t.ср}} =$$

$$= 14{,}7 - \frac{(8\cdot10^{-3})^2\cdot202{,}5^2\cdot20\cdot10^3}{24\cdot14{,}7^2} - 12\cdot10^{-6}\cdot20\cdot10^3\cdot(5-15)$$

Алынған теңдеуді келесі түрге келтіреміз:

$$\sigma^{т3}_{t.ср} - 6{,}979\sigma^{т2}_{t.ср} - 2187 = 0$$

Нөлдік жуықтау ретінде σ_0=16 мәнін аламыз, даН/мм^2.
Алынған функция

$$y = \sigma^{т3}_{t.ср} - 6{,}979\sigma^{т2}_{t.ср} - 2187:$$

$$y' = 3\cdot\sigma_{т2tср} - 2\cdot6{,}979\cdot\sigma_{ттср}$$

Бірінші итерацияда түзету анықталады:

$$\Delta 1 = y(\sigma 0)/y'(\sigma 0),$$

$$\Delta_1 = \frac{16^3 - 6{,}979\cdot10^2 - 2187}{3\cdot16^2 - 2\cdot6{,}979\cdot16} = 0{,}225.$$

Кернеудің жаңа мәні:

$$\sigma 1 = \sigma 0 - \Delta 1,$$

$$\sigma 1 = 16 - 0{,}225 = 15{,}775.$$

Итерациялық процесті тексеру, ε=0,01 даН/мм^2.
0,225>0,01, яғни жаңа жуықтау ретінде σ=15,775 қабылдап, есептеуді жалғастыру керек:
Екінші итерациядағы түзету:

$$\Delta_2 = \frac{15{,}775^3 - 6{,}979\cdot15{,}775^2 - 2187}{3\cdot15{,}775^2 - 2\cdot6{,}979\cdot15{,}775} = 0{,}003.$$

Тексеру:
0,003<0,01, яғни $\sigma_{ттср}$ анықтамасына σ1 аламыз.

$$\sigma_{ттср} = 15{,}775 \text{ даН/мм}^2.$$

Есептеу нәтижелерінде келесі мәндер алынды:

$\sigma_{\gamma max}$=31,476 даН/мм^2;

$\sigma_{\tau min}$=17,606 даН/мм^2.

Арқансымның механикалық төзімділік шартын тексеру:

$\sigma_{\gamma max}$=31,476 даН/мм2≤ [$\sigma_{\gamma max}$]=60 даН/мм^2;

$\sigma_{\tau min}$=17,606 даН/мм2≤ [$\sigma_{\tau min}$]=60 даН/мм^2;

$\sigma_{\tau cp}$=15,775 даН/мм2≤ [$\sigma_{\tau cp}$]=42 даН/мм^2.

Шарт орындалады, демек таңдалған сым жобаланатын желі шарттары үшін жарамды болып табылады.

3 Әуе ЭБЖ өткізгіштік қабілетін жоғарылату және жаңа маркадағы сымдарды қолдану

Электр энергия тұтынылуының тез өсуі электрлік тораптарды күшейтуді, соның ішінде желінің өткізгіштік қабілетін жоғарылатуды қажет етеді. Жаңа желілерді төсеу (орнату) мүмкіндігі экономикалық және әлеуметтік аспекттермен – желі жолының астындағы жер құнының артуы, үлкен кәсіпорындар мен қалаларды электрмен жабдықтау қажеттілігі және тұрғын елдердің қауіпсіздігіне талаптармен шектеледі. Энергияны үлкен көлемде жіберу кернеу класы 110 кВ төмен емес желілер бойынша жүргізіледі.

Осы көрсеткіштер бойынша ең тиімді нұсқа –қолданыстығы ЭБЖ өткізгіштік қабілетін жоғарылату болып табылады. Бұл тапсырма – желіні қолдануды жақсарту, жұмыс кернеуін және сымдардағы жүктемелерді жоғарылату, қосымша техникалық құралдарды – реактивті қуатты қарымталаушыларды, торапта қуатты тарату құрылғыларын қолдану және айнымалы ток желісінің жұмыс режимдерін икемді басқару арқылы шешіледі.

Жіберілетін желідегі қуатты жоғарылатудің негізгі мүмкіндіктері:

- Желінің кернеуін жоғарылату (оқшауламаларды ауыстыру және әуе мен жер арасындағы қашықтықты сақтау үшін сымдардың орналасуын өзгертуге байланысты болуы мүмкін). Соңғы жылдары желіні қайта жөндеу көлемі көп болуына байланысты – желені айнымалы кернеуден тұрақты кернеуге ауыстыру нұсқасына көп көңіл бөлінеді.
- Сымдардың қимасын жоғарылату (әдетте тіректер мен оқшаулатқыштарды күшейтуге байланысты).
- Желінің жүктемесін жоғарылату, бұл кезде аумақ үшін орташа статистикалық мәліметтер бойынша жолдағы ауа райы шарттары мен критикалық нүктелерде үздіксіз өлшенетін нақты температура ескерілуі керек.
- Сымдардың температурасын жоғарылату есебімен жүктемені жоғарылату – қызуға төзімділігі жоғары жаңа типтегі сымдарды қолдану.
- Сымдардың температурасы жоғарылаған кезде жерге дейінгі қажет қашықтықты қамтамасыз ету, ілу биіткігін жоғарылату және механикалық төзімділігі жоғары және жылу бөлініуі төмен сымдарды қолдану [1,3].

Қызуға төзімділігі жоғары және орнатылуы төмен сымдардың түрлерін қарастырамыз, оларды қолдану оқшаулатқыштар мен іргетастардың тіректерді өзгертпей-ақ ӘЖ өткізгіштік қабілетін жоғарылатуға мүмкіндік береді.

Бұндай құрылыстардың негізіне – жұмыс температурасы жоғары, температуралық кеңею коэффициенті төмендетілген, төзімділігі жоғары матриалдарды қолдану болып табылады.

Қазіргі уақытта, жоғарыда көрсетілген әдістердің кемшілігі жоқ шешімдер бар. Бұл шешімдер арнайы сымдарды қолдану есебімен желілердің өткізгіштік қабілетін жоғарылатуды қамтамасыз етеді. Бұндай тапсырма техникалық және экономикалық жағынан да ерекше болып табылады.

Бүгінгі таңда заманауи сымдарға келесі талаптар қойылады:

- электр өткізгіштігі максималды жоғары;
- механикалық төзімділігі максималды жоғары;\
- салмағы жеңіл;
- жоғары температураларға төзімді;
- температуралық созылулары аз;
- жел әсеріне және ескіруге (тозуға) төзімді.

Жоғарыда көрсетілшен талаптарды орындау шарттары өзара байланыспайды, себебі: мысалы ең жоғарғы электр өткізгіштік алюминий тазалығы жоғары болғандан қамтамасыз етіледі, бірақ бұл кезде төзімділік төмендейді. Сондықтан қажетті температуралық тұрақтылықты алу үшін дисперсонды-қатты материалдарды, цирконий қоспаларын қолдану қарастырылады.

Әуе ЭБЖ сымдары дайындалатын өткізгіш материалдар, яғни олардың негізгі элементтері техникалық және экономикалық талаптарға сәйкес келу керек. Ең алдымен олардың меншікті электрлік кедергісі (ρ) жоғары болмау керек, сым қызған кезде активті қуат шығыны мен кернеу шығыны минималды болуы тиіс.

Бұл материалдардың тығыздығы (γ) жоғары болуы керек, себебі өткізгіштің белгіленген көлденең қимасы F кезінде сымның өз салмағынан меншікті кедергіні анықтайды. Талаптардың біреуі механикалық төзімділік болып табылады, ол ажырауға ($\sigma_{разр}$) төзімділік шегі бойынша бағаланады. Маңызды көрсеткіштердің бірі температуралық сызықты кеңею (k_T) болып табылады, оның шамасынан сымның ең жоғарғы салбырау бойы тәуелді болады. Жоғарыда көрсетілгендей маңызды қасиеттердің бірі материалдың қызуға төзімділігі, ол сымның жұмыс температурасының ($T_{доп}$) рұқсат етілген мәнімен анықталады.

Сонымен қатар, өткізгіш материалдардың атмосфералық әсерлерге және ауадағы химиялық реагенттерге төзімділігі жоғары болуы тиіс. Ақырында бұл материал жеткіліксіз және қымбат болмау керек, ӘЖ құны құрылыс кезінде қол жетімді болуы керек.

Әр түрлі материалдар түрлі деңгейлерде талаптарға сәйкес келеді, олардың ішінде барлық көрсеткіш бойынша талаптарға сәйкес келетіні болмайды. Қазіргі уақытта ӘЖ құрылысы тәжірбиесінде мыс, алюминий және оның қоспалары, сонымен қатар болат сияқты материалдар қолданылады. Жоғарыда көрсетілген k_T және $T_{доп}$ басқа материалдардың сипаттамалары 3.1 кестеде көрсетілген. .

3.1 кесте – ӘЖ сымдарын дайындау үшін қолданылатын материалдардың қасиеттері

Материал	ρ, Ом•мм^2/км	γ, кг/м^3	$\sigma_{разр}$, МПа
Мыс	17,8—18,5	8700	390
Алюминий	30,0—32,5	2750	160
АВ-Е қоспасі	30,0—32,5	2790	300
Болат	—	7850	1200

3.1 кестедегі көрсеткіштерден алюминийдің меншікті электрлік кедергісі мыспен салыстырғанда 65% ($\rho_{ал} \approx 1{,}65\rho_{м}$) артық, салмағы бойынша 3 есе жеңіл ($\gamma_{ал} \approx 0{,}3\gamma_{м}$), ал төзімділігі бойынша – 2,5 есе нашар ($\sigma_{разр.ал} \approx 0{,}4\sigma_{разр.м}$) екенін көруге болады. 2% жуық темір және кремний, магний қоспаларынан тұратын бар АВ-Е қоспасі таза алюминиймен салыстырғанда тығыздығы бірдей және электрлік кедергісінің төзімділігі жоғары, ол мыспен салыстырғанда 23% аз. Мыс қымбат және дефицит металл болып табылады, сондықтан заманауи техника көбінесе ӘЖ сымдарында алюминий және оның қоспалары қолданылады.

3.1 ӘЖ қолданылатын заманауи сымдардың құрылымдық ерекшеліктері

Шетел компаниялары (3M, Nexans, General Cable, J-Power Systems, VISCAS, Southwire, Lamifil, Lumpi-Berndorf және т.б), сонымен қатар отандық заводтар (Кирскабель, ЭМ-КАБЕЛЬ және т.б.) шығаратын жаңа құрылымдағы сымдардың тізімі әр түрлі және атаулары жиырмаға жуық [6]. Осыған байланысты дипломдық жобада ең көп таралған сымдардың құрылымдық ерекшеліктері, кемшіліктері мен артықшылықтары көрсетіледі.

АСПВ және АСВТ жаңа сымдарының станндартты сымдармен салыстырғандағы артықшылықтары

Стандартты сымдар	Жаңа сымдар
Қолданылуы - әуе ЭБЖ миллион қашықтықтарда, көптеген елдерде. Стандартты сымдардың кемшіліктері: - 1. Қуат ағынының тығыздығы және төзімділігі төмен. - 2. Иілу күштеріне сезімталдығы жоғары (кернеуге төзімділігі төмен). - 3. Найзағай соққыларына төзімділігі жеткіліксіз. - 4. Сымдардың тоттануына төзімділігі жеткіліксіз (агрессифті атмосферада)	Жаңа принципке негізделген сымдарда, пайдалану үшін маңызды жақсартулар болуы мүмкін: +1. Қуат ағынның тығыздығы және төзімділігі жоғары. +2. Қуат ағынының тығыздығы бірдей болған кезде салмағы аз болады. +3. Стандартты сымдармен салыстырғанда иілу күштеріне сеімталдығы жоғары. +4. Найзағай соққыларына төзімділігі жоғары.

Құрылымдық белгілері бойынша топтастырылуы.

Бірінші кезекте төрт құрылымдық белгіден тұратын топты қарастыру керек, оларға сымның компонеттік құралымы, пішіні, токөткізгіш сымдардың материалы, знекшенің материалы жатады. 3.2 кестеде әр белгі бойынша сипаттамалар, сонымен қатар оларды іске асыру нұсқалары, сымның маркалары көрсетілген.

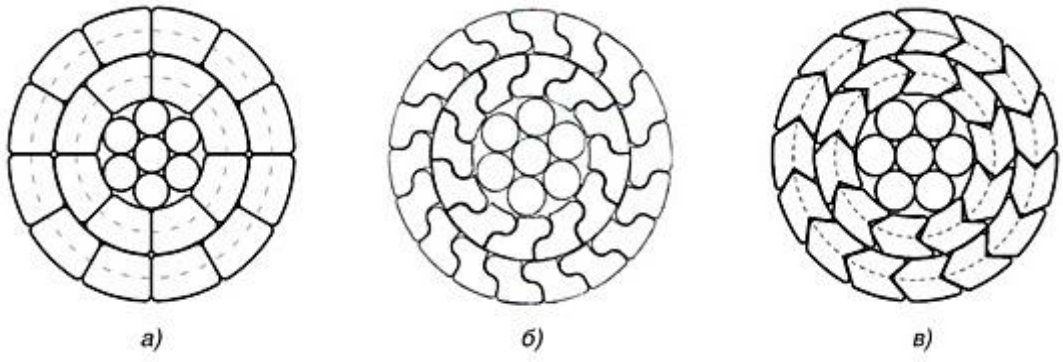
3.2 кесте – ӘЖ сымдарының құралымдық белгілері бойынша топтастырылуы [6]

	Белгісі	Түрлері	Нұсқалары	Символдары
	Компоненттік құралымы	1.1.монометаллды	1.1.1. алюминий	A
			1.1.2. алюминий қоспасі	AAA
		1.2. биметаллды	1.2.1. саңылауы жоқ	
			1.2.2. саңылауы бар	G (gap)
		1.3. металл + композит	. 4.3 қосымшада	--------
	Сымдардың ток өткізшгіш бөліктерінің пішіні	2.1. домалақ	2.1.1. диаметрлері бірдей	
			2.1.2. диаметрлері әр түрлі	жоқ
		2.2. трапециалы	жоқ	TW
		2.3. Z-тәріздес	жоқ	Z
		2.4. бойлық	жоқ	нет
	Сымдардың ток өткізгіш бөліктерінің материалы	3.1. алюминий	3.1.1. электротехникалық (АТ)	A
			3.1.2. жұмсақ (АМ)	ACSS
		3.2. алюминий қоспасі	3.2.1. АВ-Е[Al + 2%(Mg+Si+Fe)]	AA
			3.2.2. TAL, ZTAL, XTAL, KTAL (Al-Zr)	T, ZT, XT, KT
	Өзекшенің материалы	4.1. жабыны бар болат	4.1.1. гальваническим (оцинкованная)	по умолчанию
			4.1.2. мишметалл – қоспа 95% Zn +5% Al	жоқ
			4.1.3. алюминий	AW (ACS)
		4.2. қоспа	4.2.1. алюминий - цирконий	нет
			4.2.2. железоникелевый (инвар)	I
		4.3. композит	4.3.1. металл матрицасы бар (Al, Al_2O_3)	CR
			4.3.2. полимерлі матрицасы бар	CC

Бірінші белгіге сәйкес («Компонеттік құралым») үш түрлілік анықталады. Монометаллды сымдарды алюминий және оның қоспасінен

дайындайды. Алюминий сымдардың механикалық төзімділігі жеткіліксіз, сондықтан $U_{\text{ном}} \leq 35$ кВ кезінде қолданылады. Биметаллды сымдар болат өзекше мен алюминий және оның қоспасінен жасалған ток өткізгіш бөліктерден тұрады. Бұл жерде жаңа сымдар композитті материалдардан тұратын өзекшесі бар сымдар болып табылады.

3.1 суретте сымдардың қимасы көрсетілген. Олардың ток өткізгіш бөліктері әр түрлі пішіндегі фасонды сымдарды қолдану арқылы жаалған. Домалақ сымдардын жасалған ток өткізгіш бөліктерді қолдану жалпы қабылданған шешім (стандартты) болғандықтан, мұнда 3.2 кестедеге 2.2, 2.3 және 2.4 сәйкес сымдардың пішіні дәстүрлі емес сымдар көрсетілген.



а – трапециалы; б - Z-тәріздес; в – оқ тәрізді.

3.2 сурет – Сымның токөткізгіш бөліктеріндегі сымдарды стандартты емес пішіндері

Құралымдық белгілері бойынша топтастырудың келесі екі белгісі сымдары өзекше мен ток өткізгіш бөліктерден дайындалған материалдарға қатысты. Бірінші жағдайда дәстүрлі емес шешім жұмсақ алюминийді (күйдірілген) (3.1.2) және цирконмен бірге алюминий қоспасін (3.2.2.) қолдану болып табылады. Бұл матриалдардың қасиеттері туралы термиялық төзімділік деңгейі бойынша топтастыру кезінде қарастырамыз.

Нұсқалардың түрі көбі төртінші белгі («Өзекше материалы»). Біріншіден заманауи құралымдарда болат сымдардың жабыны әр түрлі материалдардан жасалады, мысалы стандартты гальваникалық жабындармен қатар алюминимен цинк қоспаларынен жасалған жабындар қолданылады. Соңғы жағдайда «алюминиймен жалатылған» термині қолданылады.

4.2 сәйкес жоғарыда көрсетілген қоспалермен «алюминий – цирконий» (Al-Zr) қатар темірникольді («инвар»), қоспа қолданылады, олардың температуралық кеңею коэффициенті төмен. Композитті өзекшелер өз құрылымдары (4.3.1. және 4.3.2) бойынша бөлінеді. Олар туралы салбырау бойы аз құрылмдардың топатамасын қарастырғанда көрсетіледі.

Термиялық төзімділік деңгейі бойынша топтастыру.

Бұл топтамада сымдардың үш тобы көрсетіледі [7]:

1 топ. Ықшамды сымдар $T_{доп}$ бастап 90°С дейін (ток өткізгіш бөліктері трепециалы немесе Z тәріздес сымдардан жасалған).

2 топ. Ток өткізгіш бөліктері бар жоғары температуралы сымдар

- алюминий-циркони қоспаларынен Al-Zr,
- күйдірілген (жұмсақ) алюминийден (АМ маркасындағы).

3 топ. Өзекшесі бар салбырау бойы аз жоғары температуралы сымдар.

- темір никелді қоспадан жасалған («инвар»),
- металл композитті ($Al + Al_2O_3$),
- металл емес (полимерлі) материалдардан жасалған.

Сонымен, бірінші топқа ұзақ рұқсат етілген қызу температурасы 90°С дейін ықшамды сымдар. «Ықшамдылық» сымның токөткізгіш бөлігіні пішінін домалақтан треперциалыға ауыстыру есебімен болады. Сонымен бірге, көлденең қиманы толтыру коэффициенті артады. Егер АС маркасындағы стандартты сымдар үшін ол 0,61 – 0,67 болса, онда заманауи ықшамды сымдар үшін 0,88 [7] дейін жетуі мүмкін. Қимасы АС маркасындағы сыммен бірдей болған кезде ықшамды сымдардың диаметрі кіші болады. Бұл жағдайлар тегіс беті арқылы аэродинамикалық және мұздақты жүктеменің төмендеуіне және мұздақ пайда болуының алдын алуға әсер етеді.

Өзекшенің сымдары құшін мұндай сымдарда төзімділігі жоғары цинктелген болат, алюминий қоспасі немесе композит қолданылады (4.1.1, 4.2.1 және 4.3 р/с., 3.2 кесте). Бірінші топқа жататын сымдардың тізімі 3.3 кестеде көрсетілген.

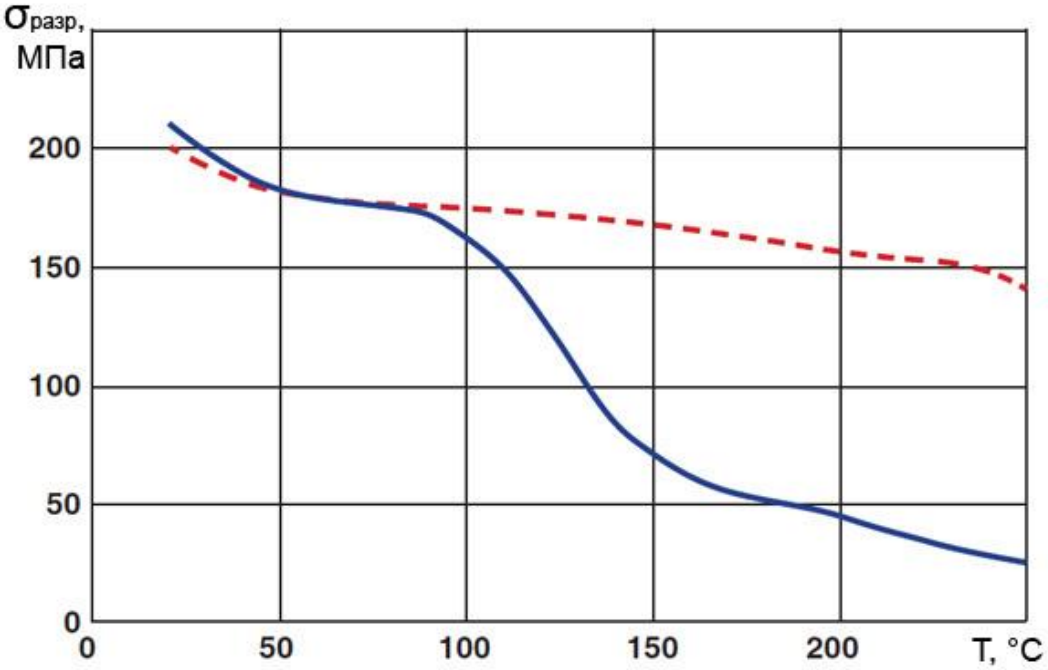
3.3 кесте – 1 топтағы сымдардың маркасы

Марка	Ағылшынша термин	Орысша термин
AAC	All Aluminium Conductor	А1 сымдарынан тығыз сымдар
AAAC*	All Aluminium Alloy Conductor	Термиялық өңделген қоспаден жасалған сымдар АВ-Е (АЗF)
AAAC Z	AAAC with Z-wires (Aero-Z)	Z- тәріздес сымдардан жасалған
ACSR**	Aluminium Conductor Steel Reinforced	АС маркасындағы болат алюминий сымдар
AACSR Z	AACSR with Z-wires (Aero-Z)	Ток өткізгіш бөліктері болат өзекшесі бар алюминий қоспасынен жасалған сымдар
ACAR	Aluminium Conductor Alloy Reinforced	Өзекшесі термиялық өңделген АВ-Е қоспасынен жасалған А1 сымдары

Ескертулер: *AAAC/TW модификациясы бар трапециалы сымдарымен токөткізгіш бөліктер; ** ACSR/TW және ACSR/AW модификациясы бар – болат сымдар.

Қыздыру температурасын 90°С дейін шектеу АТ маркасындағы сымдарды дайындау үшін қолданылатын алюминий $\sigma_{разр}$ = 160 – 200 МПа мәндерімен сипатталады (сымның диаметріне байланысты), жоғары

температура кезінде өзінің механикалық төзімділігін тез түсіреді (3.2 сурет). Дәл осы жағдай үшін сымдардың токөткізгіш бөліктерін кемшілігі жоқ материалдардан жасау белгіленді. Олар екінші топқа біріктірілген.



3.3 сурет – АТ маркасындағы алюминий (тегіс көк сызық) және ZTAL қоспасі қызыл жолақты сызық) үшін температурадан ($\sigma_{разр}$) ажырауға төзімділік шегінің байланысы

Екінші топ HTLS категориясына жатпайтын жоғары температуралы смыдардан тұрады. Бұлар ең алдымен токөткізгіш бөліктері алюминий-цирконий қоспалларынан (Al-Zr) жасалған сымдар. Бұл қоспалердің қатары 4 атаудан TAL, ZTAL, XTAL және KTAL тұрады [6]. 3.4 кестеде олардың атауы TRAA (Thermal Resistant Aluminium Alloy – термиялық тқзімді алюминий қоспасы) және ұзақ рұқсат етілген температурадағы мәнднрі көрсетілген.

3.4 кесте - Al-Zr қоспаларынің түрлері

№	Марка	Атауы	$T_{доп}$,°C
1	TAL	TRAA	150
2	ZTAL	Ultra TRAA	210
3	XTAL	Extra TRAA	230
4	KTAL	High Strength TRAA	150

Соңғы түрленудің (KTAL) қызуға төзімділігі TAL (150°C) қоспасымен бірдей (150°C), бірақ оның төзімділіг жоғары.

Екінші топқа жататын сымдардың тізімі 3.5 кестеде көрсетілген.

3.5 кесте – Екінші топтағы сымдардың маркасы

Марка	Ағылшынша термин	Орысша термин
TACSR	Thermal Resistant Aluminium Alloy (TRAA) Conductor Steel Reinforced	Термиялық төзімді қоспаден Al-Zr (TAL) жасалған болат өзекшесі бар сымдар
ZTACSR	Ultra TRAA Conductor Steel Reinforced	ZTAL ерітнідісінен жасалған
KTACSR	High Strength TRAA Conductor Steel Reinforced	KTAL қоспасінен жасалған, (төзімділігі жоғары)
ACSS*	Aluminium Conductor Steel Supported	Төзімділігі жоғары болаттан жасалған өзекшесі бар Al күйдірілген сымдар

* Түрлендірулері бар ACSS/TW, ACSS/AW и ACSS/TW/AW

Al-Zr қоспаларын қарапайым алюминийдің орнына қолдану 150 – 230°С дейін қызу кезінде ток өткізгіш бөліктердің электрлік және механикалық сипаттамаларын сақтайды. Сонымен бірге, АС маркасындағы стандартты сымдарды қолданумен салыстырғанда ӘЖ өткізгіштік қабілеті (2 – 3 есеге) өседі. Мысал ретінде суретте ZTAL қоспасы үшін $\sigma_{разр} = f(T)$ тәуелділік көрсетілген, ол температураның 20 дан 210°С көтерілуі кезінде ажырау төзімділігін шегі 22% төмендейтінін көрсетеді, ал алюминийдің төзімділігі 80% төмендейді.

3.5 кестенең соңғы қатарында ACSS сымдары көрсетіледі, мұнда сымның ток өткізгіш бөліктері күйдірілген алюминийден (АМ маркасындағы) дайындалған, ол үшін $T_{доп}$=200°С. Бірақ АМ маркасындағы сымдардың созылуы кезіндегі төзімділік шегі АТ маркасындағы алюминийлермен салыстырғанда 2 есе аз, олар қарапайым болат-алюминий сымдарды [3] дайындау кезінде қолданылады және жалпы сымның қажет төзімділігін қамтамасыз ету үшін өзекшесі HS немесе EHS маркасындағы төзімділігі жоғары болаттан дайындалуы керек.

Үшінші топтағы сымдарды (температуралық төзімділігі жоғары, салбырау бойы аз) жасау сызықты кеңеюдің температуралық коэффициентінің мәні төиендетілген (k_T) материалдарды қолдануды қажет етеді. ӘЖ сымдарын дайындау кезінде қолданылатын әр түрлі материалдар үшін k_T мәні 3.6 кестеде көрсетілген.

3.6 кесте – Сызықты кеңейтудің температуралық коэффициенті

№	Материал	k_T, 10^{-6}/°С
1	Алюминий, АВ-Е қоспасы	23,0
2	EST маркасындағы төзімділігі жоғары болат	11,5
3	Металлокомпозит (Al + Al_2O_3)	6,0
4	Темір никельді қоспа (Invar)	3,7
5	Полимеркомпозит [7]	1,6

Жоғарыда көрсетілгендей, үшінші топқа кіретін сымдарды үш топшаға бөлуге болады.

- Invar қоспаларынан жасалған өзекшесі бар ВТП – 3А;
- Композиттік өзекшесі бар ВТП – 3Б;
- Ток өткізгіш бөліктері мен өзекшенің арасында саңылауы бар ВТП-3В.

3.7 кесте – 3А топшасындағы сымдардың маркасы

Марка	Ағылшынша термин	Орысша термин
TACIR	TRAA Conductor Invar Reinforced	Термиялық төзімділіг жоғары Al-Zr (TAL) қоспалардан жасалған сымдар
ZTACIR	Ultra TRAA Conductor Invar Reinforced	ZTAL қоспаларынан жасалған
XTACIR	Extra TRAA Conductor Invar Reinforced	XTAL қоспаларынан жасалған

Екінші топшаға («композиттік сымдар») металлкомпозитті көпсымды өзекшесі бар немесе өзекшесі металл емес композитті материалдан жасалған сымдар кіреді. Бірінші жағдайда («3М» америка компаниясы шығаратын ACCR маркасындағы сымдар) р сымы диаметрі 1,9 – 2,9 мм алюминийден жасалған әрбір өзекше көптеген (25 мыңға дейін) көлденең алюминий қышқылының (Al_2O_3) [8] микроталшықтарымен арматураланған. Бұл талшықтар өзекшенің материалына болат төзімділігімен салыстырғанда жоғары механикалық төзімділік береді. Бірақ композитті өзекшенің салмағы болатқа қарағанда 2 есе аз. Мұндай сымдардың құрылымы 3.4 суретте көрсетілген.



3.4 сурет – Өзекшені металлкомпозиттен қалыптастыратын сымдардың құрылымы

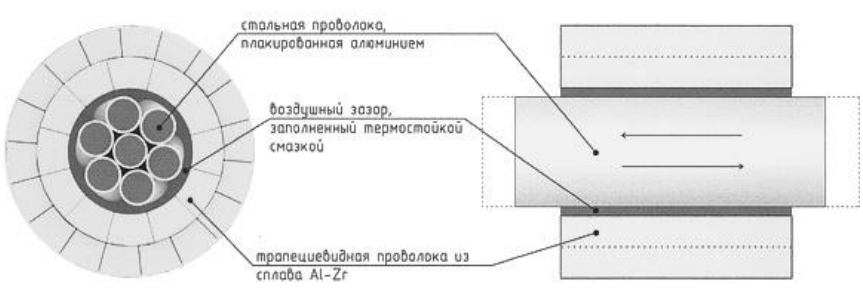
Екінші типтегі композитті сымдардың өзекшесі металл емес материалдан орындалған, матрицадан (полимерлі және көміртекті) және арматуралаушы элементтерден (көміртекті, базальтті және әйнек талшықты) тұрады және қажетті төзімділікті қамтамасыз етеді [9]. CTC Global Corporation американдық компания шығаратын ACCC маркасындағы сымдар эпоксидті компаунтардан жасалған, төзімділігі жоғары компаунтты жіптермен арматураланған өзекше түрінде болады. Қалған EXSYM Жапония компаниясымен шығарылатын CFR белгісі бар екі марка (3.8 кесте) цилиндрлі оқтаушаларға бұралған өзекшеден тұрады, олардың әр қайсысы эпоксидти компаунтан тұратын матрицадағы көмірқышқылды талшықтардан тұрады.

3.8 кесте – 3Б топшасындағы сымдардың маркасы

Марка	Ағылшынша термин	Орысша термин
ACCR	TRAA Conductor Composite Reinforced	Өзекшесі металл композиттен (Al + Al_2O_3) жасалған Al-Zr(TAL) термиялық төзімді қоспалардан тұратын сымдар
ACCC	Aluminium Conductor Composite Core	Өзекшесі полимер композиттен жасалған күйдірілген Al сымдарынан тұратын сымдар
ACCFR	Aluminium Conductor Carbon Fiber Reinforced	Композитті өзекшесі көмірқышқылды талшықтары бар сымлдардан тұратын Al сымдары
TACCFR	TRAA Conductor Carbon Fiber Reinforced	Өзекшесі көмірқышқылды талшықтардан тұратын термиялық төзімді Al-Zr(TAL) қоспалардан жасалған сымдар

Жүктемелік қабілетін жоғарылату мақсатында қолданыстағы ӘЖ қайта жөндеу кезінде бұл сымдарды қолдану, аралықтағы тіректердің биіктігі мен ұзындығын сақтау кезінде салбырау бойын азайтуға мүмкіндік береді.

Al-Zr (TAL немесе ZTAL) термиялық төзімді қоспалардан жасалған және өзекшесі бір бірімен тікелей түйіспейтін (себебі саңылаумен ажыратылған) құрылымы ерекше сымдарды жасау жүктемлік қабілетін жоғарылату мақсатына бағытталған (3.5 сурет). Бұл GTACSR және GZTACSR маркасындағы сымдар (3.9 кесте).



3.5 сурет – GTACSR маркасындағы сымдардың құрылымы
(болат өзекшесі мен ток өткізгіш бөліктері арасында саңылауы бар)

Бұндай құрылым алюминий қабаттардың болат өзекшеге қатысты жылжуын қамтамасыз етеді, бұл ток өткізгіш бөліктердің созылуын жояды. Сонымен бірге, сымның салбырауы болаттың сызықты созуылуының температуралық коэффциентімен анықталады (3.6 кесте). Салыстыру үшін АС маркасындағы қарапайым болат-алюминий сымдардың коэффициентінің мәні 2 есе жоғары (19 – 20·10-6·1/°С) деп көрсетеміз.

3.9 кесте – 3В топшасындағы сымдардың маркасы (өзекшесі мен токөткізгіш бөліктері арасында саңылауы бар)

Марка	Ағылшынша термин	Орысша термин
GTACSR	Gap-Type TRAA Conductor Steel Reinforced	Термиялық төзімді Al-Zr (TAL) қоспаларын жасалған, саңылауы бар болат өзекшелі сымдар
GZTACSR	Gap-Type Ultra TRAA Conductor Steel Reinforced	ZTAL қоспаларынан жасалған сымдар

3.2 Жаңа маркадағы сымдардың артықшылықтары мен кемшіліктері

3.2.1 ACSR (Aluminum Conductor Steel Reinforced)

ACSR сымдарында болат өзекше алюминий сымдардың қабаттарымен қоршалған және негізгі механикалық жүктемесін орындайды. Беткі жұмыс температурасы (90 - 100 ^{o}C) алюминийдің тозуымен шектеледі.

3.10 кесте – Сипаттамасы жақсартылған сымдарды ACSR қарапайым болат-алюминий сымдармен салыстыру

Сым	Өндіруші	Жұмыс тогы	Бағасы	Төселген (жүргізілген) сымдардың ұзындығы, км
ACSR	Көптеген елдер	1	1	АҚШ-да> 0,8 млн (220 кВ және жоғары)
ACSS	Southwire (АҚШ)	1,8-2,0	1,2 (төзімд); 1,5 (аса төзімді.)	АҚШ-да 54000, 1300 (HS285)
GTACSR (зазор)	J-Power (Жапония)	1,6-2,0	2	10000
ACIR (инвар)	LS Cable (Оңтүстік Корея)	1,5-2,0	3-5	20000 (6400 — ZTACIR)
ACCR (Al-композит)	3М (АҚШ)	2-3	5-6,5	800
ACCC (С-композит	CTC (АҚШ)	2	2,5-3,0	1900

Артықшылықтары: қатынасы жақсы «төзімділігі/салмағы», қызу бойынша қасиеті жақсы, құны төмен, ілу әдістер жақсы меңгерілген.

Кемшіліктері: жұмыс температурасы төмен, болат өзекшесі тоттанады (коррозия).

ACSR/AW нұсқасы – өзекшесі болат сым – тотығуға қарсы тұру және сымның кедергісін төмендету үшін гальваникалық жабынмен жабылған.

ACSR/TW нұсқасы – алюминий сымдардың қимасы трапециалы, бұл сымның сыртқы диамерті кезінде жүктемені ток бойынша арттыруға мүмкіндік берді. Сымның кедергісін төмендету.

Аралықта сымды ілу бойынша жүктеменің шегі өзекшемен анықталады, ондағы сызықты кеңею коэффициенті алюминийге қарағанда екі есеге аз. Әдетте болат-алюминий сымның жұмыс температурасы 75°С-тан асады, термиялық төзімді сымдар температураны 120°С дейін, ал қысқа мерзімде 200°С дейін көтеруге мүмкіндік береді.

Отындық сымдар (АС маркасындағы) АТ қатты алюминий сымдарынан және болат сыммен мырышталған өзекшеден тұрады.

3.11 кесте – Сымдардың сипаттамалары

Сымның сипаттамасы	ACSR 400/64 мәні	HTLS мәні	Негізгі сипаттамаларды салыстыру нәтижесі, %[1]
Ток өткізгіш бөліктердің қимасы, мм^2	390	390,4	+0,1%
Өзекшенің қимасы, мм^2	64	65	+1,5%
Сымның диаметрі, мм	27,7	24,7	–10,8%
Ажырауға механикалық беріктігі, Н	129183	170233	+31,8%
1 км сымның салмағы, кг	1572	1204	–23,4%
Рұқсат етілген температура кезіндегі шектік ток жүктемесі, А: 70°С[2] 90°С[3] 150°С[4]	 860 1053 -	 1090 1310 1802	 +26,7% +24,4% +71,1%[5]
Сымның салбырау бойы бірдей кездегі аралықтың ұзындығы, м	350	435	+11,5%
Тіректердің саны, 5 км ӘЖ	16	13	–18,7%
Өзекшенің сызықты созылуының температуралық коэффициенті, 10·1/°С	12	1,95	–83,7%
Сымның сызықты созылуының температуралық коэффициенті, 10·1/°С	19,2	7,2	–10,4%
Жел және көк тайғақ бойынша III ауданда ауа температурасы -5°С кезіндегі сымның салбырау бойы 350 400 450	 8,92 11,72 14,84	 5,74 7,51 9,50	 -35,9
Токтың экономикалық тығыздығы кезінде магниттелі шығындары, негізгі жылу шығындарынан %	5,1	жоқ	-
Жақсы ауа райы шарттарында жалпы тәждің пайда болуына сәйкес, сымның бетіндегі электр өрісінің бастапқы кернеулігі E_0, кВ/см	31,73	37,3	+17,6%



3.6 сурет – ACSR типтегі сым, болат өзекшелі, талсымдары алюминий трапециалы

AAAC (All Aluminum Alloy conductors)

Бұл типтегі сымдар сымдардың концентратты қабаттарынан және төзімділігі жоғары алюминий қоспаларынан 6201 T81 Al-Mg-Si тұрады. Сым домалақ және трапециалы (тип AAAC/TW). Басқа фирмалық атаулары - AAC және AMS.

Артықшылығы: өткізгіштігі жоғары, тотығуға төзімді.

Кемшіліктері: салбырауы жоғары, жұмыс температурасы төмен.

Тотығуға төзімділігі жоғары болғандықтан теңіз бойындағы аумақтардағы желілерде жиі қолданылады. Көптеген елдерде шығарылады, ең көп шығаратын - BICC (Ұлыбритания) компаниясы. Бұл саымға құрылымы ұқсас отандық сымдар (маркасы А) қатты тартылған АТ алюминий сымнан тұрады.



3.7 сурет – AAAC типтегі сым – өзекшесі композитті, талсымы алюминий, беткі қабаты өтімділігі жоғары алюминийден жасалған

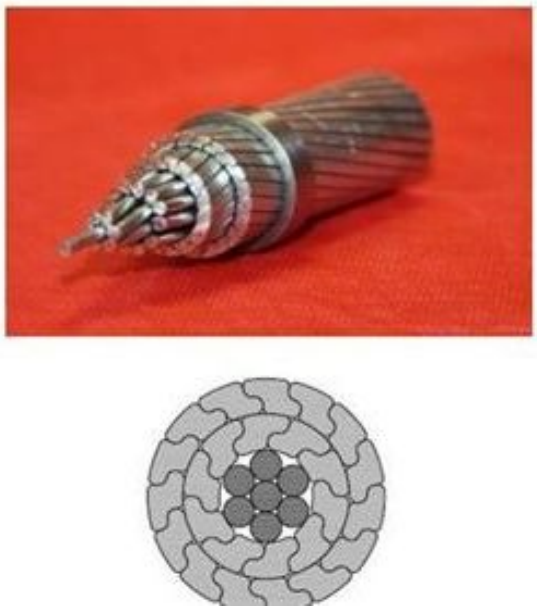
Aero-Z (AAAC сымдарының әр түрлілігі)

Aero-Z типтегі сымдар домалақ сымдардың бір немесе бірнеше шоғырлас қабаттарынан (ішкі қабаттары) және сымдары бір бірімен «Z» түрінде байланысқан. Сымдар алюминий қоспадан жасалған. Сымның әрбір қабаты ұзындығы бойынша шиыршықты болып келеді. Сымды жасаушылар – Nexans концерн.

Алюминий қимасын тиімді пайдалану сымдардағы шығынды төмендетеді, тегіс беті желдік жүктемелерді 30-35% төмендетеді, қар мен мұздың пайда болуына қарсы келеді. Бойлық салмағы жүктемені тірекке түсіреді және аралық ұзындығын 10% арттыруға мүмкіндік береді.

Механикалық сипаттамалары жақсартылған Z типтегі технологиясы жоғары сымдар:

- AAACZ (All Aluminium Alloy Conductor, Z-type) – алюминий қоспасынан жасалған сымдар, олардың 1-2 сыртқы қабаттары Z тәріздес қимадағы сымдардан орындалған;
- AACSRZ (Aluminium Alloy Conductor Steel Reinforced, Z-type) – болат өзекшесі бар алюминий қоспасынан жасалған сымдар, сымның 1-2 қабаты Z тәріздес қиманың сымдарымен орындалған.



3.8 сурет –

Z типтегі сымдарда 1-2 сыртқы қабаттар ретінде домалақ сымдардың орнына Z түріндегі сымдар қолданылады, бұл беткі қабатты тегіс алуға мүмкіндік береді. Сонымен бірге, аэродинамикалық кедергі коэффициентін азайтуға болады. Желілердегі тіректердің қимасы бірдей сымдарды салыстыру кезінде Z типтегі сымдар аз механикалық кернеуге түседі, бұл көк мұзды – қырау және жел түріндегі жоғарылатылған жүктеме кезінде желінің

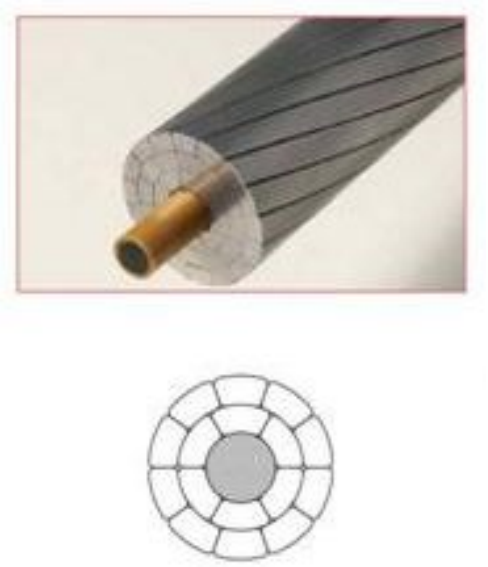
істен шығу қаупін төмендетеді. Басқа жағынан қарағанда бұл құрылым ықшамды және сымның тиімді қимасын арттыруға мүмкіндік береді, демек ӘЖ өткізгіштік қабілетін жоғарылатыды және шығынды төмендетеді.

G(Z)TACSR (Gap Type (Super) Thermal Resistant Aluminium Conductor Steel Reinforced) саңылауы бар термиялық төзімді сымдар – болат өзекшесі бар термиялық төзімді алюминий қоспаларынан жасалған сымдар. Бұл сымдар желінің өткізгіштік қабілетін тіректерді ауыстырусыз арттыруға мүмкіндік береді, берілген габаритті қамтамасыз етеді. Бұл технологияның қосымша жылу шығындарына қарамастан отандық ЭБЖ қайта жөндеу кезінде келешегі жақсы, себебі құрылыс кезіндегі шығындарды (желінің өткізгіштік қабілетін жоғарылату үшін тіректерді ауыстыру қажет емес) төмендетуге мүмкіндік береді, ал жоғары температуралы режимі шекті жүктеме кезінде ғана қолданылады.



3.9 сурет -

ACCC® (Aluminium Composite Core Conductor) композитті өзекшесі бар тиімділігі жоғары сымдар – энергетикалық нарық үшін жаңа болып табылады. Бұл CTC американдық компанияның көмірқышқылды талшықтардан тұратын композитті материалдарды қолданатын инновациялық технологиясы.



3.10 сурет -

ACCC® сымдарының негізгі артықшылықтары:

- номиналды токты екі еселеуге және желінің өткізгіштік қабілетін 2 есеге арттыруға мүмкіндік береді;
- желідегі шығындарды қысқартуға және соған байланысты атмосфераға шығарылуларды 20-30% қысқартуға мүмкіндік береді;
- АС сымдарымен салыстырғанда жеңіл және қимасы 50-60% тиімді;
- салбырау бойының аздығын қамтамасыз етеді, бұл желі аралықтарының ұзындығын арттыруға, биіктігі төмен анкерлі тіректерді немесе тіректердің аз санын қолдануға мүмкіндік береді;
- тотығумен зақымдалмайды;
- мұздану (мұз басу) және желді жүктемелер кезінде жүктемені тірекке түсіруге мүмкіндік береді, бұл ЭБЖ жұмысының сенімділігін және ұзақтылығын жоғарылатады.

Жапонияда және басқа елдерде сымдардың келесі маркалары қолданылады: TAI, ZTAI және XTAI, талсымдары алюминий – цирконий қоспаларынан жасалған, сымның рұқсат етілген жұмыс температурасы 230^0C дейін; TACSR – болат өзекшесі бар TAI сымдарының әр түрінен тұрады; TACIR – бұл да алюминий талсымдары инвармен күшейтілген және салбырауы аз TAI сымдарының әр түрінен тұрады, рұқсат етілген жұмыс температурасы 150^0C, беріктігі болатқа қарағанда төмен, көк мұзға төзімділігі төмен.

ZTACIR типтегі сымдар – алдыңғы сымның нұсқасы, оның жұмыс температурасы 210^0C дейін, ал XTACIR – 230^0C дейін.

Бұл сымдармен AAAC типтегі сымдарды ауыстыру жүктемені 30% арттыруға мүмкіндік берді. Сымның кемшілігі – жөндеу кезінде көп уақытты қажет етеді.

ACSS (SSAC) типтегі сымдар – сымның сирек түрі, талсымдары болат қабықшада күйдірілген алюминийден орындалған. Рұқсат етілген жұмыс температурасы – 200 ден 250^0С дейін. ACSS/TW нұсқасы трапециалы талсымдардан тұрады.

Екі типтегі сымдар үшін тасымалдаудың, сонымен қатар тіректерге ілудің және тіреулердің термиялық төзімділігінің арнайы шарттары қажет.

ACFR типтегі сымдар – алюминий талсымдардан және полимерлі өзекшеден тұрады, көміртекті талшықтармен нығайтылған, рұқсат етілген жұмыс температурасы 150^0С, ол ACSR жеңіл және 50% артық жүктемені көьтеруге мүмкіндік береді. Токты жүктеме кезінде салбырауы төмен. CFCC типтегі өзекше көміртекті талшықтармен орындалған, эпоксидті қарамаймен байланыстырылған, коэффициенті болатпен салыстырғанда $^{T}_{K}$ 11,5 есе төмен, салмағы – ACSR сымдарына қарағанда 1,5 аз.

3.12 кесте - Стандартты типтегі сымдарды және АСВП (ACBT) жаңа типтегі сымдарды салыстыру. Анықтау T_{eds} = 20% RBS кезде орындалған.

Салыстыру үшін сымдардың параметрлері	АС 150/24	АСВП, АСВТ 162/47	
	Мәні	Мәні	АС өзгеру %
Өзекшенің көлденең қимасы, мм^2	24,2	47,3	+90
Алюминий бөлігінің көлденең қимасы, мм^2	149	162,3	+8,9
Диаметрі, мм	17,1	17,1	0,0
Ажырауға номиналды беріктігі, даН	5227,9	9882,4	+89,0
Максималды ток жүктемесі, А	554	590,5 (822)	+6,6 (+48,4)
Әуе ЭБЖ арлық ұзындығы, м	280	364	+30
Әуе ЭБЖ 10 км діңгек	37	27	-27
Ток жүктемесі бірдей кездегі меншікті электрлік шығындар (150 А), МВт•сағ/км, жылына	41,7	36,4	-12,7
Өткізгіштің кеңеюінің температуралық коэффициенті, 10^{-6} 1/°С	19,2	16,7	-13
Өткізгіштің иілгіштік модулі, Е•10^{-3}, Н/мм^2	82,5	88	+6,7
Ауаның максималды температурасы (+40°С), кезіндегі салбырауы, м, 250/300 м аралықтар үшін	6,29 9,26	3,32 4,87	-47,2
Мұз және жел жүктемесі бойынша 3 аудан үшін қоршаған ортаның температурасы 5°С кезіндегі салбырауы, м, 250/300 м	6,66 9,63	4,41 6,04	-33,8
Құрғақ ауа райы кезінде тежденудің басындағы электрлік өріс, кВ/см	34,04	40,0	+17,5
Тұрақты токка кедергісі, (20°С), Ом/км	0,2039	0,1780	-12,7
Сымдардың құнын алдын ала есептеу	100%	110—120%	



3.11 сурет – ACFR типтегі сым – полимерлі өзекшесі көміртекті талшықтармен нығайтылған, талсымы алюминий

Термиялық төзімділігі бірдей кезде, диаметрі бойынша тең, қимасы 160 мм^2 сымдар үшін CFCC өзекшенің болатпен салыстырмалы сипаттамасы келесі кестеде көрсетілген.

3.13 кесте – CFCC өзекшесінің ұқсас болат өзекшемен салыстырмалы сипаттамасы

Өзекшенің түрі	Меншікті салмағы, кг/мм	Иілгіштік модулі, Е, Н/мм^2	Кеңеюдің температуралық коэффициенті $^{T}_{K}$, 1/^{0}С	Созылуға жүктемесі, кН
CFCC	61,0	137,0	$1{,}0\cdot10^{-6}$	44,0
Болат	291,3	206,0	$11{,}5\cdot10^{-6}$	57,0

3.14 кесте – Қимасы (160 мм^2) және диаметрі (18,2 мм) бірдей кездегі әр түрлі типтегі сымдардың салыстырмалы сипаттамасы

Сымның түрі	Жұмыс температурасы, ^{0}С		Меншікті салмағы, кг/км	Созылуға жүктемесі, кН	Екі температура кезінде 300 м аралықтағы салбырауы	
	ұзақ мерзімді	қысқа мерзімді			90^{0}С	150^{0}С
ACFR	90	120	502,5	68,9	9,3	-
AXSR	90	120	732,8	68,4	11,3	-
TACFR	150	180	502,5	68,9	-	9,4
TACSR	150	180	732,8	68,4	-	12,3

Сымның төзімділік қабілетін жоғарылату және салбырау бойын азайту үшін арнайы инвар қоспасы қолданылады, ол алюминий жабынның бетіне жағылады.

3.15 кесте –

Өзекшенің материалы			
Сипаттамасы	Мырышталған болат	Алюминий жалатпалы болат	Инвар
Иілгіштік модулі	20700	16200	15500
Сызықты кеңею коэффициенті, 1^0C	11*E-6	13*E-6	3,7*E-6(<2300C) 10,8E-6(>2300C)
1% деформация кезіндегі кернеу	1100-1170	1100-1200	990-1070
Ажырау күші	1300-1400	1070-1340	1125-1225
Ұзартылуы, %	3-4	-	1.5
Тығыздылығы	7.78	6.59	7.1

Инвар қоспасын сымның өзекше материалы ретінде қолдану салбырау бойын төмендетуге мүмкіндік береді.

Термиялық төзімді алюминийді сымның токөткізгіш бөлігі ретінде қолдану желінің өткізгіштік қабілетін бір жарым есе арттыруға мүмкіндік береді, ал термиялық төзімділігі аса жоғары қоспаны қолдану еекі есеге арттырады. 3.16 кестеде әр түрлі сымдардың техникалық сипаттамасына салыстыру жүргізілген.

3.16 кесте - Әр түрлі сымдардың техникалық сипаттамасына салыстыру

	Сым		
Сипаттамасы	AC-150	TACSR/HACIN	ZTACSR/HACIN
Салмағы, кг	600	580	580
Ажырау күші, кН	50,4	58,26	58,26
Ток көтеру қабілеті, А	450	705	1075
Токтың көтерілуі	1	1,41	1,93
Құнының көтерілуі	1	1,48	~3-4

Сымдардың температурасы 150ºС немесе 210ºС кезінде штатты режимде жұмыс істейтін желілер көк мұздың (мұздақ) қабатына ұшырамаған, бұл сымдардың билеу қаупін және тіректе шекті жүктеменің төмендеуін азайтады.

TACSR/HACIN сымдары құрылым бойынша классикалық сымдардан ерекшеленбейді. Бұл арматураның барлық түрін – шиыршықты, сыналы қысқаштарды қолдануға мүмкіндік береді.

Бұл сымдардың жұмыс жасау және жөдеу әдістері классикалық AC сымдары үшін әдістермен бірдей. Жаңа технологиялар, құрылғылар және қызметкерлерді оқыту керек болмайды.

3.3 Әр түрлі сымдарды қолдану тәжірбиесі

ӘЖ ең көп таралған ACSR болат-алюминий сымдары. Бұл желілердің көбі 40 жылға жобаланған, ал қолданыста 50-70 жыл жұмыс істейді. АҚШ мен Канадада ӘЖ 80% осы сымдармен жұмыс істейді.

Жаңа желілерді тұрғызу және қолданыстағы желіліерді қайта жөндеу кезінде салбырауы аз және термиялық төзімді сымдарды қолданған тиімді. Мысалы: Солтүстік Америкада өзекшесі төзімділігі жоғары болаттан жасалған ACSS сымдары кеңінен қолданылады. Пайдалану тәжірбиесі 70 жылдардан басталады, ACSS сымдарының жүктемерік қабілеті ACSR қарағанда екі есе жоғары. 2008 ж АҚШ 5000 км ACSS сымдары орнатылған.

Қолданыстағы сымдарды салбырауы аз, термиялық төзімді сымдарға ауыстыру сондай ауа райы шарттары мен салмақта жұмыстық термиялық шегін жоғарылатуға мүмкіндік береді. Сымның 200 ^{o}C дейін температурасы кезінде механикалық және электрлік параметрлерді өзгертусіз жұмыс 100^{o}C жоғары температура кезінде ӘЖ өткізгіштік қабілетін желінің құрылымын (тіректерді, іргетасты, оқшаулатқыштарды ілу жүйесін) өзгертусіз 50% жоғарылатуға мүмкіндік береді.

Температурасы жоғары сымдардың жұмысының жалпы кемшілігі – желідегі шығынның артуы. Желінің барлық қызмет мерзіміндегі капиталданған шығындар сымды таңдау кезіндегі негізгі фактор болып табылады, тіректерді қайта жөндеумен бірге қимасы жоғары сымдарды қолдану шешімі қабылдануы да мүмкін. Жалпы сымның қолданылатын типін таңдау технико-экономикалық есептеулер бойынша анықталады.

Мысалы, Нидерланданың Eindhoven университетінде жүктемесі 600 А-ден 1200 А дейін жоғарылатылған 150 кВ ӘЖ қайта жөндеу құны бойынша жүргізілген есептеулер нәтижесі композитті өщекшесі бар АССС типтегі сымдарды қолдану нұсқасы тиімді екенін көрсетті. Есептеулер бойынша қайта жөндеуге және барлық қызмет мерзіміндегі шығындар басқа маркадағы сымдармен (соның ішінде ACSR болат-алюминий сымдар, олар АССС қарағанда 2,5-3 есе қымбат тұрады) салыстырғанда 50-70% құрайды. Шешуші екі фактор – қолданыстағы тіректерді пайдалану мүмкіндігі және желідегі аз шығындар, олар желінің барлық қызмет мерзіміндегі жиналған капиталдық бөлікті төмендетеді [6].

Тотығуға төзімділігі жоғары және шығыны төмен АААС алюминий сымдары болат өзенкшесі бар сымдарға қарағанда кең тараған. Олар трпаециалы талшықтармен (TW) орындалуы мүмкін, сонымен қатар сымның аэродинамикалық сапасы жақсарады, салмақтың төмендеуі тіректердегі жүктемені төмендетуге мүмкіндік береді.

Тығыз орналасқан Z-тәріздес сымдарға қарағанда Aero-Z сымдарының қимасын толтыру деңгейі көбірек болады. Бұл сымдар қар және көк мұз, жел жүктемелері қатты ӘЖ қолданылады. Қазіргі уақытта Европада осындай сымдары бар 3500 км желілер төселген.

Жаңа желілерді төсеу мүмкін емес Жапонияда ӘЖ 70% жуығында термиялық төзімді сымдар қолданылады (он мыңдаған км-ге). АҚШ – мұндай ӘЖ 10000 км 2007 ж).

Өзекшесі инвар немес композиттен жасалған, өзекшесі мен токөткізгіш бөліктері арасында саңылауы бар сымдар аз көлемде шығарылады және негізінде Азия елдерінде қолданылады.

АҚШ шығарылатын өзекшесі композиттен тұратын сымдар жеке желілерде тексеріледі.

Қызуға төзімділігі жоғары және салбырау шамасы төмендетілген сымдардың бағасы әр түрлі болып келеді.

ACSR сымдарына қарағанда (1,5-2 есе) АҚШ үш компаниясы шығаратын ACSS сымдары кеңінен таралған.

Сымдардың бағасы өзекшенің және токөткізгіш сымдардың материалына байланысты болады – TAL және ZTAL жапониялық қызуға төзімді алюминий қоспалары қарапайым алюминийге қарағанда үш есе қымбат болады.

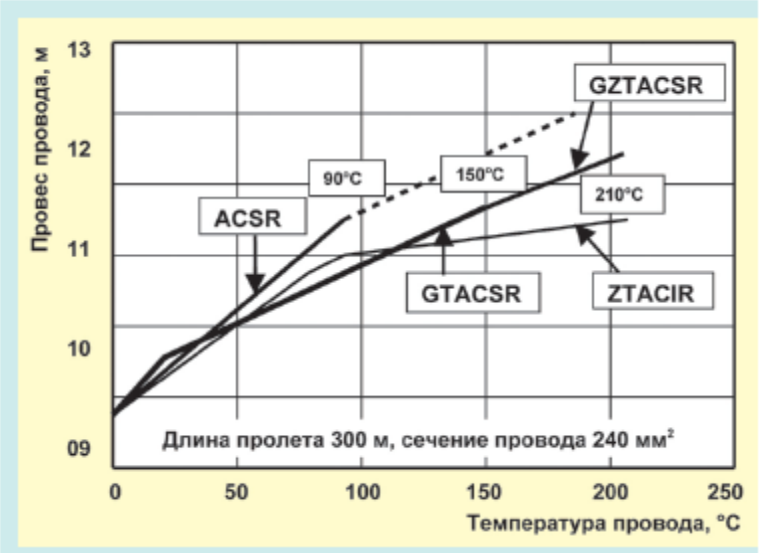
Инвар гальванды жабыны бар болатқа қарағанда үш есе қымбат, сондықтан G(Z)TACSR сымдары ACSR салыстырғанда екі-үш есе, ал ZTACIR – үштен артық есе қымбат тұрады.

3M компаниясының ACCR сымдарының өзекшелерінің материалы (алюминий матрицада керамикалық талшықтары бар өзекше) қарапайым болат сымдарға қарағанда 10 есе қымбат. Сонымен қатар бұл сымдар «алюминий-цирконий» қоспаларын қолданады, ол өзекшенің материалына байланысты ACSR 30 есе қымбат болуы мүмкін.

CTC және Exsym компаниялары шығаратын сымдар көмірқышқылды талшықтармен арматураланған қызуға төзімді қарамайдан жасалған өзекшеден тұрады. CTC компаниясының сымдары күйдірілген алюминий талсымдардан жасалған және ACSR-мен салыстырғанда 23 есе қымбат тұрады, ал талсымдары алюминий – цирконий ZTAL қоспаларынан жасалған Exsym сымдары ACSR-мен салыстырғанда 3-5 есе қымбат.

J-Power компаниясы салбырауы төмен (аз) болат алюминий сымдарды өндіру технологиясын шығарды. Бұл сымның болат өзекшесі созылу күштерімен өзгеріске ұшырайды, сонымен бірге оның созылуға төзімділігі жоғарылайды. Мұндай сымдардың салбырауы қарапайым сымдарға қарағанда аз. осы диаметрде қыздыруды жоғарылатуға және сонымен бірге желінің жүктемесін 1,6 есе, ал термиялық төзімділігі ерекше алюминий қоспаларды қолданғанда – 1,9 есе көтеруге болады. Сым Жапаонияның энергетикалық компанияларында қолданылады (2004 жылы 34 желіде қолданылған).

3.12 суретте сымдардың әр түрлері үшін «салбырау температурасының» сипаттамасы көрсетілген.



3.12 сурет – Сымның салбырауының аралықтағы температураға тәуелділігі

Сымдардың жаңа типтерін төсеу тиімділігі желінің қайта жөндеуіне немесе жаңа желіні тұрғызуға байланысты болады.

Қарапайым ACSR сымдарын полимерлі өзекшесі бар TACFR сымдарына (корпорации Exsym, Жапония) ауыстыру келесі есептік мәндерді суреттейді. Аралық ұзындығы 300 м және сымның қимасы 160 мм^2 кезде TACFR салбырауы 150 ^{o}C-та 9,4 м құрайды, ал ACSR 90 ^{o}C-та 11,3 м құрайды. Бұл ұзындығы 10 км 66 кВ ӘЖ өткізгіштік қабілетін 454 ден 705 А дейін жоғарылатуға мүмкіндік береді. Сымдарды қимасы жоғары ACSR сымдарына ауыстырып қайта жөндеу нұсқасының толық құны 1,00. TACFR сымдарының қымбаттығына қарамастан, оны қолдану кезіндегі шығындар екі есе аз (2 кесте).

3.17 кесте - Сымдардың қимасын арттыру немесе сымдарды ауыстыру шығындарын салыстыру

Ұзындығы 25 км, 110 кВ ӘЖ өткізгіштік қабілетін арттыруға шығындар	Қиманы ауыстыру кезіндегі шығындар	TACFR сымына ауыстыру кезіндегі шығындар
Тіректердің құны	0,70	0,00
Сымдардың құны	0,07	0,29
Сымдарды ауыстыру бойынша жұмыстар	0,23	0,19
Жалпы құны	1,00	0,48

Жаңа желілерді төсеу мүмкіндіктерін шектеуді қолданыстағы ЭБЖ өткізгіштік қабілетін жоғарылатудың бірінші жоспарына қояды. Жиі қолданылатын жүктемені жоғарылатдың нақты ауа райы шарттары, осы

аумақ үшін орта статистикалық мәндері мен нақты температура және сымдардың салбырауы бойынша тиімділігі аз (20% дейін).

Желінің кернеуін немесе сымдардың қимасын жоғарылату әдетте желіні қайта жөндеу, іргетастар мен тіректерді жеңілдету, желі жолақтарын кеңейтумен байланысты болады.

Желінің жүктемесін жоғарылатудың ең тиімді және қолайлы әдісі қызуға төзімділігі жоғары және механикалық беріктігі үлкен, жылулық созылуы аз сымдарды қолдану болып табылады. Мұндай сымдардың жұмыс температурасы 200^{o}С дейін, ал жүктемесі желі құрылымының (тірек, іргетас, ілу жүйесі және оқшаулатқыштар) өзгеруінсіз 1,5-2 есе. Мысалы, болат алюминий сымы бар 380 кВ ӘЖ 1,8 ГВА қуат жібере алады, ал термиялық төзімді сымдар 3 ГВА, қысқа мерзімде – 4 ГВА жібере алады.

Беті тегіс сымдарды (терпациалы немесе Z тәріздес) қолдану қарлы және көктайғақты, желі қатты ӘЖ жолдары үшін үлкен мүмкіндіктер береді.

Сымдардың жаңа типтерін төсеудің тиімділігі желінің жаңадан салуына немесе қайта жөнделуіне байланысты болады. Есептеу және шетелдік тәжірбиелерден қайта жөндеу кезінде тіректер мен іргетастарды ауыстыру, сипаттамасы жақсартылған қымбат сымдарды қолдану тиімді екенін көруге болады.

4 Өмір тіршілік қауіпсіздігі

4.1 Кернеуі 110кВ электр тораптарын пайдалануда қоршаған ортаға әсер ететін зиянды және қауіпті факторларға талдау жасау

4.1.1 Әуе ЭБЖ қоршаған ортаның экологиялық жағдайына әсер етуі

Қоршаған ортаның экологиялық жағдайын,соңғы кездері тек оған жаны ашитын адам экологияның жағдайын ойлайды.Өйткені барлық жерден,өмір сүруге көмектесетін және экологияға кері әсер ететін жаңа заттар шығып жатыр.Мұндай жағдайда тек жоғары вольттік желілер ғана әсер ете алады, олар соңғы кездері 110 кВ басталып,1150 кВ және одан да жоғары, олар өте жоғары электрлік кернеуге ауысқан. Бірақ электроберілістің жоғары вольттік желісінің әсері әртүрлі болады.

Тіректі құрау кезінде оның экологияға деген кері әсерін алдын алу үшін гипердесмо гидроизоляциясын қолданады. Берілген гидроизоляция,оны басқаша hyperdesmo деп атайды, ол қолдануға өте тиімді және пайдалы болып келеді.Оны жағу ыңғайлы және ол судан өте жақсы қорғайды. Гипердесмо гидроизоляциясын «Тагес Трейд». компаниясынан тиімді бағаға алуға болады.

Мысалы, мынадай желілердің электромагниттік өрісі адам ағзаларына қалай әсер етеді.Мұндай желілердің әсері адамға қалай әсер етсе, ол тек табиғи ағзаларға жоғары кернеуде 150 немесе 200 А/м деңгейінде болғанда ғана әсер етеді. Мұндай өріс ӘЖ-нің өткізгіштерінен ара қашықтықтары 1,5 метрге дейін болса ғана пайда бола алады.

Негізгі әсер әуе желісінен пайда болған электрлік өрістен шығады.Мұндай өріс фаза зарядтарымен беріледі. Кернеу жоғарлағанда,оған сәйкес өткізгіштердің фаза зарядатары да жоғарлайды,ол 10 бастап,20 –ға дейін көтеріле алады.

Мұндай әсер биологиялық тұрғыдан адамның жүрек-тамыр жүйелеріне,орталық жүйке жүйесіне,сонымен қатар күш және ағза жүйелеріне әсер ете алады. Ары қарай адамда жүрек соққысы қатты соғып,пульс жоғарлап,жүйкенің қозуы және мөлшерден тыс щаршау және қысымның бір қалыпта болмауы.

Арине,адам,мұндай желілердің әсеріне түсе алады,бірақ ұзақ уақыт емес және қашықта емес. Егер адам соның әсеріне түссе,онда өз уақытында қалпына келу қанша дегенмен көмектеседі және ешқандай қиындықсыз өте алады.

Ең бастысы, барлық шарттарды сақтау.Сонымен қатар,электрберіліс әуе желісінің келесі жақтан әсерін қарастырмай,онда тек тірі ағзалар емес,сонымен қатар эстетика көзімен қараймыз. Қалада тұрған көптеген желілер, қаланың барлық сәулетті түрін құртып ғана қоймай олар жерге жақын жерде орналасып тұр. Эстетиканы бұзбау үшін, тіректер мен желілерді қаланың сыртына қондыру керек немесе сәулет құрылысын

бұзатын емес,керісінше толықтырып тұратын желі еңгізу қажет.

4.2 ЭБЖ-тің биосфераға әсері

Электр энергияның үлкен қашықтыққа берілісі,жоғары кернеуде тұрған әуе желілерімен жүзеге асады.ЭБЖ эксплуатацияның ерекшелігі электромагнит табиғатының биологиялық факторлары кешенімен қоршаған ортаға әсер етуімен байланысты оның ішіне:

Сымдағы айнымалы электромагниттік потенциал;

Электрлік ток шығындары;

Тәждік заряд; Иондау сәулеленуі;

Электроберіліс желісінің астында, мыңдаған километрге таралатын, «бөтен жолақ» деп аталатын үлкен жер жатыр.

«Бөтен жолақтың» шығының азайту үшін ірі қалаларда қолданылатын кәбілді желілер қолданылады. Егін аумақтарында кәбілдерді өткізу кезінде, мүмкіндігінше төмен базалы тіректер пайдаланады. Егіндер,арам шоппен ластанбау үшін тірек астындағы аумақтарды гербицидтармен өңделеді.

Орман массивтер бойымен соқпақ салу кезінде-соқпақтар шабылады. Соқпақ ені «жоғары вольттік желілер қорғау ережелерімен», «Электрқондырғы құралдар ережелерімен» орнатылады. Бұл құжаттар соқпақ енің каегория және жасыл егу кезінде тар массивтердің желілері қиылысуна тәуелді орнатады. ЭБЖ соқпағының ені келесі шартарды сақтау кезінде анықталады:

Теректен құлаудан басқа,соқпақтын шетінде тұрса,өткізгіштерде тұрса:

1) Ажыратылған өткізгіштен соқпақтың шетіндегі теректің басына дейін оқшаулы аралықтарын қамтамас ету.

Алғашында соқпақ ені аз мөлшерде қабылданады,ЭБЖ соңғы фазаларының ара қашықтарына қарағанда,ЭБЖ-тің соңғы өткізгіштерінің әр жақтағы негізгі массивтері. Саябақтардағы,қорықтағы,қала аймақтарындағы, құнды орманды егіндерді сақтау үшін ЭБЖ үшін соқпақ ені 500 кВ жоғары және қор үшін бір метр қосынды олар екінші шартпен таңдалады.

Мұндай әдістеме,соқпақтың енің таңдау үшін көрсетілген аймақтарда расталды, оларда терактер жағдайы және теректің өткізгішке құлап кету мүмкіндіктері әр уақытта бақылауда тұрады.

$$А=2(Б+В+И+К),$$

бұл жерде; А- соқпақтың ені, м;

Б – фазалар арасындағы ара қашықтық;

В - В – шеткі фазалардың ауытқуы, м;

К – соқпақтың шетіндегі талдардың тәж радиусы плюс бір метр.

Қоршаған ортаны қорғау астында ЭБЖ әсерінен тек табиғи

ресурстарды,жануар және өсімдік әлемдерін қорғап,сақтап қана қоймай, ЭБЖ аумағында орналасқан адамның өміртіршілік қауіпсіздігін қалыпты қамтамас ету қажет. Ол үшін ЭБЖ-тің қорғау аймақтары анықталады.

Қоршаған аймақ деп ЭБЖ тіке жатқан жер аймағы деп аталады,олар соңғы фазалар өткізгіштерінің проекцияларында тұратын, тік параллельдермен шектелген:

35 кВ ЭБЖ үшін - 15м;

110 кВ ЭБЖ үшін - 20м;

220 кВ ЭБЖ үшін - 25м;

500 кВ ЭБЖ үшін -30м;

1150 кВ ЭБЖ үшін 50-55м.

Қоршаған аймақ шекарасындағы электрлік өрістің кернеуі,ережеге сай 0,5 -5- 1 кВ/м құрайды, қоршаған аймақ шегінен тәжірби шығады. Қоршаған аймақтарды адамдардың қауіпсіздігін,әртүрлі жұмыстар атқару кезінде,сонымен қатар демалған кезде қадағалау қажет.

Адам ағзасының шектелген аймақтарында электромагниттік өрістің зиянды әсері, электроберілістің жоғары вольттік желілерне жақын орналасуы өрістің кернеу үстінде тұрғанына және оның іс –әрекеттері жалғасуына байланысты. Өрістің кернеуі қанша рет төмен болса, онда адам ағзасына әсері аз мөлшерде әсер етеді. Қазіргі таңда шектелген мән ретінде электромагниттік өрістің өнеркәсіптік жиілігінің кернеуі ұсынылған.

5сағ. 10 кВ/м 120мин;

10сағ. 15кВ/м-90мин;

15сағ. 20кВ/м-10мин;

20 сағ. 25 кВ/м - 5 мин;

Электромагниттік өрістің кернеуі 5 кВ/м асқан қауіпті болып таналады және болу жалғасуы нормирілінбейді.

Адам немесе жануарларға әсер ететін биологиялық эффект келесі процесстердің ара қатынасымен анықталады:

Сол немесе басқа ішкі өрістің параметрлеріне сол немесе басқа факторлармен ие болу. Бұл нысананың (соның ішінде диэлектрикалық өткізгіштіктің элекрөткізгішінен) физикалық қасиеттерінен байланысты және де қоршаған ортаның қасиеттерінен байланысты

Электрлік өрістің зиянды әсері 110 кВ және одан да жоғары желілерінде орын алады. Шектелген мәннің электрлік өрістің ЭБЖ өткізгіштерінің астындағы жер деңгейінен 1,8 м жоғары кернеу нормирілінеді.

Ешкім тұрмайтын жерде-15 кВ/м,қиын қол жететін жерде-40 кВ/м,ал тұрғындар жерінде-5 кВ/м, жолдармен қиылысқан тұрғылықты жерлерде-10 кВ/м. Өткізгіштердің өс фазаларынан номиналды режимде жерге дейін минималды ара қашықтық нормирілінеді

ЭБЖ осінан 110 кВ және одан жоғары тұрғылықты жерге дейін ара қашықтықтары 300м кем болмау керек. Халықты және ауыл шаруашылыө

жұмысшыларын, ЭБЖ-110 және оданда жоғары трассасында болғанда қауіпсіз шараларын қолдануларын ескерту мақсатымен, өрістің кернеуі 5 кВ/м жерден 1,8 метр деңгейде, ЭБЖ-дың қорғау аймақтары, қиылысатын желілердің жолдарына арнайы щиттар орнату қажет,онда ЭБЖ трассасындағы жоғары кернеуден сақтану ережелері көрсетіледі.

ЭБЖ-110 және оданда жоғарысының жақындау кезінде тартылған механикалық құрылыстармен, оларда өмір потециалдарына қауіпті қауіп пайда болады. Бұл жағдайларда қосымша қорғайтын кешендер қарастырылады. Мұндай кешендер ретінде қосымша жерге тұйықтағыштар бола алады.Кернеу желілері,байланыстар разрядниктармен жабдықталады.

4.3 ЭБЖ аймақтарындағы экологиялық зияннның бағасы

ЭБЖ трассасындағы радиалды өзгерістер тіке әсерлер нәтижесінде болады:

Орманды шабу,ірге тасты ,тіректі,изоляторларды және электр берілістердің басқа желі жүйелерін орнату. Мұны эстетикалық көзбен ескеру қажет. Сонымен қатар,трасса аймақтарында жарықтың,температуралық режимнің,ылғалдың,әуе ағынының жылдамдық өзгерістері болады.

Соқпақ ені 100 метрге дейін жануарлар өміріне әсер етпейді, ал 200 метр-кедергі болып,аймақтан кетулері жоғарлайды.

Ал 110 кВ ұзындығы 70 км ЭБЖ үшін бөтен аумақ үш мың гектарды құрайды.

Жоғары айтылғаннан шыға, ЭБЖ трассасын таңдау кезінде электроберілістің желісінің қоршаған ортаға деген әсерін санау қажет. Нысаналы баға үшін бұл әсерлер техника-экономикалық еспетерді анықтау үшін жетілдіру қажет,басқа жақтан қарағанда,ЭБЖ келген зиян,келесі жақтан қарасақ- бұл әсерлерді ескеріп ЭБЖ-тің материал сыйымдылығы мен бағасының жоғарлауын қарастырады.Электрлік өрістің ЭБЖ өткізгіштерінен экологиялық әсерін ескерсек онда тек ЭБЖ 400 немесе одан жоғарыға қажет. Әдістемелі-биологиялық зерттеулерді өткізу қажет.

ЭБЖ-110 кВ және оданда жоғарғысын жобалау және құрау кезінде,металлдық конструкцияға тікелей жақын орналасқан,онда ЭБЖ жобасына бұл құрылыстар мен кешендердің адамдар мен жануарлардың қауіпсіздігін қамтамас ету үшін тоқтар мен кернеулердің есептерін жүргізу қажет.

4.4 Электр құрылғысының шу деңгейін бағалау және есептеу

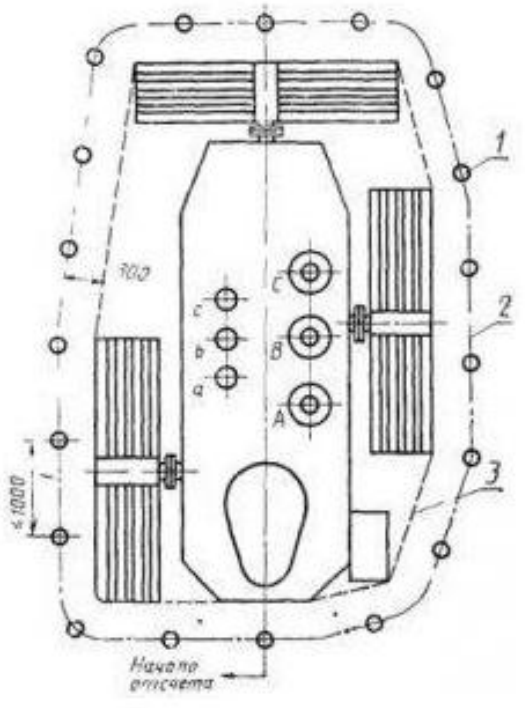
Шу бірнеше топқа бөлінеді:

- қалыптасу көздері бойынша;
- жиілігі бойынша;
- шоғыр (спектр) сипаты бойынша;

- әсер ету уақыты бойынша Кез келген тербелгіш қозғалыстардың негізгі физикалық сипаттамасы:

Мерзім Т және тербелістің амплитудасы А, ал дыбысқа қарай – жиілік f және тербелістің J интенсивтілігі. Жиілік – дыбыстарды ажырататын негізгі сипатама болып табылады. Тербеліс жиілігі – бұл бір секундтағы (Гц) толық тербелістің саны. Дыбыстың есту сезімін тудыратын тербеліс жиілігі 20 дан 20 000 Гц дейінгі шекте болады. Адамның құлағы жиілігі 1000 на 3000 Гц дейін дыбыстарға сезімтал болады. Жиілігі 20 Гц - 20000 Гц дейін естілмейтін дыбыстар инфра және уьтра дыбыстар деп аталады. Тербеліс мерзімі деп бір толық тербеліс болатын уақытты айтамыз. Тербеліс амплитудасы А (м) дыбыс шығарудың күші мен қысымын анықтайды: ол көп болған сайын дыбыстық қысым жоғары және дыбыс қаттырақ болады. Ауада дыбыстық толқын механикалық тербелістердің көзінен сейілту және қойылту түрінде тарайды. Ол ауаның қысымын төмендетуі немес жоғарылатуы мүмкін. Ауа және атмосфера ортасындағы қысымның айырмашылығы дыбыстық қысым деп аталады. Дыбыстың қарқындылығын аудан арқылы уақыт бірлігінде дыбыстың тарлауына перпендикуляр өтетін дыбыстық энергияның ағыны деп атайды.

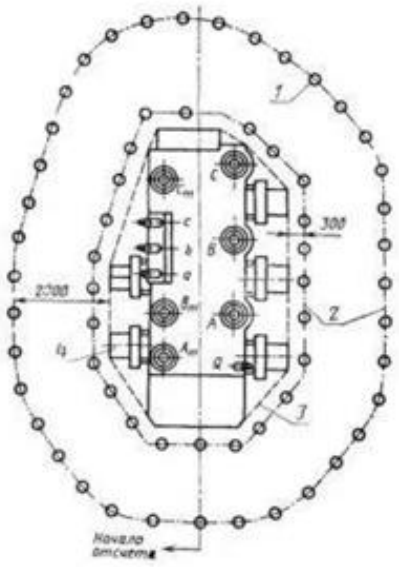
Табиғи ауаның және майдың циркуляциясымен салқындатылатын трансформаторлардағы акустикалық сынақтар кезіндегі өлшеу нүктелері.



1 - микрофон; *2* – өлшеуіш сызық; *3*– дыбыс шығаратын бет

4.1 сурет - Трансформаторлардағы акустикалық сынақтар кезіндегі өлшеу нүктелері

Салқындатудың Д, ДЦ және НДЦ түрімен салқындатылатын трансформаторларда салқындату құрылғылары бакта немесе бактан 3 м арақашықтықта орналасқан. Сол себепті, оларға сынақ жүргізген кезде дыбыс шығарғыш беттен 0,3 және 0,2 м қашықтықта 2 өлшеуіш сызық жүргізіледі.



1 - микрофон; 2 – өлшеуіш сызық; 3 – дыбыс шығаратын бет; 4 – салқындатқыш

4.2 сурет - Трансформаторлардағы акустикалық сынақтар кезіндегі өлшеу нүктелері

Ал жоғарыдағы 4.2 - суретте суретте май мен ауа циркуляциясы еріксіз іске асатын трансформатордың акустикалық сынақтарда өлшеуіш нүктелердің орналасуы көрсетілген

Егер салқындатқыш құрылғылар бактан 3 м немесе одан алыс орналасқан болса, онда трансформатор мен салқындатқыш құрылғыларды екі жеке бір-біріне тәуелсіз дара шу көздері ретінде қарастырылады (яғни, сынаққа түсетін 2 жеке дара объект ретінде). Бұл кезде өлшеуіш сызықтар дыбыс трансформатордың шығаратын бетінен 0,3 м-де, ал жеке дара орнатылған салқындатқыш құрылғылардың дыбыс шығарушы бетінен 2,0 м қашықтықта орналасады.

Трансформаторлардың акустикалық сынақтарын қауіпсіздік техникасының ережелерін сақтай отырып жүргізу керек. Өлшеуіш нүктелерін трансформатордың кернеу астында болатын бөліктерінен қауіпсіз қашықтықта орналастырған жөн (әрбір 100 кВ үшін 1,5 м-ден кем емес).

Өлшеуіш сызықтарын егер трансформатордың биіктігі Н 2,5 м-ге дейін болса – бактың биіктігінің жартысына немесе 2,5 м-ден жоғары болса – бактың биіктігінің 1/3 және 2/3 бөлігіне жүргізіледі. Ал салқындатушы құрылғылар үшін егер олардың биіктігі 4 м-ге дейін болса – биіктігінің

жартысынан етіп, егер 4 м-ден жоғары болған жағдайда – биіктігінің 1/3 және 2/3 бөлігіне орналастырады.

Өлшеуіш нүктелерін көрші нүктелердің бір-бірінен арақашықтығы 1,0 м-ден аспайтындай етіп орналастырады. Ал жалпы нүктелер саны 10-нан кем болмауы керек (4.1 сурет).

Шу өлшегіш құралдың акустикалық калибровкасын сынақтың алдында және сынақ аяқталғаннан кейін арнайы пистонфон деп аталатын тұрақты дыбыс қысымының көзі арқылы жүргізеді. Шу өлшегіш құралдың калибровка кезіндегі көрсеткіштері пистонфонның паспортында көрсетілген мәндеріне сәйкес келуі керек.

Кедергілердің деңгейін бердей орналасқан 10-нан кем емес нүктелерде анықтайды. Егер осы айтылған ережелердің шарттарының бұзылғаны анықталса, кедергілерді шу шығаратын қондырғыларды өшіру шараларын қолдану арқылы жояды.

Сынақтардың жүргізілуі Трансформатордың акустикалық сынақтарын ГОСТ 3484.1-88 бойынша, номинальді жиілік пен синусоидалы кернеу беріп, бос жүріс режимінде жүргіземіз. Егер де трансформатор кернеуді реттегіш құрылғыларымен жабдықталса (РПН немесе РБВ), осы құрылғыларды трансформатор орамаларының негізгі тармақтарының орнына қойып барып сынақ жүргізіледі.

Микрофон өлшеуіш нүктеде сынақ жасалынатын объектке қарай бағытталып орналасуы керек. Микрофон мен трансформатордың арасында дыбыс өрісіне кедергі болатын адам немесе бөгде заттар болмауы тиіс. Ал сынақты жүргізетін персонал мен микрофон арақашықтыңы 0,5 м-ден кем болмауы қажет.

Өлшеуші құралдың уақытша көрсеткішінің ауыстырып-қосқышын S жағдайына орналастырамыз, яғни баяу деңгейіне. Шу өлшеуіш құралдың көрсеткіштері ± 2 дБА-ден ауытқымауы керек. Сонымен бірге, деңгейлердің орташа көрсеткіштерін есептеп, 1 дБА-ге дейін жуықтайтынын айта кеткен дұрыс. Егер көрші өлшеуіш нүктелердің көрсеткіштері бір-бірінен 5 дБА-ге ауытқыса, өлшеуші нүктелердің санын көбейтеміз. Сынақты жеңілдету үшін бірқалыпты қозғалатын жылжымалы микрофонды қолдануға да болады.

Д, ДЦ, НДЦ салқындатқыш жүйелері бар трансформаторлардың дыбыс деңгейін насостар мен желдеткіштердің сөндірулі күйінде дыбыс шығарушы беттен 0,3 м және насостар мен желдеткіштердің қосулы күйінде 2 м қашықтықта анықтайды.

Ал орнатылған Ц салқындатқыш жүйелі трансформаторларды майдың циркуляциясы қосулы күйінде дыбыс шығарушы бетінен 0,3 м қашықтықта сынақтан өткіземіз.

Сынақтан алынған нәтижелерді өңдеу LA өлшеуіш беттег орташа дыбыс деңгейі келесі формуламен анықталады, дБА:

$$L_A = 10\lg\left(\frac{1}{n}\sum_{i-1}^{n}10^{0,1L_1}\right) - K, \qquad (4.1)$$

мұндағы L_i – і нүктесіндегі кедергілерді ескергендегі (1-кесте) дыбыс деңгейі дБА;

n – өлшеуіш нүктелер саны;

К – шағылған дыбыстың әсерін көрсететін тұрақты дБА.

Егер L_i мәндері 5 дБА-ден ауытқыса, L_A келесі формуламен анықталады:

$$L_A = \frac{1}{n}\sum_{i-1}^{n}L_i - K, \qquad (4.2)$$

4.1 кесте - Кедергі деңгейлері үшін түзетулер дБА (дБ)

Трансформаторлардың қосылуы және сөндірілуі кезіндегі дыбыс деңгейінің айырмасы (дыбыс қысымының деңгейлер) L	Қосулы трансформатордың өлшеген дыбыс деңгейінен алынатын түзету
3	3
4-тен 5 қосылуға дейін	2
«6» «8»	1
«9» «10»	0,5

Реттелген дыбыс деңгейінің қуатын L_{PA}, дБА, келесі формуламен анықтаймыз:

$$L_{PA} = L_A + 10\lg\frac{S}{S_0}, \qquad (4.3)$$

мұндағы, S – өлшенетін беттің ауданы, $м^2$;

$S_0 = 1\ м^2$.

Үрленіп салқындатусыз трансформатордың дыбыс шығаратын бетінен 0,3 м қашықтықтағы өлшенетін беттің ауданы ($S_{0,3}$) келесідей анықталады:

$$S_{0,3} = 1{,}25H \cdot l \qquad (4.4)$$

мұндағы Н – бактың биіктігі (кеңейткішсіз) м;

l – периметр бойынша өлшеуіш сызықтың ұзындығы, м.

Үрленіп салқындатудың қосылып тұрған жағдайындағы сынақ кезінде трансформатордың дыбыс шығарушы бетінен 2 м қашықтықтағы аудан келесідей табылады:

$$S_{2,0} = (H + 2) \cdot l \qquad (4.5)$$

Ал трансформатордан 1 м қашықтықтағы өлшеуіш бет ауданы:

$$S_{1,0} = (H + 1) \cdot l \qquad (4.6)$$

Егер МЕМСТ 12.1.003-83 бойынша трансформатордың жұмыс істеп тұрған орнында трансформатордан белгілі бір арақашықтықта (*R*) (30 м-ден ары қарай) келесідей формула қолданылады:

$$L_{A(R)} = L_{PA} + 10\lg S_т , \qquad (4.7)$$

$$L_{A(R)} = 54 + 15\lg G + 80\lg(B/1{,}62), \qquad (4.8)$$

мұндағы LA – 0,3 м қашықтықтағы орташа дыбыс деңгейі дБА; Sт - трансформатордың қуаты МВА.

Ал К=57 6-10 кВ үшін; 59 – 35 кВ кернеуіне; 61 – 110-150 кВ; 63 – 220 кВ; 64 – 330 кВ; 65 – 500-750 кВ;

G – магнитөткізгіш массасы;

B – номинальді индукция.

Осы жоғарыдағы аталған формулалар бойынша есепті қарастырайық:

3414 маркалы Ресей болатынан жасалған магнитөткізгіші бар, қуаты 1000 кВА, жоғарғы кернеуі 10кВ және төменгі кернеуі 0,4 болатын ТМ-1000/10 трансформаторы үшін келесі есептеуледі төмендегі формуламен жүргізейік:

$$L_{A(R)} = L_{PA} - 10\lg S = 57 + 10\lg 1000 = 57 + 10 \cdot 3 = 87 \text{ дБ},$$

$$1.\ S_{0,3} = 1{,}25Hl = 1{,}25 \cdot 1{,}595 \cdot (0{,}3 \cdot 5{,}2) = 3{,}11025 \text{ м}^2,$$

$$L_{PA} = L_{A(R)} + 10\lg S/S_0 = 87 + 10\lg 3{,}11025/1 = 91{,}928 \text{ дБА},$$

$$2.\ S_{2,0} = (H + 2)l = (1{,}595+2) \cdot 2 \cdot 5{,}2 = 26{,}988 \text{ м}^2,$$

$$L_{PA} = L_{A(R)} + 10\lg S/S_0 = 87 + 10\lg 26{,}988/1 = 131{,}3117 \text{ дБА},$$

$$3.\ S_{1,0} = (H + 1)l = (1{,}595+1) \cdot 1 \cdot 5{,}2 = 13{,}494 \text{ м}^2,$$

$$L_{PA} = L_{A(R)} + 10\lg S/S_0 = 87 + 10\lg 13{,}494/1 = 128{,}3014 \text{ дБА}.$$

Бұл жерден көретініміз, бұл трансформатор шу дейгейінің сынақ нәтижесінде нормальді деңгейді көрсетті.

4.5 Диспетчер бөлмесіндегі жарықтануды таңдау, жасанды жарықтану есебі

Жарықтың екі түрі бар:

- Табиғи жарық;
- Жасанды жарық.

Табиғи жарықтандыру жарық саңылаулары арқылы іске асып, жұмыс орындарын жарықтандыру деңгейінің талаптарына сәйкес болу керек.Табиғи жарықтандырылмайтын бөлмелерде ПЭЕМ өндірістік пайдалану қажеттілігі Мемлекеттік санитар – эпидемиологиялық органдары мен мекемелері келісімі бойынша ғана іске асырылуы керек.

ПЭЕМ бөлмелердегі жасанды жарықтандыру жалпы біркелкі жүйесі арқылы орындалу керек. Құжатармен жұмыстар жүргізілетін әкімшілік-қоғамдық орындарда аралас жарықтандыру қолданған дұрыс, жалпы жарықтандыруға құжаттар жатқан аймақты жарықтандыруға арналған жергілікті жарықтандыру шамдары қосылады.

ПЭЕМ жұмыс орындарында жарықтандыру тік (экран жазықтығы) және көлденең (құжаттармен жұмыс аймағындағы стол жазықтығы) бойынша қалыпқа келтіріледі. Қалыпқа келтіру бөлмедегі табиғи және жасанды жарықтандырудан тәуелсіз абсолютті бірлік арқылы есептелінеді (люкс). Құжаттармен жұмыс аймағындағы столдың көлденен жазықтығындағы аралас жарықтандыру 500 лк – тен кем болмау керек (сонымен бірге жалпы жүйеден жарықтандыру 300 лк – тен кем болмау керек). Аралас жарықтандыру жоқ кезде столдың көлденең бетін жарықтандыру (жасанды және табиғи) 400 лк-тен кем болмау керек. Экрандағы жарықтандыру (көлденен жазықтықтағы) 200 лк болу керек. Дискомфорт көрсеткіші 25 – тен аспау керек, әкімшілік-қоғамдық ғимараттағы жарықтандыру пульсация коэффициенті 10% – тен, өндірістік орындардағы жалпы жасанды жарықтандыру көздерінен ауырлық көрсеткіші 20 – дан артық болмау керек.

Жарықтандыру көздерінен жарқырауды шектеген дұрыс, сонымен қатар көзге көрінетін жарқырайтын беттердің жарықтылығы (терезелер, шамдар және т.б.) 200 кд/кв.м – ден артық болмау керек.

Жұмыс орындағы шағылу жарықтылығын заттардың (экран, стол, клавиатура) шамдар түрін таңдау және жұмыс орынының жасанды немесе табиғи жарықтандыру көздеріне байланысты орналастыру арқылы шектейді. Бұл кезде төбенің жарықтылығы шағылытын жарықтандыру жүйесінен қолданғанда 200 кд/кв.м-ден аспауы керек.

ПЭЕМ қолданушының көз алдындағы жарықтылық біркелкі емес таралуының шектеу қажет, бұл кезде жұмыс беттері жарықтылықтың

арасындағы қатынас (стол:экран) 3:1–5:1, ал жұмыс беттері мен қабырға беттері және қондырғылар арасындағы 10:1-ден аспауы керек.

Әкімшілік – қоғамдық және өндірістік орындарда шағылысатын жарықтандыратын құралдар ретінде күші 250 Вт дейін металл-галогендік лампаларды қолдануға рұқсат етіледі. Жалпы жарықтандыру шамдарын үзік немесе біртұтас тізбек түрінде қолданушының ПЭЕМ жанында отырғанда көзіне параллель, ал жұмыс орынына бүйір жанынан орналастыру керек. Компьютерлерді периметр бойынша орналастыру кезінде шамдарды операторға қатысты алдынғы жаққа орналастырған дұрыс.

ПЭЕМ орналасқан орындарды жарықтандыру үшін пульсация коэффициентін төмендетуге арналған жоғары жиілікті реттегіш аппаратармен (ЖЖРА) жабдықталған айналы торлы ЛПО36 сериялы шамдарын қолданған дұрыс. Шашыратқышсыз және экрандағыш торларсыз шамдарда пайдалануға болмайды. Көп лампалы шамдарда ЖЖРА-лы шамдар жоқ кезде немесе жалпы жарықтандыру шамдарын қатар орналасқан болса, оларды үшфазалы жүйенің әртүрлі фазаларына қосу керек. 6-шы қосымшада қолданылатын шамдар типтері келтірілген.Жалпы жарықтандыру шамдарының жарықтылығы сәулелену бұрышының аймағында 50 ден 90 градус тік бойлық және көлденең жазықтықта 200 кд/кв.м-ден аспауы керек, ал шамдардың қорғауыш бұрышы 40 градустан төмен болмау керек.

Жергілікті жарықтандырудың шамдары 40 градустан кем емес қорғауыш бұрышы бар көрінбейтін шағылдырғышы болу керек.

Жалпы жарықтандыруға арналған жарықтандырғыш құралдар үшін қор коэффициенті(КҚ) 1.4-ке тең деп аламыз.

Жарықтылықтың қалыпты мәніне жету үшін ПЭЕМ қолданатын орындарда терезе шынылары мен шамдарды жылына кем дегенде екі рет тазалап, күйген шамдарды уақытында ауыстыру керек.

4.2 кесте – Жұмыс орындарындағы жарықтандыру деңгейі

Бақылау нүктесі	Жарықтандыру (табиғи, жасанды), лк	Жарықтандыру КЕО,%	Араластырылған жарықтандыру, лк
Стол, клавиатура (Г)	400	1,5	500
Экран(В)	300	-	300

Бөлмедегі жасанды жарықтандыру, жарықтың техникалық талаптарына сай болуы керек.

Бөлме сипаттамасы - ұзындығы – 15 м;

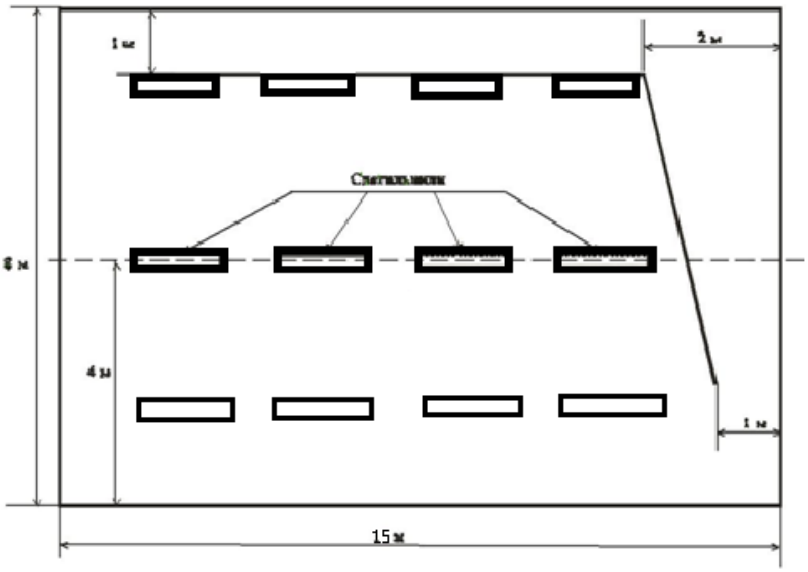
ені – 8 м;

биіктігі – 4 м -жұмыс беті – 1 м

Диспетчерлік бөлмелерде жарықтандырудың нормасы – 150 лк. Мұнда люминесцентті ЛБ типті ақ лампалар қолданылады, шам ЛД типті ұзындығы

1240 мм құрайды.

Жұмыс бетінен шамның іліну биіктігі h=1,5м. Шам мен қабырға арасындағы аралық 1 = 4 м. Екі көршілес шамның ара қашықтығы 0,76 м.



4.3 сурет – Шамдардың орналасу сұлбасы

Нүктелік әдіс бойынша жарықтығы минимал нүктені таңдаймыз. Біздің жағдайда сыртқы қабырғадан 7,5 м қашықтығындағы нүкте.

Енді сол нүктеге 1, 2, 3 және 4 шамдарының түсіретін шартты жарықтығын есептейік:

$$e_{гі} = I_{\alpha} \cdot \cos^3 \alpha / h^2 \qquad (4.9)$$

мұндағы I_{α} - α бұрышы бағытындағы жарық күші, кд;

α - есептік нүкте бағытындағы жарық күші мен шамнан жұмыс бетіне бағытталған вертикаль арасындағы бұрыш.

$$tg\alpha = \frac{d}{h} \qquad (4.10)$$

мұндағы *d* – есептік нүктеден жарық көзіне дейінгі қашықтық.

Нүкте №1:

$$D_1 = 2 \text{ м}, h = 1,5 \text{ м}$$

$$tg\alpha = \frac{2,5}{1,5} = 1,6667;$$

$$\alpha = 59,0$$

$$\cos\alpha = 0{,}515$$

$$\cos^3 \cdot \alpha = 0{,}137.$$

Жарық күші $I_\alpha = 69{,}2$ кд шартты жарықтану:

$$e_{гі} = \frac{I_\alpha \cdot \cos^3 \alpha}{h^2} = \frac{69{,}2 \cdot 0{,}137}{1{,}5^2} = 4{,}214$$

Нүкте №2:

$$d_2 = 3{,}2 \text{ м},$$

$$h = 1{,}5 \text{ м}$$

$$\alpha = 64{,}54$$

$$tg\alpha = \frac{3{,}2}{1{,}5} = 2{,}1333$$

$$\cos\alpha = 64{,}54$$

$$\cos^3 \alpha = 0{,}076.$$

Жарық күші $I_\alpha = 53{,}2$ кд.
Шартты жарықтану:

$$e_{гі} = \frac{I_\alpha \cdot \cos^3 \alpha}{h^2} = \frac{53{,}2 \cdot 0{,}076}{1{,}5^2} = 1{,}797$$

Нүкте №3.

$$d_3 = 4{,}7 \text{ м},$$

$$h = 1{,}5 \text{ м}$$

$$\text{tg}\alpha = \frac{4,7}{1,5} = 3,1333$$

$$\alpha = 72,18$$

$$\cos\alpha = 0,3040$$

$$\cos^3\alpha = 0,0281$$

Жарық күші $I_\alpha = 32,5$ кд.
Шартты жарықтану:

$$e = 32,5 \cdot 0,0281 = 0,406.$$

Нүкте №4:

$$d_4 = 6,5 \text{ м},$$

$$h = 1,5 \text{ м}$$

$$\text{tg}\alpha = \frac{6,5}{1,5} = 4,3333$$

$$\cos\alpha = 0,0225$$

$$\cos^3\alpha = 0,0114.$$

Жарық күші $I_\alpha = 22$ кд.
Шартты жарықтану:

$$e = \frac{32,5 \cdot 0,0281}{1,5} = 0,112.$$

Шартты жарықтықтың жалпы қосындысы:

$$\sum e_г = e_{г1} + e_{г2} + e_{г3} + e_{г4}, \qquad (4.11)$$

$$\sum e_г = 4,214 + 1,797 + 0,406 + 0,112 = 6,529 \text{ лк.}$$

Горизонталь жарықтық:

$$E_Г = \frac{F \cdot \mu \cdot \sum e_г}{1000 \cdot K_З} \qquad (4.12)$$

мұндағы F - шамның жарық ағыны;

μ=1,1 – шағылысу кезіндегі жарықтықтың көбеюін ескеретін коэффициент:

$К_З$ - қор коэффициенті, $К_З = 1{,}5$.

ЛБ шамының жарық ағыны 65 Вт үшін 3120 лм теңге, шамның ішінде 2 дана жарық көзі.

$$E_Г = \frac{2 \cdot 3120 \cdot 1{,}1 \cdot 6{,}529}{1000 \cdot 1{,}5} = 29{,}88 \text{ лк.}$$

Бұл мән жарықтықтың жеткіліксіз екендігін көрсетеді. Енді қолдану коэффициенті әдісі арқылы шам сандарын есептейік.

Бөлме индексі:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} \qquad (4.13)$$

мұндағы А – бөлме ұзындығы;
В – бөлме ені;
h – есептік биіктік.

$$h = H - h_{раб.нов} - h_{свес} \qquad (4.14)$$

$$h = 5{,}5 - 1{,}5 - 1 = 3 \text{ м.}$$

Қажетті шам саны:

$$N = \frac{E \cdot K_З \cdot S \cdot z}{n \cdot Ф_Л \cdot \eta} \qquad (4.15)$$

мұндағы Е – минимал жарықтану;
S - аудан, м^2;
z - біркелкі емес жарықтану коэффициенті, $z = 1{,}1$.
$Ф_Л$ - жарық ағыны;
η - қолдану коэффициенті.
Бөлме индексі:

$$i = \frac{9 \cdot 8}{3 \cdot (9 + 8)} = 2{,}824.$$

$i = 2{,}824$ кезіндегі қолдану коэффициенті $\eta = 72\%$.

$$N = \frac{150 \cdot 1{,}5 \cdot 72 \cdot 1{,}1}{2 \cdot 3120 \cdot 0{,}72} = 12$$

Диспетчерлік бөлме үшін жарықтық 150 лк тең, біз жарықтандырған бар.

$$\Phi_{Л} = \frac{E_{Г} \cdot 1000 \cdot K_{З}}{\mu \cdot \sum e_{г} \cdot n} = \frac{120 \cdot 1000 \cdot 1{,}5}{1{,}1 \cdot 6{,}529 \cdot 4} = 12530 \text{ лк.}$$

Қосымша жарықтандыру ретінде 4 данадан 3 қатар газразрядты жарық көздерін қондырамыз 40 Вт, олардың жарық ағыны 3120 лк тең, ұзындығы 1213,6 мм. ЛД типті шам түрін аламыз 1240 мм.

Енді жалпы шамдар санын ескеріп, оларды қабырғадан 2 м, өзара 3 м қашықтықта орналастырамыз.

5 Экономикалық бөлім

5.1 Есептеудің мақсаты

Есептеудің мақсаты сымның экономикалық тиімді маркасын анықтау. Тиімділік келтірілген минималды келтірілген шығындар әдісі бойынша анықталады:

$$ПЗ = Е_н \cdot К^{сум} + И^{сум} \quad (5.1)$$

мұндағы $К^{сум}$ – барлық күрделі қаржы салымы;

$И^{сум}$ – барлық пайдалану шығындары;

$Е_н$ – күрделі қарсы салымы тиімділігінің нормативті коэффициенті.

5.2 Нұсқаларды таңдау

Сымдардың келесі маркалары қарастырылады:
1. АС-240/39
2. Aero-Z 301-2Z шағын сымдар
3. 3M ACCR Hawk 277-T16 жоғары температуралы сым.

Берілген нұсқалардың әр қайсысы үшін пайдалану мен күшейтуге күрделі қаржы жұмсалымын жазамыз.

5.2.1 І-ші нұсқа үшін келтірілген шығындарды есептейміз
І-ші нұсқа бойынша күрделі қаржы жұмсалымын есептеу.
Барлық күрделі қаржы жұмсалымдары:

$$К^{сум} = К^{пок} + К^{тр} + К^{м} \quad (5.2)$$

мұндағы $К^{пок}$ – жабдықтарды сатып алуға жұмсалған шығындар;

$К^{тр}$ – жабдықтарды тасымалдауға жұмсалған шығындар;

$К^{м}$ – жабдықтарды жөндеуге жұмсалған шығындар.

Тіректерге күрделі қаржы жұмсалымы:

$$К_1^{опоры} = К_1^{о1} \cdot n_1 = 4035000 \cdot 383 = 1545{,}4 \text{ млн.теңге}$$

мұндағы $К_1^{о1}$ –П-220-2 маркасының бір тірегінің құны;
n_1 – тіректер саны.
Сымдарға күрделі қаржы жұмсалымы:

$$К_1^{провод} = К_1^{прова} \cdot l = 525000 \cdot 600 = 315 \text{ млн.тенге}$$

мұндағы $К_1^{провод}$ –АС-240/39 маркасындағы сымның құны, *км/теңге;*
l – желінің ұқындығы.

Арматураға күрделі қаржы жұмсалымы:

$$К_1^{арматура} = 390 \text{ млн.тенге}$$

Жабдықтарды сатып алуға күрделі қаржы жұмсалымы:

$$К_1^{пок} = К_1^{опоры} + К_1^{провод} + К_1^{арматура} = 1545,5 + 315 + 390 = 2250,5 \text{ млн.тенге}$$

Тасымалдауға күрделі қаржы жұмсалымы:

$$К_1^{тр} = К_1^{пок} \cdot 17\% = 386,6 \text{ млн.тенге}$$

Монтаждауға күрделі қаржы жұмсалымы:

$$К_1^{м} = К_1^{пок} \cdot 35\% = 795,9 \text{ млн.тенге}$$

Барлық күрделі қаржы жұмсалымдар:

$$К_1^{сум} = 2250,5 + 386,6 + 795,9 = 3433 \text{ млн.тенге}$$

І-ші нұсқа бойынша пайдалану шығындары:
Барлық пайдалануға жұмсалған шығындар:

$$И^{сум} = И^{з.п} + И^{с.н} + И^{ам} + И^{об/рем} + И^{мат} + И^{пот} + И^{п.ф} \qquad (5.3)$$

мұндағы $И^{з.п}$ – еңбек ақыға пайдалану шығыны;
$И^{с.н}$ – әлеуметтік салықтыққа пайдалану шығыны;

$И^{ам}$ – амортизациялауға пайдалану шығыны;
$И^{об/рем}$ – қызмет көрсету мен жөндеуге пайдалану шығыны;
$И^{мат}$ – материалдық пайдалану шығыны;
$И^{пот}$ – электр энергия шығынына пайдалану шығыны;
$И^{п.ф}$ – зейнеткерлік қорға жіберуге пайдалану шығыны.

Еңбек ақыға пайдалану шығыны:

$$И_1^{з.п} = n_1^{раб} \cdot З_1^{ср} \cdot 12 \cdot К_н = 30 \cdot 70000 \cdot 12 \cdot 1{,}2 = 30{,}24 \text{ млн.тенге / жыл}$$

мұндағы $З_1^{ср}$ – жұмыскердің орташа айлық еңбек ақысы (70000 тенге);
$n_1^{раб}$ – жұмыскерлер құрамы (30 адам);
12 – жылдағы айдың саны;
$К_н = 1{,}2$ – қосымша еңбек ақыны есептейтін коэффициент.

Зейнеткерлік қорға жіберуге пайдалану шығыны:

$$И_1^{п.ф} = 10\% \cdot И_1^{з.п} = 0{,}1 \cdot 30{,}24 = 3{,}024 \text{ млн.тенге}$$

Әлеуметтік салыққа пайдалану шығыны:

$$И_1^{с.н} = (И_1^{з.п} - И_1^{п.ф}) \cdot 11\% = (30{,}24 - 3{,}024) \cdot 0{,}11 = 2{,}99 \text{ млн.тенге}$$

Амортизациялауға пайдалану шығыны;

$$И_1^{ам} = К_{а\ лэп} \cdot К_1^{сум} = 0{,}05 \cdot 3433 = 171{,}65 \text{ млн.тенге / жыл}$$

мұнда $К_{а.лэп}$ – ЭБЖ амортизациялауға пайдалану шығынының коэффициенті, %, жыл.

Қызмет көрсету мен жөндеуге пайдалану шығыны:

$$И_1^{об/рем} = \frac{\alpha_{об/рем}}{100} \cdot К_1^{сум} = \frac{0{,}8}{100} \cdot 3433 = 27{,}46 \text{ млн.тенге / жыл}$$

мұнда $\alpha_{об/рем}$ – электрлік тораптардың қызмет көрсетуі мен жөндеуіне шығарудың нормасы, %/жыл.

Материалдық пайдалану шығыны:

$$И_1^{мат} = \left(И_1^{з.п} + И_1^{об/рем}\right) \cdot 20\% = (30{,}24 + 27{,}46) \cdot 0{,}2 = 11{,}54 \text{ млн.тенге / жыл}$$

Электр энергия шығынына пайдалану шығыны:

$$И_{пот}^1 = C_o \cdot (W_1^{л1} + W_1^{л2}) = 14{,}47 \cdot (8443 \cdot 8760 + 1998 \cdot 8760) = 1322 \text{ млн.тенге / жыл}$$

мұндағы C_o –электр энергияның бағасы 1 кВт/сағ;
$W_1^{л1} + W_1^{л2}$ – электр энергия шығындары;

Барлық пайдалану шығындары:

$$И_1^{сум} = 30{,}24 + 2{,}99 + 171{,}65 + 27{,}46 + 11{,}54 + 1322 + 3{,}02 = 1568{,}9 \text{ млн.тенге / год}$$

Келтірілген жұмсалымдар:

$$ПЗ_1 = 0{,}15 \cdot K_1^{сум} + И_1^{сум} = 0{,}15 \cdot 3433 + 1568{,}9 = 2083{,}85 \text{ млн.тенге}$$

5.2.2 II -ші нұсқа үшін келтірілген шығындарды есептейміз
II-ші нұсқа бойынша күрделі қаржы жұмсалымын есептеу.
Барлық күрделі қаржы жұмсалымдары:

$$K_2^{опоры} = K_2^{o1} \cdot n_2 = 4035000 \cdot 310 = 1250{,}8 \text{ млн.тенге}$$

мұндағы K_2^{o1} – П-220-2 маркасының бір тірегінің құны;
n_2 – тіректер саны.

Сымдарға күрделі қаржы салымы:

$$K_2^{провод} = K_2^{провод} \cdot l = 2125000 \cdot 600 = 1275 \text{ млн.тенге}$$

мұндағы $K_2^{провод}$ –Aero-Z 301-2Z марка сымдарының құны, *км/тенге*
l – желінің ұзындығы.

Арматураға күрделі қаржы салымы:

$$К_2^{арматура} = 340 \text{ млн.тенге}$$

Жабдықтарды сатып алуға күрделі қаржы салымы:

$$К_2^{пок} = К_2^{опоры} + К_2^{провод} + К_2^{арматура} = 1250,8 + 1275 + 340 = 2865,8 \text{ млн.тенге}$$

Тасымалдауға күрделі қаржы салымы:

$$К_2^{тр} = К_2^{пок} \cdot 14\% = 401,2 \text{ млн.тенге}$$

Монтаждауға күрделі қаржы салымы:

$$К_2^{м} = К_2^{пок} \cdot 30\% = 859,7 \text{ млн.тенге}$$

Барлық күрделі қаржы салымдары:

$$К_2^{сум} = 2865,8 + 401,2 + 859,7 = 4026,7 \text{ млн.тенге}$$

II -ші нұсқа бойынша пайдалану шығындарын есептеу:

Еңбек ақыға пайдалану шығыны:

$$И_2^{з.п} = n_2^{раб} \cdot З_2^{ср} \cdot 12 \cdot К_н = 30 \cdot 80000 \cdot 12 \cdot 1,2 = 34,56 \text{ млн.тенге / жыл}$$

Зейнеткерлік қорға жіберуге пайдалану шығыны:

$$И_2^{п.ф} = 10\% \cdot И_2^{з.п} = 0,1 \cdot 34,56 = 3,456 \text{ млн.тенге}$$

Әлеуметтік салыққа пайдалану шығыны:

$$И_2^{с.н} = (И_2^{з.п} - И_2^{п.ф}) \cdot 11\% = (34,56 - 3,456) \cdot 0,11 = 3,42 \text{ млн.тенге}$$

Амортизациялауға пайдалану шығыны;

$$И_2^{ам} = К_{а\ лэп} \cdot К_{сум} = 0,03 \cdot 4026,7 = 120,8 \text{ млн.тенге / жыл}$$

мұндағы $К_{а.лэп}$ – ЭБЖ амортизациялауға пайдалану шығынының коэффициенті, %/жыл.

Қызмет көрсету мен жөндеуге пайдалану шығыны:

$$И_2^{об/рем} = \frac{\alpha_{об/рем}}{100} \cdot К_2^{сум} = \frac{0,8}{100} \cdot 4026,7 = 32,21 \text{ млн.тенге / жыл}$$

мұндағы $\alpha_{об/рем}$ – электрлік тораптардың қызмет көрсетуі мен жөндеуіне шығарудың нормасы, *%/жыл.*

Материалдық пайдалану шығыны:

$$И_2^{мат} = \left(И_2^{з.п} + И_2^{об/рем}\right) \cdot 20\% = (34,56 + 33,21) \cdot 0,2 = 13,5 \text{ млн.тенге / жыл}$$

Электр энергия шығынына пайдалану шығыны:

$$И_2^{пот} = С_о \cdot (W_2^{л1} + W_2^{л2}) = 14,47 \cdot (7542 \cdot 8760 + 1785 \cdot 8760) = 1182 \text{ млн.тенге / жыл}$$

Барлық пайдалану шығындары:

$$И_2^{сум} = 34,56 + 3,42 + 120,8 + 32,21 + 13,5 + 1182 + 3,46 = 1389,95 \text{ млн.тенге / жыл}$$

Келтірілген жұмсалымдар:

$$ПЗ_2 = 0,15 \cdot К_2^{сум} + И_2^{сум} = 0,15 \cdot 4026,7 + 1389,95 = 1993,96 \text{ млн.тенге}$$

5.2.3 III -ші нұсқа үшін келтірілген шығындарды есептейміз
III-ші нұсқа бойынша күрделі қаржы жұмсалымын есептеу.

Тіректерге күрделі қаржы жұмсалымы:

$$К_3^{опоры} = К_3^{о1} \cdot n_3 = 4035000 \cdot 320 = 1291,2 \text{ млн.тенге}$$

где $К_3^{о3}$ – П-220-2 маркасының бір тірегінің құны;
n_3 – тіректер саны.

Сымдарға күрделі қаржы салымы:

$$К_З^{провод} = К_З^{провод} \cdot l = 3125000 \cdot 600 = 1875 \text{ млн.теңге}$$

мұнда $К_З^{провод}$ – ACCR-Hawk-277-T16 марка сымдарының құны, км/теңге

l – желінің ұзындығы.

Арматураға күрделі қаржы салымы:

$$К_З^{арматура} = 340 \text{ млн.теңге}$$

Жабдықтарды сатып алуға күрделі қаржы салымы:

$$К_З^{пок} = К_З^{опоры} + К_З^{провод} + К_З^{арматура} = 1291,2 + 1875 + 340 = 3506,2 \text{ млн.теңге}$$

Тасымалдауға күрделі қаржы салымы:

$$К_З^{тр} = К_З^{пок} \cdot 15\% = 525,93 \text{ млн.теңге}$$

Монтаждауға күрделі қаржы салымы:

$$К_З^{м} = К_З^{пок} \cdot 32\% = 1121,98 \text{ млн.теңге}$$

Барлық күрделі қаржы салымдары:

$$К_З^{сум} = К_З^{пок} + К_З^{тр} + К_З^{м} = 3506,2 + 525,93 + 1121,98 = 5154,11 \text{ млн.теңге}$$

III -ші нұсқа бойынша пайдалану шығындарын есептеу:

Еңбек ақыға пайдалану шығыны:

$$И_З^{з.п} = n_З^{раб} \cdot З_З^{ср} \cdot 12 \cdot К_н = 30 \cdot 80000 \cdot 12 \cdot 1,2 = 34,56 \text{ млн.теңге / жыл}$$

Зейнеткерлік қорға жіберуге пайдалану шығыны:

$$И_З^{п.ф} = 10\% \cdot И_З^{з.п} = 0,1 \cdot 34,56 = 3,456 \text{ млн.теңге}$$

Әлеуметтік салыққа пайдалану шығыны:

$$И_З^{с.н} = (И_З^{з.п} - И_З^{п.ф}) \cdot 11\% = (34{,}56 - 3{,}456) \cdot 0{,}11 = 3{,}42 \text{ млн.теңге}$$

Амортизациялауға пайдалану шығыны;

$$И_З^{ам} = К_{а\ лэп} \cdot К_З^{сум} = 0{,}02 \cdot 5154{,}11 = 103{,}08 \text{ млн.теңге / жыл}$$

мұндағы $К_{а.лэп}$ – ЭБЖ амортизациялауға пайдалану шығынының коэффициенті, %/жыл.

Қызмет көрсету мен жөндеуге пайдалану шығыны:

$$И_З^{об/рем} = \frac{\alpha_{об/рем}}{100} \cdot К_{сум} = \frac{0{,}8}{100} \cdot 5154{,}11 = 41{,}23 \text{ млн.теңге / жыл}$$

мұндағы $\alpha_{об/рем}$ – электрлік тораптардың қызмет көрсетуі мен жөндеуіне шығарудың нормасы, %/жыл.

Материалдық пайдалану шығыны:

$$И_З^{мат} = \left(И_З^{з.п} + И_З^{об/рем}\right) \cdot 20\% = (34{,}56 + 41{,}23) \cdot 0{,}2 = 15{,}16 \text{ млн.теңге / жыл}$$

Электр энергия шығынына пайдалану шығыны:

$$И_З^{пот} = С_о \cdot (W_З^{л1} + W_З^{л2}) = 14{,}47 \cdot (7978 \cdot 8760 + 1888 \cdot 8760) = 1250{,}6 \text{ млн.теңге / жыл}$$

Барлық пайдалану шығындары:

$$И_З^{сум} = 34{,}56 + 3{,}42 + 103{,}08 + 41{,}23 + 15{,}16 + 1250{,}6 + 3{,}45 = 1451{,}5 \text{ млн.теңге / жыл}$$

Келтірілген жұмсалымдар:

$$ПЗ_З = 0{,}15 \cdot К_З^{сум} + И_З^{сум} = 0{,}15 \cdot 5154{,}11 + 1451{,}5 = 2224{,}66 \text{ млн.теңге}$$

Келтірілген есептеулерден Aero-Z сымдарын пайдаланудың тиімдірек екенін көруге болады. Себебі, келтірілген жұмсалымдардың мәні аз. Өзінің құрылымына қарай бұл сымдардың өткізгіштік қабілеті АС сымдарымен

салыстырғанда жоғары және аралық ұзындығы үлкен, бұл тіректердің санын азайтуға мүмкіндік береді.

Қорытынды

Дипломдық жобада 110 кВ электр тораптарының өткізгіштік қабілетін тораты дамыту және болжамдағы қуат теңгерімдерін ескеру арқылы жоғарылату сұрақтар қарастырылған. Электр энергия тұтынушыларын үздіксіз жабдықтау көп жағдайда ӘЖ жұмысының сенімділігімен анықталады.

АС (ACSR) сымдарын жәнет жоғары температуралы ықшамды сымдарды қолдану ӘЖ өткізгіштік қабілетін жоғарылатуға мүмкіндік береді. Өткізгіштігі жоғары сымдарды қолдану тәжірбиесі Европа, Жапония және Америкада жиырма жылдан асады. қазіргі уақытта өткізгіштігі жоғары сымдардың шетелдік өндірушілері ТМД нарығында орын алады. Жаңа ғасырдағы сымдарды қолдану желінің құрылымын оңтайландыру сұрақтарын тиімді шешуге мүмкіндік береді. Бірақ, сымдардың құрылымы мен жұмысы классикалық сымдардан ерекше болатындықтан, желіні жоспарлау үшін есептік бағдарламаларды өзгертуді қажет етеді.

Жобада өткізгіштік қабілеті жоғары сымдардың және АС маркасындағы кейбір сымдардың экономикалық және техникалық көрсеткіштеріне салыстыру жүргізілген, электр беріліс желілерінің сымдарының мұз қату мәселелеріне талдау жасалған, физоко-механикалық сипаттамалары келтірілген, сымдар мен арқансымдардың механикалық төзімділігіне есептеулер жүргізілген.

Осылайша, жаңа маркадағы жоғары температуралы ықшамды сымдарды қолдану ӘЖ бойынша аз шығындарды, сонымен қатар олардың үздіксіз жұмысын қамтамасыз етеді.

Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. Идельчик В.И. Электрические системы и сети: Учебник для вузов. М.: Энергоатомиздат, 1989.

2. Справочник по проектированию электроэнергетических систем / Под. ред. С. С. Рокотяна и И. М. Шапиро. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1985.

3. Дукенбаев К.Д. Энергетика Казахстана. Пути ее интеграции в мировую экономику, Алматы: Ғылым, 1998.

4. Справочник по проектированию электрических сетей/ под ред. Д.Л. Файбисовича. – 3-е изд., перераб. И доп.-М.: ЭНАС, 2009.- 392 с.: ил.

5. Блок В.М. Пособие к курсовому и дипломному проектированию для электроэнергетических специальностей ВУЗов: Учеб. пособие для студентов электроэнергетических специальностей ВУЗов, 2-е изд., перераб. и доп – М.: Высшая школа, 1990.-383 с.

6. А.А. Герасименко, В.Т. Федин. Передача и распределение электрической энергии. – Ростов-н/Д.:Феникс; Красноярск: Издательские проекты, 2006. – 720 с.

7. Электротехнический справочник: В 3 т. Т 3. В 2 кн. Кн. 1. Производство и распределение электрической энергии/Под общ. ред. профессоров МЭИ: И.Н. Орлова (гл. ред.) и др.- 7-е изд. - М., 1988.

8. Алексеев Б.А. Новое в энергетике : воздушные линии электропередачи // Энергетика за рубежом . 2006. №3.

9. Подпоркин Г. Изоляторы , разрядники и вводы // Новости электротехники . 2207. №4.

10. По материалам компаний // Новости электротехники . 2007. №5.

11. Правила устройства электроустановок.- М.: Изд-во ДЕАН, 2001.

12. Охрана труда в электроустановках: Учебник для вузов / Под ред. Б. А. Князевского. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1983.

13. Новые главы в экономике: Учебное пособие / Н. К. Зайнашев, С. В. Ильин, Е. М. Сандомирский:, 1994.