ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Коммерциялық емес акционерлік қоғамы

АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ

Электр станцияларға, тораптарға және жүйелерді
кафедрасы

«Қорғауға жіберілді»
Кафедра меңгерушісі
Умбетқулов С. Қ., т.ғ.к., доцент
(аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)
_____ **«_____» _____ 20___ ж.**
(қолы)

ДИПЛОМДЫҚ ЖОБА

Тақырыбы: Кабель тораптарын қалпына келтіруді қайта қарастыру
мамандығы бойынша

Орындаған Ожкадов Бобылан Берікұлы ЭСк-12-1
(аты - жөні) (тобы)
Жетекші Оңғанова Ж. Қ., т. ғ. к., профессор
(аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

Кеңесшілер:
Экономикалық бөлім бойынша :
т. ғ. к., профессор Жақупов А. А.
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)
_____ «27» 05 2016 ж.
(қолы)
Өмір тіршілігі қауіпсіздігі бойынша:
доцент, Абдишуратов Ж. С.
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)
_____ «25» 05 2016 ж.
(қолы)

Мөлшер бақылаушы:
ОТД оқытушысы Сақолова Ү.С
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)
_____ «31» 05 2016 ж.
(қолы)
Пікір жазушы :
Ешаева Қ. 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 энергетика факультеті
5В071800 – Электр энергетика мамандығы
Электр станциялары, торлары және жүйелері кафедрасы

жобаны орындауға берілген

ТАПСЫРМА

Студент Бұлтаұлов Нұрбұлан Берікұлы
(аты - жөні)

Жоба тақырыбы Кабель торларын қалалық жағдайда қайта жаңарту

ректордың «___» _____№____ бұйрығы бойынша бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі: «____»_____20___ ж.

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

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

Электрмен жабдықтау жүйесіндегі кабельдік желілер.
110-220 кВ кабельдерін таңдау.
Тізімдеме номенклатуралық оқиғанализ бар кабельдерді пайдалану және тексеру.
Өмір тіршілік қауіпсіздігі.
Экономикалық бөлім.

Сызба материалдарының (міндетті түрде дайындалатын сызуларды көрсету) тізімі

Негізгі ұсынылатын әдебиеттер

Обзор государственной политики Республики Казахстан в области энергосбережения и повышения энергоэффективности. ISBN 978-9965948-159-6. С.270.

Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей / Москва, Энергоатомиздат, 1989.

Пешков И.Б. Кабели и провода. Основы кабельной техники. М.: Энергоатомиздат, 2009. 440с.

Кучинский Г.С. и др. Изоляция установок высокого напряжения. М.: Энергоатомиздат, 1987. 368с.

Ларина Э.Т. Силовые кабели и кабельные линии. Учеб. Пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1984. 368с.

Жоба бойынша бөлімшелерге қатысты белгіленген кеңесшілер

бөлімшелер	кеңесші	мерзімі	қолы
ӨТТ.К бөлімі	Абдикаримов Ж.	25.05.16	
Экономика бөлімі	Жакупов Р.Г.	08.02-27.05.16	
Жеңіл бөлімі	Утешова Ж.К.	27.05.2016	

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 құжаттар және әдебиеттер тізіміне шолу	16.11.2015	
3	Зерттеу тапсырмасын және зерттеу мақсатын таңдау	30.11.2015	
4	Негізгі бөлімдер мен графикалық материал жинау	7.12.2015	
5	Электрмен жабдықтау жүйесіндегі кабельдік желілер	7.01.2016	
6	110-220 кВ кабельдерін таңдау	10.02.2016	
7	Тігілген полиэтиленді оқшаулағыш бар кабельдерді пайдалану, тексеру	23.03.2016	
8	Өмір тіршілік қауіпсіздігі	11.04.2016	
9	Экономикалық бөлім	18.04.2016	
10	Графикалық бөлімді рәсімдеу	2.06.2016	

Тапсырманың берілген уақыты «_____» _____ 20 16 ж.

Кафедра меңгерушісі _____ Умбетқулов Е.Ғ., т.ғ.к., доцент
(қолы) (аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

Жоба жетекшісі _____ Ұлжалова Т.К., т.ғ.к., профессор
(қолы) (аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

Орындалатын тапсырманы қабылдаған студент _____ Бұлғақов Ғ.Б.
(қолы) (аты -жөні)

Андатпа

Дипломдық жобада кабель тораптарын қалалық шарттарда қайта жөндеу сұрақтары қарастырылған. Заманауи кабельдік техникасы сипаттамалары жоғары кабельдер мен сымдардың жаңа түрлерін шығару арқылы техникалық озықтылықпен сипатталады. Электрлік қасиеттері жоғары, тігілген полиэтиленді оқшауламасы бар кабельдерді жобалау және пайдалануға талдау жүргізілген. Токөткізгіш сымдардың номиналды қимасы таңдалған, мыс экранның қимасына, сонымен қатар тігілген полиэтиленді оқшауламасы бар кабельдерде есептеу жүргізілген.

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

Аннотация

В дипломной работе рассмотрены вопросы реконструкции кабельных сетей в городских условиях. Современная кабельная техника характеризуется техническим прогрессом за счет создания новых типов кабелей и проводов с более высокими характеристиками.

Проанализированы эксплуатация и проектирование кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена, которые обладают лучшими электрическими свойствами. Выбрано номинальное сечения токопроводящей жилы, произведены расчеты сечения медного экрана, а также тепловой расчет кабеля из СПЭ на 110 кВ.

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

Annotation

In the research paper the issues of reconstruction of cable networks in urban environments. Modern cabling technique is characterized by technological progress by creating new types of cables and wires with higher performance.

Analyzed the operation and design of cables with XLPE insulation, which have better electrical properties. Joined rated section of conductor, calculations are made of copper section of the screen, as well as the calculation of the thermal cable.

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

Мазмұны

Кіріспе 7
1 Электрмен жабдықтау жүйесіндегі кабельдік желілер 9
1.1 Қусырылған полиэтилен оқшауламасы бар кабельдер 9
1.2 Кабель желілерін жобалау үшін нормативтік негіздер 12
1.3 Кабель желісінің өткізгіштік қабілетін талдау 12
1.4 Құрастырылымы (конструкциясы) 14
2 110-220 кВ кабельдерін таңдау 16
2.1 Токөткізгіш талсымдардың номинал қимасын таңдау 16
2.2 Қысқа тұйықталу кезіндегі динамикалық жүктемелер 26
2.3 Кабельдің токөткізгіш талсымының қимасын таңдау 29
2.4 Кабельдер үшін қоршаған орта 34
2.5 Кабель экрандарын жерлендіру тәсілдері 35
2.6 Экрандардың көлденең қосылуы (cross-bonding) 40
3 Тігілген полиэтиленді (СПЭ) оқшауламасы бар кабельдерді пайдалану және тексеру 44
3.1 Кабель желілерін пайдалану барысында және жөндеуден кейін тексеру 44
3.2 Кабель желілерінің зақымдалған орнын анықтау 46
4 Өмір тіршілік қауіпсіздігі 52
4.1. Кабель желісін тарту ережелері, техникалық және ұйымдастыру шаралары 52
4.2 Өрт және электр қауіпсіздігін қамтамасыз ету шаралары 55
4.3 Электр қауіпсіздігі 56
4.4 Қадамдық және жанасу кернеулеріне есеп жүргізу 58
4.5 Диспетчер бөлмесіндегі жарықтану жүйесіне есеп жүргізу 60
5 Экономикалық бөлім. Кабель желісіне технико-экономикалық салыстыру арқылы кабельдің экономикалық тиімді маркасын таңдау 67
5.1 Есептеудің мақсаты 67
5.2 Мүмкін болатын нұсқаларды таңдау 68
Қорытынды 74
Әдебиеттер тізімі 75

Кіріспе

Қалаларды, кәсіпорындарды және ұйымдарды электрмен жабдықтау барысында кабель желілерін зерттеу, оларды пайдалану және жобалау, өндіріс технологиясын жақсарту сұрақтарына көп көңіл бөлінеді.

Күштік кабельдер кернеуі 1000 В жоғары және 6-35 кВ орташа кернеу тарату тораптарында кең таралған және кернеуі 110 кВ және одан жоғары электр беріліс желілерінде (ЭБЖ) кездеседі.

Қазіргі уақытта әуе желелерінің жартысын кабель желілеріне ауыстыру сұрақтары маңызды мәселе болып табылады. Мысалы, кірмесі терең қосалқы станциялар (ҚС) үшін үлкен қалалардағы құрылысты қоректендіретін желілерді әуеде орындау қиын болады.

Сонымен бірге, элегазды оқшауламасы бар кешенді тарату құрылғылар (КТҚ) базасындағы жабық түрдегі қосалқы станциялардың құрылысында кабель желілерін қолданған дұрыс болып табылады. Кабель желілерінің құрылысы үшін жердің ауданы сол кернеудегі әуе желісімен салыстырғанда бірнеше есе аз. Электр берілісінің кабель желілері магаполис шарттарында ең тиімді шешім болып табылады: олар құрылыс үшін қалалық жерлердің әуе желілері орнатылған қымбат тұратын бөліктерін босатуға мүмкіндік береді, олар сыртқы әсерлерден – найзағайлы разрядтардан, жел және төменгі температуралар мен вандализмнен толығымен қорғалған, қаланың тарихи кескінін (түрін) өзгертпейді.

Ең аз жерді алатын қоректендіргіш ЭБЖ орнату шешімі 35-110 кВ – 220 кВ ӘЖ орнынына жоғары кернеулі кабель желілерін төсеу болып табылады. Мысалы, ұзындығы 110 кВ және желінің екі жағы бойынша қорғалатын аумағы 20 м әуе ЭБЖ құрылысы кезінде керек болатын жердің телімі 4 Га, ал, кабель желілерін төсеу кезінде – 0,35 Га құрайды.

Күштік кабель желілері – электр энергиясын жіберу және тарату кезінде тұтынушылардың электрмен жабдықтау сенімділігін анықтайтын түйін болып табылады. Сонымен қатар, кабельдік бұйымдар қашықтықтарда ақпарат жіберу үшін де арналған. Жұмысы электрлік және электронды сұлбаларды қолданумен байланысты заманауи техникалық құрылғылардың барлығы кабель және сымдарсыз жұмыс жасай алмайды, олар электрмен жабдықтау жүйесін, ақпаратты және құрылғының жұмысын басқаруды қалыптастырады.

Техникалық үдеріс кабельдік өнімдердің және кабельдер мен сымдардың сипаттамалары жоғары жаңа түрлерін жасау қажеттілігін арттыра түсті.

Заманауи кабельдік техника жоғары кернеулер мен жоғары жиіліктерді қолдануымен, жіберілетін қуатты арттыруымен, жоғары және төменгі температура шарттарында жұмыс үшін сымдар мен кабельдерді жасаумен, қоршаған ортаның ылғалдылығымен, химиялық активті заттардың және сәуле таралудың (радиацияның) әсерімен, дірілдің болуымен және т.б. сипатталады. Кабельдер мен сымдардың қасиетеріне қойылатын талаптар

электр оқшаулағыш метериалдарды қолданумен шектелмейді және жаңа, заманауи материалдарды жасаудың қажеттілігін тудырады. Кабельдер мен сымдардың жаңа түрлерін арнайы материалдарды қолданусыз жасау мүмкін емес.

Бірақ, жоғары технологиялық материалдарды қолданудың өзі жеткіліксіз болуы мүмкін. СПЭ жасалған кабельдердің сенімділігі дұрыс жөндеуге және пайдалануға байланысты болады.

Кернеуі жоғары кабель желілерін төсеу үшін бұрын май толтырылған кабельдер қолданылған. Соңғы уақыттарда жаңа технологиялардың арқасында біртұтас полиэтилен оқшауламасы бар кабельдер (СПЭ) қолданылады.

1 Электрмен жабдықтау жүйесіндегі кабельдік желілер

1.1 Тігілген полиэтилен оқшауламасы бар кабельдер

Күштік кабельдер номиналды кернеу және ток, сонымен қатар токөткізгіш талсымдардың оқшауламаларының түрлері бойынша топтастырылады.

Күштік кабельдерді қолдану тәжірбиесі бүгінгі күнде жүз жылдан асады. Кабель өндірісі үнемі дамып отырады, технологиялар жетілдіріледі және жаңа оқшаулағыш материалдар пайда болады. Орташа кернеу (6-35 кВ) үшін ұзақ уақыт бойы майлы-қағаз оқшауламасы бар кабельдер, ал жоғары кернеу (100-500 кВ) үшін – төменгі және жоғарғы қысымдағы майтолтырылған кабельдер қолданылады.

Жалпы май сіңірілген қағаз оқшауламасы бар кабельдерді дайындаудың технологиялық процесі күрделі және өнімділігі төмен балып табылады. Темір қабықшаларды қолдану қымбат және құрымы күрделі. Сіңіргіш құрамның ағуынан тік (вертикаль) төсеу кезінде шектеу қойылады.

Майды қорғасын қабықшасында оқшаулағыш орта ретінде пайдалану экологияға кері әсер етеді.

Өткен ғасырдың 60 жылдарынан бастап кабельдерді дайындау технологиясындағы прогресс полимерлі оқшауламаның дамуымен байланысты. Кабельдерді оқшаулау үшін пластмассаларды қолдану оларды дайындауды жеңілдетеді. Пластмассты сығу процесі қағаз таспалар орамдарымен салыстырғанда артқышылықтарға ие. Оқшауламаны сіңіру және кептіру қажет болмайды, құрылымы және кабельді төсеу процесі жеңілдейді.

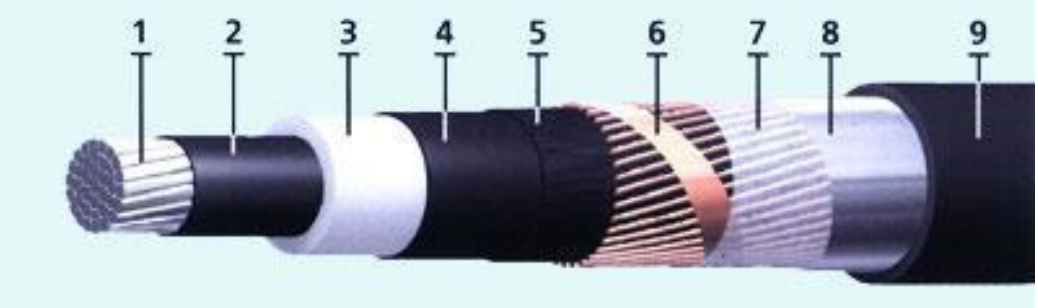
Пластмасстар арасында полиэтилен ерекше диэлектрлік қасиемтерімен ерекшеленеді. Оның электрлік беріктігі жоғары, диэлектрлік өтімділігі төмен, диэлектрлік шығындар бұрышының тангенс мәні аз, иілгіштігі және ылғалға төзімділігі жоғары. Полиэтилен таза түрде алынады, бұл оны электрлік өрістің кернеуі жоғары кезде қолдануға мүмкіндік береді.

Кабельдерді оқшаулау үшін ең қолайлы материал біртұтас полиэтилен (сшитый полиэтилен (СПЭ)) болып табылады. Полиэтиленнің сызықты кеңеюінің жоғары температуралық коэффициенті (0,00015-0,00018 $°C^{-1}$) ондағы температура ауысқан кезде жоғары механикалық кернеудің пайда болуына әкеледі. Қызуға төзімділігін жоғарылату мақсатында полиэтиленді қусыруға (сшиванию) өткізеді, ол кезде сызықтық құрылым кеңістікке ауысады.

Бұндай материалдың қызуға төзімділігі жоғары және қысқа тұйықталу (ҚТ) кезінде 90°С, жұмыс режимі ұзақ болған кезде 250°С жетеді.

Тығыздығы төмен полиэтиленді қусыртудың (сшивания) негізгі үш тәсілі бар: пероксидті, силанольді және радиациялық. Күштік кабельдерді 6 - 500 кВ жұмыс кернеуіне оқшаулау үшін пероксидтер негізінде тігілген полиэтилен (сшитому полиэтилен) қолданылады.

Тігілген (сшитой) оқшауламаны пероксидті әдіс бойынша дайындау үздіксіз вулканизациялы кабель желілерінде іске асады. Бірлескен технологиялық процесте 450°С дейінгі температура кезінде және 14 атмосфераға дейін қысым астында азот ортасында вулканизациясы бар полимердің үш қабаты салынады (талсым бойынша экран, оқшаулау және оқшаулама бойынша экран). Пероксидті қусырудың «Құрғақ» процесі кабельдерді 6 дан 500 кВ дейін кернеуге жүргізуге мүмкіндік береді (1.1 сурет).



1 – алюминий немесе мыс ток өткізгіш талсым, 2 – жартылай өткізгіш тігілген полиэтиленнен жасалған талсым бойынша экран, 3 – тігілген полиэтиленді оқшаулама, 4 - – жартылай өткізгіш тігілген полиэтиленнен жасалған талсым бойынша экран, 5 – суды бөгеуші қабат, 6 – мыс сымдардан жасалған экран, 8 – алюмополимерлі таспаның қабаты, 9 – полиэтиленнен жасалған қабықша

1.1 сурет – Тігілген полиэтиленді (СПЭ) оқшауламасы бар кабель

Кабельдер үшталсымды және бірталсымды болуы мүмкін. Бірталсымды кабельдер сыртқы диаметрі аз, құрылыс ұзындығы және токөткізгіш талсымдарының қимасы үлкен, сонымен қатар төсеу және пайдалану кезінде қолайлы болғандықтан кеңнен таралған.

Талсымдар мыстан немесе алюминийден жасалады. Көпталшықсымды және секторлы болады. Жекеше разрядтармен күресу үшін талсым мен оқшаулама арасына тігілген полиэтиленнен жасалған жартылай өткізгіш қабат төселеді. Бөлетін қабаттар жартылай өткізгіш су бөгеуші таспалармен орындалады, ол кабель зақымдалған кезде ылғалдың экранға жайылуына кедергі келтіреді. Мыс экран сымдардан тұрады және мыс таспамен бекітіледі. Кабельдің сыртқы қабықшасы тығыздығы жоғары полиэтиленнен немесе ПВХ пластикаттан жасалады.

Бірінші рет полиэтилен 1944 жылы АҚШ кернеуі 5 кВ күштік кабельдер үшін қолданылған. 1963 жылы General Electric компаниясы тігілген полиэтиленнен оқшаулама жасап шығарған. Тігілген полиэтиленнен оқшауламасы бар кабельді (СПЭ) бірінші ресейлік өндіруші «АББ Москабель» болды, онда полиэтиленді пероксидті кусыру (XLPE) технологиясы қолданылған.

АҚШ және Канада сияқты елдерде 10-220 кВ күштік кабельдер нарығында тігілген полиэтиленді оқшауламасы бар кабельдер 80-85% алады.

Германия және Дания елдерінде бұл сан 95% дейін, ал Франция, Жапония, Финляндия және Швецияда 100% дейін жетеді.

Соңғы жылдары Ресейде жетекші энергетикалық жүйелерде де жаңа кабель желілерін төсеу және ескілерді жөндеу немесе ауыстыру кезінде тігілген полиэтиленді оқшауламасы (СПЭ) бар кабельдер қолданылады. Қағаз оқшауламасы бар кабельдерің өндірісі азайып барады, ал тігілген полиэтиленді оқшауламасы бар (СПЭ) кабельдердің тізімі артып келеді.

Жоғарыда көрсетілгендері қорыта келгенде, тігілген полиэтиленді оқшауламасы бар (СПЭ) кабельдер қағаз оқшауламасы бар кабельдермен салыстырғанда физика-механикалық, диэлектрлік және технологиялық қасиеттері бойынша артықшылықтары басым болып келеді. Мысалы:

- ұзақ рұқсат етілген температурасы (90°С), асқын жүктеме кезіндегі рұқсат етілген қызуы (130°С), қысқа тұйықталу тогы өту кезіндегі шекті рұқсат етілген температурасы (250°С), бұл қағаз оқшауламасы бар кабельдер үшін 25% артық;
- талсымның рұқсат етілген температурасының артуы есебімен өткізгіштік қабілеті жоғары;
- үлкен қысқа тұйықталу тогына төзімді;
- диэлектрлік шығындардың тангенс бұрышы аз;
- диэлектрлік өтімділігі аз;
- салмағы, диаметрі және иілу бұрышы аз, бұл кабельді төсеуді жеңілдетеді;
- оқшаулама және қабықша үшін полимерлі материалдар қолданылғандықтан, жөндеу жұмыстарын -20°С температурада алдын ала қыздырусыз жүргізу мүмкіндігі;
- меншікті бұзылуы төмен;
- сұйық құрауыштар (компоненттер) және төсеу деңгейінің айырмашылығы бойынша шектеу болмайды, бұл жөндеу жұмыстарының құны мен уақытын азайтады;
- құрылыс ұзындығы үлкен.

Тігілген полиэтиленді оқшауламасы бар (СПЭ) кабельдердің артықшылықтарымен қатар кемшіліктері де бар. Пластмасст оқшаулама үшін қағаз сіңірілген оқшауламалымен салыстырғанда оқшауламаның өздігінен қалпына келу әсері болмайды. Жерге бір фазалы тұйықталу кезінде оқшауланған бейтараптамалары бар орташа кернеулі тарату тораптарында қатты диэлектрик тесілген кезде кабель өзінің электрлік төзімділігін қалпына келтіре алмайды, бұл апаттық режимге әкеледі. Сондықтан, тігілген полиэтиленді (СПЭ) кабельдерді қолдану үшін тұйықталуды релелік қорғаныс жеріне ажырату үшін кедергілі-жерлендірілген бейтараптамаларды енгізу қажет.

1.2 Кабель желілерін жобалау үшін нормативтік негіздер (база)

Электрмен жабдықтау сұрақтарында жоғары (110 – 550 кВ) және орташа (3 - 35 кВ) кернеудегі кабель желілерін жобалау жауапты тапсырма болып табылады.

Қабылданатын шешімдер кабельдік өнімдердің сақталуы және сенімділігі бойынша, сонымен қатар желілерді төсеу және пайдалану кезінде адамдардың денсаулығы мен қауіпсіздігін қамтамасыз ету бойынша жоғары талаптарға сәйкес болуы керек.

Кабель желілері энергетикалық жүйенің ең қымбат элементтері болып табылады. Оларды жобалау кезінде желінің параметрлерін таңдаудағы экономикалық көріністерге (аспект) көңіл бөлу керек.

Кабель желілерін жобалау үшін негізгі нормативті құжаттарға: Электр қондырғыларын құру ережелері (ПУЭ), Техникалық қажетке жарату ережелері (ПТЭ), құрылыс нормалары мен ережелері (СНиП), мемлекеттік стандарттар (ГОСТ) жатады. Қазіргі уақытта нормативті құжаттар көлемі тігілген полиэтиленді оқшауламасы бар (СПЭ) кабельдерді енгізу үшін саланың талаптарына сай емес. Құрылыс нормалары мен ережелері және МЕМСТ сирек жаңартылады және технологиялық озықтылыққа (прогресске) ілесе алмайды. Электр қондырғыларын құру ережелерінде (ЭҚЕ) тігілген полиэтиленді (СПЭ) оқшауламалар туралы жазылмаған. Мұндай жағдай жобалаушылар мен жөндеушілердің қателерінің шапшаңдатқышы болып табылады, жаңа техникамен соқтығысу жәнее пайдалану кезінде апаттарға әкеледі. Бұндай шарттарда кабель желілерін жобалау үшін біріңғай әдісті жасау қажет.

Кабель желілерін жобалау кезінде негізгі сұрақтардың бірі токөткізгіш бөліктердің қимасын таңдау болып табылады. Кабельдің өткізгіштік қабылетін арттыру талсымның таңдалған қимасын азайтуға және оның бағасын үнемдеуге мүмкіндік береді.

1.3 Кабель желісінің өткізгіштік қабілетін талдау

110 кВ төмен қағаз оқшауламасы бар кабельдердің қимасын таңдау ЭҚЕ реттелген және өткізу қабылеті мен ҚТ тогына термиялық төзімділігін тексеру арқылы экономикалық ток тығыздығы бойынша жүргізіледі.

Кернеуі 110 кВ жоғары майтолтырылған кабельдер үшін қиманы экономикалық ток тығыздығы бойынша таңдау қажет емес, себебі экономикалық тығыздылыққа сәйкес келетін қима өткізу қабылеті бойынша рұқсат етілгеннен төмен болады. Талсымдардың экономикалық қимасы – бұл электр энергия шығыны мен күрделі қаржы салымдараның құны үшін минималды қима. Жоғары вольтті кабельдер үшін олар кернеуі төмен кабельдерге қарағанда төмен болады, себебі кабель желілерінің құны жоғары және электр энергия шығыны төмен болады.

Кабельдік өнімдердің құны жоғары болғандықтан, жоғары және орташа кернеуде тігілген полиэтиленді оқшауламасы бар (СПЭ) кабельдердің қимасын экономикалық тығыздық бойынша таңдау жүргізу қажет емес.

Осылайша, бұл кабельдердің қимасын таңдаудың негізгі өлшемі (белгісі) шекті токтық жүктеме болып табылады, ол токөткізгіш талсымның және оқшауламаның рауалы (рұқсат етілген) температурасына тәуелді болады.

Номиналды ток жүктемесін есептеу кабельдің жылу режимінің параметрлеріне негізделген.

$$I = \sqrt{\frac{\Delta\Theta - W_d \cdot (0{,}5 \cdot T_1 + T_2 + T_3 + T_4)}{RT_1 + R(1+\lambda_1)T_2 + R(1+\lambda_1+\lambda_2)(T_3+T_4)}}, \qquad (1.1)$$

мұндағы $\Delta\Theta$ – токөткізгіш талсым мен қоршаған орта арасындағы температураның айырмашылығы, °С;

W_d - ұзындық бірлігіне диэлектрлік шығындар, Вт/м;

T_1 - металл экран мен талсым арасындағы жылулық кедергісі, °С·м/Вт;

T_2 - сыртқы жабындардың жылулық кедергісі, °С·м/Вт;

T_4 – кабельді қоршаған ортаның жылулық кедергісі, °С·м/Вт (жер үшін бұл шама жылу өткізгіш үрдісімен, ал ауа үшін – конвекция мен сәулелену үрдісімен белгіленген);

R – талсымның максималды рұқсат етілген температурасында токөткізгіш талсымның айнымалы тогының электрлік кедергісі, Ом/м;

λ_1, λ_2 – металл экрандар мен қорғаныстардағы жалпы шығындардың токқткізгіш талсымдардағы шығындардың соммасына қатынасы.

Өткізгіштік қабілетін арттыру әдістері жылу режимін орынды қолдануға: жылу әкету шарттарын жақсарту немесе жылу бөлінуді азайтуға негізделеді. Оларға келесілер жатады: шығынды азайту, жылулық кедергісі төмен көметін (төгілетін) құрамдарды қолдану, көмілетін материалдарды ылғалдандыру, кабельдерді тиімді орналастыру арқылы жылу бөлінуді жақсарту, кабельдерді жасанды салқындату жүйесін енгізу. Бұл әдестерді іске асыру шығын және тиімділік жағынан бірдей емес.

Өткізгіштік қабылетін арттырудың ең тиімді және күрделі жолы кабельді жасанды салқындату болып табылады. Әдіс кабельдің жұмысы кезінде кабельден бөлінетін жылуды әкету үшін сұйықтықтар ағынын қолдануға негізделген. Оны іске асыру үшін салқыгдатқыштың айналуын қамтамасыз ететін ішкі каналдары бар арнайы кабельдер құрылымын жасау қажет. Кабельдерді өндіру технологиясын, сонымен қатар сорғы станциялардың құрылымын және салқындату жүйесін қоректендіру үшін жабдықтарды өзгерту қажет. Осы сұрақтардың шешімі келешекте кабель өнімдерін орындау тарсырмасы болып табылады.

Жергетөселген (салынған) кабельге рұқсат етілген жүктеме кабельдің сыртқы жылулық кедергісіне тәуелді болады, ол топырақтың салыстырмалы

жылулық кедергісімен анықталады. Есептік мәнді төмендету кабельдің қызуына және жылулық тесілуіне әкелуі мүмкін. Топырақта жылудың тарауы бірнеше факторлармен байланысты болады, оларды анықтаушы ауа және ылғалдың өткізгіштігімен байланысты топырақтың жылу өткізгіш бөліктері, жартылай ылғалмен толтырылған кеңістікте жылу бөліну болып табылады.

Кабельдің сыртқы жылулық кедергісі кабельдердің өзара орналасуына байланысты болады. Кабельдерді үшбұрышты орналастыру жөндеу кезінде ең қолайлысы болып табылады, бірақ кабельден жылуды бұрып әкету жағынан қарағанда оңтайлы болып саналмайды. Өткізгіштік қабілетін арттыру жағынан қарағанда кабельдерді тең қабырғалы үшбұрыштың ұшына (басына) бір бірінен белгілі қашықтықта орналастыру келешекті болып көрінеді. Сонымен қатар жылулық кедергіге кабельді орналастыру тереңдігі әсер етеді. Бірақ, сонымен бірге экрандарды екі жақты жерлендіргенде кабельдердің осьтері арасындағы қашықтық артқан кезде, экрандағы токтың өсуінен кабельдің өткізгіштік қабілеті нашарлайтынын ескеру керек.

Майтолтырылған кабельдер үшін жерлендірілген металл қабықшалардағы шығын мәселесі белгілі. Олар қабықшаның материалымен, оның геометриялық көлемімен және кабельдердің өзара орналасуымен байланысты болады. Әзірше, көптеген қысымы төмен желілерде сауытты кабельдер немесе қабықшалы қорғаныс жабындары бар кабельдер жөнделген және екі жағынан жерлендірілген кабельдердің сұлбасы қолданылған. Құбыршекті қорғаныс жабындарын енгізу қабықшаларды қосу сұлбасын қолдануға мүмкіндік береді, оларды қуат шығыны болмады. Экрандарды қосудың осындай сұлбасы кезінде қабықшаларда кернеу пайда болады. Құбыршекті жабындарда электрлік төзімділікті жоғарылату және шектеуіш құрылғыларын қолдану қажет.

Тігілген полиэтиленді оқшауламасы бар (СПЭ) кабельдер үшін өткізгіштік қабілетін жоғарылату тәсілдерімен қатар қуат шығынын болдырмайтын экрандарды жерлендіру сұлбасын таңдау да маңызды болып табылады. Бұл сұрақтың шешімі технологиялық болып табылады, тура есепті және қолдануды негіздеуді талап етеді.

1.4 Құрастырылымы (конструкциясы)

Құрастырылымның негізгі элементтері:

- ток өткізгіш талсым – мыс немес алюминий, көп талшықсымды тығыздалған, номиналды қимасы 240 мм^2-ден 800 мм^2 дейін (алюминий талсым – 1000 мм^2 дейін). Ылғалды су бөрткіш қылдардың көмегімен бойлай таратудан талсымның герметизациялануы мүмкін;
- ішкі жартылай өткізгіш қабат, оқшаулама және сыртқы жартылай өткізгіш қабат, үш есе экструзия әдісімен төселген. Бұл элементтер «Borealis», Швеция фирмасының тігілген полиэтиленінен сығылады және қысым мен температураның мәндері жоғары кезде азот ортасында вулканизацияланады. Жартылай өткізгіш қабаттар оқшауламамен берік

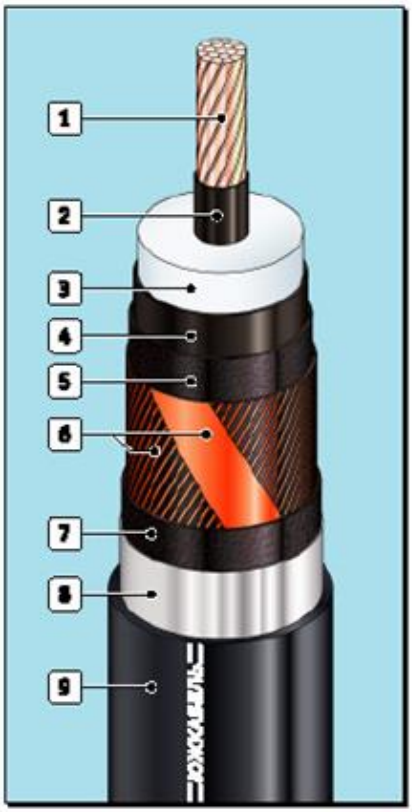
(мықты) қосылған, бұл кабельдің ҚТ тогына және салқындату мен қыздыру кезеңдеріне төзімділігін арттырады;

• экран – мыс сымдар мен таспалардың қиыстырылылған түрінде орындалған. Экранның номиналды кернеуі 35 – 150 мм^2. Су бөрткіш төсемдердің көмегімен экранның бойлай герметизациялануы мүмкін, сонымен қатар сыртқы қабықшамаен бекітілген алюмополимерлі таспаның көмегімен қосымша көлденең герметизация болуы да мүмкін;

• сыртқы қабықшасы тығыздығы жоғары полиэтиленнен немесе поливинилхлоридті пластикаттан жасалған.

Сыртқы қабықшалары бар кабельдерді «нг» (жануды таратпайтын) немесе «нгд» жануды таратпайтын және коррозиялық активті газдар мен түтіннің бөлінуі төмен), соынмен қатар троптиктік орындалуда жасалуы мүмкін.

ПвЭгаП маркасындағы кабельдің құрастырылымының мысалы:



1 – мыс ток өткізгіш талсым, 2 – ішкі экструдированная жартылай өткізгіш қабат, 3 – тігілген полиэтиленді (СПЭ) оқшаулама, 4 – сыртқы экструдированная жартылай өткізгіш қабат, 5 – жартылай өткізгіш су бүркуші төсемі бар орама, 6 – мыс сымдармен орындалған мыс экран, 7 - су бүркуші төсемі бар орама, 8 – сыртқы қабықшамен бірітірілген және көлденең төселген алюмополимерлі таспа, 9 – тығыздығы жоғары полиэтиленнен жасалған сыртық қабықша

1. 2 сурет - ПвЭгаП маркасындағы кабельдің құрастырылымы

2 110-220 кВ кабельдерін таңдау

2.1 Токөткізгіш талсымдардың номинал қимасын таңдау

Тігілген полиэтиленді (СПЭ) оқшауламасы бар кабельдер әуеде құрастырылымы бойынша, жерде темір бетонды науаларда, құбырларда кабельдер орналасқан бөлмелерде (туннельдерде, галереяларда, көпірлік құрылыстарда) салынады. Кабельдерді салу жағдайлары кабельдік желілерді жобалау сатысында таңдайды. Ал кабельдердің маркасы салу шартына байланысты таңдалады.

Экрандар мен талсымдардың номинал қимасы ұзақ рұқсат етілген ток мәндері кестесінің көмегімен таңдалады. Оларды таңдау кезінде салу жағдайлары (жерде немесе әуеде), кабельдердің орналасуы (жазықтықта немесе ұшбұрыш тәріздес) ескеріледі. Кабель желілернің 1 км асатын ұзақ қашықтықты болуына байланысты, кабель экрандарында үлкен шығындарды болдырмас үшін, экрандардың бір немесе бірнеше транспозициялау циклі қажет болуы мүмкін. Транспозициялау үшін экраны шығарылған кабельді қосып тұратын қысқа металл түтіктерді ұзындығы бойынша үш тең телімдерге бөлу үшін, кабель желілерінің екі жерінен орнатылады.

2.1.1 Ұзақ рұқсат етілген ток мәндернің кестесі

Ұзақ рұқсат етілген ток (ағыл. Permissible sustained current) – белгілі бір шарттарда өткізгіштің тұрақты температурасы берілген мәндерден аспайтын өткізгіш бойынша ұзақ уақыт өтетін ток.

2.1 кесте – Экрандары екі жағынан жерленген және өзара қосылған, кабельдері жерде ұшбұрышты орналасқан, ұзақ рұқсат етілген токтар

Талсымдардың номиналды қимасы, мм^2	Талсымның материалы	Бір тізбек (110/220 кВ)		Екі тізбек (110/220 кВ)	
		$К_н$=0,8	$К_н$=1,0	$К_н$=0,8	$К_н$=1,0
185	Мыс	502	429	452	382
	Алюминий	396	340	358	303
240	Мыс	572	489	515	434
	Алюминий	455	389	409	345
300	Мыс	632	538	567	476
	Алюминий	507	432	455	383
350	Мыс	678	577	608	508
	Алюминий	545	462	490	408
400	Мыс	723/695	612/592	645/618	539/518
	Алюминий	587/568	497/485	524/506	439/426
500	Мыс	798/777	673/659	709/608	590574
	Алюминий	654/640	553/545	583/599	486/476
630	Мыс	859/845	721/713	760/744	630/619
	Алюминий	719/780	605/600	637/650	530/523
800	Мыс	932/925	779/776	820/809	677/671

					2.1 кестенің жалғасы
	Алюминий	787/779	659/657	694/684	575/570
1000	Мыс	1009	840	884	729
	Алюминий	864	722	759	628
1200	Мыс	1081	895	944	775
	Алюминий	938	779	820	675

2.2 кесте – Экрандары дұрыс транспозициялау жүйесі бойынша қосылған, кабельдері жерде ұшбұрышты орналасқан, ұзақ рұқсат етілген токтар

Талсымдардың номиналды қимасы, мм^2	Талсымның материалы	Бір тізбек (110/220 кВ)		Екі тізбек (110/220 кВ)	
		$К_н$=0,8	$К_н$=1,0	$К_н$=0,8	$К_н$=1,0
185	Мыс	518	445	469	397
	Алюминий	404	347	366	310
240	Мыс	597	512	539	455
	Алюминий	467	400	421	356
300	Мыс	674	576	607	512
	Алюминий	528	452	475	401
350	Мыс	736	625	656	551
	Алюминий	560	485	515	435
400	Мыс	787/774	670/667	706/694	593/589
	Алюминий	619/609	527/524	555/545	467/463
500	Мыс	884/869	751/747	790/776	663/657
	Алюминий	699/687	594/590	625/613	524/519
630	Мыс	993/975	841/835	884/867	740/732
	Алюминий	792/778	671/665	705/791	591/584
800	Мыс	1146/1125	968/960	1017/997	849/839
	Алюминий	904/888	764/758	803/787	670/662
1000	Мыс	1285	1083	1137	947
	Алюминий	1020	860	902	752
1200	Мыс	1410	1183	1242	1031
	Алюминий	1127	946	994	825

2.3 кесте – Экрандары екі жағынан жерленген және өзара қосылған, кабельдері жерде көлденең жазықтықта орналасқан, ұзақ рұқсат етілген токтар

Талсымдардың номиналды қимасы, мм^2	Талсымның материалы	Бір тізбек (110/220 кВ)		Екі тізбек (110/220 кВ)	
		$К_н$=0,8	$К_н$=1,0	$К_н$=0,8	$К_н$=1,0
185	Мыс	480	407	427	357
	Алюминий	391	333	348	293
240	Мыс	537	453	475	396
	Алюминий	442	375	392	328
300	Мыс	581	488	511	425
	Алюминий	486	410	429	358
350	Мыс	615	515	540	448
	Алюминий	520	438	457	372
400	Мыс	644/650	538/548	564/567	466/472
	Алюминий	549/549	460/466	482/481	400/402
500	Мыс	693/703	576/589	604/610	497/504
	Алюминий	599/602	501/509	524/527	433/437
630	Мыс	737/752	610/626	639/648	524/531
	Алюминий	649/658	540/551	564/569	465/471
800	Мыс	785/805	648/669	677/690	554/567
	Алюминий	703/714	583/597	608/615	500/508
1000	Мыс	841	691	721	588
	Алюминий	758	626	652	534
1200	Мыс	879	720	751	611
	Алюминий	802	659	687	561

2.4 кесте – Экрандары дұрыс транспозициялау жүйесі бойынша қосылған, кабельдері жерде көлденең жазықтықта орналасқан, ұзақ рұқсат етілген токтар

Талсымдардың номиналды қимасы, мм^2	Талсымның материалы	Бір тізбек (110/220 кВ)		Екі тізбек (110/220 кВ)	
		$К_н$=0,8	$К_н$=1,0	$К_н$=0,8	$К_н$=1,0
185	Мыс	539	463	483	409
	Алюминий	421	361	377	319
240	Мыс	622	533	556	470
	Алюминий	486	417	435	367
300	Мыс	704	602	627	529
	Алюминий	551	470	491	414
350	Мыс	767	653	682	573
	Алюминий	602	513	535	451
400	Мыс	824/805	701/695	731/715	614/607
	Алюминий	647/633	551/546	574/562	482/477
500	Мыс	927/906	787/781	821/803	687/679
	Алюминий	732/716	621/616	647/633	542/536
630	Мыс	1045/1022	885/879	922/902	770/761
	Алюминий	830/812	703/697	732/717	612/605
800	Мыс	1176/1152	993/986	1033/1011	861/852
	Алюминий	943/923	797/790	828/811	691/683

					2.4 кестенің жалғасы
1000	Мыс	1368	1153	1197	996
	Алюминий	1078	908	943	785
1200	Мыс	1510	1267	1315	1091
	Алюминий	1195	1003	1041	864

Кабельдері ұшбұрышты және көлденең жазықтықта жер астында орналастыру үшін ұзақ рұқсат етілген токтар: кабельдер арасындағы арақашықтық 1D, тереңдігі 1,5 м, тізбектердің арақашықтығы 0,8 м, жердің меншікті термиялық кедергісі 0,2 к м/Вт, жүктеме коэффициенті $К_н$=0,8 және 1,0. Басқа жағдайларда салу тереңдігінің түзету коэффициенттері қолданылады (2.7 кесте), жердің термиялық кедергісі (2.8 кесте), тізбек саны (2.9 кесте), жердің температурасы (2.10 кесте), құбырда орналасуы (2.11 кесте).

$$I_{ДД} = I_{таб} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot \ldots \cdot k_n, \qquad (2.1)$$

мұндағы $I_{дд}$ – ұзақ рұқсат етілген ток;

$I_{таб}$ – кестедегі ток;

$k_1 \cdot k_2 \cdot \ldots \cdot k_n$ – түзету коэффициенттері. Жерде салу кезінде шамадан тыс режиміндегі кабельдердің рұқсат етілген тогы ұзақ рұқсат етілген ток мәнін 1,17 коэффициентіне көбейту жолымен есептеледі.

$$I_{ДП} = I_{ДД} \cdot 1{,}17, \qquad (2.2)$$

мұндағы $I_{дп}$ – шамадан тыс режимдегі рұқсат етілген ток;

$I_{дд}$ – ұзақ рұқсат етілген ток.

2.5 кесте – Әуеде кабельдері ұшбұрышты орналасқан, кабельдердің ұзақ рұқсат етілген токтары

Талсымдардың номиналды қимасы, мм^2	Талсымның материалы	Кабельдердің экрандары өзара қослыған және екі жағынан жерлеген, А (110/220 кВ)		Кабельдердің экрандары дұрыс транспозициялау сұлбасы бойынша қосылған, А (110/220 кВ)	
185	Мыс	610		667	
	Алюминий		491		520
240	Мыс	698		780	
	Алюминий		568		609
300	Мыс	773		895	
	Алюминий		637		700
350	Мыс	830		983	
	Алюминий		689		771
400	Мыс	883/887		1068/1018	
	Алюминий		739/730		839/799
500	Мыс	974/994		1219/1159	
	Алюминий		827/825		961/906
630	Мыс	1066/1096		1399/1329	
	Алюминий		919/924		1110/1055
800	Мыс	1185/1227		1651/1570	
	Алюминий		1029/1042		1293/1233
1000	Мыс	1288		1895	
	Алюминий		1135		1486
1200	Мыс	1378		2123	
	Алюминий		1230		1676

2.6 кесте – Әуеде кабельдері көлденең жазықтықта орналасқан, кабельдердің ұзақ рұқсат етілген токтары

Талсымдардың номиналды қимасы, мм^2	Талсымның материалы	Кабельдердің экрандары өзара қослыған және екі жағынан жерлеген, А (110/220 кВ)		Кабельдердің экрандары дұрыс транспозициялау сұлбасы бойынша қосылған, А (110/220 кВ)	
185	Мыс	597		667	
	Алюминий		482		520
240	Мыс	680		780	
	Алюминий		555		609
300	Мыс	747		895	
	Алюминий		618		700
350	Мыс	802		983	
	Алюминий		668		771
400	Мыс	846/841		1068/1020	
	Алюминий		713/701		839/801
500	Мыс	926/916		1219/1150	
	Алюминий		792/782		961/921
630	Мыс	997/982		1399/1339	
	Алюминий		870/860		1110/1060

					2.6 кестенің жалғасы
800	Мыс	1074/1098		1651/1517	
	Алюминий		954/961		1293/1216
1000	Мыс	1143		1895	
	Алюминий		1035		1486
1200	Мыс	1200		2123	
	Алюминий		1102		1676

Әуеде кабельдері ұшбұрышты орналасқан тізбектер арасындағы арақашықтық 250 мм және көлденең жазықтықта көрші кабельдердің осьтері арасындағы арақашықтық 2D үшін ұзақ рұқсат етілген токтар көрсетілген. Рұқсат етілген токтар 25°С қоршаған орта температурасы үшін келтірілген. Басқа салу жағдайларда ұзақ рұқсат етілген токтарды есептеуде түзету коэффициенттері қолданылады (2.12, 2.13 кесте).

$$I_{ДД} = I_{таб} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot \ldots \cdot k_n, \qquad (2.3)$$

мұндағы $I_{ДД}$ – ұзақ рұқсат етілген ток;

$I_{таб}$ – кестедегі ток;

$k_1 \cdot k_2 \cdot \ldots \cdot k_n$ – түзету коэффициенттері.

2.1.2 Түзету коэффициенттер кестелері

2.7 кесте – Орнату тереңдігіне байланысты түзету коэффициенттері

Орнату тереңдігі	0,8	0,9	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	10,0
Түзету коэффициенті	1,08	1,06	1,05	1,03	1,00	0,95	0,91	0,86	0,84	0,83	0,82	0,81	0,79

2.8 кесте – Жердің термиялық кедергісінің түзету коэффициенттері

Мысал ретінде жердің құрамы	Жердің меншікті термиялық кедергісі, К м/Вт	Түзету коэффициенті
Су қоймасының түбі	0,4	1,33
Ылғалдылығы 9% асатын құм	0,7	1,14
Ылғалдылығы 14% асатын құм-балшықты топырақ	0,8	1,09
Ылғалдылығы 7-9% құм	1,0	1,00
Ылғалдылығы 12-14% құм-балшықты топырақ	1,2	0,93
Ылғалдылығы 4-7% асатын құм	1,5	0,84
Ылғалдылығы 8-12% құм-балшықты топырақ	2,0	0,74
Ылғалдылығы 4% дейін құм	2,5	0,67
Тас топырақ	3,0	0,61

2.9 кесте – Кабель желілерін (топтарын) жерде орнату үшін түзету коэффициенттері

Кабель топтары арасындағы арақашықтық, мм	Кабель топтарының саны				
	2	3	4	5	6
0 (жанасатын)	0,85	0,76	0,70	0,66	0,62
100	0,87	0,79	0,74	0,70	0,67
300	0,90	0,83	0,79	0,75	0,73
500	0,92	0,85	0,82	0,79	0,77
700	0,93	0,87	0,84	0,82	0,80
900	0,94	0,89	0,86	0,84	0,83
1200	0,95	0,91	0,89	0,97	0,86
1500	0,96	0,92	0,91	0,89	0,89
1800	0,96	0,93	0,92	0,91	0,91
2000	0,97	0,94	0,93	0,92	0,92
3000	0,98	0,96	0,96	0,95	0,95
4000	0,99	0,98	0,97	0,97	0,97
5000	0,99	0,98	0,98	0,98	0,98

2.10 кесте – Жер температурасының түзету коэффициенті

Жердің есептік температурасы	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Түзету коэффициенті	1,06	1,03	1,0	0,96	0,92	0,89	0,85	0,81	0,77	0,73

2.11 кесте – Кабельдерді жер астында құбырларда орналастырудағы түзету коэффициенттері

Орнату шарттары	Кабельдер құбырларда жартылай орналасқан	Кабельдер жеке құбырларда	Кабельдер ортақ құбырларда
Түзету коэффициенті	0,94	0,9	09

2.12 кесте – Қоршаған орта температурасының түзету коэффициенттері

Қоршаған ортаның есептік температурасы, ^{0}C	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Түзету коэффициенті	1,14	1,13	1,08	1,05	1,0	0,96	0,91	0,86	0,81	0,76

Шамадан тыс жүктеме режиміндегі әуе кабельдердің рұқсат етілген ток мәндері ұзақ рұқсат етілген ток мәнін 1,20 коэффициентіне көбейту жолымен анықтайды.

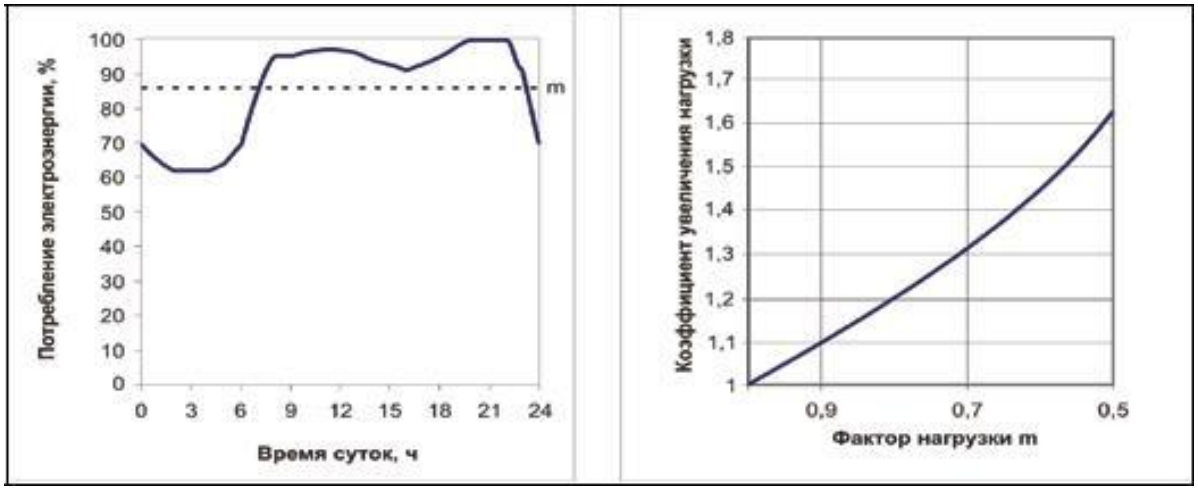
$$I_{ДП} = I_{ДД} \cdot 1{,}20, \qquad (2.4)$$

мұндағы $I_{дп}$ – шамадан тыс режиміндегі рұқсат етілген ток;

$I_{дд}$ – ұзақ рұқсат етілген ток.

2.1.2 Жүктеме коэффициенті

Электр энергиясын тұтыну, яғни кабельдердің жүктемесі тәулік және жыл бойы ауытқиды. 2.1 суретте электр энергияны тәуліктік тұтыну ауытқымасы көрсетілген (максимал мәнінен пайыздық көрсеткіште).



2.1 сурет – Жүктеме коэффициенті

2.13 кесте – Әуедегі үш бірталсымды кабельдер топтарының түзету коэффициенттері

Орналастыру әдісі		Кабельдер бір жазықтықта орналасқан. Арақышықтық = Кабельдің бір диаметрі (d). Қабырғаға дейінгі қашықтық 20 мм аса			Кабельдер ұшбұрыш болып орналақан. Арақышықтық = Кабельдің екі диаметрі (2d). Қабырғаға дейінгі қашықтық 20 мм аса		
Топтар саны		1	2	3	1	2	3
		түзету коэффициенті			түзету коэффициенті		
Еден бетінде		0,92	0,89	0,88	0,95	0,9	0,88
Металл науандарда (лоток) (ауаның шекттелген циркуляциясы)	Науандар саны						
	1	0,92	089	0,88	0,95	0,90	0,88
	2	0,87	0,84	0,83	0,90	0,85	0,83
	3	0,84	0,82	0,81	0,88	0,83	0,81
	4	0,82	0,80	0,79	0,86	0,81	0,79
Металл сатыларда	Сатылар саны						
	1	1,00	0,97	0,96	1,00	0,98	0,96
	2	0,97	0,94	0,93	1,00	0,95	0,93
	3	0,96	0,93	0,92	1,00	0,94	0,92
	4	0,94	0,91	0,9	1,00	0,93	0,90
Жүктеменің төмендеуін қажет етпейтін орналасулар	Арақашықығы артқан сайын бір жазықтықтағы кабельдердің салқындату жақсарады, ал металл экрандары мен қабықшалардағы шығындар арта түседі. Өз кезегінде шығындар рұқсат етілген ток жүктемелерін төмендетеді. Әрбір жеке жағдайлар үшін жеке есептеулер қажет.						
	түзету коэффициенті				түзету коэффициенті		
Бір-біріне орналастыру жүйесі. Құрастырылымдарда немесе қабырғада		0,94	0,91	0,89	0,89	0,86	0,84

Жер астында орналасқан кабельдер үшін тәуліктік тұтыну ауытқымасына байланысты, 100% жүктемеде үздіксіз жұмыс жағдайынан жоғары жүктемелер рұқсат етілген. m жүктеме факторы электр энергиясын тұтыну ауытқымасы шегіндегі ауданының, 24 сағ. 100% төртбұрышың ауданына қатынасымен есептейді (мысалы, 2.2 суретте көрсетілген, m=0,87).

Ток жүктемелері кестелерінде (2.1-2.4 кестелері) $К_н$=0,8 және $К_н$=1 үшін ток мәндері келтірілген, егер $К_н$ басқа болса, онда $I_{доп}$ келесідей анықталады: Жүктеме факторына байланысты график бойынша жүктеменің өсу коэффициентін таңдаймыз және оны кестедегі рұқсат етілген ток мәніне көбейтеміз. Онда:

$$I_{доп} = I_{доп.таб} \cdot 1{,}12, \qquad (2.6)$$

мұндағы $I_{доп}$ – рұқат етілген ток;

$I_{доп.таб}$ – 2.1-2.4 кестелерден алынған рұқат етілген ток.

2.14 кесте – Кабель тармақсымдарынғы рұқсат етілген бір секундтық қысқа тұйықталу токтары

Тармақсымның номинал қимасы, мм^2		185	240	300	350	400	500	630	800	1000	1200
Бір секундтық рұқсат етілген қысқа тұйықталу тогы*, кА	мыс	26,5	34,3	42,9	50,1	57,2	71,5	90,1	114,5	143,1	171,7
	алюминий	17,5	22,7	28,4	33,1	37,8	47,2	59,5	75,6	95,5	113,4

* Қысқа тұйықталу токтары 90^{0}С ҚТ басталғанға дейін талсымдардың температурада және 250^{0}С қысқа тұйықталуда талсымдардың шекті температураларына арналған.

2.15 Кесте – Кабель экрандарындағы рұқсат етілген бір секундтық қысқа тұйықталу токтары

Мыс экранның номинал қимасы, мм^2	70	95	120	150	185	210	240	265	300
Бір секундтық рұқсат етілген қысқа тұйықталу тогы*, кА	12,5	16,9	21,4	26,7	32,9	37,4	42,7	47,2	53,4

* Қысқа тұйықталу токтары 80^{0}С ҚТ басталғанға дейін мыс экрандардың температурасына және 350^{0}С қысқа тұйықталуда мыс экрандардың шекті температураларына арналған.

Мыс экранның қимасының басқа мәндерінде бір секундтық рұқсат етілген қысқа тұйықталу тогы келесі формуламен есептеледі:

$$I_{кз} = K \cdot S_Э, \qquad (2.7)$$

мұндағы $S_Э$ – экран қимасының ауданы, мм^2;

$$K = 0{,}178 \ \text{кА} / \text{мм}^2.$$

Бір секундты қысқа тұйықталудан өзгеше қысқа тұықталудың созылуы, 2.14, 2.15 кестедегі бір секундты рұқсат етілген ҚТ тогының мәнін, төменгі формуламен анықталатын К түзету коэффициентіне көбейту керек.

$$K = 1/\sqrt{t}, \qquad (2.8)$$

мұндағы t – қысқа тұйықталу уақыты, с.

2.16 кесте – Электр динамикалық тұрақтылық токтар

Талсымның номинал қимасы, мм^2		185	240	300	350	400	500	630	800	1000	1200
Электр динамикалық тұрақтылық токтары, кА	мыс	66,2	85,7	107,2	125,2	143	178,7	225,2	286,2	357,7	429,2
	алюминий	43,7	56,7	71	82,7	94,5	118	148,7	189	238,7	283,5

2.17 кесте – 0,5 с кА өтетін термиялық тұрақтылық токтар

Талсымның номинал қимасы, мм^2		185	240	300	350	400	500	630	800	1000	1200
0,5 с кА өтетін рұқсат етілген термиялық тұрақтылық токтар	мыс	37,5	48,5	607	70,8	80,9	101,1	127,4	161,9	202,4	242,8
	алюминий	24,7	32,1	40,1	46,8	53,4	66,7	84,1	106,9	135	160,3

2.2 Қысқа тұйықталу кезіндегі динамикалық жүктемелер

Қысқа тұйықталу кезінде термиялық фактордан басқа, кабельдегі динамикалық күштерді ескеру қажет. Кабельдегі динамикалық жүктемелер параллель орналасқан бойымен ток ағатын кабельдердің өзара тебуі нәтижесінде пайда болады. Бұл электр магниттік өрістің әсерімен туындалған.

Қысқа тұйықталу режиміндегі өткізгіштер арасындағы динамикалық жүктемелерді келесі формуламен анықтаймыз:

$$F = \frac{0,2}{S} \cdot I_{уд}^2, \quad (2.9)$$

мұндағы F – қысқа тұйықталудағы кабельге әсер ететін ең үлкен күш, кН/м.

$$I_{уд} = 2,5 \cdot I_{кз}, \quad (2.10)$$

мұндағы $I_{кз}$ – қысқа тұйықталу тогы, кА;

S – кабельдер өстері арасындағы арақашықтық, мм.

2.2.1 Кабельдердің электрлік параметрлері

2.18 кесте – 20^0С температурада тұрақты токқа кабель экрандары мен талсымдарының кедергісі

Талсымның (экранның) номинал қимасы, мм^2	Кедергісі, Ом/км	
	Алюминийден жасалған	Мыстан жасалған
35	-	0,524
50	-	0,387
70	-	0,268
95	-	0,193
120	-	0,153
150	-	0,124
185	0,164	0,0991
240	0,125	0,1754
300	0,100	0,0601
350	0,089	0,543
400	0,0778	0,047
500	0,0605	0,0366
630	0,0469	0,283
800	0,0367	0,0221
1000	0,0291	0,0176
1200	0,0247	0,0151

2.19 кесте – Кабельдердің электрлік параметрлері

Талсымның номинал қимасы, мм^2		185	240	300	350	400	500	630	800	1000	1200
Металл экранның көлденең қимасы, мм^2		95	95	120	120		120/225 120/225	150/225 185/225		185	185
+20^{0}С температурада кабель талсымдарының тұрақыт токқа максимал электрлік кедергісі (мыс), Ом/км		0,0991	0,0754	0,0601	0,543	0,0470	0,0366	0,0283	0,0221	0,0176	0,0151
+20^{0}С температурада кабель талсымдарының тұрақыт токқа максимал электрлік кедергісі (алюминий), Ом/км		0,164	0,125	0,1	0,089	0,0778	0,0605	0,0469	0,0367	0,0291	0,0247
+20^{0}С температурада металл экранның тұрақыт токқа максимал электрлік кедергісі, Ом/км		0,193	0,193	0,153	0,153	0,153	0,153	0,124	0,0991	0,1991	0,0991
Кабель индуктивтілігінің есептік мәні, мГн/км	Үшбұрышты жақын орналасқан	0,45	0,44	0,41	0,40	0,39/0,45	0,37/0,44	0,35/0,42	0,35/0,40	0,34	0,32
	1D аракашықпен кабельдер бір жазықтықта орналасқан	0,66	0,63	0,61	0,59	0,58/0,64	0,56/0,62	0,54/0,60	0,53/0,58	0,51	0,49
Кабель сыйымдылығының есептік мәні, мкФ/км		0,137	0,147	0,158	0,165	0,180/0,134	0,194/0,142	0,210/0,152	0,226/0,165	0,245	0,264
Зарядты ток, А/км		2,75	3,04	3,24	3,38	3,52	3,82	4,3	4,68	5,1	5,6

2.20 кесте – 20^0С температурада айнымалы токқа кабель экрандары мен талсымдарының кедергісі

Талсымның (экранның) номинал қимасы, мм^2	Кедергісі, Ом/км	
	Алюминийден жасалған	Мыстан жасалған
35	-	0,668
50	-	0,494
70	-	0,342
95	-	0,246
120	-	0,196
150	-	0,159
185	-	0,127
240	0,161	0,097
300	0,129	0,078
350	0,115	0,071
400	0,101	0,061
500	0,079	0,048
630	0,062	0038
800	0,049	0,031
1000	0,039	0,024
1200	0,032	0,019

Егер де 20^0С айырықша болған жағдайдағы тұрақты токқа экрандар мен талсымдардың кедергісі төменгі формуламен есепеледі:

Мыс экран немесе талсымдар үшін:

$$R_t = R_{20} \cdot \frac{242,5 + t}{262,5}, \ \text{Ом/км;} \qquad (2.11)$$

Алюминийден жасалған талсымдар үшін:

$$R_t = R_{20} \cdot \frac{228 + t}{248}, \ \text{Ом/км;} \qquad (2.12)$$

мұндағы t – 20^0С айырықша температура, ^{0}С;

R_t – 20^0С айырықша температурада тұрақты токқа экрандар мен талсымдардың кедергілері;

R_{20} – 20^0С температурадағы тұрақты токқа экрандар мен талсымдардың кедергілері.

2.3 Кабельдің токөткізгіш талсымының қимасын таңдау

Берілген мәліметтер:

Орналасу жағдайлары:

- трасса ұзындығы – 6,653 км;

- бір тізбекті желі;
- номинал кернеуі – 110 кВ;
- үш фазалы қысқа тұйықталу тогы $I^{(III)}_{к.т.}$=58,3 кА
- бір фазалы қысқа тұйықталу тогы $I^{(I)}_{к.т.}$=42,3 кА
- науаларда, жерде «ұшбұрышты» орналастыру;
- орналастыру тереңдігі – 1,5 м;
- құбырларда максимал орналастыру ұзындығы – 635 м;
- өзендерде кабельдердің орналасу тереңдігі жобалық түп шегінен 2 м кем емес болуы керек
- құрылыс ұзындығы – (шамамен) 540 м;
- талсымдардың материалы – мыс;
- экран материалы – мыс;
- жүктелу коэффициенті – 100%;
- жердің жылулық кедергісі – 1,2;
- жердің температурасы $+15^0$С;
- кабель желілернің өткізу қабілеті 199,2 МВА.

1) Желінің бір тізбегінің есептік тогы:

$$I_{р,л} = \frac{S_{р,л}}{\sqrt{3} \cdot U_Н \cdot N}, \text{ Ом;} \qquad (2.13)$$

мұндағы $S_{р,л}$ – кабель желілерінің есептік жеткізу қуаты;

$U_Н$ – орташа номинал кернеу;

N – тізбектер саны.

Траншеяда кабельдерді орналастырудың берілген шарттары үшін ұзақ рұқсат етілген ток түзету коэффициенттердің көмегімен есептелінеді:

1,5 м тереңдікте түзету коэффициенті: $К_1$=1,0 (2.7 кесте);

1,2 К м/Вт жердің термиялық кедергісі үшін түзету коэффициенті: $К_2$=0,93 (2.8 кесте);

+15 ºС жердің температурсы үшін түзету коэффициенті: $К_4$=1,0 (2.10 кесте);

Құбыр ұзындығы 10 м асатын кабельдерді жерде құбыр ішінде орналастырғанда түзету коэффициенті: $К_5$=0,94 (2.11 кесте);

$$I_{р,л} = 1000 \cdot 1{,}0 \cdot 0{,}93 \cdot 1{,}0 \cdot 0{,}94 = 874{,}2 \ A.$$

2) Есептеулерге сәйкес, берілген шарттардағы кабель арқылы өтетін ұзақ рұқсат етілген ток, тізбекке кері әсерінен есептік токтан кіші болады. Талсымның номинал қимасын таңдау қажет, ҚТ үшін рұқсат етілген ток 1000 А тең немесе жоғары болады.

Кабельдерді орналастырудың екі әдісі бар: ұшбұрыштап және дұрыс транспозициялау жүйесі бойынша экрандарды жерлендіру.

2.2 кестеде қимасы 1000 мм^2 мыс талсымды сай кабель көрсетілген, рұқсат етілген ток 1083 А. Талсымның қимасы 1000 мм^2 кабельдер қажетті ток жүктемесін қамтамасыз етеді.

2.15 кесте бойынша – қимасы 1000 мм^2 мыс талсымды кабельде рұқсат етілген бір секундтық қысқа тұйықталу тогы 143,1 кА құрайды. Бұл ҚТ токтарына қойылатын тұрақтылық шартын қанағаттандырады.

2.14 кесте бойынша – қимасы 240 мм^2 мыс экранды кабельде рұқсат етілген бір секундтық қысқа тұйықталу тогы 42,7 кА құрайды. Бұл ҚТ токтарына қойылатын тұрақтылық шартын қанағаттандырады.

Кабельдерді жерге орналастыру үшін талсымдарының қимасы 1х1000/240–64/110 кВ құрайтын ПвП2г маркалы екі еселеніп герметизацияланған кабельдерді таңдаймыз.

2.3.1 Жылулық есептеулер әдістемесі

Кабельдер кернеуі бар токты тасымалдауға арналған. Ток пен кернеу кабельдердің қызып кетуі мен онда шығындарды пайда болуына әкеледі. Жылу қоршаған ортаға келесі жолдармен беріледі:

- Өткізгіштікпен;
- Сәулеленумен;
- Конвекциямен.

Сәулелену мен конвекция әуе кабель желілеріне, ал жылу өткізгіштік тек жер астында орналасқан кабельдер үшін тән. Әуе кабельдерінің физико-математикалық сипатбелгілері зерттеу оңай, ал жер астында орналасқан кабельдердің шекті ток жүктемесін есептеу жеңілдетілген модельдерін (IEC 60287) қолдануды қажет етеді:

- Кабельде пайда болатын жалпы жылу, жер асты сулары арқылы жер бетіне жіберіледі;
- Жер беті шексіз абсорбциялық қабілетке ие;
- Күннің уақытына қарамастан жер бетінің температурасы жүктемеден тыс кабельдердің қоршаған орта температурасына теңестіріледі.

2.3.2 Моделі

Өткізгіш пен қоршаған орта арасындағы жылулық кедергі кабельдің ұзындығы бойымен кез келген нүктеде бірдей болады. Жылудың тек радиал сәулеленуі ғана бар.

T_{4W} – ылғал аймақтың жылулық кедергісі; T_{4d} – құрғақ аймақытың жылулық кедергісі;

T_3 – коррозиядан сақтайтын қорғаныс қабаттың жылулық кедергісі;

λ_2 – сауыттағы шығындардың өткізгіштегі шығынға қатынасы;

T_2 – жастықтың (подушка) жылулық кедергісі;

λ_1 – металл қабықшадағы шығындардың өткізгіштегі шығынға қатынасы;

W_d – бірлік ұзындықта диэлектриктердегі шығындар;

T_1 – оқшауламаның жылулық кедергісі;

W_c – бірлік ұзындықта өткізгіштегі шығындар;

$\Delta\theta$ – өткізгіш температурасының қоршаған орта температурасынан артуы.

2.3.3 Формула

Температураны ұлғайту үшін келесі жылулық диаграммадан төменгі теңдеуді аламыз:

$$\Delta\theta = W_C \cdot T_1 + W_d \cdot T_1 + [W_C \cdot (1+\lambda_1) + W_d] \cdot T_2 + [W_C \cdot (1+\lambda_1+\lambda_2) + W_d] \times$$
$$\times (T_3 + T_{4d} + T_{4W});$$

Өткізгіштің шығыны: $W_C = I^2 \cdot R$,

Өткізгіш тогы үшін келесі өрнек сәйкес келеді:

$$I = \sqrt{\frac{\Delta\theta - W_d(0{,}5 \cdot T_1 + T_2 + T_3 + T_{4d} + T_{4W})}{R \cdot T_1 + R(1+\lambda_1) \cdot T_2 + R(1+\lambda_1+\lambda_2) \cdot (T_3 + T_{4d} + T_{4W})}};$$

Бұл теңдеуде жылуды түрлендіруге қатысатын барлық компоненттер бар.

Содан, сәйкес шаралар әр компонентке және оның ток бойынша өткізгіш қабілетіне қалайша ісер етуін байқаймыз.

2.3.4 Өткізгіш

Өткізгіштің көлденең қимасы артқан сайын, яғни кабельдің электрлік кедергісі төмендеген сайын, кабельдің өткізгіш қабілеті өседі. Өткізгіш температурасы өскен сайын, өткізгіштің кедергісі жоғарлай түседі. Айнмалы ток жағдайында қосымша құбылыстарды қарастыру қажет.

Жүктеме астындағы өткізгіштің айналасында пайда болған магнит өрісі, сол өрістегі барлық өткізгіштің индукциялануына, ал өткізгіштің өзінде скин-эффектің пайда болуына әкеледі.

Өзіндік магнит өрісінен және көрші өткізгіштердің тогынан пайда болатын скин-эффектерді ажыратады.

Өткізгіштің диаметрі ұлғайған сайын, оның айнымалы токқа кедергісі арта түседі. Экономикалық тұрғыдан бұл көлденең қимасы шамамен 1000 мм^2 үшін рұқсат етілген.

Көлденең қимасы 1000 мм^2 және жоғары өткізгіштер бір-бірінен оқшауланатын, бес сегментпен өндіріледі. Милликен (Milliken) атты өткізгіштер сегменттің сыртқы қабаттарындағы ішінде орналасқан жеке сымдар, көлденең бағытта өткізгіш центріне әртүрлі арақашықтықта

орналасқан. Жеке сымдардың тұрақты токқа кедергісі төмендейді, ол өз қатарында қосымша шығындардың бірқатар төмендеуіне әкеледі.

2.3.5 Оқшаулама

Оқшаулама материалы мен мөлшері пайдалану кезеңіндегі кернеу бойынша күтілетін жүктемеге байланысты таңдалады.

Жүктеменің қасиетіне оқшаулама үлкен әсерін береді, өйткені W_d диэлектрлік шығындар оқшауламада пайда болады және T_1 жылулық кедергі түрінде шығындармен бірге өткізгіште таралады.

Стандартты оқшаулама материалдардың жылулық кедергісі белгілі және қабырғаның қалындығы бақа критериялар бойынша анықталған, жүктеме қабілеті T_1 тәуелді болмайды.

W_d диэлектрлік шығындар кернеу квадраты функциясында өседі:

$$W_C = U^2 \cdot w \cdot c \cdot tg\delta.$$

2.3.6 Металл экран

Жоғары вольтты кабельдердегі мыс сымнан жасалған экран қорғаныс функциясын атқарады, ол әрдайым жерленген болуы керек. Мыс экран ток соққысынан қорғанысты қамтамасыз етеді, зарадты ток пен жерге тұйықталған токты қайтарады.

Үшфазалы жүйесінде өткізгіштегі ток сол металл қабаттарында кернеуді индукциялайды.

Егер де үш фазаның мыс экрандары соңында қосылса, онад теңестіруші ток ағады. Сонымен қатар, аз құйынды токтар пайда боолуы мүмкін, ол тек өткізгіштің Миликені жағдайында ескеріледі.

Токтың екі типі өткізгіштің тогына пропорционал болғандықтан, оның шығындары өткізгіштің шығын факторы болып көрсетіледі:

Экран үшін λ_1, сауыт үшін λ_2

Бұл қосымша шығындар ұнамсыз болып табылады, өйткені олар кабельдің жүктелу қабілетін анағұрлым төмендетеді. Бірақ сәйкес іс-шаралармен бұл шығындардың мөлшеріне ісер етуге болады.

2.3.7 Салу кезіндегі орналасулар

Өткізгіштер центрлері арасындағы арақашықтық аз болған сайын, оның реактивті кедергісі мен қосымша шығындары да төмендейді.

Ұшбұрыштап орналастыру кезінде өкізгіштер центрлері арасындағы арақашықтық ең аз болады және токтар симметриалы таралады. Бірақ, кабель бетінің 2/3 ғана жылудың таралуына қатысады, сондықтан кабельге жанасу аймақтарында ешқандай жылудың атмосфераға таралуы іске аспайды.

2.4 Кабельдер үшін қоршаған орта

2.4.1 Жер

Жер үш әртүрлі компонентті түрлі жылулық кедергі мәнінен тұрады:

Меншікті жылулық кедергі

Қатты бөлігі	0,25 К м/Вт
су	1,7 К м/Вт
Ауа	40 К м/Вт

Ылғал аймақтың T_{4W} ең төмен мәніне келесідей қол жеткізуге болады:

- бөлшектердің мөлшері бойынша дұрыс сұрыпталуы, яғни, кішкетай және аса кішкентай бөлшектер үлкен бөлшектер ортасында жылулық көпірлердің пайда болуына әкеледі;
- ойып алынған топырақ пен тығырық материалының механикалық тығыздалынуымен;
- жоғары ылғал мөлшерімен.

2.4.2 Топырақты кептіру

Егер де кабель қызса, кабель бетінің жоғары температурасы қоршаған топырақтағы су булардың қысымының жоғарлауына әкеледі. Аталған су буы төмен қысымды суық аймақтарға таралып, су күйіне конденсацияланып, тар түтік (капилляр) күштері әсеріне кабельге кері су күйінде ағады. Бұл циркуляция бұзылмағанша, топырақ ылғал болып қалады және оның жылулық кедергісі тұрақты болып қалады.

Кабель беті мен қоршаған орта температураларының айырмашылығы кейбір мәндерден асса, топырақ пен қоршаған кабель кебе бастайды.

Құрғақ аймақтағы топырақтың меншікті жылулық кедергісі орташа 2,5 К м/Вт қабылданады.

2.4.3 Кері құю материалы

Өзінің механикалық қорғаныс функциясынан басқа кері құю, кабель тораптары үшін жоғары жүктемелі термиялық функциясын атқарады.

Әзірше ылғал мөлшеріне үлкен техникалық құралдардың көмегімен әсер етуге болады, мысалы, суландыруы (ирригация) жүргізу, топырақтың төмен жылулық кедергісіне мөлшері бойынша сұрыптау арқылы қол жеткізцге болады, сонымен қатар – құрғақ жағдайды.

Құюдың арнайы материалы, ол оның құрғақ күйінде 1,2К м/Вт шамасынан аспайды.

2.4.4 Құбыр ішінде салу

Егер кабель құбыр ішінде салынса, құбыр қабырғасынан басқа, құбырдағы ауа қосымша жылулық кедергінің пайда болуына әкелед. Ол кабельдің өткізгіштік қабілетін төмендетеді.

Жылудың ауада сәуелелеңуі радиация мен конвекция жолымен іске асады, яғни әртүрлі диаметрлі құбырлар үшін жылулық кедергі тұрақты болады.

а) Еріксіз салқындату. Жоғарыда сипатталған жылулық сәулелену кабельдің табиғи салқындауына әкеледі. Жылудың жасанды алынуы жүктелу қабілетін арттырады.

Соңында: жылу көзіне жақын жерде жылудың алынуы болса, өткізгіш қабілеті арта түседі.

б) Тікелей салқындату. Кабельдер салқындату ортасы өтеті жеке құбырларда салынады.

Артықшылықтары:

Жіберілетін қуат 2-3 есе арттуы мүмкін.

Су сапасына қойылатын төмен талаптар.

Кемшіліктері:

Керек-жарақтарды салқындату үшін арнайы іс-шараларды қабылдау қажет. Салқындату құбырындағы кабельдің термохимиялық қозғалысы.

в) Жанама салқындату. Салқындатқыш құбырларды кабельдерге параллель орналастырады. Жылу шығынының бір бөлігі жердің жылулық кедергісін жеңу керек.

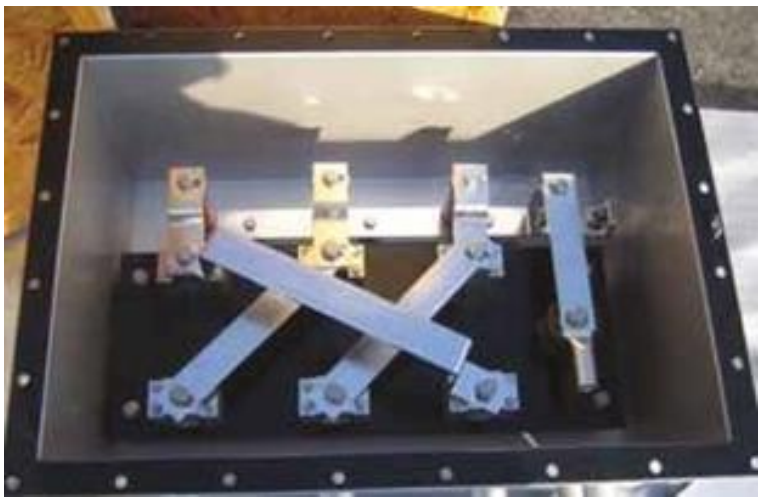
Артықшылықтары:

Кабельдерді табиғи салқындатумен салыстырғанда жіберілетін қуаттын 1,5-1,8 есе өсуі.

Кабельдер мен керек-жарақтары табиғи жолмен салқындатылатын кабельдерге ұқсас.

2.5 Кабель экрандарын жерлендіру тәсілдері

Бір фазалы кабельдерде қажет емес шығындарды радикалды түрде төмендету ең әмбебап, тиімді және қауіпсіз түрлерінің бірі экрандардың транспозициясы болып табылады. Экрандарды транспозициялау үшін қажетті транспозициялау муфталардың болуы керек. Трасса бойында бірнеше транспозициялық қорабтар алдын ала ескерілген (2.2 суретте мысал келтірілген).



2.2 сурет – Экрандардың транспозициялау шкафының ортақ түрінің мысалы

Қосқыш муфтаның әрбір фазасынан қосымша екі бірталсымды кабельдер шығарылып тұрады. Ол оның «сол» және «оң» күштік кабельдердің экран учаскілеріне сәйкес келеді: ТҚ транспозициялау қорабына алты бір талсымды кабельдерді орнату қажет. Әрбір фазаның қосқыш муфтасынан бір қосымша коаксиалді кабель, талсым мен «сол» және «оң» учаскілеріне сәйкес күштік кабельдің экраны: осылайша, ТҚ транспозициялау қорабына үш коаксиалды кабельдерді орнату қажет.

Транспозициялау қорабының типі (кірістер саны мен ішкі орналасуы) толықтай қосқыш муфталардың типімен анықталады. Транспозициялау муфталардың кейбір өндірушілері күштік кабель экранының «сол» және «оң» бөліктерін екі бір талсымды кабельдер көмегімен, ал басқалар – экран мен талсымның қимасы бірдей бір коаксиалды кабельмен шығарады. Бұны жобалау сатысында алдын ала қарастыру қажет. Транспозициялау қорабның ішінде фланецтері жерленбеген металл қосқышпен жалғанған алты тіреуші оқшауламалар болады. Кабельдердің жұмысында экрандардың транспозициясы қамтамасыз етілуі тиіс.

Пайдалану процессінде қосқыштарды қайта қосуды іске асыру мақсатында қызметкерлердің транспозициялау қорабына кіру мүмкіншілігі болуы керек. Бұл жер астында орналасқан темір бетонды қорабтар түріндегі, қызметкерлерге кіруге – қолайлы жерде транспозиция құдықтары ТҚ орналастыру қажеттілігі.

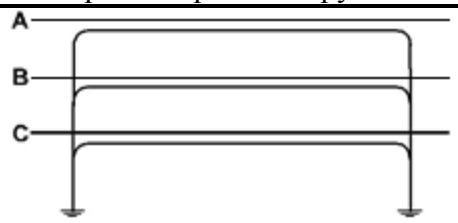
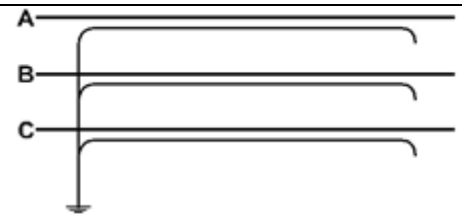
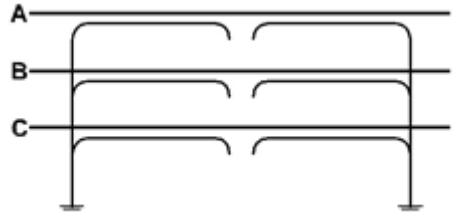
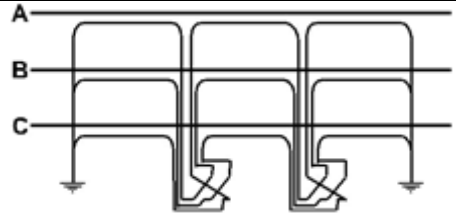
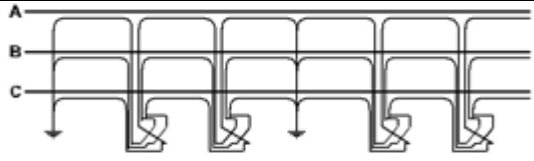
Қораптың биіктігі 2 м, ал еденнін пішіні 2×2 құрайды. Судың түсуінің алдын алу үшін герметизацияланған мұндай құдықта бір уақытта бірнеше адам жұмыс жасайды.

Құдықтың көлемнің үлкен болуы онда транспозияция қорабының біруі емес, бірнешеуі орнатылады, себебі кабель желілері екі тізбектен тұрады.

Кейбір шетелдік транспозициясының сызықты өлшемі 0,6 м артық болатындықтан жоблаушыларға сақ болуы керек және құдықтың

құрылысынан кейін транспозиция орнатылады. Транспозиция қорабының көлемі туралы толық ақпаратты білмей тұрып, есіктің (люктің) қақапағын максимал үлкен алу керек, бұны өндіріс ұсынады.

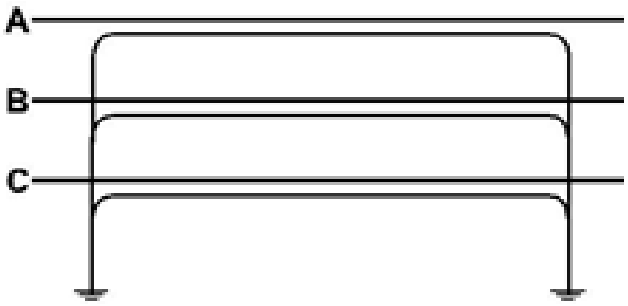
Қазіргі уақытқа дейін отандық кабель желілерінде транспозицияның қолдануға құнынын қымбат болуы және қорабты жеткізу уақытының ұзақ мерзімі бөгет болды, олар тек қана шетелге дайындалады. Бірақ, қазіргі уақытта отандаық патенттік құралымдар пайда бола бастады.

Кабель трассаның ұзындығы, м	Экранды орналастыру әдісі
0-500	
500-4000	
4000-6000	
6000-10000	
10000-15000	

2.5.1 Ортақ мәліметтер

Кернеу түсірілмейтін электр тораптарының барлық бөліктері жерлендірілуі керек. Яғни, кабель жүйелерінің барлық металл қабаттары муфталары арқылы жалғанып, соңғы жақтары жерлендірілуі керке. Қазіргі уақытта мыс экрандарын жердендірудің бірнеше әдістері қолданылады. соңғы Муфталардан шығарылған, кабель желілерінің экрандары кабель желілерімен бір немесе екі жағынан желендірілуі мүмкін. Кабель экрандарын

екі жақтан жерлендіруде толық бір транспозициялану кезеңінен тұратын транспозиция қолданылуы мүмкін.



2.4 сурет – Мыс экрандарын екі жақ шетінен жерлендіру

1) Кабель желілерінің екі жақ шетінен экрандарды жерлендіру

Экрандарды жерлендірудің ортақ қабылданған сұлбасы кабель экранына түсірілген кернеудің біршама мәнінде қысқа желілерде қолданылады. Жерлендіру контурына жақын нүктенің кернеуі нөлге тең, ал экрандағы ток біршама.

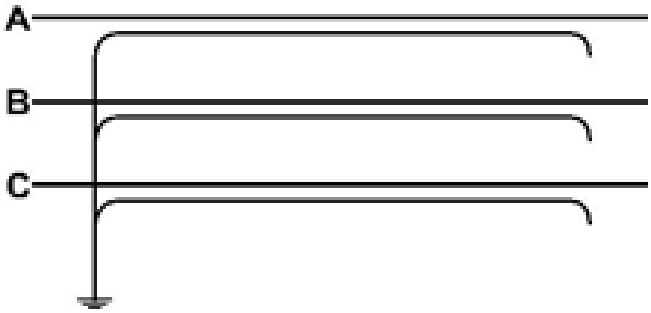
Үш фазаның мыс экрандары кабель желілерінің екі жағынан жерлендіріліп, қосылады. Демек, мыс экранның қосымша шығын әсері толық болады (2.4 сурет).

Жерлендірудің бұл әдісінде экрандағы энергияның жоғалуы, экран бойымен жүретін токпен шектелген. Бұл жоғалулар кабельдерді жазықтықта салумен салыстырғанда ұшбұрыштап салуда аз болады. Кабельдерді жазықтыта салу кезіндегі экрандағы шығындарды кабельдерді жиі транспозияциялау жолымен төмендетуге болады (2.7 сурет). Каельдерді транспозициялау орындарында кабельдер арасындағы арақашықтық оның диаметрінен кем болмауы тиіс.

2) Кабель желілерінің бір жақ шетінен экрандарды жерлендіру

Экрандар кабель желілерінің бір жақ шетінен ғана тікелей жерлендіріліп, жалғанады. Ал екінші жағынан экрандар жермен асқын кернеу шектеуішімен (АКШ) жалғанады (2.5 сурет). Экрандарды жерлендірудің бұл әдістерінде кабель желінің ұзындығы бойынша және кабель бойымен ағатын токқа тура пропорционал, бағытталған кернеу пайда болады. Экрандарды жалғаудың бұл әдісінде экрандағы шығындар құйынды токтармен шектеледі, және 1 әдіспен экранды жерлендірумен салыстырғанда олардың шамасы төмен. Бұл кабельдердің ұзақ рұқсат етілген ток жүктемелерін жоғарлатуға мүмкіншілік туғызады. Егер жерлендіру тек бір жақтан жасалса, жойылатын токтың шығысы кез келген жағдайда қамтамасыз етіледі. Жерленбеген шетіне дейінгі арақашықтыққа пропорционал бағытталған кернеулер мыс экрандарда пайда болады. Сондықтан, кабельдің типі мен оны салу жағдайларына байланысты кабельдің мұндай секциясының ұзындығы рұқсат етліген жанасу бойынша шамамен 1000 м шектеледі.

Қысқа тұйықталудан пайда болуы мүмкін, бірнеше киловольт кернеуді болдырмас үшін кернуді шектеуші қабықшалары орнатылуы қажет.



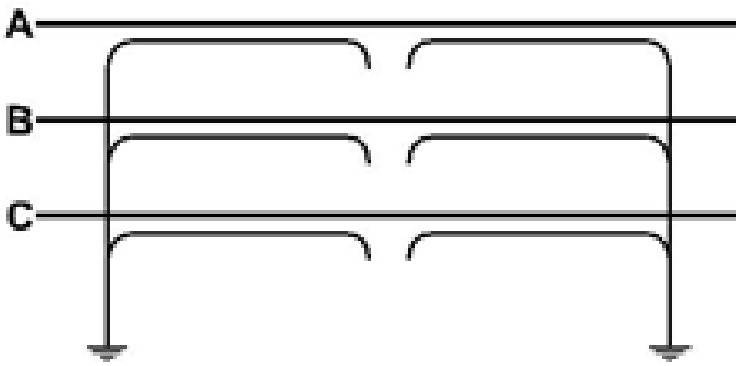
2.5 сурет – Бір жақтан жерлендіру

Көрсетілген сұлба экрандағы шығындардың болырмауына мүмкіншілік туғызады, бірақ экранға түсетін кернеуді төмендетпейді.

Экранның жерлендірілген соңы түсетін кернеудің деңгейіне сәйкес, асқын кернеуді шектеуіштерімен қорғалуы керек. Экранның жерленбеген соңына адамның жанасауын болдырмау керек. Жерленген контурға жалғанған экран соңындағы кернеу нөлге тең, ал қарама қарсы жақта бағытталған кернеумен шектелген мәнге ие болады. Экрандағы ток нөлге тең.

Кабельдің рұқсат етілген жүктемесі жүйемен салыстырғанда анағұрлым үлкен болуы мүмкін. Өйткені құйындық токтардың өте аз шығынын ескермегенде, басқа қосымша шығындар кабельдің қызып кетуін болдырмайды.

Сұлба экранда бағытталған кернеуді төмендетуге және экрандардағы шығындарды жоюға мүмкіндік береді. Релелік қорғанысты таңдауда бұл сұлба ескерілуі керек. Экрандағы және желінің соңындағы кернеу нөлге тең болмайды және бағытталған кернеумен шектелген. Экрандағы ток нөлге тең. Желі соңы бойынша экранға адамның жанасуын болдырмау керек.



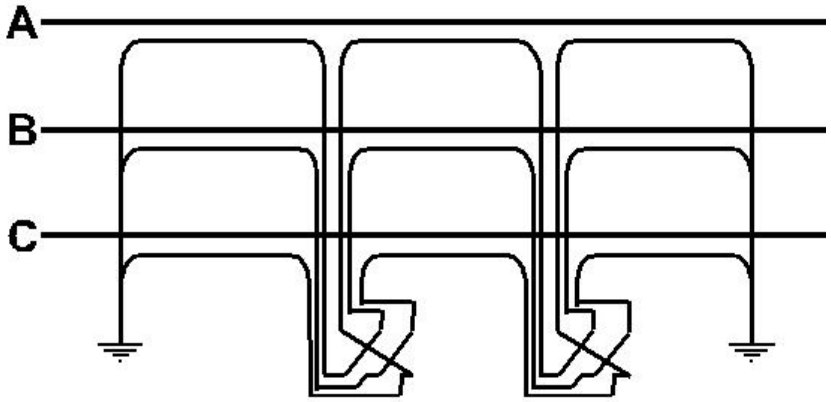
2.6 сурет – Орта нүктедегі экранның жерленуі

2.6 Экрандардың көлденең қосылуы (cross-bonding)

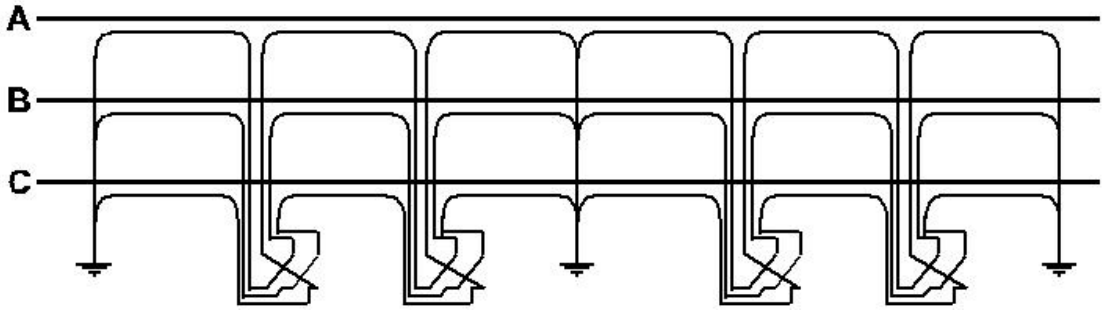
Көрші кабель экрандарының жерленуінің бұл әдісінде олар өзара жалғанып АКШ арқылы кабель желілерінен тең арақышықта жерленеді (2.7 сурет). Ұзақ рұқсат тетліген токтарды 2 әдіс бойынша жерлендіруде жоғарлатуға болады. Дегенмен, кабель желілерінің ұзындығы шектелмейді. Жерлендірудің мұндай әдісінде қосымша жабдықтарды орнату қажет (экран бөлгіш муфталар мен қосқыш қорабтар).

Бұл сұлба бағытталған кернеуді төмендетеді, шығындарды техникалық минимумға әкеледі. Кабель экраны желінің екі жағынан жерленуі керек. Транспозициялау циклдердің саны жергілікті шарттармен анықталады. Кабельдердің транспозициялау аймақтар саны үшке бөліну керек.

Қарымталаушы ток әсерінен пайда болған қосымша шығындарды да кез келген ұзындықтағы кабель желілері үшін кабель қабықшаларын транспозициялау жолымен жоюға болады.



2.7 сурет – Экрандардың транспозициясы, бір цикл



2.8 сурет – Экрандардың транспозициясы, екі цикл

Әдеттегідей өткізгіштер муфталармен жалғанады. Дегенмен, муфтаның корпусы оқшаулағыш сақиналармен секцияланады, яғни қосқыш кабельдердің қабықшалары электрлік оқшауланады.

Транспозицияның қосқыш қорабында корпустың екі жартысы шеткі бекітулермен төмен индуктивті арнайы кабельдермен жалғанады.

Егер ол циклді болса, онда фазасы 120° жылжитын қабықшадағы кернеу инуктивтенеді. Кабельдердің ұзындығы бірдей тізбектелген үш учаскесінде, кернеудің индукциясы нөлге ұмтылады.

Мыс экрандарды транспозициялау кабельдерді ұшбұрыштап салуды қажет етпейді. Бұл жағдайда кабельдерді жазықтықта орналастыру жөн. Кабельдерді жазықтықта орналастыру кезінде кабельдің беті жылуды таратуда қатыса алады. Жылудың таралуы өтетін ток мәнін арттыруға мүмкіндік береді.

Кабель желілерін бір жақ шетінен немесе экрандарды көлденең жалғап, жерлендіру кезіндегі кабельдің экранына бағытталған кернеу келесі формуламен есептеледі:

$$E = X_L \cdot I, \tag{2.14}$$

мұндағы E – экранға бағытталған кернеу, В/км;
I – талсымның бойымен ағатын ток, А;
X_L – кабельдің индуктивті кедергісі, Ом/км.

$$X_L = \omega \cdot L, \tag{2.15}$$

мұндағы ω – бұрыштық жиілік, 1/с;
L – кабельдің индуктивтілігі, Гн.

$$\omega = 2\pi f\ \omega \tag{2.16}$$

мұндағы π – математикалық тұрақтылық, (π=3,14);
f – жиілік, (f=50 Гц).

Егер кабель экранына адамның жанасуы мүмкін емес болса, онда қалыпты режимдегі жерге қатысты кабель экрандарындағы максимал рұқсат етілген кернеу нормаланбайды, ал қысқа тұйықталуда 5 кВ құрайды (өндірістік жиіліктегі кернеудің қазіргі шамасы).

Экрандарды орналастыру әдісін таңдауда қалыпты жұмыс режимде көп уақыт болатын, кабель экрандарындағы шығындарға көңіл аудару керек.

Экрандарды орналастыру әдісін таңдау, оның қимасына, талсымдар мен экрандардың қимасының қатынасы мен оның меншікті кедергісіне, кабельдің ұзындағына, кабель орналасқан ауданда бір фазалы және үш фазалы қысқа тұйықталу токтардың шамасына, кабельді салу әдісіне тәуелді болады.

Экрандарды орналастыру әдістерін таңдау адамның өмір тіршілік қауіпсіздігі талабын ескерумен іске асады.

Экрандағы рұқсат етілген шығындар

Экрандағы шығындардың мөлшерін өткізгіштегі шығындардан 20% көп емес.

Шығындар төмендегідей есептеледі:

$$Q = I^2 \cdot R, \qquad (2.17)$$

мұндағы Q – қарастырылып отырған өткізгіштегі шығындар, Вт;

I – қарастырылып отырған өткізгіштегі ток, А;

R – өткізгіштің кедергісі, Ом.

2.6.2 Мыс экранның қимасын есептеу

Берілген мәліметтер:

ПвП2 1×1200-64/110 кВ кабельі

Салу шарты:

- трасса ұзындығы – 6,653;
- бір тізбекті желі;
- номинал кернеуі – 110 кВ;
- жиілігі 50 Гц;
- қалыпты режимдегі ток – 1000 А;
- үш фазалы қысқа тұйықталу тогы $I^{(III)}_{қ.т.}$=58,3 кА
- бір фазалы қысқа тұйықталу тогы $I^{(I)}_{қ.т.}$=59,7 кА
- ҚТ тогының толық сөну уақыты t=0,8 с;
- науаларда, жерде «ұшбұрышты» орналастыру;
- талсымдардың материалы – мыс;
- экран материалы – мыс;
- жердің меншікті кедргісі – 100 Ом м;
- талсымның қимасы – 1200 мм^2.

Қысқа тұйықталу тогына тұрақытылық шарты бойынша мыс экранның қимасын таңдаймыз.

Бір секундтық мәнінен айырықша қысқа тұйықталудың ұзақтығы үшін 2.14 кестеде бір секундтық ҚТ мәнін К түзету коэффициентіне көбейту керек:

$$K = 1/\sqrt{t}, \qquad (2.18)$$

мұндағы t – қысқа тұйықталу мерзімі;

2.15 кестеден $S_Э = 3000$ мм^2 мыс экранның қимасын таңдаймыз, ол үшін қысқа тұйықталу тогы $I_{кз} = 53{,}4$ кА.

Қысқа тұйықталудың ұзақтығы үшін

t=0,8 с экран бойынша қысқа тұйықталу тогы:

$$I_{кз} = 53{,}4 \cdot 1\sqrt{0{,}8} = 59{,}7 \text{ кА}.$$

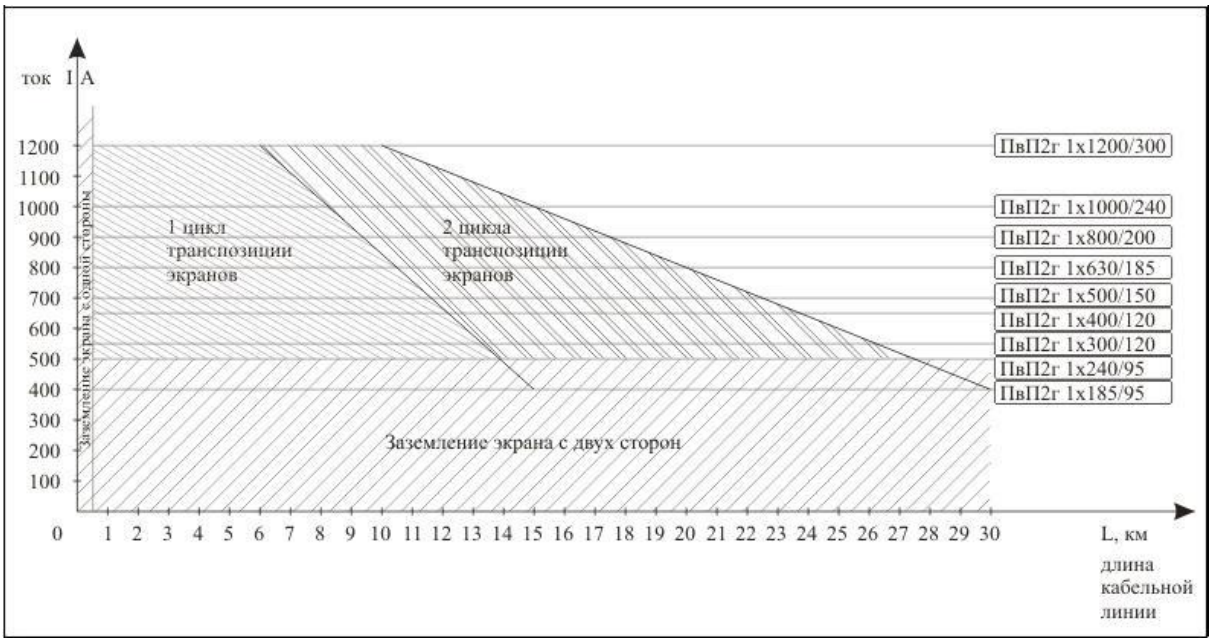
$S_Э = 3000$ *мм*^{2} экранның таңдалған қимасы берілген мәліметтерге сай.

Әрбір жеке экрандарды орналастыру әдісі жобамен анықталады. Оны орындауда ЖАҚ «Завод энергозащитных устройств» өңделген «ЭКРАН» бағдарламасын қолданған қолайлы (свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ №2008615762 от 02.12.2008).

Экрандарды тек бір жақтан жерлендіруде, жерленбеген жақта кабель экран фазаларының бірігуіне жол беруге болмайды: кабельдің әр фазасы экранының жерленбеген соңы жермен жеке АКШ арқылы жалғану керек.

Кабель оқшауламасын импульстік асқын кернеуден қорғау үшін АКШ қолдану, сонымен қатар экрандарды транспозициялау мәселелері сол жабдықты өндірушімен келістіруді ұсынылады.

Жүктеме тогы мен кабель желілерінің ұзындығына байланысты кабель экрандарын жерлендіру мысалдары 2.9 суретте көрсетілген.



2.9 сурет – Кабель экрандарын жерлендіру мысалдары

3 Тігілген полиэтиленді (СПЭ) оқшауламасы бар кабельдерді пайдалану және тексеру

3.1 Кабель желілерін пайдалану барысында және жөндеуден кейін тексеру

Тігілген полиэтиленді (СПЭ) оқшауламасы бар кабельдерді тексеру КЖ пайдалану және құрылыс-жөндеу жұмыстарын аяқталғаннан кейін КЖ оқшауламасының жағдайын анықтау мақсатында жүргізіледі. Тексеру кабель желілерінің оқшауламалы құрылымдарында пайда болатын ең күрделі кемшіліктерді, оларды өндіру, тасымалдау, сақтау және жөндеу, сонымен қатар пайдалану барысындағы технологиялық бұзылуларды анықтауды қамтамасыз етеді.

Тексеру кезінде анықталған негізгі қателіктер:

- негізгі оқшауламаның механикалық зақымдалуы;
- металл ток өткізгіш талсымдар мен экрандардың, сонымен қатар пластмасс электрөткізгіш қабаттардың бетіндегі жергілікті біртексіздік;
- кабельдің негізгі оқшауламасы құрылымындағы көлемдердің геометриялық ауытқуы;
- жергілікті біртексіздік және кабельдің негізгі оқшауламасындағы диэлектриктегі қосылу;
- соңғы муфталар мен қосылу оқшауламаларындағы жергілікті біртексіздік;
- кабель оқшауламалары мен муфталарда диэлектриктердің жеке бөліктерінің өткізгіштігінің жоғарылауы.

Тексеруді орындау әдістері мен жабдықтар.

Диагностика әдістерінің негізі аса төмен жиіліктегі айнымалы кернеу оқшауламасына әсер ету кезінде бұзылмайтын бақылау үрдісіне негізделген, ол амплитудасы бар айнымалы электр өрісінің оқшауламасында пайда болуын қамтамасыз етеді, торапта кабельді пайдалану кезінде өрістің кернеу мәніне тең немесе еселі болады. Жиілігі аса төмен кернеулердің жұмыс жиілігі 0,01 ден 0,1 Гц дейінгі диапазонда түрленеді, бұл мобильді зерттеуіш жабдықтардың көмегімен кернеу еселігі 1 – 3 U_0 дейінгі кабельдерге өрістік шарттарда қосу мүмкіндігін қамтамасыз етеді.

Айнымалы кернеудің синусоидты пішіні кабель оқшауламасы мен муфталардағы айнымалы электр өрісінің көлемді таралуын қамтамасыз етеді, бұл өндірістік жиілік кезінде пайдаланудағымен сәйкес келеді.

1 қосымшада көрсетілген қателіктерді анықтау үшін оқшауламаны келтірілген кернеумен тексеру, жекеше разрядтар деңгейін анықтау, (tg δ) дельта тангенсінің шамасын және кабельдің С сыйымдылығын өлшеу жүргізіледі.

Оқшауламаға келтірілетін кернеудің шамасы кабельдің кернеу класына, жабдықты дайындаушының ұсынысына, қолданылатын зертеуіш

жабдықтарының техникалық мүмкіндігіне қарай анықталады. Тексеру b2 High Voltage (Австрия) фирмасының жабдықтар кешенімен: HVA-120 зерттеуіш қондырғылар және PD/TD-120 өлшеуіш кешендерімен жүргізіледі.



3.1 сурет -

HVA-120 қондырғысы класы 35 кВ дейін кабельдер үшін қабылау-өткізу зерттеулерін жүргізуге мүмкіндік береді, шамасы 2U0 ден 3U0 дейін.

Пайдалануда сынау кернеуінің шамасы қабылдау-өткізу сынаулары кезіндегі кернеу шамасынан 0,75 тең алынады және 1,5U0 - 2U0 диапазонында таңдалады.

110 кВ кластағы кабельдер үшін HVA-120 қондырғының сынау кернеуінің шамасы 28 кВ орнатылады, бұл 1,3U0 құрайды. Сынау кернеуінің мұндай деңгейі сынаудың қысқа уақытында (30-60 минут) оқшауламаның жергілікті қателіктерін дамудың бастапқы кезеңінен өтпелі тесілуге жетуін шектейді. Бірақ, 110 кВ кабельдер үшін кернеудің мұндай шамасының әсері механикалық зақымдалумен және пайдалану, жөндеу кезінде оқшауламаның дымқылдауымен байланысты қателіктерді анықтауға мүмкіндік береді, сонымен қатар кішігірім қателіктерді анықтауға және жоюға ықпал етеді, жекеше разряд деңгейін өлшеу арқылы U0 тең кернеу кезінде анықталады және бақыланады.

PD/TD-120 өлшеуіш кешендері шамасы 85 кВ (120 кВ ампл.) HVA қондырғыларынан аса төмен жиіліктегі синусоидты сынау кернеулері келтіріген кезде кабельдік оқшауламада жекеше разрядтардың деңгейін өлшеуді қамтамасыз етеді. Жекеше разрядтың қарқындылығын және деңгейін өлшеу кезінде импульсті рефлектометрия әдістерімен жергілікті қателіктердің орнын жою бір уақытта іске асады, реттелетін дабылдардың өңдеу алгоритмі арнайы бағдарламалық кешенде орнатылған.

TD (tg δ) шамасын өлшеу PD/TD-120 модулімен шамасы 0,5U0 - 1,5U0 (бірақ 85 кВ артық емес) синусоиды кернеу келтірілген автоматты режимде іске асады.

Тігілген полиэтилен (СПЭ) үшін 0,012% шамасынан аспайтын TD мәні қалыпты болып саналады. Әдетте TD шамасы 0,5U0 - 1,5U0 диапазонындағы кернеудің бірнеше мәндері кезінде анықталады. TD шамасының бұл диапазондағы кернеуден 0,01% артуы оқшауламадағы кателіктерді көрсетеді.

Осылайша, 35 кВ кластағы кабельдер үшін диагностикалық өлшеу және тексеру 3U0 дейінгі сынау кезеңінде мүмкін, бұл қателіктерді ең басында анықтауға мүмкіндік береді.

110 кВ класстағы кабельдер үшін PD/TD-120 модулі қолданыстағы тораптағы жұмыс кернеуінің фазалық мәніне тең болатын кернеу шамасы кезінде диагностикалық өлшеулерді (TD және ЖР деңгейі) қамтамасыз етеді. Өлшеу сұлбасының жоғары сезімталдығын және шуды басу мақсатында дабылдарды сандық өңдеу құралдары ескеріп, бұндай өлшеулердің нәтижелері жабдықты пайдалануға қауіпсіз еңгізу мүмкіндігін және оны ары қарай бақылау мерзімділігін анықтауға мүмкіндік береді. 110 кВ жаңа кабель желілерінің жағдайын анықтау үшін мұндай өлшеулерді жүргізу кабельді 24 сағат ішінде кернеу астында қосу арқылы тексерумен салыстырғанда тиімді болып табылады. Қолданыстағы кабельдер үшін бұзылмайтын диагностика әдістерін қолдану, қолданыстағы кабель тораптарының сенімділігін арттырады.

Нәтижелерді бағалау критериялары

tg δ және Cx шамалары мен жекеше разряд деңгейінің өлшенген мәндерін талдау негізінде кабель желілерінің оқшауламасының жағдайы туралы қорытынды жасалады. Қазіргі уақытта бұл шамалар үшін біріңғай бекітілген нормативтер жоқ болғандықтан, қорытындыларды бағалау номалары мен критерияларына келесілер жатады:

- IEEE Std 400.2-2013 және IEC 60840 стандарттарының ұсынылған нормалары;
- жабдық иелерінің әдістемелік нұсқаулықтарында көрсетілген нормативтер;
- тігілген полиэтиленді жаңа кабель желілерінің толық фазалық симметриясын ескеріп, әр түрлі фазаларды өлшеу кезіндегі нәтижелерді салыстыру негізінде алынатын эксперттік бағалау.

3.2 Кабель желілерінің зақымдалған орнын анықтау

Тігілген полиэтиленді (СПЭ) кабель желілерінің зақымдалуы бірнеше түрге бөлінеді. Олардың негізгілері: талсымның кабель қабықшасына бір фазалы тұйықталуы, бір, екі немесе үш фазаның үзілуі (кабель желісінің қабықшасына тұйықталу және тұйықталусыз).

Тігілген полиэтиленді оқшауламасы бар (СПЭ) кабельдердің ең әлсіз орны кабельдердің негізгі оқшауламасы емес, керісінше олардың қорғаныс қабықшасы болып табылады. Қорғаныс қабықшасының істен шығуы экранның және негізгі оқшауламаның бұзылуына әкеледі, соның кесірінен кабель 20-25 жыл қызмет етудің орнына бірнеше жыл ғана жұмыс істей алады.

Зақымдалу орнын анықтау бойынша жұмыстар келесі үш кезеңге бөлінеді:

- зақымдалуды тексеру (диагностикалау) – зақымдалу сипатын анықтау, зақымдалу орнына дейінгі қашықтықты алдын ала өлшеу;
- зақымдалу аумағын салыстырмалы әдістердің біреуімен анықтау (кернеуді түсіру әдісімен);
- зақымдалудың нақты орнын абсолютті әдістердің бірімен анықтау (импульсті түйіспелу немесе акустикалық әдіспен).

Кабель қабықшасындағы зақымдалу орнын іздеу бойынша жұмысты бастамас бұрын желінің паспорттық мәндерімен және қабықшаны кернеумен сынау нәтижелерімен танысу керек. Кабель желісі ажыратылғаннан кейін оның жолын аралап шығу және механикалық зақымдалулардың жоқтығын тексеру қажет.

1) Зақымдалуды тексеруді (диагностика) келесі түрде жүргізу қажет:

Жоғары вольтті сынау қондырғыларының көмегімен зақымдалу сипатын анықтау.

Қорғаныс қабықшасын тексеру үшін ИПО-20 кешенінен түзетілген кернеу көзі металл экран мен жердің арасында қосылады, сонымен бірге экран өлшеу алдында жерлендіру контурынан ажыратылуы керек. Экранға сынақ кернеуі жіберіледі де ақырындап 5 (10) кВ шамаға дейін көтеріледі және жылыстау тогы өлшенеді. Өкінішке орай, жылыстау тогы шамасының біріңғай нормасы жоқ, бірақ жылыстау үлкен болса онда қабықша зақымдалған болып санадады және зақымдалу орнын анықтау режиміне көшеді. Кабельдің қорғаныс қабықшасы зақымдалған кезде кабелбь талсымының негізгі оқшауламасының зақымдалуын болдырмау мақсатында зақымдалу орнында қабықшаларды күйдіру ұсынылмайды.



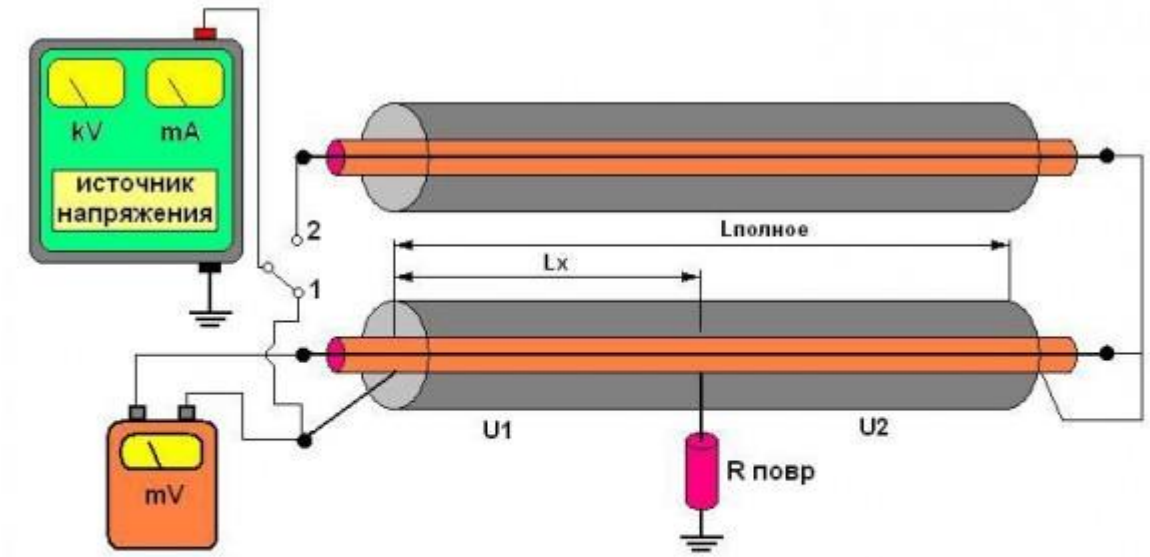
Негізгі талсымдарды тексеру үшін кернеуі 20 кВ артық емес үш талсымның бәріне сынау жүргізу қажет (кабельді дайындаған заводтан сынақ кернеуінің шамасын анықтау қажет). Зақымдалған талсымды анықтағаннан кейін зақымдалу орнына дейінгі қашықтықты анықтау үшін күйдіргіш

қондырғының көмегімен тесілу орнындағы кедергіні 0 ден 150 Ом дейін түсіру қажет, бұл зақымдалу орнына дейінгі қашықтықты Рейс-105, Рейс-205, Рейс-305 аспаптарын қолдану арқылы рефлектрметриялық әдіспен анықтауға мүмкіндік береді.

2) Қорғаныстың зақымдалу аумағын келесі түрде анықтауға болады:

Қорғаныстың зақымдалу орнын алдын ала анықтау кабельдің зақымдалу орнына дейін экранның кедергісін анықтау есебімен тұзақты әдісті жүргізуге болады. Бұл кедергілерді анықтау үшін 2 ден 100 мА дейін – экранның қимасына, кабельдің ұзындығына, бөгеттердің деңгейіне байланысты ток қолданылуы мүмкін.

Сонымен қатар, тұзақты әдісті кернеудің төмендеуін өлшегенде қолдануға болады. Осы кезде тұрақты ток көзі экран арқылы жерге түседі. Өлшеу кезінде токтың тұрақты шамасы орнатылады, оның мәні 0,4 А аспау керек. Әр өлшеудің уақыты 1 минуттан артық болмауы тиіс.



3.2 сурет – Тұзақты әдісті іске асыру сұлбасы (кернеуді түсіру әдісі)

Өлшеуді жүргізу үшін желінің соңында өзара және экранмен бекітілген, кабель желісінің екі жағынан болталған екі талсым қолданылады. Сенімділікті жоғарылату үшін өлшеуді желінің ажыратылған бөлінігің екі соңынан жүргізу қажет.

Өлшеу келесі реттілікте жүргізілу керек:

- қабықшада кернеудің түсуін өлшеуді милливольтметрдің көмегімен кабель желісінің басынан бастап зақымдалу орнына U1 дейін жүргізу;
- қабықшада кернеудің түсуін өлшеуді милливольтметрдің көмегімен зақымдалу орнынан бастап R кабель желісінің соңына дейін жүргізу.

Екі өлшем кезінде де кернеу көзінің шамасы бойыша бірдей ток мәні орнатылады.

Зақымдалу орнына дейінгі қашықтықты есептеу келесі формула бойынша жүргізіледі:

$$L_x = L_{полное} \cdot \left(\frac{U1}{(U1 + U2)} \right)$$

мұндағы L_x - кабель желісінің қабықшасының зақымдалған орнына дейінгі қашықтық;

$L_{полное}$- кабель желісі талсымының толық ұзындығы, рефлектометрмен өлшенеді;

U1 – кабель желісінің басынан бастап зақымдалу орынан дейінгі (R) қабықшадағы кернеудің құлауы;

U2 – зақымдалу орнынан бастап кабель желісінің соңына дейін қабықшадағы кернеудің құлауы.

Бұл әдістің кемшілігіне бір зақымдалу болған кезде ғана нақты нәтиже болатынын жатқызуға болады. Егер зақымдалу бірден көп болса, онда зақымдалу орнына дейінгі қашықтық ең жоғарғы жылыстаумен анықталады, осы кезде өлшеу дәлдігі төмендейді.

Кабель қабықшасының зақымдалған орнына дейінгі қашықтықты анықтау кезенде ИПО-20 кешені қолданылады.

Кабель талсымының зақымдалған орнына дейінгі қашықтықты анықтау үшін импульсті – доғалық әдіс қолданылады, олардың сипаттамасы «Күштік кабель желілерінде зақымдалу орнын анықтаудың негізгі әдістері» материалында көрсетілген.

3) Қабықшаның зақымдалған орнын тура анықтау үшін импульсті – түйіспелі әдіс қолданылады.

Импульсті – түйіспелі әдіс.

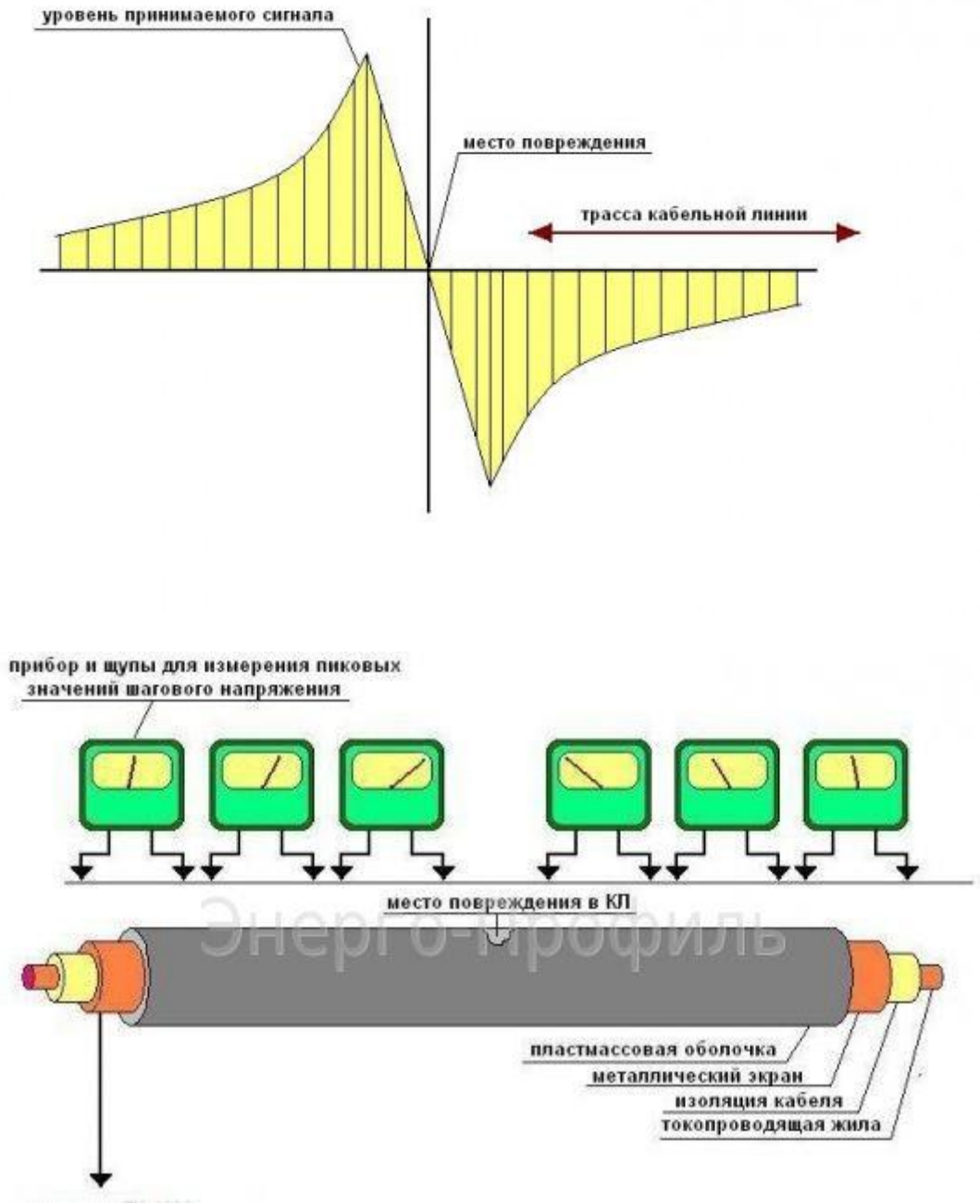
Кабельдің зақымдалған фазасының металл экраны өлшеу алдында жерлендіру контурынан ажыратылуы керек. Кернеу көзі ретінде ИПО-20 кешенінің құрамынан импульс генераторы қолданылады. Импульсті-түйіспелі әдіспен жұмыс кезінде электродтар мен жылжымалы өлшеуіш аспаптары (қабылдағыштар) қолданылады. Өлшеу кезінде электродтар бір бірінен 2-3 м қашықтықта 5-8 см тереңдіктегі жол бойынша кабель осінің бойындағы жерге тығылады. Өлшеу уақытында электродтар арасындағы қашықтық тұрақты болады. Өлшеуді жолжың нүктесінен зақымдалу орнына дейін жүргізу қажет. Индикатор ретінде көпшекті аспап тұрақты ток пен кернеуді өлшеу үшін қолданылады.

Зақымдалу орнында ток өткен кезде токтың бағыты белгіні өзгертеді. Зақымдалу орнына дейін аспаптың көрсеткіші бір жаққа қарай ауытқиды,

зақымдалу орнына жақындаған кезде аспаптың көрсеткіші тез жоғарылайды, зақымдалу орнында көрсеткіш тең болады, осыдан кейін зақымдалу орнында аспаптың көрсеткіші қарсы жаққа қарай ауытқиды.

Кабель жолы бойынша тек қана екі электродты ауыстыруға болады, сонымен бірге олардың арасындағы қашықтық сақталуы тиіс. Топырақтағы кернеуді өлшей отырып, көрсеткіштің ауытқу белгісінің ауысу нүктесіне шығамыз.

Кабельдің пластмасс қабықшаларында зақымдалу орнын импульсті-түйіспе әдісімен іздеу сұлбасы суретте көрсетілген.



3.3 сурет – Импульсті-түйіспе әдісін іске асыру сұлбасы

3.2.1 Кабель талсымының зақымдалған орнын тура табу үшін акустикалық әдіс қолданылады

Акустикалық әдіс.

Кабельдің зақымдалған фазасының металл экраны өлшеу алдында жерлендіру контурынан ажыратылуы тиіс. Кабель желісінің зақымдалған талсымына жоғары вольтті импульстер генераторының ГИ-502 және ГИ-1002 көмегімен зарядталған конденсатордан жоғары вольтті толқын (импульс) жіберіледі, олардың зақымдалу орнында тесік пайда болуы мүмкін. Зақымдалған аумақта акустикалық датчик және қабылдағыш арқылы зақымдалу орнын анықтаймыз.

4 Өмір тіршілік қауіпсіздігі

4.1. Кабель желісін тарту ережелері, техникалық және ұйымдастыру шаралары

Кабель тарту мен кабель желісін пайдалануға қабылдау ережелері

Кабельді тек мына шарттар орындалғаннан кейін ғана тартуды бастауға рұқсат етіледі:

- кабель желісі трассасы бойындағы учаскедегі құрылыс-монтаждау жұмыстарының бәрі аяқталғаннан кейін;

- траншеяларды тиісті актілер бойынша қабылдап алғаннан кейін;

- жұмысты жүргізу жобасын кабельді дайындаған және пайдаланатын мекемемен келіскеннен кейін. Жұмысты жүргізу жобасын кабель желісін тартатын және арнайы лицензиясы немесе өз-өзін реттейтін ұйым куәлігі бар мердігер құрылыс-монтаждау ұйымы құрастырады.

Жобаны құрылыс-монтаждау мекемесінің техникалық бөлім басшысы бекітіп, құрылыс-монтаждау мекемесінің жұмыс жүргізуге жауапты қызметкері, кабельді шығарған зауыттың техникалық бөлім басшысы және қадағалаушы орган тағайындаған өкілі, желіні пайдаланатын мекеменің техника бөлімі бастығы және жұмыс барысын техникалық тұрғыдан қадағалау үшін жауапты адам мақұлдауы тиіс.

Типтік жұмысты жүргізу жобасы құрамына мына бөлімдер кіруі тиіс:

Жұмыс жүргізуге берілген техникалақ тапсырма. Кабель желісінің атауы, кернеу классы, тартылатын кабельдердің маркасы мен саны, бастапқы және соңғы тарту нүктелері.

Қауіпсіздік шараларын орындау жөніндегі нұсқаулық. Нұсқаулықта трасса ерекшелігі мен тиісті нормативті-техникалық құжат (НТҚ) талаптарына сәйкес қабылданған ЭБ, ППБ, ОТ және ТБ жөніндегі шаралар қарастырылуы тиіс.

Дайындық жұмыстары. Ұйымдастыру шаралары кабель өнімдерін шығаратын зауыттың желі тартылатын трассаның ерекшелігі ескерілген нұсқаулығына сәйкес атқарылуы тиіс.

Желі тартуға қажет технологиялық құрал-саймандар мен жабдықтар. Кабель өнімдерін шығаратын зауыттың желі тартылатын трассаның ерекшелігі ескеріле отырып талаптары көрсетіледі: кабельдің сыртқы қабаты бүлінген жағдайда жөндеу жұмыстарын жүргізуге арналған заттар жиынтығы; - механизмдер мен механикаландыру құралдары; - монтаждау сайманы мен қосалқы құралдар; - арнайы жабдықтар.

Жұмыс жүргізу реті. Мына жайттар көрсетілуі тиіс: - кабель тартылатын трассаның ерекшеліктері, траншея, инженерлік құрылыстар тұрғызылатын учаскелер мен кабель өнімдерін шығаратын зауыттың талаптары ескерілген бүркемелі жұмыс жүргізілетін учаскелер; - кабель желісі тартылатын учаскелерде кабельді төсеу мен сақтау амалдары; - кабель желісі тартылатын

трасса бойындағы учаскелерде іске қосылған инженерлік коммуникациялармен қиылысатын, түйісетін тұстардың эскизі.

Құрылыс-монтаждау мекемелерінің кабель желісін тартқаннан кейін балансқа өткізіп, пайдалануға беретін кабельдерді тарту мен кабельді арматураны құрастыру жөніндегі жұмыстарын желіні пайдаланатын мекеме техникалық тұрғыдан қадағалауы тиіс.

Техникалық қадағалау органы анықталған барлық ақаулар мен кемшіліктерді жұмыс жүргізген мекемеге ескертіп, оларды жоюды талап етуі, монтаждау журналын жүргізуді тексеруі және бүкіл ескертпелері мен жұмыс жүргізуге салған тыйымдарын монтаждау журналына жазуы тиіс.

Қайта монтаждалған кабель желісін пайдалануға беруді құрамына монтаждау мекемесі, пайдаланатын мекеме өкілдері мен кабель өнімдерін шығаратын зауыт өкілі кіретін комиссия қабылдауы тиіс.

Кабель желісін пайдалануға беруді қабылдайтын комиссия техникалық құжаттарды тексеріп, кабель желісі тартылған трассаны аралап көруге, атқарылған жұмыстарды тексеруге (бүркеулі жұмыстар қажеттілік туындаса ішінара тексеріледі), сондай-ақ кабель желісін сынақтан өткізу нәтижелерімен танысуға міндетті.

Қайта құрастырылған кабель желісін пайдалануға қабылдау кезінде осы стандарт талаптарына сәйкес сынақ жүргізілуі тиіс.

Кабель желісін пайдалануға қабылдау кезінде кабель желісін тарту тәсілдерінің жобаға сәйкестігіне ерекше назар аударылып, кабель желісін механикалық зақымданудан қорғау шаралары ескерілуі тиіс.

Кабельдер жерге (траншеяға), кабель құрылыс ішінде (канал, туннель, коллектор, галерея, эстакада, блоктар), құбырлардың ішінде, өндірістік бөлмелерде тартылуы мүмкін. Кабель желісі тартылатын трассаны, тарту тереңдігін, кабельдерді орналастыру мен олардың ара қашықтығын, механикалық тұрғыдан қорғау тәсілдері рұқсат етілген ток жүктемесі деңгейін ескере отырып таңдалуы тиіс әрі бүкіл параметрлер кабель желісі жобасында көрсетілуі тиіс.

Полиэтиленнен тігілген кабельдері (СПЭ-кабель) бар кабель желісін қабылдау кезінде кабельдерді бекітудің мынадай негізгі ережелерін орындауға назар аударған жөн:

Кабельдерді бекітудің жобалау сатысында таңдалған амалы олардың сыртқы қабатының зақымдану мүмкіндігін болдырмауы тиіс.

Кабельдерді жерге үш бұрыштап төсеу кезінде олар лентамен, тұтастырғышпен, қамыт сақинамен немесе қапсырмамен жобада қарастырылған қадамға сәйкес бекітілуі тиіс, кабельдерді бөтен адамдардың бүлдіріп кетуіне, яғни вандалдық әрекеттерге қарсы шаралар қарастырылуы тиіс

Әуеде тартылған кабельдер кабель желісі ұзындығы бойымен жобада қарастырылған қадамға сәйкес және кабель желісінің әр иінінен 0,5 м аралықта бекітілуі тиіс.

Конструкциялар, консольдар, эстакадалар, қабырғалар мен жабындыларға төселіп, тартылған кабельдердің ұштары бекітілуі тиіс

Кабельдерді өзінің салмағын көтере алмай және қызып, суыған кезде және токтың қысқа тұйықталуы кезіндегі электродинамикалық әсерінен пайда болатын механикалық кернеу әсерінен зақымданйтындай етіп бекітілуі тиіс.

Кабель желісі тартылатын металл конструкциялардың сертификаты болуы тиіс және ықтимал күш түсетін шамасына сәйкес болуы тиіс.

Кабель желілеріне қызмет көрсету кезінде орындалуы тиіс қауіпсіздік талаптары

Кабельді желіні пайдалану кезінде ғимараттар мен электр станциялары мен қосалқы станциялар аумағына тартылған кабельдерді жөндеу жұмыстарын жүргізу мен құрал-жабдықты сынақтан өткізу мен өлшеу кезіндегі қауіпсіздік мәселелеріне ерекше назар аударылуы тиіс.

Кабель желісін өткен тұста жер қазу жұмыстарын жүргізген кезде мынадай қауіпсіздік ережелерін орындау қажет. Жер қазу жұмыстары кезінде кабельдің жатқан орнын нақты анықтап, кабель трассасына жақын маңдағы газ, су құбыры, байланыс және өзге коммуникациялар өтетін тұстарды анықтап алу қажет. Кабельге 1,0 метр жақын тұста жер қазатын машинамен қазуға және кабельден 5,0 метр қашықтықта тоқпақ балта сияқты соққылайтын құралдарды пайдалануға болмайды. Кабельдің үстіңгі жағында жер қазу жұмыстарын жүргізген кезде топырақты қопсыту үшін шойбалғаны, топырақты шығару үшін жер қазатын машиналарды пайдалануға болмайды, сүймен мен қайланы кабельге дейін 0,3 метрден кем емес топырақ қабатында ғана пайдалануға болады. Ары қарай топырақты сыртқа күрекпен шығару қажет.

Кабель тартылған тұсты нақты анықтап алған соң топырақтың немесе асфальттың кабельге дейін 0,3 метр жетпейтін беткі қабатын кабель желісін пайдаланатын мекеме өкілінің көзінше алып тастауға рұқсат етіледі. Қыс кезінде топырақты жылытып алып қана күрекпен шығаруға болады. Бірақ жылу көзін кабельге 0,3 метрден көп жақындатуға болмайды.

Кабель желісін монтаждау жұмыстары тиісті тәртіпке сай бекітіліп, келісілген және тікелей атқарылатын жұмысқа қатысты қауіпсіздік шаралары егжей-тегжейлі жазылған технологиялық карта немесе жұмыс жоспарына сәйкес орындалуы тиіс.

Кабельді тарту немесе қайта тарту кезінде мынадай қауіпсіздік шараларын орындау қажет.

Кабельді, бос барабанды, механизмдер мен сайманды траншеяның шеткі жиегінен 2 метрге жақын орналастыруға тыйым салынады.

Барабанға оратылған кабельді тежегіш құралдың көмегімен ғана тарқатуға рұқсат етіледі.

Кабельді тартқан кезде ішкі бұрылыс бұрыштарында тұруға және трасса бұрылатын тұстарда оны қолмен ұстауға тыйым салынады.

Кабельді немесе муфтаны ауыстырған кезде әуелі кабельді ажыратып, тұйықтап алу керек.

Жер астында салынған құрылыста жұмыс істеген кезде мынадай қауіпсіздік ережелерін орындау қажет:

Жер астындағы ағын-сорғы желдеткіші жоқ құрылыстарында жұмыс бастар алдында жанғыш және адамға зиянды газдар мен ауа құрамында оттегі жоқ екеніне көз жеткізіп алу қажет, сондай-ақ жұмыс кезінде бұл көрсеткіштерді газ талдауыш аспаптың көмегімен бақылап тұру қажет.

Газдың бар/жоғын ашық оттың көмегімен тексеруге тыйым салынады.

Құдық, коллектор және туннельдерде, сондай-ақ ашық қақпақтарға жақын жерде ашық отты қолдануға тыйым салынады.

Кабельдерді күйдірген кезде құдықтың ішінде болуға тыйым салынады, ал туннель, коллекторлардың ішінде ашық екі есіктің арасындағы учаскелерде ғана рұқсат етіледі. Оларды күйдірген кезде кабельмен жұмыс істеуге тыйым салынады. Өрттің алдын алу үшін кабельдерді күйдіргеннен кейін оларды қарап шығу керек.

4.2 Өрт және электр қауіпсіздігін қамтамасыз ету шаралары

4.2.1 Өрт қауіпсіздігі

Күштік кабельдерді жүргізуде өртке қарсы қойылатын талаптар. Электрмен жабдықтау объектілерін жобалаудағы маңызды талап болып электрқондырғыларды, кабельдерді, және қосымша бөлмелерді өрттен, әрі жарылыстан қорғау бойынша сәйкестендірілген шараларды қабылдау болып табылады.

Кабельдік желілердің зақымдалуы түрлі апаттарға әкеліп соғып, эксплуатация жүгізуші қызметкерді электр энергиясын сенімді, жоғары сапалы, үнемді жеткізудегі жұмыстарынан айырып, олардың күш жігерлерін үлкен көлемді және апаттан кейінгі қалпына келтіру жұмыстарын жасауларына мәжбір етеді. Тәжірибе көрсеткендей көп жағдайда кабельдік желілердің апатты өшуіне жол жөндеу жұмыстарын жүргізгенде кабельдерге түсірілетін механикалық бүлінулер, кабельдерді жобалау мен төсеу кезіндегі жіберетін ақаулар себеп болады. Орнатылған электрлі күштік кабельдік желілердің эксплуатация жағдайында жоғары сапалылығын, төзімділіген қамтамасыз ету үшін электр қондырғыларының құрылғылары ережесінде қарастырылған барлық қатал талаптарды сақтау қажет.

Тәжірибе тағы да күштік кабельдерді туннельдерде, каналдарда, траншеяда төсеу аз сенімді екенін көрсетті. Сондықтан да электр энергиясын тасымалдау мәселелерін шешу және жобалау жұмыстары күштік кабельдерді жер үстінде эскадаларда, галереяларда төсеуді дамытуға бағытталуы қажет.

Ереже бойынша кабельдік құрылымдарды бір қабатты етіп жобалау керек. Кабельдік қабаттар мен құрылымдар көлемі 3000 м 2 , ұзындығы (немесе ені) 150 м2 аспайтын бөліктерге бөлінуі қажет. Бөліктер арасына өтке қарсылылық төзімділігі 0,75 сағат, ал есігінікі -0,6 сағаттан кем емес қалқандар орналастырылады. Кабельдер бөгеттерден және ішкі 85 қабырғалардан өтуі құбырлар немесе ойықтар арқылы жүзеге асырылады.

Кабельдерді төсеген соң құбырлар мен ойықтардағы саңылаулар жеңіл тесілетін өртке қарсы төзімділігі 0,75 сғаттан кем емес материалмен жабылуы тиіс.

Бір- бірімен бірегей қатынаста болатын жауапкершілігі мол кабельдерді (күштік, оперативті токты, басқару, дабыл беру,өрт сөндіру жүйесінің) бір трассада орналасқан кабельдерде өрт болған жағдайда олардың көрші трассадағы кабельдер қатарына зиянын келмейтіндей етіп төсеу қажет. Бұл трассалар арасы (жарықта) көлденең төсеуде 1 м, тігінен төсеуде 1,5 м төмен болмауы тиіс.

Кабельдік құрылымдарда бір- бірімен бірегей қатынаста болатын күштік кабельдерді төсеу өрт қауіпсіздігі тұрғысынан трассалар арасы оқшауланып тұратындай етіп, құрылымның әр түрлі жағынан жүргізілуі қажет.

4.3 Электр қауіпсіздігі

Электр қондырғылардың бірнеше түрі мен жұмыс істеген кезде ереже бұзып, немесе ток жүретін қондырғының ашық жеріне тиіп, кеткен жағдайда адаммын өміріне қауіп төнуі мүмкін.

Адам ағзасына ток тиген кезде, есінен танып қалуы, демалу органдары жұмыс істемеуі және жүйке жүйелерінің бүлінуі мүмкін.

Бұдан басқа электр тогы адам денесінің ашық жерлерін күйдіруі мүмкін және күюдің ауырлық жағдайы токтың шамасына байланысты болады.

Адам ағзасының өтіп жатқан тоққа кедергісі бірнеше факторларға байланысты, тұрақты токпа жоқ ауыспалы ток па? Адам шаршаған болса, қанша көлемде ток тартқан ауыспалы токтың соғуына теріс байланысты. Адам ағзасынан ток қанша көлемде өтсе, ток тарту сонша көлемде өтеді. Адамды ток тартқан кезде, 30 секундта денесі 25% төтеп береді, ал 90 секундта — 70% күйіп қалады. Адам ағзасы үшін тұрақты ток та ауыспалы ток та қауіпті, бірақ тұрақты токтың қауіпсіздігі 3-5 рет аз, ауыспалы токтан. Тұрақты ток 50МА-ге дейін, ал ауыспалы ток ІОМА-ге дейін қауіпті.

Ток күші 0,05А болса, адамға қауіпті, ал 0,1 А — адам өмірін қияды. Ток өткізудің екі түрі бар:

1) электрлік соғулар — олар адамның ішкі ағзасын жарақаттайды, жүйке жүйелерін, көкірек клеткаларын жарақаттайды.

2) электрлік жарақаттар — олар адамның сыртқы терілерін жарақаттайды. Электр кауіпсіздігінің техникалық үйымдастыру шаралары жұмыс орнын ұйымдастыру.

Электр қауіпсіздігінің техникалық үйымдастыру шаралары 3-ке бөлінеді. Буларды орындайтын жұмысшылар электр қондырғыларын іске қосқанда өте білімді жауапты маман болуы тиіс.

1) оперативтік персонал — кезекші электротехникалық персонал — бүкіл қарамасындағы электр қондырғыларын қосып және соған жауап береді.

2) жөндейтін персонал — бұлар электр қондырғыларын жөндеу, реттеу, монтаждау сияқты жұмыстарға жауап береді.

3) оперативтік жөндеу персоналы — бұлар эрі жөндеу, реттеу, монтаждау мен қоса бүкіл, Электр қондырғыларын іске қосып, эрі жауап береді.

Электр қондырғыларын жөндейтін, эрі іске қосатын жұмысшылар, денсаулықтары мықты, ешқандай науқас емес жәые білікті, білімді болуы керек, эрбір жұмысшы электрлік жұмысқа барар кезде электр қауіпсіздігі туралы емтихан тапсырып, білімін тексереді. Электр қауіпсіздігі жөнінде курстық сабақтар өтіп, жұмыс орнында квалификациялық комиссиялар жұмысшыларды тексереді.

Комиссия жұмысшылардың біліміне қарай оқу дәрежесін жоғарылатады, сөйтіп білімін жэне дәрежесін көрсететін куәлік беріледі.

Жұмыс орнын ұйымдастыру электротехникалық жабдықтарды қолданарда техникалық қауіпсіздікті сақтау екі түрге бөлінеді:

1) оперативтік электр қондырғыларды іске қосып тексеру, жеңіл жұмыстар істеу, қорғаныс жабдықтарын ереже бойынша қарап шығу, қауіпсіздігін қарау, еңбекті қорғау;

2) электр қондырғыларында өндірістік жұмыс істеу дегеніміз — жөндеу, монтаждау, құрылыс жұмыстарын жэне т.б. жұмыстарды орындау - электр қондырғыларында.

Пайдалынылатын электр қондырғыларын еңбек қауіпсіздігі шараларымен қамтамасыз ету.

Электр қондырғыларының еңбек қауіпсіздігі шаралары немесе электр тоғынан қорғану шаралары:

1) ток өткізгіш бөліктерді қауіпсіз жерге орналастыру;

2) изоляцияны бақылау (ашық қалған жерлері болмау);

3) қорғаныстық жерге қосқыш;

4) қорғаныстық нөлдік сым;

5) автоматтық ажыратқыш;

Қорғаныстық жерге қосқыштың 2 түрі бар: кэдімгі жэне жасанды.

Кәдімгідей қорғаныстық жерге қосқышқа кез-келген металл құрылмалы ғимараттар жер астындағы металл труба еткізгіштер, кран жолдары жатады.

Ал, жасанды қорғаныстық жерге қосқышқа металл стержендер немесе трубалар 25-50мм, ұзындығы 2-3м, бұрыштық болат 50х50х5мм және металл ленталар 40х4мм өлшемдегі.

Автоматтық ажыратқыш — аппаратын ішіне орналасқан, ол электр құбырлардың немесе электр қондырғылардың (1000 В-қ) ішіне орналастырады, қауіпті жағдайда ол өздері токтан ажыратады.

Пайдаланушылар үшін еңбекті қорғаудын және техникалық қауіпсіздігін, қорғану құралдары.

Қорғану құралдары 2 түрге бөлінеді:

1) Негізгі құралдар: изоляцияланған өлшем штанглері, ток өлшейтін қысқыштар, кернеу көрсеткіштері изоляцияланған құрылғылар, сатылар монтерлық құрал-жабдықтар изоляцияланған ұстатқыштары бар траптар, алаңдар.

2) Қосымша қорғаныс құралдарына 1000 В кернеулік электр құрылғыларда: диэлектрикалық қолғаптар, дорожкалар және де изоляцияланған подставкалар, резина фартуктар.

Қоршаулы қорғаныстарға: щиттар уақытына қорғаныстық жерге қосқыш, уақытша алып жүретін жерге қосқыштар, сосын қорғаныс плакаттары.

Қорғаныс құралдары жұмысшыларға қорғаныс көзілдірігі, арнайы қолғаптар, жанбайтын матадан жасалған қорғайтын монтерлық белдіктер, қорғаныс халаттары және т.б.

Жоғарыдан түсу үшін монтерлық белдіктер, тырнақшалар, ременьмен телескоптық қондырғылар, сатылар.

Белдіктер 225кг салмақты, ал тырнақшалар — 135кг салмақты 5 минуттай ұстап тұра алады. Қорғаныс плакаттары 4-ке бөлінеді:

1) қорғану плакаттары: «тиіспе қауіпті», «жоғары кернеу», «өміріңе қауіпті» және т.б.

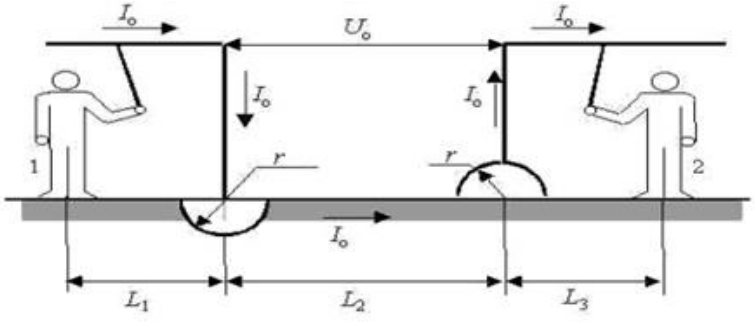
2) өткізбейтін: «адамдар жұмыс істеп жатыр — қосуға болмайды», «желілерде жұмыс жүріп жатыр — қосуға болмайды».

3) рұқсат беру: «осы арада жұмыс істеу», «осы араға міну», «жұмыс істеуге нұсқау».

4) ескерту; қолданылған шаралар туралы ескерту. Резеңке колғаптар, қорғаныс құралдары жабық шкафтарда және жәшіктерде құрал- саймандардан бөлек, майдан, бензиннен, және басқа заттардан аулақ, ал қолдану алдында қағып, тазалап алу керек.

4.4 Қадамдық және жанасу кернеулеріне есеп жүргізу

Қадамдық кернеу деп бір уақытта 0,8 м арақашықтықта тұрған ток тізбегінің екі нүктесі және осы аралықта тұрған адам арасындағы потенциалдардың айырымын айтады. Жанасудан қорғау үшін металдық емес конструктивтік бөліктерге қорғайтын, жерге қосуға арналған электр құрылғылары, желілерді ажырату, аз кернеулі электр ажыратулары, ток өткізгіштік бөліктерді изоляциялау, қорғаулар, сақтағыш құрал-саймандары, изоляциялау және бақылау құралдары қолданылады.



4.1 сурет- Токтың жер арқылы және жартылайшарлы электродтан өту схемасы

Жерге тұйықталу орнынан 2 м ($X_2 = 2$) қашықтықта адам тұр. (Сурет). Қадам мөлшерін 0,8 м деп, 8м қашықтықта орналасқан адамның қадамдық кернеуін анықтау керек. Металлоконструкция үшін жанасу кернеуін анықтау қажет және адамға қатысты қашықтығы $X_2 = 8$ м немесе $X_4 = 25$ м болған орыннан тұйықталулар бар. Есептің шешімінде жердің меншікті көлемді кедергісі100 Ом, ал адамның тұрған жерінде тоқтың жайылу кедергілері нөлге тең.

Шешім :

Шар сияқты жайтартқыштың жанындағы кез-келген нүктедегі потенциалды келесі формула бойынша анықтауға болады:

$$\varphi = \frac{I_3 \rho}{2\pi x} \tag{4.1}$$

Анықталатын кернеу. Жанасу және қадамдық кернеуі.

Қадамдық кернеу – бір уақытта адам мен тоқ тізбегінің екі нүкте арасындағы потенциалдардың айырымы, біздің жағдайымызда X_1 және оның мәнін есептейміз:

$$U_{ш} = \frac{I_3 \cdot \rho}{2\pi x_1} - \frac{I_3 \cdot \rho}{2\pi(x_1 + a)} \approx 40 \text{ В.} \tag{4.2}$$

Жанасу кернеуін анықтау үшін есеп шарты екі жағдайда көрсетілген. Демек бұл жағдайда адам қолының потенциалы металдық конструкциялар потенциалына тең :

$$\varphi_{рук} = \frac{I_3 \rho}{2\pi x_2}. \tag{4.3}$$

Адамның аяқтарының потенциалы X_3, X_4 қашықтықтарында бір уақытта адам тұратын негіздер потенциалымен анықталады. X_3 қашықтықта аяқтардың потенциалы:

$$\varphi_{ког} = \frac{I_3 \rho}{2\pi x_3}. \tag{4.4}$$

Демек, бұл жағдайда жанасу кернеуі мынаған тең:

$$U_h = \varphi_{рук} - \varphi_{ног} = \frac{I_3 \cdot \rho}{2\pi x_2} - \frac{I_3 \cdot \rho}{2\pi x_3} = 30 \text{ В.} \tag{4.5}$$

X_4 = 20 м қашықтықта аяқтардың потенциалы нөлге тең деп қабылдауға болады. Адам іс жүзінде тоқтың жайылу аймағының сыртында болады.

Демек, бұл жағдай үшін жанасу кернеуі:

$$U_h = \frac{I_3 \rho}{2\pi x 2} = 60 \text{ В.} \quad (4.6)$$

Есепті қиындатамыз.

$$\beta_2 = \frac{R_h}{R_h + R_{осн}} = \frac{R_h}{R_h + 2R_н}. \quad (4.7)$$

Бұл жерде есепті ол тұратын негізгі кедергісі екі есе еселенген. Rн мәніне тиісті X_4 = 25м қашықтықта тұрған адам үшін, анықталатын жанасу кернеуі есепке алумен сол, не Rосн = 9 адам тұратын тоқтың жайылуына негізгі кедергі.

Шешімі :

Жанасу кернеуі Rосн секілді анықталады:

$$\alpha_2 = \frac{R_h}{R_h + R_{осн}}, \quad (4.8)$$

Біздің жағдайда:

$$\alpha_2 = \frac{R_h}{R_h + R_{осн}} = \frac{1}{1+9} = 0{,}1, \quad (4.9)$$

Нәтижелер көрсеткендей, жанасу және қадамдық кернеуі негізгі кедергіге (Rосн) байланысты болады.

Тұжырым: адам тұйықталған тоқ ағып жатқан бұзылған жер тұйықтағыштан (заземлителден) неғұрлым қашықта болса, оның адам өміріне қауіпті тоқ кернеуіне түсу қауіпсіздігі жоғары болады.

4.5 Диспетчер бөлмесіндегі жарықтану жүйесіне есеп жүргізу

Ең басты табиғи жарық болып – күн саналады, ол күшті саналады, ол күшті жарық энергиясы ағынын береді. Ашық жерде табиғи жарық, күн сәулесінің тікелей түсуімен, аспанның диффузиялық жарығымен байланысты болады.

Табиғи жарықтану ғимаратқа күндізгі жарықтың терезелер және

тесіктер арқылы түсу нәтижесінде болады.

Табиғи жарықтану сыртқы қабырғалардағы терезелер мен тесіктерден түсетін бүйір жоқ, жарықтық шамдар арқылы түсетін жоғары жақ, сондай -ақ бүйір мен жоғарғы жақтардың жарықтарынан біріккен болуы мүмкін. Өндірістік ғимараттар күндіз табиғи жарықтандыруда болады, операторлықтан басқа.

Табиғи жарықтандыруды есептеу Жалпы кез келген жерді табиғи жарықтандару осы жердің жарығының сырттан келетін жарыққа қатынасымен анықталатын табиғи жарық коэффициентімен сипатталады.

Жоба бойынша шеткі жарықтандару қабылданды.

Еден ауданына пайыздық мөлшер бойынша қажетті терезе ауданын мына формула бойынша анықтаймыз:

$$S_0 = \frac{e_{min}^{H} \cdot \eta_0 \cdot k}{\tau_0 \cdot \psi}, \qquad (4.10)$$

мұнда, e_{min}^{H} – табиғи жарықтандырудың нормаланған коэффициенті;

η_0 – терезенің жарықтық сипаты;

k – қарама қарсы тұрған ғимараттардың әсерінен көлеңкелердің түсуін ескеретін коэффициент;

τ – аралықтың жарық өткізуінің жалпы коэффициенті;

ψ – жарық берілгенде төбе мен қабырға көлеңкелерінің коэффициенті.

$$P_{ср} = \frac{P_1 \cdot S_1 \cdot P_2 \cdot S_2 \cdot P_3 \cdot S_3}{S_1 \cdot S_2 \cdot S_3}, \qquad (4.11)$$

мұнда P_1, P_2, P_3 – төбе, еден және қабырға көлеңкелерінің коэффициенті;
S_1, S_2, S_3 – қабырға, еден және төбенің ауданы.

$$S_1 = 5 \cdot 21 = 105 \text{ м}^2;$$

$$S_2 = 21 \cdot 15 = 315 \text{ м}^2;$$

$$S_3 = 21 \cdot 15 = 131 \text{ м}^2.$$

$$P_{ср} = \frac{0{,}5 \cdot 105 \cdot 0{,}4 \cdot 315 \cdot 0{,}3 \cdot 315}{105 \cdot 315 \cdot 315} = 0{,}06$$

Қажетті терезенің ауданы мынаған тең

$$S_0 = \frac{3{,}4 \cdot 11 \cdot 1}{1{,}02 \cdot 1{,}3} = 28\%.$$

Еден аумағы мынаған тең екендігін ескере отырып

$$S_0 = 21 \cdot 15 = 315 \text{ м}^2,$$

$$S = \frac{315 \cdot 3{,}4 \cdot 11 \cdot 1{,}0}{100 \cdot 1{,}02 \cdot 1{,}3} = \frac{11781}{132{,}6} = 89 \text{ м}^2.$$

Типтік терезелі аралықтарды (5х1,8 м) пайдалана отырып, аумағы жалпы 89 м^2 болатын шеткі жарықтандыру қабылданды.

Жасанды жарықтандыруды есептеу:

Өндіріс орындарындағы жасанды жарықтандырудың шарты көздің жұмыс жасауына, адамдардың физикалық және моральдық күштерінен, соның ішінде еңбек өнімділігіне, өнімнің сапасына және өндірістік жарықталу үлкен әсер етеді. Еңбектің қолайлы шартын құру үшін өндірістік жарықтандыру келесі талаптарға жауап береді:

1) Жұмыс орындағы жарықтандыру гигиеналық нормаға сай болу керек

2) Жұмыстық беттің және қоршаған ортаның жарықтылығы мүмкіндігінше бірдей таралу тиіс

3) Жұмыстық бетте өткір көлеңке болмау керек, олардың болуы жарықтың тең емес таралуына әкелніп соқтырады

4) Көру аймағында жылтырау болмау керек

5) Дұрыс жарық өткізу үшін жарықтың спектрлік құрамын жарықтандыру қамту керек.

Есеп екі әдіс бойынша жүргізіледі: нүктелік әдіс пен пайдалану еселеуіш әдісі. Нүктелік әдіс арқылы жалпы локалды және жалпы біркелкі жарықтандыруды есептейді.

Пайдалану еселеуіш әдісі арқылы жатық беттерді біркелкі жалпы жарықтандыруды есептейді.

Нүктелік әдіс:

Ұзындығы L=21 м; ені B=14 м; биіктігі H=5 м;

Жұмыстың көру разряды: IV в;

Шағылысу коэффициенттері: төбеден: $\rho_{\text{îò}} = 50\%$; қабырғадан: $\rho_{\text{ñò}} = 30\%$; еденнен: $\rho_{\text{ïò}} = 10$;

Жарықтандыру нормасы: $E_н$=200 лк;

Шамдар саны: 12 дана;

Шамдар түрі: ДРЛ-125 $Ф_Л$=5600 лм;

Жұмыстық бет еденнен 0,4 м биіктікте орналасқан, жарық шамының

іліну ұзындығы 0,8 м, соған сәйкес $h_{ðàñ÷} = H - h_{ñâ} - h_{ð.ï} = 5 - 0,8 - 0,4 = 3,8ì$

Шамдардың өзара орналасу қашықтығы $\alpha = \lambda \cdot h = 1,2 \cdot 3,8 = 4,56 \approx 5ì$

Қабырғадан шамға дейінгі қашықтық $l = 1,2 \cdot h = 1,2 \cdot 3,8 = 4,5ì$

Алынған жарық шамдарын 3 қатарға 4 данадан орналастырамыз.

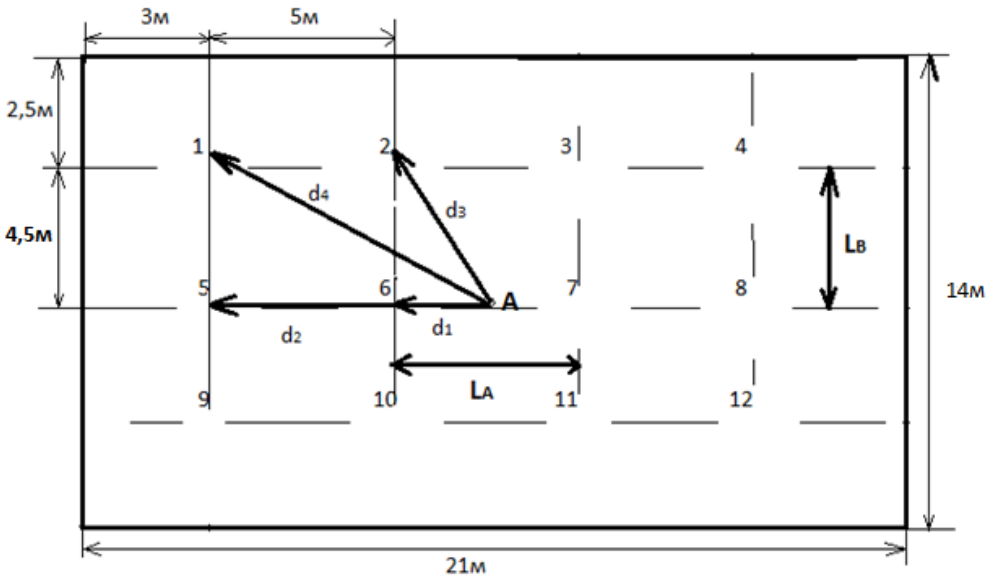
4.1 кесте – Жарық күшінің мәні

Шам типі	Шам типі									
	0	5	15	25	35	45	55	65	75	85
ДРЛ	431	390	380	340	305	297	185	101	80	40

4.2 кесте - Шамның сипаттамасы

Номиналдықуат, Вт	Шамның түрі. Номиналды жарық ағыны, Лм	Шамның өлшемі, мм
125	ДРЛ	Диаметр
	5600	76

Жұмыс орнындағы жарықты нүктелік әдістің келесі кейіптемесімен анықтаймыз:



4.2 сурет – Берілген мәндер бойынша жарық шамдарды орналастыру сұлбасы

А бақылау нүктесін белгілейміз.

А нүктесіндегі жарықтандыруды есептейік.

$$E_A = \frac{F_Л \cdot \mu \cdot \sum_1^8 e_A}{1000 \cdot \hat{E}\varsigma} \qquad (4.12)$$

мұнда $F_Л$ – шамның жарық ағыны;

μ - шағылу арқылы қосымша жарықтандыруды есептейтін еселеуіші (μ=1,2);

$\sum_1^8 e_A$ - жалпы жарықтандыру;

$К_з$ – қор еселеуіші ($К_з$=1,5).

Жалпы жарықтандыру келесі кейіптememен есептеледі:

$$\sum_1^8 er = \frac{I_\alpha \cdot \cos\alpha}{h^2_{расч}}, лк \qquad (4.13)$$

Жалпы жарықтандыруды анықтау үшін келесі бұрыштарды табу қажет. Бұрыштарды анықтау келесідей жүзеге асады:

$$tg\alpha = \frac{D}{h_{расч}}; \qquad (4.14)$$

1-ші суретте бір нүктені таңдап және осы нүктеден әр шамдарына дейін арақашықтықты есептейміз.

$$d_1 = d_{6,7};\ d_2 = d_{5,8};\ d_3 = d_{2,3,10,11};\ d_3 = d_{1,4,9,12}; \qquad (4.15)$$

$$d_1 = 2{,}5м;$$

$$d_2 = 7{,}5м;$$

$$d_3 = \sqrt{3{,}5^2 \cdot 2{,}5^2} = 4{,}3м;$$

$$d_4 = \sqrt{3{,}5^2 \cdot 7{,}5^2} = 8{,}3м.$$

$$d_{3+2,5} = \sqrt{3{,}5^2 \cdot 2{,}5^2} = 4{,}3м;$$

Енді осы табылған әр арақашықтық үшін бұрыштарды есептейміз:

$$tg\alpha = \frac{d_1}{h_{расч}} = \frac{2{,}5}{3{,}8} = 0{,}001 \qquad \alpha_1 = arctg(0{,}01) = 23^\circ$$

$$\text{tg}\alpha = \frac{d_1}{h_{\text{расч}}} = \frac{7,5}{3,8} = 0,03 \qquad \alpha_2 = \text{arctg}(0,03) = 52^\circ$$

$$\text{tg}\alpha = \frac{d_1}{h_{\text{расч}}} = \frac{4,3}{3,8} = 0,02 \qquad \alpha_2 = \text{arctg}(0,02) = 44^\circ$$

$$\text{tg}\alpha = \frac{d_1}{h_{\text{расч}}} = \frac{8,3}{3,8} = 0,04 \qquad \alpha_2 = \text{arctg}(0,04) = 57^\circ$$

Берілген кесте бойынша жарық күшін I_α және $\cos^3\alpha$ табамыз:

$$\alpha = 23^0; \qquad I_{\alpha 1} = 149\text{кд}; \qquad \cos^3\alpha = 0,78$$

$$\alpha = 52^0; \qquad I_{\alpha 2} = 140\text{кд}; \qquad \cos^3\alpha = 0,233$$

$$\alpha = 44^0; \qquad I_{\alpha 3} = 163\text{кд}; \qquad \cos^3\alpha = 0,372$$

$$\alpha = 57^0; \qquad I_{\alpha 4} = 128\text{кд}; \qquad \cos^3\alpha = 0,162$$

Табылған мәндерден есептейміз:

$$e_{\text{АГ1}} = \frac{I_{\alpha 1} \cdot \cos^3\alpha}{h_{\text{расч}} \cdot K_3} = \frac{190 \cdot 0,78}{2,8 \cdot 1,5} = 35,28\text{лк},$$

$$e_{\text{АГ2}} = \frac{I_{\alpha 2} \cdot \cos^3\alpha}{h_{\text{расч}} \cdot K_3} = \frac{140 \cdot 0,233}{2,8 \cdot 1,5} = 7,76\text{лк},$$

$$e_{\text{АГ3}} = \frac{I_{\alpha 2} \cdot \cos^3\alpha}{h_{\text{расч}} \cdot K_3} = \frac{163 \cdot 0,372}{2,8 \cdot 1,5} = 14,87\text{лк},$$

$$e_{\text{АГ4}} = \frac{I_{\alpha 4} \cdot \cos^3\alpha}{h_{\text{расч}} \cdot K_3} = \frac{128 \cdot 0,162}{2,8 \cdot 1,5} = 4,93\text{лк}.$$

Сонда А нүктесіндегі жарықтанудың қосындысы:

$$\sum_{1}^{8} er = 35,28 + 7,76 + 14,87 + 4,93 = 62,84 лк;$$

Табылған мәліметтерді (*) кейіптемеге қоямыз:

$$E_г = \frac{5600 \cdot 1,2 \cdot 62,84}{1000 \cdot 1,5} = 281,52 > 200 лк.$$

Егер $E_г \geq E_н$ шарты орындалса онда жұмыс орнындағы жарықтану жеткілікті деп есептеледі. "IV, в" тобының көру жұмысының разряды үшін

$$E_н = 200 лк, \;\; E_г \geq E_н = 281,59 \geq 200$$

шарты орындалды.

5 Экономикалық бөлім. Кабель желісіне технико-экономикалық салыстыру арқылы кабельдің экономикалық тиімді маркасын таңдау

5.1 Есептеудің мақсаты

Жаңа техниканың құрылысының немесе енгізудің әртүрлі нұсқалары бар болса, онда оларға капиталды салымдардың салыстырмалы экономикалық тиімділігі есептелінеді.

1-тәсіл. Бағалаудың белгісі ең аз келтірінді шығындар болып табылады. Әрбір 1-ші нұсқа бойынша келтірінді шығындар (КШ) салыстырмалы тиімділіктің нормативті коэффициентіне $Е_н$ сәйкес жылдамдық мөлшерліліктер келтірілген жылдық пайдалану шығындарын $И_i$ және х капиталдық салымдарды $К_i$ құрайды:

$$П_{3i} = И_i + Е_н * К_i \rightarrow \min.$$

2-тәсіл. Қосымша капиталдық салымдардың өтелу мерзімін есептеу ($Т_{өм}$):

$$Т_{өм} = (К_2 - К_1)/(И_1 - И_2).$$

3-тәсіл. Салыстырмалы тиімділіктің коэффициентін анықтау ($Е_е$):

$$Е_е =(И_1 - И_2)/(К_2 - К_1)$$

Келесі шарттағы нұсқа тиімді болып есептелінеді:

$$Т_{өм} \leq Т_н , Е_е \geq Е_н.$$

мұндағы $Т_{өм}$ – есептік өтелу мерзімі;

$Т_н$ – нормативті өтелу мерзімі, 6,7 жылға тең;

$Е_е$ және $Е_н$ – есептік және нормативті тиімділік коэффициенті ($Е_н$ =0,15).

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

$$КШ = E_н \cdot K^{сум} + И^{сум}$$

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

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

$Е_н$ – есептік және нормативті тиімділік коэффициенті ($Е_н$ =0,15).

Қазіргі уақытта тиімділіктің бірыңғай директивті орнатылған нормативтері жоқ. Әрбір нақты жағдайда кәсіпорындар жобаларды қаржыландыру

бойынша меншікті мүмкіндіктері немесе тартылатын инвесторлардың талаптарын ескере отырып, өз беттерінше нормативтерді жоспарлы белгілер ретінде орната алады. Жоспарлы экономика шарттарында мемлекеттік органдар $E_н$ коэффициентін салалар бойынша саралау көмегімен жеке салалардағы тиімділікті жасанды жолмен шарықтатты. Салыстырмалы экономикалық тиімділіктің нормативті коэффициенті көп жағдайда 0,15 шамасында қабылданған, бұл өтелімдік мерзімнің шамамен 7 жылына сәйкес келеді және оңтайлы нұсқаның экономикалық негіздемесі бойынша есептеулердің халықаралық тәжірибесінде ең кең таралғаны болып табылыды.

5.2 Мүмкін болатын нұсқаларды таңдау

Кабельдің келесі маркалары қарастырылады:
1. БПИ күштік кабелі.
2. СПЭ күштік кабелі.

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

4.2.1 І-ші нұсқа үшін келтірілген шығындарды есептейміз

І-ші нұсқа бойынша күрделі қаржы жұмсалымын есептеу.

Барлық күрделі қаржы жұмсалымдары:

$$К^{сум} = К^{пок} + К^{тр} + К^{м}$$

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

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

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

Тіректерге күрделі қаржы жұмсалымы:

$$К_1^{опоры} = К_1^{о1} \cdot n_1 = 6598870 \cdot 202 = 1332{,}9 млн.тенге$$

мұндағы $К_1^{о1}$ – ПБ110-8 маркасының бір тірегінің құны;
n_1 – тіректер саны.

Кабельдерге кететін қаржылық жұмсалым:

$$К^{каб} = К_1^{каб} \cdot l = 310296 \cdot 33{,}33 = 103{,}4 млн.теңге,$$

мұндағы $К_{каб}$ – БПИ күштік кабельдің бағасы км/теңге.

Арматураға кететін қаржылық жұмсалым:

$$К_1^{арматура} = 380млн.теңге,$$

Қондырғыны сатып алуға кететін қаржылық жұмсалым:

$$К_1^{пок} = К_1^{тірек} + К_1^{каб} + К_1^{арматура} = 1332,9+103,4+380 = 1816,3 \text{ млн.теңге}$$

Тасымалдауға кететін қаржылық жұмсалым:

$$К_1^{тр} = К_1^{пок} \cdot 17\% = 1816,3 \cdot 0,17 = 308,7 \text{ млн.теңге},$$

Монтаждауға кететін қаржылық жұмсалым:

$$К_1^{м} = К_1^{пок} \cdot 35\% = 1816,3 \cdot 0,35 = 635,7 \text{ млн.теңге},$$

Қосынды қаржы жұмсалымдар:

$$К_1^{сум} = 1816,3+308,7+635,7 = 2760,7 \text{ млн.теңге},$$

І нұсқа бойынша пайдаланылатын ұсталымдарды есептеу:

Барлық пайдалануға жұмсалған шығындар:

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

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

Еңбекақыға кететін пайдаланылатын ұсталымдар:

$$И_1^{з.п} = п_1^{раб} \cdot З_1^{ср} \cdot 12 \cdot К_н = 30 \cdot 71000 \cdot 12 \cdot 1,2 = 30,67 \text{ млн.теңге/ жыл},$$

мұндағы $З_1^{ср}$ – жұмыскердің орташа айлық еңбек ақысы (71000 теңге);
$n_1^{раб}$ – жұмыскерлер құрамы (30 адам);
12 – жылдағы айдың саны;

$K_н = 1,2$ – қосымша еңбек ақыны есептейтін коэффициент.

Зейнеткерлік қорға жіберуге пайдалану шығыны:

$$И_1^{п.ф} = 10\% - И_1^{з.п} = 0,1 \cdot 30,67 = 3,067 \text{ млн.теңге,}$$

Әлеуметтік салыққа пайдалану шығыны:

$$И_1^{с.н} = (И_1^{з.п} - И_1^{п.ф}) \cdot 11\% = (30,67 - 3,067) \cdot 0,11 = 3,03 \text{ млн.теңге,}$$

Амортизациялауға пайдалану шығыны:

$$И_1^{ам} = К_{а.лэп} \cdot К_1^{сум} = 0,05 \cdot 2760,7 = 138,03 \text{ млн.теңге/ жыл,}$$

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

Қызмет көрсету мен жөндеуге пайдалану шығыны:

$$И_1^{об/рем} = \frac{\alpha_{об/рем}}{100} \cdot К_1^{сум} = \frac{0,8}{100} \cdot 2591,3 = 20,7308 \text{ млн.теңге / жыл}$$

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

Материалдық пайдалану шығыны:

$$И_1^{мат} = \left(И_1^{з.п} + И_1^{об/рем}\right) \cdot 20\% = 30,67+22,08) \cdot 0,2 = 10,55 \text{ млн.теңге/ жыл}$$

Электр энергия шығынына пайдалану шығыны:

$$И_{пот}^1 = C_o \cdot (W_1^{л1} + W_1^{л2}) = 18,47 \cdot (8443 \cdot 8760 + 1998 \cdot 8760) = 475 \text{ млн.теңге/ жыл}$$

мұндағы C_o –электр энергияның бағасы 1 кВт/сағ;

$W_1^{л1} + W_1^{л2}$ – электр энергия шығындары;

Барлық пайдалану шығындары:

$$И_1^{сум} = 30,67+3,03+138,03+20,73+10,55+475+3,067 = 682,427 \text{ млн.теңге/ жыл,}$$

Келтірілген шығындар:

$КШ_1 = 0{,}15 \cdot K_1^{сум} + И_1^{сум} = 0{,}15 \cdot 2760{,}7 + 682{,}427 = 1096{,}532$ млн.теңге,

4.2.2 II -ші нұсқа үшін келтірілген шығындарды есептейміз
II-ші нұсқа бойынша күрделі қаржы жұмсалымын есептеу.

Барлық күрделі қаржы жұмсалымдары:

$$K_2^{опоры} = K_2^{о1} \cdot n_2 = 6598870 \cdot 202 = 1332{,}9 \text{ млн.теңге},$$

мұндағы $K_2^{о1}$ – ПБ110-8 маркасының бір тірегінің құны;
n_2 – тіректер саны.

Кабельдерге кететін қаржылық жұмсалымдар:

$$К_2^{каб} = К_2^{каб} \cdot l = 410224 \cdot 33{,}33 = 136{,}7 \text{ млн.теңге},$$

мұндағы $К_2^{каб}$ – СПЭ күштік кабель бағасы, км/теңге;
l –желі ұзақтығы.

Арматураға кететін қаржылық жұмсалымдар:

$$К_2^{арматура} = 330 \text{ млн.теңге};$$

Жабдықтарды сатып алуға күрделі қаржы салымы:

$$К_2^{пок} = К_2^{тірек} + К_2^{каб} + К_2^{арматура} = 1332{,}9 + 136{,}7 + 330 = 1799{,}6 \text{ млн.тең}$$

Тасымалдауға күрделі қаржы жұмсалымы:

$$К_2^{тр} = К_2^{пок} \cdot 14\% = 251{,}9 \text{ млн.теңге},$$

Монтаждауға күрделі қаржы жұмсалымы:

$$К_2^{м} = К_2^{пок} \cdot 30\% = 539{,}8 \text{ млн.теңге},$$

Барлық күрделі қаржы жұмсалымдар:

$$К_2^{сум} = 1799{,}6 + 251{,}9 + 539{,}8 = 2591{,}3 \text{ млн.теңге}$$

II -ші нұсқа бойынша пайдалану шығындары:

Еңбек ақыға пайдалану шығыны:

$$И_1^{з.п} = п_1^{раб} \cdot З_1^{ср} \cdot 12 \cdot К_н = 30 \cdot 71000 \cdot 12 \cdot 1,2 = 30,67 \text{ млн.теңге/ жыл},$$

Зейнеткерлік қорға жіберуге пайдалану шығыны:

$$И_1^{п.ф} = 10\% - И_1^{з.п} = 0,1 \cdot 30,67 = 3,067 \text{ млн.теңге},$$

Әлеуметтік салыққа пайдалану шығыны:

$$И_1^{с.н} = (И_1^{з.п} - И_1^{п.ф}) \cdot 11\% = (30,67 - 3,067) \cdot 0,11 = 3,03 \text{ млн.теңге},$$

Амортизациялауға пайдалану шығыны:

$$И_1^{ам} = К_{а.лэп} \cdot К_1^{сум} = 0,05 \cdot 2760,7 = 138,03 \text{ млн.теңге/ жыл},$$

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

Қызмет көрсету мен жөндеуге пайдалану шығыны:

$$И_2^{об/рем} = \frac{\alpha_{об/рем}}{100} \cdot К_2^{сум} = \frac{0,8}{100} \cdot 2591,3 = 20,73 \text{млн.теңге / жыл}$$

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

Материалдық пайдалану шығыны:

$$И_2^{мат} = (И_2^{з.п} + И_2^{об/рем}) \cdot 20\% = (30,67+20,73) \cdot 0,2 = 10,28 \text{ млн.теңге/ жыл},$$

Электр энергия шығынына пайдалану шығыны:

$$И_2^{пот} = C_o \cdot (W_2^{л1} + W_2^{л2}) = 18,47 \cdot (7542 \cdot 8760 + 1785 \cdot 8760) = 424 \text{ млн.теңге/ жыл},$$

Барлық пайдалану шығындары:

$$И_2^{сум} = 30,67+3,03+77,73+20,73+10,28+424+3,067 = 569,507 \text{ млн.теңге/ жыл},$$

Келтірілген шығындар:

$$КШ_2 = 0,15 \cdot К_2^{сум} + И_2^{сум} = 0,15 \cdot 2591,3 + 569,507 = 958,202 \text{млн.теңге},$$

Келтірілген есептеулерден СПЭ маркалы күштік кабель арқылы желіні

жабдықтау тиімдірек және ол келтірілген шығындардың мәнін азайтады деген қорытынды жасауға болады.

Өзінің құрылымына байланысты осы маркалы кабель БПИ маркалы күштік кабеліне қарағанда өзінің жоғарғы өткізгіштік қабілетіне ие.

Қорытынды

Күштік кабель желілері – электр энергияны тарату және жіберу кезінде тұтынушыларды электрмен жабдықтау сенімділігін анықтайтын түйін болып табылады. Сонымен қатар, кабельдік өнімдер ақпаратты қашықтықта жіберу үшін арналған. Жұмыстары электронды және электрлік сұлбалармен байланысы бар заманауи техникалық құрылғылардың ешқайсысы кабел және сымдарсыз жұмыс жасамайды, олар электрмен жабдықтау жүйесін, ақпаратты және бұл құрылғылармен басқару жұмыстарын қалыптастырады.

Техникалық озықтылық кабель өнімдерінің және сипаттамалары жоғары кабельдер мен сымдардың жаңа түрлерін шығару қажеттілігін көрсетеді.

Заманауи кабельдік техника жоғары кернеулер мен жоғары жиіліктерді қолдануымен, жіберілетін қуатты арттыруымен, жоғары және төменгі температура шарттарында жұмыс үшін сымдар мен кабельдерді жасаумен, қоршаған ортаның ылғалдылығымен, химиялық активті заттардың және сәуле таралудың (радиацияның) әсерімен, дірілдің болуымен және т.б. сипатталады. Кабельдер мен сымдардың қасиетеріне қойылатын талаптар электр оқшаулағыш метериалдарды қолданумен шектелмейді және жаңа, заманауи материалдарды жасаудың қажеттілігін тудырады. Кабельдер мен сымдардың жаңа түрлерін арнайы материалдарды қолданусыз жасау мүмкін емес.

Дипломдық жобада кабель тораптарын қалалық шарттарда қайта жөндеу сұрақтары қарастырылған. Заманауи кабельдік техникасы сипаттамалары жоғары кабельдер мен сымдардың жаңа түрлерін шығару арқылы техникалық озықтылықпен сипатталады. Электрлік қасиеттері жоғары, тігілген полиэтиленді оқшауламасы бар кабельдерді жобалау және пайдалануға талдау жүргізілген. Токөткізгіш сымдардың номиналды қимасы таңдалған, мыс экранның қимасына, сонымен қатар тігілген полиэтиленді оқшауламасы бар кабельдерде есептеу жүргізілген.

Әдебиеттер тізімі

1 Обзор государственной политики Республики Казахстан в области энергосбережения и повышения энергоэффективности. ISBN 978-905948-159-6. С.210.

2 Правила устройства электроустановок/Минэнерго СССР. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1987.

3 Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей/ Москва, Энергоатомиздат, 1989.

5 Переходная соединительная муфта для соединения электрических кабелей: пат. На полезную модель 147096 Рос. Федерация. Заявлен 08.05.14: опубл. 27.10.14.

6 Бачурин Н.И. Литая изоляция высокого напряжения. М.: Л.: Госэнергоиздат, 1963. 139 с.

7 Vogelsang R. et al. Silicon technology for reliable performance of joints and terminations for high voltage polymer power cables: 8 th International Conference on Insulated Power Cables. Versailles, 2011. p.p. 635-639.

8 Anderson H.C. et al. Development and installation of 138 kV cable systems for tests at EEI Waltz Mill Station: IEEE International Symposium on Electrical Insulation. Portland, 1971.

9 Пешков И.Б. Кабели и провода. Основы кабельной техники. М.: Энергоатомиздат, 2009. 470 с.

10 Стандарт МЭК 62067 Силовые кабели с экструдированной изоляцией и арматура на рабочее напряжение выше 150 кВ (Um = 170 кВ) до 500 кВ (Um = 550 кВ).

11 Ветлугаев С.С. идр. Соединени екабелей высокого напряжения с изоляцией из сшитого полиэтилена: Энергетик№12. Москва, 2002. стр. 26-28.

12 Кучинский Г.С. и др. Изоляция установок высокого напряжения. М.:

Энергоатомиздат, 1987. 368 с.

13 Ларина Э.Т. Силовые кабели и кабельные линии: Учеб. Пособие для вузов. - М.: Энергоатомиздат, 1984. - 368 с.

14 Пантелеев Е.Г. Монтаж и ремонт кабельных линий. - М.: Энергоатомиздат, 1990. - 288 с.

15 Халилов Ф. Кабели с изоляцией из СПЭ как средство построения умных сетей // Кабель-NEWS. - 2011. - № 5.

16 Брошюра ABB. Кабельные системы с изоляцией из сшитого полиэтилена. Руководство пользователя.