

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Ә.Бүркітбаев атындағы энергетика және машина жасау институты

«Энергетика» кафедрасы

6В07101 – «Энергетика» мамандығы

Абилкасым Дулат Нуркенұлы

Электр желілерінің жұмысына ауа райы жағдайларының әсерін зерттеу

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

6В07101 – «Энергетика» мамандығы

Алматы 2024

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық
емес акционерлік қоғамы

Ә.Бүркітбаев атындағы энергетика және машина жасау институты

«Энергетика» кафедрасы

6B07101 – «Энергетика» мамандығы

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
КОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ
«Энергетика» кафедрасының
менгерушісі
Институт энергетика
и машиностроения
PhD, қауымдастырылған профессор
Е.А.Сарсенбаев
«18» 05 2024 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Электр желілерінің жұмысына ауа райы жағдайларының әсерін зерттеу.»

6B07101 – «Энергетика» мамандығы

Орындаған:

Абилкасым Д.Н

Пікір беруші
Ғ. Даукеева атындағы АУЭС
«Электроэнергетика» кафедрасының
Т.Ғ.К., доценті

К.О.Ғали
«11» 08 2024 ж.



Ғылыми жетекші
PhD, қауымдастырылған профессор
Н.Е.Балгаев
«31» 05 2024 ж.

Алматы 2024

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық
емес акционерлік қоғамы

Ә.Бүркітбаев атындағы энергетика және машина жасау институты

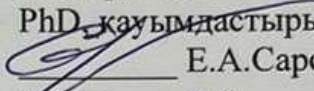
«Энергетика» кафедрасы

6B07101 – «Энергетика» мамандығы

БЕКІТЕМІН

«Энергетика» кафедрасының
менгерушісі

PhD қауымыдастырылған профессор

 Е.А.Сарсенбаев

«28» 01 2024 ж.

**Дипломдық жұмысты орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Абилкасым Дулат Нуркенұлы.

Тақырыбы: Электр желілерінің жұмысына ауа райы жағдайларының әсерін зерттеу.

Университеттің академиялық мәселелер жөніндегі проректорының 27.01.2019 ж. № 672-6
бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «30» мамыр 2024 ж.

Дипломдық жұмыстың қысқаша мазмұны:

а) Электр желілерінің техникалық күйіне ауа райы жағдайларының ықпалы;

б) Электр желілердің мұздану және мұздануға қарсы технологиялық процестері және техникалық бақылау;

в) Мұз түзудің математикалық модельдер

Сызба материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс)

Сызба материалдары 8 парақ слайдтарда көрсетілген

Ұсынылатын негізгі әдебиет

1 Левченко И.И. Диагностика, реконструкция и эксплуатация воздушных линий электропередачи в гололедных районах: учеб. пособие Текст. / И.И. Левченко, А.С. Засыпкин, А.А. Аллилуев, Е.И. Сауук. - М.: Издательский дом МЭИ, 2007. - 447 с.

2 Gorokhovski, M., Herrmann, M., 2008. "Modeling primary atomization", Annu. Rev. Fluid Mech., 40, 343-366.

3 Справочник по проектированию линий электропередачи. //М. Б. Вязьменский, В. Х. Ишкин, К. П. Крюков и др.; Под ред. М. А. Реута и С. С. Рокотьяна. М.- Энергия, 2004, С:395.



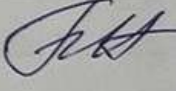
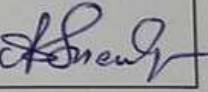
4 Электрические системы и сети /Н.В. Буслова, В.Н. Винославский, Т.И. Денисенко, В.С.

Дипломдық жұмысты дайындау

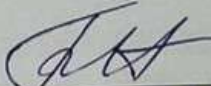
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге көрсету мерзімдері	Ескерту
Электр желілерінің техникалық күйіне ауа райы жағдайларының ықпалы	05.05.24 – 10.05.24 ж.	шоң
Электр желілердің мұздану және мұздануға қарсы технологиялық процестері және техникалық бақылау Мұз түзудің математикалық модельдері	15.05.24 – 20.05.24 ж.	шоң
Мұз түзудің математикалық модельдері	20.05.24 – 30.05.24 ж	шоң

Дипломдық жұмыс бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған жұмысқа қойған қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілердің аты-жөні, (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Электр желілерінің техникалық күйіне ауа райы жағдайларының ықпалы	Балгаев Н.Е. қауымдастырылған профессор	31.05.24	
Электр желілердің мұздану және мұздануға қарсы технологиялық процестері және техникалық бақылау	Балгаев Н.Е. қауымдастырылған профессор	31.05.24	
Мұз түзудің математикалық модельдері	Балгаев Н.Е. қауымдастырылған профессор	31.05.24	
Норма бақылау	Бердібеков Ә. О. Магистр, аға оқытушы.	17.06.24	

Ғылыми жетекшісі


(қолы)

Н.Е. Балгаев

Тапсырманы орындауға алған студент


(қолы)

Д. Абилкасым

Күні

«15» 01 2024ж.

АҢДАТПА

Бұл дипломдық жұмыста электр желілерінің жұмысына ауа райы жағдайларының әсерін зерттеу бойынша есептіктер мен зерттеулер қарастырылды. Электр беріліс желілерінің элементтерінің техникалық жағдайын зерттеу және бағалау әдістемесі берілген. Электр желілеріне қажетті техникалық қызмет көрсету әдістері мен мұздануға қарсы техникалық қызмет көрсету міндеті немесе мұзды/ылғалды қарды тасымалдаудан алып тастаудың көптеген әдістерін қарастырдық.

АННОТАЦИЯ

В данной дипломной работе были рассмотрены расчеты и исследования влияния погодных условий на работу электрических сетей. Представлена методика исследования и оценки технического состояния элементов линий электропередачи. Мы рассмотрели методы технического обслуживания, необходимые для электрических линий, а также противообледенительные работы или многие методы удаления льда/мокрого снега с транспортных средств.

ANNOTATION

This thesis discussed calculations and studies of the influence of weather conditions on the operation of electrical networks. A methodology for studying and assessing the technical condition of power transmission line elements is presented. We have covered the maintenance techniques required for electrical lines as well as de-icing or many methods for removing ice/sleet from vehicles.

МАЗМҰНЫ

	Кіріспе	7
1	Электр желілерінің техникалық күйіне ауа райы жағдайларының ықпалы	10
1.1	Қазіргі электроэнергетикадағы электр желілерінің маңызы	10
1.2	Атмосфералық жағдайлардың электр желілерінің (әуе электр желілері) жұмысына әсері	12
1.3	Қар, аязды жаңбыр кезінде қуатты қалпына келтіру	15
1.4	Электр желі жабдықтарына мұздың әсері және оны басқару	19
1.5	Климаттық факторлардың АЭБЖ элементтеріне әсері	21
2	Электр желілердің мұздану және мұздануға қарсы технологиялық процестері және техникалық бақылау	26
2.1	Ауа желілерін зерттеудегі жұмыстың құрамы	26
2.2	ӘЖ зерттеу әдістемесі	26
2.3	ӘЖ элементтерінің техникалық жағдайын бағалау	27
2.4	Электр желілерінің сымдарының мұздану мәселесінің ағымдағы жағдайын талдау	30
2.5	Электр желілеріндегі мұзды жоюдың дәстүрлі емес әдістері	33
2.6	Жауын-шашын әсерінен мұздатуды салқындату	35
3	Мұз түзудің математикалық модельдері	38
3.1	Мұз түзудің қарапайым моделі	38
3.2	Imai моделі	43
3.3	Оқшаулықтарда мұздың пайда болуын анықтау	44
3.4	Электр беру желілерін мұздан тазартудың механикалық әдістері	47
	Қорытынды	49
	Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	50

КІРІСПЕ

Ауа электр беріліс желісі (АЭБЖ) – климаттық әсердің болуына байланысты электр желілерінің ең зақымдалған элементтері болып табылады. Ауа жолдары ашық жерлерде салынған, сондықтан әртүрлі атмосфералық әсерге ұшырайды, олар географиялық орналасуына байланысты түрлі дәрежеде көрінеді және желінің сенімділігіне үлкен әсер етеді. Сондықтан ауа желісінің (АЖ) сенімді жұмыс істеуін қамтамасыз ету үшін климаттық әсер ету түріне қарай әртүрлі құрылғылармен оны қорғауды қамтамасыз ету қажет [1].

Желілердің жұмысына төмен температурадағы қатты жел, сондай-ақ мұздың қатуы және температураның әркелкі болуы әсер етеді. Қазақстанның басым бөлігінде атмосфералық процестердің әсерінен ауа желілерінің ажыратылуы байқалады. Алайда, олардың түрлері мен қарқындылығы әртүрлі өңірлерде бірдей болмайды, көбінесе тек аяз (жиі жеңіл, кристаллическая) байқалады, ал мұз қабаты қалыңдығымен ерекшеленбейді. Солтүстік Қазақстанда, Шығыс Қазақстан, Павлодар, Қостанай обылыстарында және Ақтөбе обылыстарында әсіресе қатты мұз қатулар байқалады.

АЖ-ін және олардың элементтерін есептеу кезіндегі климаттық жағдайлар: желдің қысымы, мұз қабатының қалыңдығы, ауа температурасы, қоршаған ортаның агрессивті әсер ету дәрежесі, найзағай қызметінің қарқындылығы, сымдар мен кабельдердің секіруі, діріл ескерілуі керек. Жел мен мұздың әсерін анықтау жағдайы Қазақстан Республикасының климаттық картасына сәйкес анықталады. Желдің жылдамдығы, мұздағы шөгінділердің массасы, өлшемі мен түрін анықтау үшін гидрометеорологиялық станциялар мен метеорологиялық бекеттердің ұзақ мерзімді бақылауларының аймақтық карталарын және материалдарын көбейту немесе азайту бағытында жүзеге асырады. Зерттелмеген аудандарда осы мақсат үшін арнайы зерттеулер мен байқаулар ұйымдастырылуы мүмкін [1].

Әрбір елдің энергетикалық қауіпсіздігінің элементтерінің бірі төтенше атмосфералық құбылыстар тудыратын қауіптердің алдын алу болып табылады. Атмосфералық жағдайлардың әуе электр желілеріне әсері электр желілерінің жұмысына қауіп төндіретін және ірі апаттарға әкелетін негізгі факторлардың бірі болып табылады. Мұның салдары әдетте үлкен аумақтарда байқалады [2]. Электр желілеріндегі апаттардың алдын алу шараларының маңызды бөлігі осындай құбылыстардың орындарын дұрыс анықтауды және әртүрлі атмосфералық жүктемелердің, соның ішінде электр желілерінің апатты мұздануы сияқты төтенше құбылыстардың масштабын зерттеуді қамтамасыз ететін электр жүйелерін құру болып табылады. Электр желілеріне қауіп төндіретін қысқы ауа-райының қарқындылығына қатысты жүргізіледі.

Электр желілеріндегі мұздану электр желісінің қауіпсіздігі мен сенімділігін бұзуға әкелуі мүмкін. Мұзданудың ұзаққа созылуы электр

қуатының бұзылуына және мұнаралардың құлауына әкеледі. Қуатты беруден желілер негізінен үстіңгі болып табылады және мұзданудың тікелей әсеріне ұшырауы мүмкін және де бұл негізгілердің бірі болып суық аймақтардағы электр қуатын таратушы компаниялардың алдында тұрған қиындықтары болып келеді.

Мұздың жиналуы қауіпсіздік шегінен өткенде мұздан тазарту әрекетін орындауға болады. Дегенмен, барлығы бұл мұздан тазарту әдістерінің өз артықшылықтары мен кемшіліктері бар.

Бұл электр желілерінде мұздан тазарту ең қиын және қауіпті процестердің бірі болып келеді. Егер ақау анықталса және ол мұздану салдарынан немесе ағымдағы жөндеу кезінде орын алса, мұздан тазарту кезінде жеке адамдардың қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін аса мұқият болу керек. Сондықтан заманауи технологиялар дамыған сайын, оның көмегімен жаңа тәсілдер мен әдістер қабылданады.

Дипломдық жұмыстың өзектілігі.

Атмосфералық құбылыстардың әсерінен электрмен жабдықтау ақауларының алдын алу үшін мұндай құбылыстардың орын алатын жерлерін анықтау және олардың электр желілері инфрақұрылымының жекелеген элементтеріне әсер ету ауқымын зерттеу қажет. Тарихи деректер негізінде электр желісінің ағымдағы жағдайын бағалау процесін автоматтандыратын жүйелерін (АЖ) құру маңызды болып келеді.

Электр желілеріндегі маңызды атмосфералық жүктемелердің бірі қарлы немесе аязды жауын-шашын, сондай-ақ бұлтты мұздану сияқты ерекше жағдайлардан туындаған әуе электр беру желілерінің (ӘЭБ) мұздануы болып табылады. Әуе электр беру желілерінде ылғалды қардың жабысуы мен өсуіне қолайлы атмосфералық жағдайлардың пайда болуын талдаудың болжамдары мен нәтижелері талдау өзекті мәселе болып келеді.

Дипломдық жұмыста біз еліміздің суық аймақтарындағы электр желілеріне атмосфералық мұзданудың әсерін талқылаймыз. Мұздануға қарсы және мұздан тазарту әдістеріне арналған әдебиеттерге шолу жасаймыз. Қазіргі уақытта электр тарату желісінде қабылданған. Мұзға қарсы қолданылатын әдістер жинақтаулар да талданған. Бұл жұмыс сонымен қатар қазіргі уақытта қабылданған мұздану және мұздан тазарту әдістерінің әсерін көрсетеді, сонымен қатар техникалық қызмет көрсету кезінде олардың оң және теріс жақтарын көрсетеді. Ол суық климаттық аймақтарда қолданыстағы электр беру жүйесінің қолжетімділігін қамтамасыз ету үшін қолданылатын дамып келе жатқан технологиялық үрдістерге шолу жасайды. Сондықтан да қазіргі кезде мұздану мәселесі дүниедегі өзекті мәселелердің бірі болып отыр.

Жұмыстың мақсаты. Дипломдық жұмыста қарлы бұрқасын мен аязды жаңбыр салдарынан болатын апаттардың ең көп тараған себептерінің бірі болып табылатын электр желілеріндегі мұздың жабысуы мен өсуіне қолайлы жағдайларды зерттеу мақсатында қарастырамыз.

Талдаудың қосымша мақсаты алдыңғы зерттеулерді нақтылау және растау болып келеді. Осы мақсатта қолайлы жағдайлар зерттелген өлшеу орындарында алынған және талданатын ақпарат көлемі айтарлықтай ұлғайтылады. Бұл мәліметтер электр желілеріндегі мұздануға әкелетін жағдайларды анықтау үшін деректерді өңдеудің екі әдісін салыстырады, яғни қоршаған ортаның нақты температурасын, желдің жылдамдығын және жауын-шашын түрін (ЖЖТ) және ылғалды температура мен жауын-шашын түрін (ЫТ+ЖЖТ) талдау негізінде қарлы және мұзды жаңбыр жауын-шашынын анықтаудың аралас әдістерін ескере отырып зерттеулер мен есептіктер жүргізу.

Зерттеу нысаны – мұз және жауын - шашын.

Бұл дипломдық жұмыстың **практикалық құндылығы** біз мұзды дауыл кезінде суық аймақтардағы электр қуатының бұрынғы шығындарды және электр қуатының бұзылуынан болатын қаржылық шығындарды қарастырамыз. Сондай-ақ электр қуатын беруді сенімді және берік ету үшін қабылданған алдын алу шаралары талқыланады. Соңғы уақытта мұз жүктемесін анықтау, құрылым тұрғысынан жетістіктерге қол жеткізілді және де жақсартулар, мұздануға қарсы және мұздан тазарту әдістері, бұл үздіксіз электрмен жабдықтауды қамтамасыз етеді. Мұзды анықтау үшін әртүрлі суық жағдайларда жақсы нәтиже беретін бірнеше жаңа әдістер сыналған. Мұз қалыптастыруда ауа температурасы мен желдің бағыты маңызды рөл атқарады.

1 Электр желілерінің техникалық күйіне ауа райы жағдайларының ықпалы

1.1 Қазіргі электроэнергетикадағы электр желілерінің маңызы

Қазіргі электроэнергетикада аса жоғары кернеулі электр берілістер үлкен рөл атқарады, себебі ол ірі электр станциялардан қуатты таратуды қамтамасыз етеді және еліміздің жалпы энергожүйесіндегі байланыстырушы бөлігі болып табылады.

Қазіргі электроэнергетикада электр беріліс желілерінің екі түрін бөліп алуға болады: алыс қашықтыққа жоғары қуатты тарататын магистралды электр берілістер және тұтынушыға тікелей электрэнергиясы бойымен тарайтын үлестіруші желі жолдары. Қазіргі кезде, алғашқы электр берілістердің пайда болуынан бастап 100 жыл өткен соң, олардың құралымына және электрлік сипаттамасына көптеген өзгерістер енді.

Электр берілістердің кернеулері және қуаттары үзіліссіз өседі. Қазіргі кезде кернеулері 1150 кВ айнымалы токта, 1500 кВ тұрақты токта электр берілістері құрылып жатыр және де бұдан да жоғары кернеуге есептелінген электр берілістердің жобалары жасалуда. Электр энергиясы берілетін қашықтықар 1000 км-ден асып жатыр.

Электр энергетикасының дамуындағы ең басты көрсеткіші электроэнергиясын өндіру шоғырламасы болып табылады. Агрегаттардың бірлік қуаты 1,2-ден 2-2,5 млн. кВт-қа дейін өсуі күтілуде. Турбогенераторлардың 4 полюсті өкілдігі бар, ал олардың номинал кернеуі 30-33 кВ шамасына дейін жетеді. Электр станциялардың бірдей қойылған қуаты 8-10 млн.кВт-қа дейін жетуі мүмкін. Мұндай үлкен құрылғылардан қуатты тарату үлкен мәселеге айналуы мүмкін.

Электр энергиясын өндіру сферасының дамуының екінші көрсеткіші жалпы құрылымдағы атомдық электр станциялар санының өсуі болып табылады. АЭС дамуы қашықтыққа электр энергиясын тасымалдауды дамыту қажеттілігін жоя алмайды. Орталықтандырылған электр берілістің экономикалық тиімділігі құрылып жатқан АЭС-тердің құрылған электр жүйелерімен байланыс мәселесін шешуге мәжбүр етеді.

Бүкіл әлемдегі энергетикалық жүйелердің дамуы олардың ауқымды бірлестіктерге бірігуімен сипатталады.

Бұл процесс қуатты жүйе аралық байланыстардың салынуымен, бірлескен жүйелер жүктемелерінің графиктерінің тығыздығын азайтуымен, олардың жалпы максимумдарының, қажетті қуаттың апаттық қорының азайтылуымен және де электр станциялардың орнатылған қуатын пайдалану уақытын арттырумен қоса өтеді.

Жүйе аралық байланыстардың өзгешелігі бірігетін жүйелердің алыстығымен және бірлескен жүйенің әрбір бөлігіндегі белсенді қуатының баланс шарттарымен анықталады. Мұндай байланыстар максимал қуатты

таратуға арналған реверстік, немесе біріктірілетін бір бөліктегі ылғи жиі болатын жетіспеушілікті жабуға арналған магистралды болуы мүмкін.

Электр энергиясын берудің әр түрлі тәсілдерін бөле отырып, алдымен жұмыс жиіліктерінің шамалары күрт айырылатын екі топты белгілеп алған жөн: аса жоғары жиіліктік (АЖЖ) берілістері және өнеркәсіптік жиіліктік берілістер (50-60 Гц). Аталған соңғы топқа шартты түрде тұрақты тоқтағы берілістерді жатқызуға болады, себебі олар құрылғының дәл сондай принципін пайдаланады.

Бірінші топ екі бағытқа бөлінеді, олардың біреуі антенналарды (сымсыз беріліс), екіншісі толқын өткізгіштерді пайдаланумен байланысты. Энергияны сымсыз беріліс арқылы тасымалдау қазіргі кезде тек автономды объектілерді электр энергиясымен қамтамасыз ету құралы ретінде қарастырылады.

Толқын өткізгіштік АЖЖ-берілістері қазіргі кезде басқа үлкен қуаттарды тасымалдау тәсілдермен бәсекеге түсе алатын берілістер ретінде қарастырылады. Бірақ мұндай пікірлер әзірше тек теориялық есепке ғана есептелген және де эксперименттік растығы жоқ. Радиотехникада АЖЖ-толқын өткізгіштер салыстырмалы кең түрде пайдаланылады, олардың энергетикалық есептерін шешуде пайдалану тәжірибесі жоқ. Мұндай берілістерді жүзеге асыру бірқатар қиыншылықтарға әкеп соқтырады, мысалы, жоғары ПӘК-ті қуатты түрлендіргіштерді құру, трассаның жоғары дәрежелі түзу сызықтығын, құбырлар радиусының тұрақтылығын және толқын өткізгіштің ішкі қабырғаларының таза өңделуін қамтамасыз ету болып табылады.

Электр берілістердің әдеттегі айнымалы және тұрақты түрлері біріншіден олардың құрылымдық өзгешелігі бойынша топқа бөлінеді (әуе және кәбілді). Тұрақты токта электрберілістердің қолдануы қазіргі кезде төрт аспект бойынша қарастырылады:

- а) үлкен қуаттардың қашықтық энергия көздерінен жүктемелердің орталықтарына транзитті түрде берілуі;
- б) жүйе аралық байланыс;
- в) қалаларда терең кабельді енгізу;
- г) тұрақты токтың ендімесі.

Тұрақты токты электр берілістердің кемшеліктеріне қуаттың аралық іріктеніп орындалғандағы қиыншылықтар және түрлендіргіш қосалқы станциялардың қымбаттығы жатады.

Айнымалы токта электр берілістердің өткізгіштік қабілетін арттыру мәселесіне көңіл бөлінуде. Бұл мақсатқа жетудің негізгі құралы олардың номинал кернеуін көтеру болып табылады (1500 кВ және одан да көп).

Жұмыстық кернеудің берілген шамасындағы өткізгіштік қабілетті арттыруға бағытталған қосымша шараларға жарты толқындық режимді келтіру және компенсациялау, тұйықталмаған және жартылай тұйықталған сұлбаларды қолдану жатады. Көлденең өтелімді меңгеру статикалық

тұрақтылық шарттары бойынша өткізгіштік қабілетті арттырады, ішкі шамадан тыс кернеулерді шектейді.

Электр энергиясын оны өндіру жерінен тұтыну жеріне дейін тасымалдау үшін қолданылатын алыс қашықтыққа арналған электр берілістер (1000 км және одан да көп) қымбат әрі отын тасымалдаумен салыстырғанда бәсекеге түсе алмайды.

Тұрақты ток артықшылығы тек 1200 км - ден көп қашықтықта және энергияны сулы жерлер арқылы бергенде білінеді.

Қазіргі электроэнергетикада электр энергияны тасымалдау негізгі мәселе болып тұр. Бүгінгі таңда бірнеше миллион киловатты өткізу қабілеттігінің электр берілісі желілері бар, олар энергияны жылына ондаған миллиард киловатт-сағатына тасымалдайды. Электр берілісі желілері энергияны өндіру орнынан энергияны тұтыну орнына бір жақты ғана тасымалдамай, энергожүйелері арасындағы төтенше негізгі байланысты да тасымалдап отырады. Осы жүйе аралық байланыс бойынша электр энергия сол немесе басқа да жаққа бағытталады, әсіресе осы байланыстар кең бағыталса және әртүрлі сағаттық белдеулерді өтсе, энергияны тұтынуды резервтеу немесе бір қалыпқа келтіру графигі мәселесін шешуге мүмкіндік береді.

1.2 Атмосфералық жағдайлардың электр желілерінің (әуе электр желілері) жұмысына әсері

Әуе электр желілері белгілі бір атмосфералық жағдайлардың әсерінен әртүрлі әсерлерге ұшырайды. Электр қуатының жаппай үзілуіне әкелетін негізгі мәселелер мыналар болып табылады:

- жел әсері;
- мұз әсері;
- жел мен мұз әсерлерінің үйлесімі;
- жоғары температураның әсері.

Жазда аәуе электр желілерінде найзағайдың шамадан тыс кернеуі, сондай-ақ қоршаған ортаның жоғары температурасында және жылу алмасудың қолайсыз жағдайында максималды ток жүктемелері қаупі бар.

Мұздану құбылысы орын алатын еліміздің кейбір бөліктерінде өте төмен температуралар және қатты мұздану инфрақұрылымға олардың жұмысына материалдың деградациясы, ақаулар, сынықтар, қаттылық, жоғарғы және төмен өнімділік т.б. тұрғысынан әсер ету арқылы жағымсыз әсер етеді [3].

Сол сияқты, электр желілері көктайғақ жағдайында бірнеше мәселелерге тап болады. Электр беру желілері генерациялау станцияларынан тарату желілеріне дейін ұзақ қашықтыққа таралады. Мұндай желі ұшақ далалары, биік таулар, шағын өзен өткелдері арқылы өтеді және ұзақ қашықтықты қамтиды. Мұздану оқиғалары кезінде мұздың салмағы желіге қосымша жүктеме мен кернеуді түсіреді және мұздың жиналуынан электр

қуатының бұзылуы мүмкіндігін арттырады. Электрмен жабдықтауды қалпына келтіру үшін бірнеше күннен аптаға дейін қажет болады.

Мұзды дауыл кезінде мұздың жиналуы пайда болады да өткізгіштерде, оқшаулағыштарда және мұнараларда, бұл желдің істен шығуына, құрылымның құлауына және өткізгіштерге қосымша жүктемеге әкелуі мүмкін. Ақау пайда болғаннан кейін желіні қалыпқа келтіру үшін көп уақыт қажет, өйткені жөндеу жұмыстары ақауды анықтауды, содан кейін оларды жұмылдыруды қажет етеді. Жұмыс күші, материал және қолайсыз ауа-райы жағдайларын тексеру және т.б.. болып келеді.

Әуе желілері ашық ауада орналасқан және тіректер мен оқшаулағыштармен қамтамасыз етілген сымдар арқылы ЭҚ-ны беруге және таратуға арналған желілер деп аталады. Әуе электр желілері әртүрлі климаттық жағдайлар мен географиялық аймақтарда, атмосфералық әсерлерге (жел, көктайғақ, жаңбыр, температураның өзгеруі) байланысты салынып, пайдаланылады.

Осыған байланысты әуе желілерін атмосфералық құбылыстарды, атмосфералық ауаның ластануын, төсеу жағдайларын (сирек қоныстанған аумақтар, қалалық аумақтар, кәсіпорындар) және т.б. ескере отырып салу керек. Әуе желілерінің жағдайын талдаудан шығатыны, желілердің материалдары мен конструкциялары бірқатар талаптарға сай болуы керек: экономикалық қолайлы құны, жақсы электр өткізгіштігі және сымдар мен кабельдер материалдарының жеткілікті механикалық беріктігі, олардың коррозияға, химиялық әсерге төзімділігі; желілер электр және экологиялық қауіпсіз болуы керек, ең аз аумақты алуы керек.

Әуе желілерінің негізгі құрылымдық элементтері тіректер, сымдар, найзағайдан қорғайтын кабельдер, оқшаулағыштар және желілік арматура болып табылады [4].

Тіректердің дизайны бойынша бір және екі тізбекті әуе желілері жиі кездеседі. Желілік трассада төрт тізбекке дейін салуға болады. Желілік трасса – желі салынып жатқан жер белдеуі. Жоғары вольтты әуе желісінің бір тізбегі үш фазалы желінің үш сымын (сымдар жиынтығын), төмен вольтты желіде - үштен бес сымға дейін біріктіреді. Жалпы алғанда, әуе желісінің құрылымдық бөлігі (1.1-сурет) тіректердің түрімен, аралықтың ұзындығымен, габариттік өлшемдерімен, фазалық конструкциямен және оқшаулағыштардың санымен сипатталады.

Әуе желілерінің ұзындығы 1 экономикалық себептермен таңдалады, өйткені аралықтың ұзындығы ұлғайған сайын сымдардың шөгуі артады, рұқсат етілген өлшемді бұзбау үшін N тіректерінің биіктігін арттыру қажет. Сызық өлшегіш – сымның ең төменгі нүктесінен жерге (су, жол төсемі) дейінгі ең аз қашықтық желі астындағы адамдар мен көліктердің қауіпсіздігін қамтамасыз ететіндей болуы керек



1.1 – сурет. Әуе желісінің құрылымдық бөлігі

Бұл қашықтық желінің номиналды кернеуіне және ауданның жағдайына (елді, тұрғын емес) байланысты. Желінің көрші фазалары арасындағы қашықтық негізінен оның номиналды кернеуіне байланысты. Әуе желісінің фазасының конструкциясы негізінен фазадағы сымдар санымен анықталады. Егер фаза бірнеше сым арқылы жасалса, оны бөлу деп атайды. Жоғары және аса жоғары кернеулі әуе желілерінің фазалары бөлінеді. Бұл жағдайда бір фазада екі сым 330 (220) кВ, үш - 500 кВ, төрт немесе бес - 750 кВ, сегіз, он бір - 1150 кВ қолданылады.

Әуе желілері. VL тіректері - жердің, судың немесе инженерлік құрылымның қандай да бір түріне қажетті биіктікте сымдарды қолдауға арналған құрылымдар. Сонымен қатар, жерге тұйықталған болат кабельдер қажет болған жағдайда сымдарды найзағайдың тікелей соғуынан және онымен байланысты асқын кернеулерден қорғау үшін тіректерге ілінеді.

Тіректердің түрлері мен конструкциялары әртүрлі. Әуе желісінде мақсаты мен орналасуына қарай олар аралық және якорьдік болып бөлінеді. Тіректер материалда, конструкцияда және бекіту әдісімен, сымдарды байлаумен ерекшеленеді. Материалға байланысты олар ағаш, темірбетон және металл. Аралық тіректе рең қарапайым, желінің түзу бөліктеріндегі сымдарды қолдауға қызмет етеді. Олар ең көп таралған; олардың үлесі орта есеппен әуе желілерінің жалпы санының 80-90% құрайды. Оларға сымдар оқшаулағыштардың немесе түйреуіш изоляторлардың тірек (ілулі) гирляндтарының көмегімен бекітіледі. Қалыпты режимдегі аралық тіректер негізінен сымдардың, кабельдердің және оқшаулағыштардың меншікті салмағынан жүктеледі, оқшаулағыштардың ілулі гирляндтары тігінен ілінеді [5-8].

1.3 Қар, аязды жаңбыр кезінде қуатты қалпына келтіру

Ерекше атмосфералық жағдайлардан туындаған электр желілерінің мұздануы тіпті жаңа және жақсы жобаланған желілердің механикалық беріктігінен асатын механикалық кернеулерге әкелуі мүмкін. Жақсартылған электр беру және тарату желілерін салу немесе алдын алу шаралары сияқты энергетикалық қауіпсіздікті жақсарту бойынша тиімді шараларды қабылдау тиісті техникалық және экономикалық талдауды қажет етеді.



1.2 – сурет. Қар, аязды жаңбыр кезінде қуатты қалпына келтіру

Қатты суық жағдайда біздің тұтынушылар электр қуаты өшіп қалғанда, себебіне қарамастан, қалпына келтіру басқа процесспен жүретінін білуі қажет және ол төмендегідей:

- Бүкіл электр желісін бірден қуаттандырудың орнына, жүйемізге зақым келтірмеу және жағдайды нашарлатпау үшін тұтынушыларды бір уақытта желіге қайтару керек;

- Процестердегі айырмашылықтардың себебі қанша энергия жұмсалады. Төтенше температура кезінде, ыстық немесе суық кезінде тұтынушылар жылуды сақтау немесе кондиционер немесе басқа құрылғыларды іске қосу үшін көп электр энергиясын пайдаланады. Атап айтқанда, электр жылытқыштары жиі үздіксіз жұмыс істейді және өшпейді және қосылмайды, бұл тұрақты электр энергиясына тым көп сұранысты тудырады;

- Электр жылытуы да, ауаны баптауы да, сондай-ақ басқа электр құрылғылары бар үйлер тек кондиционерді пайдаланатын салыстырмалы үйге қарағанда көбірек энергияны пайдаланады (мысалы, жазда). Ал қыста электр қуаты өшкенде, көптеген тұтынушылар жылу жүйелері мен

құрылғыларын қосулы қалдырады, бұл бір уақытта қуатты қалпына келтіруге тырысқанда энергияға тым көп сұранысты тудырады;

- Ақаулық жағдайында берілген желілердегі (беру желісі) барлық тұтынушыларды қалпына келтіру үлкен мәселе және де лездік қуат сұранысына әкелуі мүмкін. Бұл қуат желідегі кірістірілген қорғаныс құрылғылары жұмыс істей алатындан жоғары болуы мүмкін, яғни жабдық желіден тыс күйде болуы немесе көбірек зақым келтіруі мүмкін;

- Бізде қалыпты күнделікті жұмыс кезінде, қуат тұтыну кезінде, сондай-ақ ауа-райы мен басқа да күтпеген жағдайларда жүйемізді қорғауға арналған құрылғылар бар. Бірақ экстремалды ауа-райы жағдайында біз жүйеміздің қорғалуын қамтамасыз ету үшін, сонымен қатар тұтынушыларымыз дұрыс әрекет ету үшін процестерімізді өзгертуіміз керек. Бұл олардың және біздің қызметкерлердің қауіпсіздігі мен сенімділігін ең жақсы қамтамасыз ететін қуатты қалпына келтіруді білдіреді;

- Төтенше суық ауа райы жағдайында қалпына келтірудің бұл бірегей қиындықтарына тек *Entergy* ғана емес, сонымен бірге бүкіл сала мен мемлекет тап болады.

Дауылдың ең қауіпті бөлігі көбінесе ол өткеннен кейін келеді. Шамадан тыс суық температура ағаш пен металл сияқты көптеген материалдарды сынғыш етеді, ал электр желілері мен ағаштарда жиналған қар мен мұздың қосымша салмағы олардың сынуына әкелуі мүмкін. Мұз әсіресе электр желілеріне зиянды және бұтақтардың салмағын 30 есеге дейін арттыруы мүмкін, сондықтан мұздың немесе қоқыстардың жоғарыдан құлап кетуіне жол бермеуге тырысамыз және жұмыс істейтін бригадалардан қашықтықты сақтаймыз.

Қалыңдығы 1/8 см жететін мұздың жиналуы кішкентай бұтақтар мен желілерді жабуы мүмкін және электр желілерінде ілулі тұрған сынған бұтақтардың салдарынан электр қуатының үзілуіне әкелуі мүмкін. Сонымен қатар 1/4 см мұздың жиналуы жағдайды нашарлатуы мүмкін. Жас мәңгі жасыл ағаштар электр желілеріне сүйене алатындай ауыр бола бастайды, бұл электр қуатын одан да көп үзулерге әкеледі.

Суық және көктайғақ ауа-райы орнаған кезде, біздің электр желілерімізде кернеу болуы мүмкін, бұл электр желілерінің баяу, «секіру» қозғалысы пайда болады. Жаңбыр электр желілерінде қатып, содан кейін тұрақты жел көрші желілердің қозғалуына және кейде бір-бірімен жанасуына әкеліп соғады. Бұл апатқа әкелуі мүмкін. Кейбіреулер бұл құбылысты ұшақпен салыстырады, онда мұз сымға дейін қатып, қанат тәрізді әсер тудырады және сызықтардың жоғары және төмен жылжуына әкеледі. Жел өткізгіш бойымен көтеріліп, көтеріледі. Тиісті жағдайларда бұл сызықтардың секіруіне әкеледі. Кішігірім толқындар әдетте жағымсыз әсер етпейді, бірақ орташа кернеулер көрші өткізгіштердің байланысын тудыруы және ақаулық тудыруы мүмкін. Егер өткізгіш жеткілікті күшті болса, ол құрылымға елеулі зақым келтіруі мүмкін.

Біз сызықтың секіруінің алдын алмасақ та, біздің инженерлер сызықтың секіру әсерін бірнеше жолмен болдырмауға тырысады. Бұған бастапқы орнату кезінде өткізгіштің кернеуін бақылау және желінің белгілі бір жерлерінде демпферлерді орнату кіреді. Амортизатордың орнын таңдау әдетте өткізгіш өлшемін, аралықтың ұзындығын және кернеуді ескеретін бағдарламалық жасақтаманы қолдану арқылы жүзеге асырылады.

Электр беру желілерінде мұздану құбылысы орын алатын еліміздің көптеген бөліктерінде мұздану мұздың қосымша салмағына байланысты жүгіру, қысқа тұйықталу және мұнаралардың құлауы сияқты бірқатар проблемаларды тудыруы мүмкін.

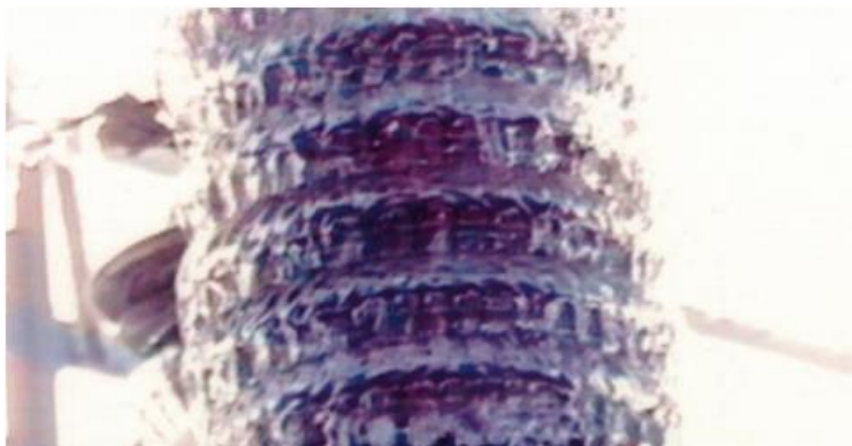
Трансмиссиялық мұнаралар жүгіруге төтеп беруге арналған, бірақ егер электр желісі болат мұнара сияқты жерге тұйықталған бөлікке тиіп кетсе немесе оған жақындаса, бұл қысқа тұйықталу ақауына әкелуі мүмкін. Бұл қорғаныс релелерін қуаттай алады және ақаулық сигналы бойынша тізбекті үзеді. Жаңбыр мұнарасы мен өткізгіштерге мұз қату кезінде пайда болады, бұл мұз жиналуына әкелуі мүмкін. Мұз айдындары мен өткізгіштер арқылы соққан күшті жел де секіру қозғалысына электр желілерін тудыруы мүмкін және жел күшейген сайын, жүгіру соғұрлым жоғары болады. Электр беру желісіне перпендикуляр соққан 30км/сағ тұрақты жел кезінде миллиметр мұз шарлау жасау үшін тамаша жағдай болып табылады. 10 кВ тарату желісінде мұздану төменгі вольтты тарату желісінде көбінесе ағаш тіректерді пайдаланады және де өткізгіштерді ұстап тұратын оқшаулағыштар және уақыт өте келе өткізгіштерде сызаттар пайда болады. Оқшаулағыштарды жабатын кір мен шаң, ауадағы ылғал, тығыз тұман, жаңбыр және ылғалды қарды қамтитын кейбір басқа факторлар қысқа тұйықталуға себеп болуы мүмкін. 1.3 суретте жүгіру және тірек өрті салдарынан тіректердің зақымдануы көрсетілген.



1.3 – сурет. Тіректердің зақымдануы және тірек өрті салдарынан мұнараның иілуі

Электр беру желілерінің мұздануынан туындайтын басқа қауіп - мұнаралар мен оқшаулағыштарда қардың жиналуы болып келеді. Оқшаулағыштар олардың жүк көтергіштігімен анықталады және белгіленген электр кернеулеріне төтеп беруі керек және жарқыраудың бұзылуы ықтималдығы төмен болып келеді.

Сондай-ақ олар ауысу немесе жарықтандыру арқылы пайда болуы мүмкін қысқа мерзімді кернеулерге төтеп беруі керек. 1.4 суретте мұзбен жабылған оқшаулағышты көрсетілген [9].



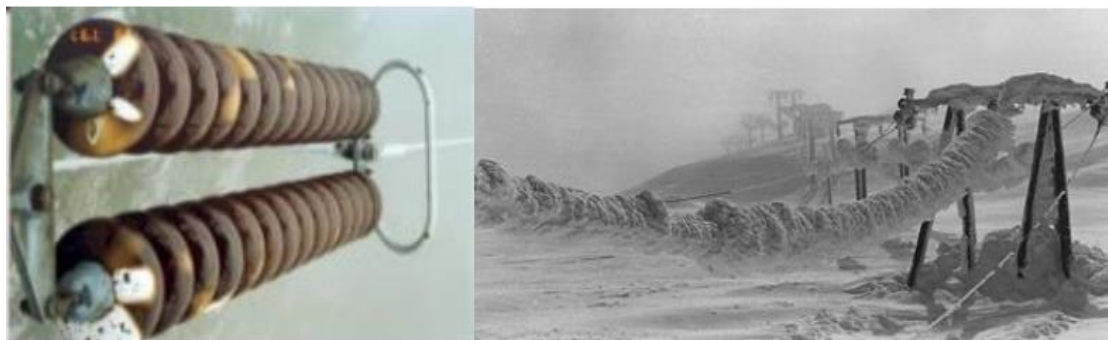
1.4 – сурет. Оқшаулағыштағы мұздану

Электр желілеріндегі мұздану желіге екі жолмен әсер етуі мүмкін. Біріншіден, оқшаулағыштардағы мұздың жиналуы олардың электрлік беріктігін төмендетеді және осылайша мұзданудың жарқылғына әкеледі. Екіншіден, ауа саңылауын азайтады. Мысалы, ауыр мұз өткізгіштер мен жердегі сымдар ауа саңылауын азайтады олардың арасында, кондукторда мұз ери бастағанда кейіннен қардың еруі және жарқылға әкелуі мүмкін. Мұздану кондукторды сындырып, мұнараларды құлатуы мүмкін.

Еліміздің солтүстік және шығыс өңірінде электр беру желілеріндегі ең ауыр мұз жүктемелерінің бірін бастан кешіреді.

Өлшенген мұз жиналуы 1 м x 0,95 м дейін, салмағы 250 кг/м құрайды. Мұзданған желі радио және теледидар таратқышы үшін пайдаланылды және теңізден 1350 м биіктікте болды. Қысқа уақыт ішінде желіні мұздан тазарту мүмкін емес. Желінің тау жотасының басына салынғаны және оның жағалау аймағына жабылғаны байқалды. Шығыс аумақтағы Ертік теңізінен соғатын максималды ылғалды оңтүстік-батыс желдері қатты әсер етеді. Жер бедері де байқалып мұздануға маңызды әсер етеді және біз мұздың әртүрлі мінез-құлқын сезіне аламыз. Мысалы, мұздатылған жаңбыр негізінен суық ауа ұсталып, жауын-шашынмен бірге ыстық ауа ауаға енуі мүмкін бассейндер мен ойпаңдарда болады. Сондай-ақ биіктігі 100-ден 50 м-ге дейінгі тау сілемдері және желдің жоғары бағыты мұздануды азайту үшін жақсы, бірақ ылғалды қар барлық биіктікте және тау мен жоталардың беткейінде болуы

мүмкін. 1.5 суретте мұздану салдарынан зақымдалған мұнаралар мен оқшаулағыштарды көруге болады [10].



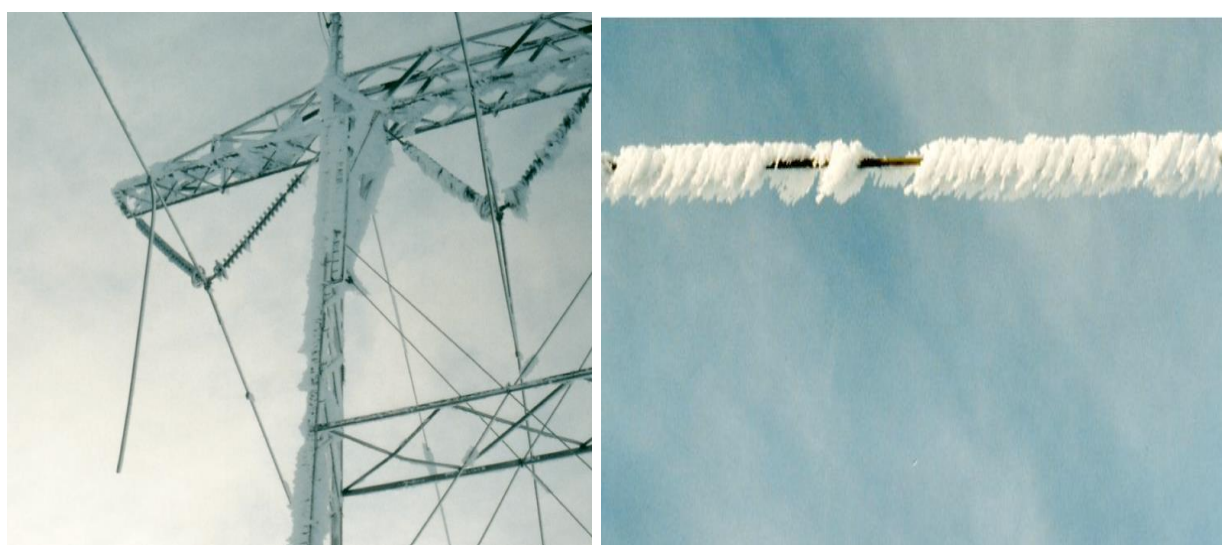
1.5 – сурет. Мұздану салдарынан зақымдалған мұнаралар мен оқшаулағыштар

1.4 Электр желі жабдықтарына мұздың әсері және оны басқару

Атмосфералық мұздану (немесе жай ғана мұздану) – ашық нысанның бетіне әртүрлі формадағы судың қатуы және жабысуы. Осылайша, мұздану электр жабдықтары сияқты ашық құрылымдардағы мұздың да, қардың да өсуін білдіреді.

Глазурьді бірнеше санатқа бөлуге болады:

- 1) Мұзды жаңбыр мен қар сияқты жауын-шашын;
- 2) Ашық құрылыммен соқтығысқан кезде бұлттағы немесе тұмандағы өте суыған су тамшыларының қатып қалуын қамтитын мұздану;
- 3) 0°C-тан төмен температурада құрылыстағы ауадағы су буының конденсациясы нәтижесінде пайда болатын аяз.



1.6 - сурет. Электр желісінің жабдығына мұзданудың әсері және атмосфералық мұздану процестері

Атмосфералық және метрологиялық көрсеткіштерге байланысты (ауа температурасы, жел жылдамдығы, жауын-шашын, салыстырмалы ылғалдылық, сұйық су мөлшері және т.б.) әуе желілерінде және ашық қосалқы станцияларда әртүрлі өсінділер болуы мүмкін. Олар келесідей жіктеледі:

- Тығыздығы 900-920 кг/м³ глазурь ауа көпіршіктері жоқ мөлдір құрылымды және негізінен мұзды құрайды. Ашық құрылыста мұздың жиналуы әдетте мұздатылған жаңбырдың немесе жаңбырдың жиналуының нәтижесі болып табылады. Бұл бұлтты судың ағыны жоғары болған кезде бұлттың мұздануының нәтижесі болуы мүмкін.

- Аязды мұздың тығыздығы 150-ден 700 кг/м³-ге дейін болады және – 5°C-тан төмен температурада оның үстіне түсетін өте суыған шағын су тамшылары ашық құрылымда өздігінен қатып қалғанда пайда болады. Мұндай жиналу әдетте бұлттардың үстіндегі таулы аймақтардағы құрылымдарда немесе суық тұманға ұшыраған құрылымдарда қалыптасады. Сыртқы түріне, құрылымына және тығыздығына қарай аяз қатты және жұмсақ аязға бөлінеді. Қатты аяз біртекті мөлдір емес құрылыммен және тығыздығы 300-ден 700 кг/м³-ке дейін сипатталады және ауа көпіршіктерінің қосындыларымен біркелкі түзіледі. Жұмсақ әк түйіршікті, мөлдір емес құрылымға ие және тығыздығы 150-ден 300 кг/м³-ге дейін.

- Ауа температурасы мұздатудан жоғары болған кезде, әдетте 0,5 және 2°C аралығында қар жауады. Сұйық судың құрамы мен жергілікті желдің жылдамдығына байланысты ылғалды қардың тығыздығы 100-ден 850 кг/м³-ге дейін жетеді.

- Тығыздығы 100 кг/м³ аспайтын құрғақ қар нөлден төмен температурада пайда болады және аз жел жағдайында ашық құрылымдарда жиналуы мүмкін.

- Аяздың тығыздығы 100 кг/м³-тен аз және ашық құрылымдарда ауадағы қатып тұрған су буының тікелей сублимациялануының нәтижесінде өзара байланысқан мұз кристалдары ретінде тұнбаға түседі.

Метеорологиялық жағдайлардың өзгеруіне байланысты атмосфералық мұздану екі немесе одан да көп әртүрлі мұздану түрлерінің қоспасы болуы мүмкін. Олардың ішінде глазурь, қатты аяз және салыстырмалы түрде жоғары суы бар ылғалды қар ашық құрылымдарда жинақталған кезде күшті жабысқақ күшке ие. Құрғақ қарға, жұмсақ аязға және аязға келетін болсақ, адгезияның беріктігі әдетте төмен, сондықтан бұл жинақтар желмен оңай ұшып кетеді немесе өткізгіштерді немесе жерге қосу сымдарын сілкіп тастайды.

Аяз жағдайында мұз жүктемесінің ұлғаюы әдетте шамалы болса да, ол жоғары және аса жоғары кернеулі желілерде жоғары тәжді жоғалтуларды тудыруы мүмкін.

1.5 Климаттық факторлардың АЭБЖ элементтеріне әсері

Ауа желісінің (АЖ) жұмыс жағдайын бұзуға және олардың бүлінуіне әкелетін негізгі факторлар [2]:

- мұз, қар, жел жүктемесі, атмосфералық асқынулардың әсері;
- ағаш бұталарының жаппай қапталысып өсуі және ағаштардың құлауы, ағаш бұтақтарының сымға құлауы;
- жолдағы және ауа желісінің маңындағы өрттер, сыртқы әсерлер, бұ – зақылық;
- жұмыс жағдайындағы кемшіліктер: эксплуатация кезіндегі изолятор – лардың бұзылуы, тозуы;

- Тіректердің құлауы. Ауа электр беріліс желілері (АЭБЖ) ашық жерлерге салынады және әртүрлі атмосфералық әсерлерге ұшырайды, олар географиялық орналасуына байланысты әртүрлі дәрежеде көрінеді.

Ауа электр беріліс желілерінің жағдайы көбінесе климаттық жағдайларға байланысты, сондықтан оларды жобалауға климаттық жағдайлар негіз болады.

Сонымен қатар, климаттық жағдайлар тіректерге, элементтердің қимасына, сымдардың фундаменттері мен қимасы және т.б әсер етеді.

Ауа желісі және олардың элементтерін есептеу кезінде келесі климаттық жағдайлар ескерілуі қажет: желдің қысымы, мұздың қалыңдығы, ауа температурасы, қоршаған ортаның агрессивті әсер ету дәрежесі, найзағай қарқындылығы, сымдар мен тростардың тербелуі және діріл.

Климаттық факторлардың ауа желілерінің әсерін қарастырамыз [3].

Ауа температурасының әсері. Ауа температурасы ауа желісінің сымдарының шиеленісуіне немесе салбырауына әсер етеді. Ауа температурасы – құрылыс нормаларымен, ережелірімен анықталады, және метеорологиялық деректерге негізделеді.

Ауа беріліс желілерін есептеуде келесі температуралар қарастырылады: максималды, минималды, орташа жылдық температуралар, сонымен қатар, ауа желісінің сымдарына мұз қатқандағы температура және желдің жоғары жылдамдығындағы температура.

Мұз қатпарларының әсері. Мұз қатпарларының түрлі формалары мен түрлері болады.

Таза мұз, аязбен қырау қалдықтары, ылғалды қардың, сонымен қатар, басқа да әртүрлі қалдықтардың түрлері байқалады. Әуе желісінің сымдары үшін аяз айтарлықтай жүктеме болып табылмайды және механикалық беріктігіне әсер етпейді. Түйіршікті қырау сымдардың бұралуына ықпал етеді, онымен берік жа бысып, өзінің көлемімен сымдардың қалтқушылығын арттырады, желдің әсерінен әуе желілдерінің тіректерімен сымдарына қосымша жүктеме әкеледі.

Мұз – бұл судың қатты түрі. Мұз қабығы ауа желісінің сымдарына тығыз жабысады. Симметриялық емес жағдайда мұз қалыптасуы сымның

бұралуын туғызады, ал қатты қалыңдықтағы мұз сымның салмағын көп есе арттырады.

Ылғалды қар жылылау температурада ериді және сымды айнала қатты қалыңдықта қатып жауып тұрады. Егер ауа температурасы төмендесе, еріген ылғалды қар қата бастайды, соның әсерінен сымның сырты кристалды қалыпқа келеді және берік байланыс қалыптасады. Ал бұл сымға қосымша жүктеме тудырады.

Желдің әсері. Әуе электр беріліс желісі жер бетіндегі нысан болып табылады. Сондықтан олар үшін негізгі кедергі – жел. Желдің ауа желісінің жұмысына тікелей әсер етуі сымдарға, кабельдерге және тіректерге қысым көрсетеді. Сонымен қатар, сымдар мен кабельдерде көлденең жүктеме жасау кезінде, жел сымының керілуін үлкейтеді.

Тіректерде сонымен қатар қосымша иілу күштері пайда болады. Желдің қысымы жердегі мықтап бекітілмеген іргетастарды шығару арқылы тіректердің бұзылуын және құлауын тудыруы мүмкін.

Жел күші мен жылдамдығы бағаланатын шкала 1.1-кестеде келтірілген. Желдің бағыты 1.2-кестеге сәйкес 8 ромбпен есептеледі.

1.1 – кесте. Жел бағыты

Желдің күші, бал	Ауызша тағайындау	Жел жылдамдығы, м/с	Желдің жердегі объектілерге әсері
1	2	3	4
0	Штиль	0 – 0,2 (0)	Түтін күрт көтеріледі немесе тігінен дерлік көтеріледі
1	Баяу жел	0,3 – 1,5 (1)	Түтін жәй көтеріліп желдің бағытын көрсетеді
2	Жеңіл жел	1,6 – 3,3 (3)	Жеңіл жел сезіледі
3	Әлсіз жел	3,4 – 5,4 (5)	Жұқа бұтақтары ылғи қозғалады. Биік шөп тербеле бастайды.
4	Орташа жел	5,5 – 7,9 (7).	Жел ағаштардың жұқа шоқтарын қозғалтады. Ұзын шөптерде толқын жүгіреді
5	Балғын жел	8,0 – 10,0 (9).	Ағаштардың бұтақтары мен жұқа шоқтары тербеледі
6	Күшті жел	10,1 – 13,1 (12).	Талдың қалың бұтақтары тербеледі, орман шулайды. Ұзын шөптер жерге майысады. Ауе желілерінің сымдары дауыс береді

1.1 – кестенің жалғасы

1	2	3	4
7	Берік жел	13,2 – 17,1 (15)	Ағаштардың шоқтары, үлкен бұтақтары бүгіледі. Желге қарсы жүру айтарлықтай білінеді. Желдің ысқырған дауысы естіледі.
8	Дауыл	17,2 – 20,7 (19)	Үлкен талдар тербеледі, жіңішке және ірі бұтақтары сынады, алыстағы теңіздер мен көлдердің толқынының дауысы айтарлықтай естіледі.
9	Қатты дауыл	20,8 — 24,4 (23)	Аз ғана бүлінулер байқалады. Ағаштың үлкен тармақтары үзіледі. Жерден жеңіл заттар қозғалады.
10	Боран	24,5 – 28,5 (27)	Қирау байқалады, кейбір талдар сынуы мүмкін
11	Қатты боран	28,6 – 32,0 (31)	Жел қаты қиратады, тал бұтақтарын сындырады
12	Ураган	32 жоғары	Катастрофиялық бұзылулар байқалады, талдар тамырымен жұлынады.

1.2 – кесте. Желдің бағыты бойынша есепті құрастыру үшін румба көрсеткіштері

№	Румба атауы	Шартты белгі
1	Солтүстік	С
2	Солтүстік-Шығыс	СШ
3	Шығыс	Ш
4	Оңтүстік- Шығыс	ОШ
5	Оңтүстік	О
6	Оңтүстік – Батыс	ОБ
7	Батыс	Б
8	Солтүстік - Батыс	СБ

Сымның тербеліс әсері. Сымның тербелісі – жоғары жиілікті және төмен амплитудасы бар тік жазықтықтағы сымның мерзімді ауытқуы болып есептеледі (1.7 сурет).



1.7 – сурет. Аралықта сымдардың тербеліс толқыны

Эксплуатациялық тәжірибелер көрсеткендей, сымдардың тербелісі көп жағдайда, ашық тегіс жер бетінен жоғары орналасқан кезде, ауа ағынының біркелкі қозғалысы рельефпен немесе жер бетіндегі тосқауылдармен бұзылмаған жағдайда болады. Сонымен қатар, тербелістің пайда болуы аралығының ұзындығына байланысты арта бастайды (120 м-ден астам аралық үшін). Сым тербелістерінің 500 м аралықта теңіздер мен су кеңістігінен өту кезінде әсіресе қауіпті. Тербелістердің қауіптілігі қысқыштардан шығу барысындағы сымдардың үзіліп қалуы, дегенмен, бұзылу шегі тек сымдағы қорытқы механикалық кернеулердің (статикалық және динамикалық) металдың шаршау шегінен асып кеткен кезде ғана пайда болады. Сымдардың секіру әсері.

Сымдардың секіруі, сонымен қатар дірілі, желмен қозғалады, бірақ үлкен амплитудамен дірілден ерекшеленеді, 12 – 14 м-ге дейін үлкен ұзын толқынға жетеді (1.8 сурет).



1.8 – сурет. Сымдардың аралықта секіру толқыны

Секіру қауіптілігі негізінен, сымдардың жеке фазасының тербелісі, сымдар мен тросстар сияқты синхронды жүрмейді; сымдар қарама-қарсы бағытта қозғалса, тіпті қосылады немесе қақтығысатыны жиі кездеседі. Сымдардың тербелісі, траверсті тіректер мен арматура сызықтарына елеулі

динамикалық күш тудырады, кей жағдайда, арматура сызықтарының, окшаулағыштардың, тіректердің түсуі немесе ауытқуы, сонымен қатар, траверстегі тізбектердің құлауы байқалады [3].

Қазақстанның батыс баурайындағы жазықтан өтетін ауа массаларының ылғалының қалдық мөлшерін қалдырып отырады. Обылыстың климатына ауа температурасының біртіндеп көбеюі мен солтүстіктен жауын шашынның оңтүстікке қарай азаюы тән. Жылумен ылғалды қамтамасыз ету көрсеткіштері мынандай шектерде ауытқиды: орташа жылдық ауа температурасы 1°C - тан $6,9^{\circ}\text{C}$ -қа дейін, орташа шілденің $+19,3^{\circ}\text{C}$ -тан $+25,1^{\circ}\text{C}$ -қа дейін, орташа қаңтардың -18°C -тан минус $8,2^{\circ}\text{C}$ -қа дейін. Аязсыз кезеңнің ұзақтығы 110- 160 күн, тұрақты қар жамылғысымен -160 -105 күн болады. Жауынның жылдың шамасы 390 мм, солтүстікте 159 мм-ге дейін. Қысы әдетте суық және қары аз, суық мезгілде обылыс Сібір антициклонының әсерінен, ашық ауа райында температура -30 - 40°C дейін төмендейді, кейде оданда төмен болады. Қар жамылғысының ең жоғары биіктігі - ақпан және наурыз айларында байқалады. Сол кезеңде солтүстікте қар жамылғысының орташа мөлшері 20- 30 см, оңтүстігінде -18 - 20 см жетеді. Қатты және созылмалы желдер әдетте жер бедерінің, жыра мен аңғарлардың бетіндегі қарды ұшырып, жерді тазалап, топырақтың тез қатаюына соқтырады [4-9]. Қыста борандар байқалады (18 ден 52 күн жылына). Көктемі қысқа, құрғақшылығымен және температураның тез артуымен ерекшеленеді, бұл оңтүстіктен жылы ауа массасының келуімен байланысты. Асқын және құрғақ жиі желдер көктемгі кезеңге тән, ол топырақтың бетін кептіріп жібереді. Құрғақ желдер шаңды дауылды туғызады. Жазы ып-ыстық және құп-құрғақ, жауынның мөлшері салыстырмалы түрде көп болады. Солтүстікте $+20^{\circ}\text{C}$ -тан жоғары ауа температурасы қысқа, ал оңтүстігінде үш айға жетеді. Салыстырмалы ылғалдылық 30%-тен аз өте құрғақ күндер Солтүстікте 15-20 күннен аспайды, ал оңтүстігінде ол 60 күнге жетеді немесе одан көп болуы мүмкін.

2 Электр желілердің мұздану және мұздануға қарсы технологиялық процестері және техникалық бақылау

2.1 Ауа желілерін зерттеудегі жұмыстың құрамы

Әуе желілерінің (ӘЖ) зерттеу келесі кезеңдерді қамтиды:

- дайындық жұмыстары;
- тікелей тексеру жүргізу;
- ӘЖ-нің және оның элементтерінің жәй-күйін бағалау.

Дайындық жұмыстарының көлемі мыналарды қамтиды: бастапқы деректерді жинау, зерттеудің тәртібін, ауқымын және жұмыс істейтін ұйымның және зерттеуге қатысатын әр ұйымның жұмыс тізімін анықтайтын бағдарламаны құрастыру, зерттеуге қатысушыларды қажетті құралдармен, құрал-саймандармен, құрылғылармен қамтамасыз ету, қажет болған жағдайда жеке қорғану құралдарын алу және қолдану.

Тапсырыс беруші тексерілген АЖ сипаттайтын келесі материалдарды дайындауы қажет:

- жобалық материалдар;
- желіні пайдалануға қабылдау актісі;
- жасырын жұмыстар актісі;
- тіректерді, сымдарды, найзағайдан қорғайтын тростарды орнату және монтаждау журналдары;
- әуе желісінің құрылысы кезінде әртүрлі конструкциялар мен жабдықтарды ауыстыру құжаттары;
- әуе желісінің паспорты; – авторлық қадағалау журналы (бар болса);
- пайдалану барысында ауа желілерін жоспарлы тексерудің хаттамалары (актілері, журналдары);
- АЖ жұмыс істеуі кезінде авариялар мен бас тарту туралы мәліметтер;
- көлемі бойынша материалдар және апаттан кейінгі қалпына келтіріп жөндеу номенклатурасы; – сынақ хаттамалары (егер жүргізілген болса);
- бұрын өткізілген сауалнамалардың құжаттары (егер олар жүргізілген болса) [10].

2.2 ӘЖ зерттеу әдістемесі

Ауа желісінің мынадай негізгі элементтері қарастырылады:

- тіректер;
- іргетастар;
- сымдар;
- найзағайдан қорғайтын тростар;
- тіректердің тартылуы;
- сызықты оқшаулама;
- сызықты арматура;

- жерге тұйықтау құрылғылары.

Сонымен қатар, ауа желісін тексеру кезінде төмендегідей жағдай анықталады:

- сымдар мен тростардың өлшемдері (жерге, тіректердің корпусына, әртүрлі объектілерге дейін);

- ӘЖ жолдары.

ӘЖ-ін тексеру қызметкерлердің таңдалып алынған ұсынымдарын ескере отырып жүргізіледі.

Зерттеу жұмыстарының нақты көлемін және құрамын анықтау үшін келесі параметрлер арқылы АЖ элементтері үшін біртекті тексеру аймақтарын құру қажет:

- АЖ өтетін аумақтың метрологиялық сипаттамалары – желді аймақ, мұзды аймақ, ауаның салыстырмалы ылғалдылығы және ауа температурасы (Электр қондырғыларын орнату ережелерінің аймақтық карталарына сәйкес анықталады, сондай-ақ ауа райы станцияларының деректерін және нақты бақылауды қолданады);

- ауаның ластану дәрежесі (ластаушы заттардың концентрациясы, химиялық құрамы мамандандырылған ұйымдардың деректері бойынша анықталады (зертханада)); – жердің сипаттамалары;

- тексерілетін АЖ элементтерінің типтері мен маркаларының біртектілігі. Біртекті зонада кем дегенде АЖ-нің 10% зерттелуі қажет. Ауа желілерін зерттеу нәтижелері бойынша, сондай-ақ алынатын есептеулер немесе сынақ деректері негізінде (егер олар өткізілген болса) тұтастай ауа желісінің техникалық жағдайын сапалы бағалау және оның элементтері (тіректер, іргетастар, сымдар, кабельдер, изоляторлар мен арматуралар) мемлекеттік стандарттарда және ПУЭ – да зерттелген электр желісінің жобалық материалдарында берілген нормалар мен рұқсаттардың талаптарына сәйкес айқындалады [10].

2.3 ӘЖ элементтерінің техникалық жағдайын бағалау

ӘЖ және оның элементтерінің техникалық жай-күйін бағалау, жалпы ӘЖ-де анықталған ақаулар мен кемшіліктерді және оның элементтерін стандартталған талаптарға және зерттелетін ӘЖ жобалау материалдарында берілген рұқсаттарға сәйкестендірумен, мемлекеттік стандарттарда, ЭҚОЕ, «35-750 кВ ауа желілерін пайдаланудың типтік нұсқауларымен», техникалық шарттар және басқа да нормативтік-техникалық құжаттармен негізделеді.

Осы мақсатта ауа желісін зерттеуге болатын электр жүйесімен әзірленген пайдалану нұсқаулары және басқа да құжаттар пайдаланылуы мүмкін. АЖ элементтерінің техникалық жағдайын бағалау кезінде мынадай шешімдер қабылдануы мүмкін [11]:

- элемент (құрылымы) нормативтік және техникалық құжаттардың талаптарына сәйкес келеді, жөндеуді қажет етпейді, қызмет көрсетуге жарамды деп танылады және одан әрі пайдалану үшін қалдырылуы мүмкін;

- элемент (құрылымы) нормативтік-техникалық құжаттардың жеке - леген талаптарына сәйкес келмейді, жөндеуді қажет етеді, жөндеуден өткеннен кейін пайдалану үшін қалдырылуы мүмкін;

- Элемент (құрылымы) жобалау кезінде қабылданған жүктемелерге сәйкес келеді, бірақ нақты жүктемелерге сәйкес келмейді (мысалы, нақты мұз жүктемелері жобалау кезінде), жұмысқа жарамсыз деп танылады және ауыстыру لازم немесе қайта құрылады;

- элемент алмастыруды немесе күшейтуді талап етпейді, егер қалыпты критерийлер асып кетпесе, ауа желісінің бастапқы жүктемелері өзгеріссіз қалған және ауа желілері жобаланған нормалар өзгерген жоқ.

Ауа желісін зерттеу нәтижелерін, сондай-ақ алынған мәліметтерді пайдалана отырып, АЖ элементтерін есептеу немесе сынақтан өткізу негізінде 35-750 кВ ауа желісінің техникалық жағдайын жан-жақты сапалы бағалау анықталды.

35-750 кВ ауа желісінің техникалық жағдайын жан-жақты сапалы бағалау жекелеген элементтердің техникалық жай-күйін ескере отырып анықталады: тіректер, іргетастар, сымдар, тростар, оқшауламалар және арматуралар.

ӘЖ техникалық жағдайын кешенді сапалы бағалауды есептеу элементтердің ақаулы коэффициенттері негізінде жүзеге асырылады. 35-750 кВ ауа желілерінің техникалық жағдайы осы ӘЖ тіректерінің ақаулы коэффициентінің (ТАК) негізінде белгіленеді [10]:

$$ТАК = \frac{n_d^T}{n_o^T} \cdot 100 \quad (2.1)$$

мұндағы n_d^T – ақаулы тіректер саны;

n_o^T – орнатылған тіректер саны.

Бір 35-750 кВ АЖ-нің техникалық жағдайы осы ауа желісінің іргетастарының ақаулы коэффициентінің (ІАК) негізінде белгіленеді:

$$ІАК = \frac{n_d^i}{n_o^i} \cdot 100 \quad (2.2)$$

мұндағы n_d^i - ақаулы іргетастардың саны;

n_o^i – орнатылған іргетастардың саны.

Бір 35-750 кВ АЖ-нің техникалық жағдайы осы ауа желісінің сымдарының ақаулы коэффициентінің (САК) негізінде белгіленеді:

$$CAK = \frac{L_{\partial}^k}{L_o^k} \cdot 100 \quad (2.3)$$

$$TAK = \frac{L_{\partial}^T}{L_o^T} \cdot 100 \quad (2.4)$$

мұндағы $L_{\partial}^k (L_{\partial}^T)$ – ақаулы сымның ұзындығы (тросың), км;
 $L_o^k (L_o^T)$ – орнатылған сымның ұзындығы (тросың), км.

35-750 кВ АЖ-нің техникалық жағдайы осы ауа желісінің оқшауламасының ақаулы коэффициентінің (ОАК) негізінде белгіленеді:

$$OAK = \frac{n_{\partial}^o}{n_o^o} \cdot 100 \quad (2.5)$$

мұндағы n_{∂}^o – ақаулы оқшаулама саны;
 n_o^o – орнатылған оқшаулама саны.

Бір 35-750 кВ АЖ-нің техникалық жағдайы осы ауа желісінің арматураларының ақаулы коэффициенті (ААК) негізінде белгіленеді:

$$AAK = \frac{n_{\partial}^a}{n_o^a} \cdot 100 \quad (2.6)$$

мұндағы n_{∂}^a – ақаулы арматуралардың саны;
 n_o^a – орнатылған арматуралардың саны.

35-750 кВ-тық ауа желісінің техникалық жай-күйін жан-жақты сапалы бағалау осы ауа желісінің ақаулы коэффициентіне (АЖАК) негізделген:

$$AJAK = 0.40 \cdot TAK + 0.10 \cdot IAK + 0.30 \cdot CAK + 0.10 \cdot TAK + \\ + 0,07 \cdot OAK + 0.03 \cdot AAK$$

осындағы 0.40; 0.10; 0.30; 0.10; 0.07 және 0.03 – 35-750 кВ ауа желілерінің барлық ақаулы элементтерін ұқсас элементтермен ауыстыру үшін жөндеу жұмыстарының құны бойынша тіректер, іргетастар, сымдар, тростар, изоляторлар мен арматуралардың техникалық жай-күйіне әсерін тигізетін салмақ коэффициенттері [11]. Зерттелетін ВЛ 35-750 кВ ақаулығы коэффициентінің мәніне сүйене отырып, оның техникалық жағдайын

кешенді сапалы бағалау белгіленді және техникалық жағдайының ақаулы коэффициентке байланысты белгіленуі ұсынылады (2.1 кесте).

2.1 кесте – ауа желісінің техникалық жағдайын кешенді сапалы бағалау

№	Ақау коэффициентінің саны, (АЖАК)	АЖ техникалық жағдайын кешенді сапалы бағалау
1	0	жақсылау
2	30-дан кем	қанағаттанарлықтай
3	31-ден 60-қа дейін	қанағаттанарлықсыз
4	61 және одан жоғары	жарамсыз

2.4 Электр желілерінің сымдарының мұздану мәселесінің ағымдағы жағдайын талдау

Бірқатар солтүстік және таулы аймақтарда әуе электр желілерін пайдалану кезінде қыста сымдар мен басқа да құрылыстардың мұздану мәселесі туындайды. Мұздың шөгуі тұрақты энергиямен қамтамасыз етуге және әуе электр желілерінің қалыпты жұмысына үлкен қауіп төндіреді. Соңғы жиырма жылда жоғары вольтты электр беру желілерінде мұз түзілу динамикасы мен географиясында елеулі өзгерістер болды. Мұздың пайда болуының мүмкін болатын суық және жоғары ылғалдылықпен екі ауа массасының жанасуынан физикалық механизмдерінің бірін сипаттап есептіктер жүргіземіз.

Салыстырмалы түрде жұмсақ қыс жағдайында, қоршаған орта температурасының оңнан теріске күрт өзгеруімен, сымдарға су тамшылары түседі және қалың мұз қыртысының пайда болуының қар көшкіні тәрізді процесі басталады, қалыңдығы бірнеше ондағанға миллиметрге жетеді және сымдарды бірнеше рет салмаққа түсіреді (2.1-сурет).



2.1 – сурет. Әуелік электр желісінің сымдарында мұз шөгінділері

Сонымен қатар, сымдардағы тығыз мұздың қалыңдығы 60-70 мм-ге жетуі мүмкін (2.2-сурет), сымдарды айтарлықтай ауырлатады. Мұзды аяз

шөгінділерінің салмағы кейбір жағдайларда сымның бір сызықтық метріне 4 кг-нан асуы мүмкін.



2.2 – сурет. Электр желісі сымдарының мұздануы

Әртүрлі номиналды кернеулері бар желілер үшін мұз қабырғасының рұқсат етілген қалыңдығы климаттық аймаққа байланысты. 2.1 кестеде Солтүстік Қазақстанның кейбір қалалары үшін әртүрлі климаттық аймақтар мен мұз басқан аумақтар үшін мұз қабырғасының стандартты мәндері көрсетілген [9].

2.1 – кесте. Мұз қабырғасының стандартты қалыңдығы, мм, жерден 10 м биіктікке

№	Мұз қабырғасының қалыңдығына негізделген климаттық аймақ	Номиналды желі кернеуі		
		3-ке дейін	6-330	500, 750
1	I	5	5	Бақылау деректері негізінде, бірақ 10-нан кем емес
2	II	5	10	
3	III	10	15	
4	IV	15	20	
5	Арнайы	Бақылау деректеріне негізделген нақтылаумен 20 немесе одан да көп	Бақылау деректеріне негізделген нақтылаумен 22 немесе одан да көп	

Мұзды фазалық сымдар бойына біркелкі емес орналастыруға болады. Мұзды және мұзсыз сымдардың шөгуі бірнеше метрге өзгеруі мүмкін. Мұздың фазалық сымдарға біркелкі емес шөгуі, шөгудің әртүрлі мандеріне әкеліп соғады, сондай-ақ еріген кезде мұздың бір уақытта шықпауы, жеке сымдардың «секіруін» тудыруы ауа оқшаулауының бітелуіне әкелуі мүмкін. Мұз - сымдардың «билеуінің» себептерінің бірі, бұл олардың кептелуіне әкелуі мүмкін [11].

Мұндай апаттар айтарлықтай экономикалық зиян келтіреді, оларды жою бірнеше күнді алады және орасан зор қаражат жұмсалады.

Энергетиктер электр желілерінің мұздануын ең ауыр апаттардың бірі деп санайды. Мұздағы апаттарды жоюдың орташа уақыты басқа себептермен болған апаттарды жоюдың орташа уақытынан 10 және одан да көп есе асып түседі. Электр желілеріндегі көктайғақпен күресу мәселесі бүкіл әлемде, әсіресе қыста ылғалдылығы жоғары және температура төмен аймақтарда өте өткір болып келеді.

Мұздың пайда болуының мүмкін болатын физикалық механизмдерінің бірін сипаттап көрейік, ол екі ауа массасының жанасуынан пайда болады - суық және ылғалдылығы жоғары жылы. Мұндай жүйеде жылы ауа массасы суық ауаның жұқа қабатын жер бетіне қарай ығыстырады. Нәтижесінде жоғарғы деңгейде қар қалыптасады, ол жылы қабатта кристалдану температурасынан асып кеткенде жаңбырға айналады.

Жер бетіне жақынырақ суық ауа қабатына түсетін жаңбыр тамшылары әртүрлі заттардың, соның ішінде сымдар мен электр желілерінің тіректерінің қатты салқындаған бетіне тигенде қатып қалады және мұздың көшкін тәрізді өсу процесі басталады.

2005 жылы Андре Леблонд бастаған «Хайдро-Кевебек» компаниясының бір топ мамандары мұзды кетіруге арналған көп зарядты пневматикалық құрылғының (2.3-сурет) тәжірибелік сынақтарын жасап шығарды. Мұз өте нәзік түзілім болғандықтан, соққы әсерлері сымның немесе найзағайдан қорғайтын кабельдің жергілікті бөліктеріндегі жабындарды бұзуы мүмкін.



2.3 – сурет. Сымдардағы мұзды механикалық тазартуға арналған пневматикалық құрылғы

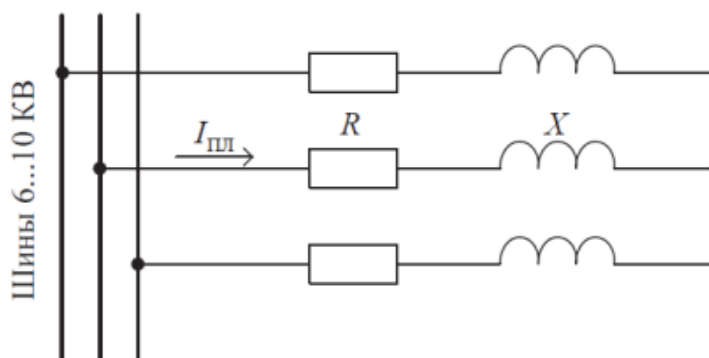
2.5 Электр желілеріндегі мұзды жоюдың дәстүрлі емес әдістері

Қазіргі уақытта электрмен балқыту жоғары вольтты электр желілеріндегі мұзбен күресудің ең кең таралған әдісі болып табылады.

Мұзды еріту схемаларының өте көп саны электр желісінің диаграммасымен, тұтынушылық жүктемемен, желілерді ажырату мүмкіндігі және басқа факторлар болып келеді.

Айнымалы ток мұзды балқыту тек кернеуі 220 кВ төмен желілерде және қимасы 240 мм²-ден аз сымдарда ғана қолданылады. Жасанды қысқа тұйықталудың айнымалы тогы бар мұзды балқыту схемасы 2.4-суретте көрсетілген, ондағы $I_{пл}$ - балқу тогы; $R_{пр}$ – желінің активті кедергісі; X – желінің реактивті кедергісі.

Әуе желісі (ӘЖ) бір ұшында, әдетте, 6-10 кВ қосалқы станциялардың шиналары немесе әуе желісінің екінші жағындағы сымдар жабық трансформатор болып табылатын қуат көзіне қосылады. Көздің кернеуі мен қуаты ұзақ мерзімді рұқсат етілген токтан 1,5...2 есе жоғары, әуе желісінің сымдары арқылы токтың өтуін қамтамасыз ететіндей етіп таңдалады.



2.4 – сурет. Айнымалы токпен балқу мұзының схемасы

$$U_0 = I_{пл} \cdot R_{пр} \quad (2.7)$$

$$U_0 = I_{пл} \cdot \sqrt{R_{пр}^2 + X_{пр}^2} \quad (2.8)$$

мұндағы $X_{пр} = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L_{пр}$ - $f=50$ Гц жиіліктегі сымдардың индуктивтілігіне байланысты $L_{пр}$ алынған желінің реактивті кедергісі.

Артықшылығы: энергия шығындарын азайтады.

Бірақ бұл әдістің кемшіліктеріне мыналар жатады:

- мұздың пайда болуына жол бермеу үшін сымдарды үнемі жылыту қажеттілігі;

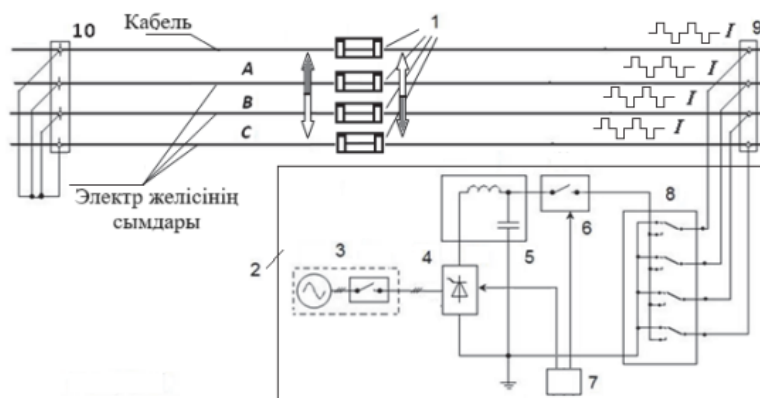
- қажетті қуаттың жоғары жиілікті ток көздерінің жоғары құны;

Әдісті жүзеге асыру үшін 87,5...108 МГц жиілік диапазоны бар радиотаратқыштарды пайдалану ұсынылады.

Электр желілерінің сымдарынан мұзды жоюдың электромеханикалық әдістері электр желілеріндегі мұзбен күресудің жаңа әдістері мен құрылғыларының класын құрайды. Мұзды сымдар арқылы өтетін токтан термиялық әсерлердің көмегімен емес, мұзға электромеханикалық әсерлердің көмегімен жою ұсынылады. Құрылғылардың жұмыс принципі келесідей. Белгілі бір жиілік пен пішіндегі ток импульстері желінің сымдары арқылы өтеді. Ток сымдар арқылы өткен кезде Ампер күші пайда болады, оның әсерінен мұзданудың пайда болуына жол бермейтін және мұз қыртысын бұзатын механикалық тербеліс пайда болады. Нәтижесінде, жылулық емес, механикалық әрекет қолданылатындықтан, тазалауға қажетті уақыт пен энергияның айтарлықтай қысқаруы болжанады [9].

Техникалық қызмет көрсету үшін өшіруді қажет етпей, қалыпты жұмыс кезінде электр беру желілерінің сымдарында мұздың пайда болуын болдырмайтын электромеханикалық әдіс белгілі электромеханикалық құрылғымен жүзеге асырылады [6].

Экстремалды режимде электр желісінің сымымен құрылғының электромеханикалық әрекеттесуіне арнайы қуат көзінен тұрақты ток импульстерінің электр желісінің аралығының сымдары бойымен мерзімді берілуіне байланысты соққылық сипат беріледі (2.5-сурет), мезгіл-мезгіл шайқау арқылы сымға механикалық соққы әсер етеді және сол арқылы бұзылып, шайқалады.



2.5 – сурет. Сілкілеу режиміндегі құрылғы қолданбасының блок-схемасы

1 - соққыға қарсы құрылғылар; 2 - арнайы қуат көзі 3 - электр станциясы; 4 - басқарылатын түзеткіш; 5 - сүзгі; 6 - коммутациялық кілт; 7 - басқару панелі; 8 - мұзды жою үшін электр желісінің сымдарын таңдауға арналған қосқыш; 9,10 - ток беретін кабельдерді және қысқа тұйықталуды қосуға арналған қысқыштар.

1,5-8 Гц жиілік диапазонында құрылғы амплитудасы 33 см-ге дейін және 0,5-тен 14 г-ге дейін жеделдету сымдарының дірілдерін қоздыруға қабілетті. Құрылғы сымнан немесе кабельден айтарлықтай көлемдегі мұзды тиімді түрде жояды және жояды деп күтілуде.

Ол үшін мұздану салдарынан электр желілерінің сымдарының үзу қаупі төнсе, жоғары вольтты айнымалы кернеу өшіріледі. Осыдан кейін электр желісінің екі сымына тікелей электр тогының импульстік көзі 2 қосылып, сымдарды соғуға және мұздануды жоюға жеткілікті шамадағы ток пайда болады.

Мұзды бұзу үшін қазіргі кездегідей жылуды емес, механикалық тербелістерді пайдалану мұз сызығын тазалауға кететін уақытты және қажетті энергияны айтарлықтай қысқартады.

Бұл құрылғының негізгі кемшілігі - бұрыннан қалыптасқан мұз қабаттарында жоғары айнымалы созылу және қысу кернеулерін жасау мүмкін еместігі, мұзды сымдардың майысуынан және шайқалуынан туындайтын, төменгі ағындарда мұзды тиімдірек жоюға ықпал ету, т.б аз қуат тұтынуына алып келді. Сонымен қатар, магниттік жүйеде ферромагниттік емес осы әсер ету элементінің болуы секциялар сым мен магнит өрісінің өзара әрекеттесуінің электромагниттік күшін айтарлықтай төмендетеді, сондықтан оны пайдалану кезінде тиімділікті төмендетеді және энергия қарқындылығын арттырады.

Электр сымдарының мұздануымен күресу технологиясы мен әдістерінің деңгейі туралы пайдаланылған дереккөздерде айтылғандарды қорытындылай келе, бұл құбылысқа қарсы тиімді құрал әлі жоқ деп қорытынды жасауға болады. Бүгінгі таңда қолданылатын әдістердің әрқайсысының кемшіліктері бар және мұзды жою мәселесі өзекті болып табылады, ал базаға салынған электр сымдарынан мұзды кетіруге арналған құрылғыларды әзірлеу энергияны үнемдейді.

2.6 Жауын-шашын әсерінен мұздатуды салқындату

Желіге перпендикуляр осі бар көлденең цилиндрде мұздың жиналуы үшін қату үлесі инондар болады [12]. Ол салқындату және жылыту ағындарының қосындысының жауған және желмен соққан жауын-шашынды мұздатуға қажетті салқындатуға қатынасы:

$$f = \frac{Q_{там} + Q_{бул} + Q_{узын толк} + Q_{қыска толк} + Q_{кон}}{Q_f} \quad (2.9)$$

мұндағы Q_f – соқтығысқан жаңбырды мұздату үшін қажет салқындату, $Q_{там}$ – қатты салқындатылған тамшылардың жылынуынан салқындату, $Q_{кон}$ – конвективтік салқындату, $Q_{бул}$ – булану салқындату, $Q_{узын толк}$ – ұзын

толқынды радиациялық салқындату, $Q_{\text{қысқа толқ}} -$ қысқа толқынды радиациялық қыздыру (барлығының өлшем бірліктері, Вт·м²).

Алымдағы көрсеткіштер салқындату ағындары болса, оң деп қабылданады. Бұл есептеу әр сағат сайын мұзды жаңбырмен $P > 0$ салқындату болады.

Жауын-шашынды мұздату үшін салқындату қажет. Жауын-шашынды мұздату үшін қажет салқындату ағыны жасырын синтез жылуының және құлау және желмен соққан жауын-шашын ағынының өнімі болып табылады [13].

$$Q_f = L_f \cdot \left[\left(\frac{P \cdot \rho_0}{3.6} \right)^2 + \left(0.067 \cdot P^{0.846} \cdot U \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2.10)$$

мұндағы $L_f = 334$ Дж·г⁻¹ - су үшін жасырын балку жылуы. Бұл қату фракциясының қатынасының бөлгіші.

Аса салқындатылған жаңбырдан салқындау. Жауған жаңбыр тамшылары ауа температурасы T шамасында болады. Бұл су мұздатуға дейін 0°C дейін қызған кездегі салқындату ағыны:

$$Q_{\text{там}} = c_{\text{там}} \cdot (0 - T) \cdot \left[\left(\frac{P \cdot \rho_0}{3.6} \right)^2 + \left(0.067 \cdot P^{0.846} \cdot U \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2.11)$$

мұндағы $c_{\text{там}} = 4,22$ Дж·г⁻¹·°C⁻¹ - судың меншікті жылуы және T (°C) - ауа температурасы. $c_{\text{там}} \cdot T$ шамасы L_f -ден әлдеқайда аз, сондықтан жаңбыр тамшыларының қатты салқындауы олардың цилиндрде қатып қалуына аз ғана үлес қосады. Ылғалды температураға дейін салқындаған тамшылар үлкен үлес қосады, бірақ кез келген жағдайда соқтығысатын жауын-шашынның аз ғана бөлігі бірден қатып қалады. Конвективтік және булану салқындату маңыздырақ болады [14].

Конвективтік салқындату. Цилиндрдегі сумен үрлейтін суық ауа жылуды кетіреді. Конвективтік салқындату ауа температурасына және ауадағы жылу беру коэффициенті арқылы жел жылдамдығына байланысты h (Вт·м⁻²·°C⁻¹):

$$Q_{\text{кон}} = \pi \cdot h \cdot (0 - T) \quad (2.12)$$

Буландырғыш салқындату. Цилиндрдегі су да булану арқылы салқындатылады:

$$Q_{\text{кон}} = \pi \cdot L_e \cdot h_m \cdot (\rho_{\text{там } 0} - RH \rho_{\text{там } T}) \quad (2.13)$$

мұндағы h_m ($\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$) - ауадағы бу беру коэффициенті; $L_e = 2501$ Дж·г⁻¹ су үшін буланудың жасырын жылуы; RH (ондық) - салыстырмалы ылғалдылық; және $\rho_{\text{там } 0}$ және $\rho_{\text{там } T}$ ($\text{г} \cdot \text{м}^{-3}$) сәйкесінше 0°C және T кезінде қаныққан булардың тығыздығы. Булану салқындату ауа температурасына, шық нүктесінің температурасына және жел жылдамдығына байланысты.

Ұзын толқынды радиациялық салқындату. Мұз жиналатын цилиндр 0°C-та сәулеленеді, ал бұлттар мен ауа T-де болады. Соққыға түскен судың радиациялық салқындауы сол кезде болады.

$$Q_{\text{ұзын толк}} = \pi \cdot \sigma \cdot [(T + T_0)^4 - T_0^4] \approx -2 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot T_0^3 \cdot T \cdot \left(2 + 3 \cdot \frac{T}{T_0} \right) \quad (2.14)$$

Қысқа толқынды радиациялық қыздыру. Күндізгі уақытта күннің қысқа толқынды радиациясы тіпті аязды жаңбыр кезінде болатын жалпы бұлттылықта да болады:

$$Q_{\text{кыс толк}} = -\pi \cdot Sr / 2 \quad (2.15)$$

Мұздың эквивалентті радиалды қалыңдығы мұзды жаңбырдан цилиндрлерге түсетін мұз жүктемесін сипаттайтын параметр болып табылады.

3 Мұз түзудің математикалық модельдері

3.1 Мұз түзудің қарапайым моделі

Математикалық модельдеу алу үшін электр желілерінің мұздануы келесі параметрлерді қосу керек, мысалы: өткізгіштің радиусы, жел жылдамдығы, жауын-шашынның қарқындылығы, бұрыш кабелінің бағыты мен тамшылардың түсу жылдамдығы арасындағы векторды есептеу. Сонымен қатар соқтығысқан судың жылдамдығы мен ағынының тығыздығы. Аязды жаңбыр кезінде тамшылар соншалықты үлкен болады, соқтығысу тиімділігі бірлік ретінде қабылдануы мүмкін. Сондай-ақ, кондукторға соғылған су бетінде қатып қалмайтындай болу және ішінара төгілу арқылы жоғалуы мүмкін.

Жауын-шашынды мұздату үшін қолданылатын бірнеше модельдер бар, мысалы: шетел ғалымдарының зерттеулері бойынша Имай, Ленхард, Чейн және Кастонгуай, Анон, Гудвин, Лозовски, Макконен, Финстад және т.б. Дегенмен, мұндай модельдердің барлығы дұрыс нәтиже беруге толық қабілетті емес, бірақ өте пайдалы. Төменде біз өткізгіштегі мұздың пайда болуы туралы негізгі түсінікке ие болу үшін осы мұз үлгілерінің бірнешеуін талқылаймыз [15].

Біз мұздану құбылысы мен мұздың жиналуы туралы бірнеше модельдерді таба аламыз, оларды екіге бөлуге болады.

Бірінші модель *физикалық параметрлерді пайдалану* және объектілердегі жылу балансын анықтау және бұл параметрлердің санын талап етеді, ал басқа модель метеорологиялық деректерді пайдаланады. Да мұздың жиналуын есептейді. Объектілер арасындағы жылу балансын қолданатын модельге аздап қол жеткізу қиын, өйткені қоршаған ортаның температурасы үнемі өзгеріп отырады және әр сағатта әртүрлі өзгерістер бере алады. Төмендегі модель метеорологиялық деректерді пайдаланады және ол үш өлшемді объект болып келеді. Мұздату кезінде айтарлықтай сұйық жауын-шашын болған кезде температурада глазурь мұзы пайда болады. Глазурь мұзы құрылымы жағынан күшті болып саналады және оны жасау оңай емес. Ол 0,6 - 0,9 г/см³ арасында өте күшті жабысқақ күші және тығыздығы бар төгілмелі болып келеді. Басқа түрлері - түйіршікті тас, кристалды тас, аралас тас және ылғалды қар болып келеді.

Ал екінші модель *мұз түзілудің қарапайым моделі* - бұл әр бағытта сызыққа түсетін мұз жауын-шашынын есептейтін модель. Масса ағыны – бір жерде бір уақыт ішінде жауатын жаңбыр мөлшері және тік масса ағынын келесідей беруге болады:

$$m \cdot v = P \cdot \delta \quad (3.1)$$

мұндағы P- Жауын-шашын мөлшері, бұл сағатына мұз жүктемесі ретінде қабылдануы мүмкін, мм/сағ;

δ - судың тығыздығы, г/см³.

Перпендикуляр құраушыға соғылған секундына метрдегі желдің орташа жылдамдығы болуы мүмкін, оны екпінді желге 0,7 есе бағалауға болады, онда

$$v=0.7 \cdot \omega \cdot \beta \cdot (t) \cdot V_{\max} \quad (3.2)$$

Бұл теңдеу желіге түсетін мұз мөлшерін есептеу үшін қолданылады. Бұл теңдеуді екпінді немесе максималды желді арасындағы қатынас арқылы келесі теңдеумен есептеуге болады:

$$v=K \cdot g \cdot v_{\max}$$

«K·g» коэффициенті әртүрлі рельефтерде әртүрлі мұзды дауылдар үшін өзгереді. Мұндағы “ K·g = 0,7” 1921 жылы швед мұзды дауылын зерттеуде қолданылған.

Көлденең масса ағыны келесі түрде берілген:

$$m_h=3.6 \cdot V_{\max}^v \quad (3.3)$$

мұндағы v - сұйық су мөлшері, г/см³, ол $v=0.072 \cdot P^{0.088}$

Түзуге түсетін жалпы массалық ағын келесідей:

$$m_0 = \sqrt{m_g^2 + m_h^2} \quad (3.4)$$

Теңдеулерді орнына қоя отырып, келесі теңдеуді аламыз:

$$m_0 = \sqrt{P^2 \cdot \delta^2 + 3.6^2 \cdot V_{\max}^2 \cdot g^2} \quad (3.5)$$

Сызықтағы мұздың қалыңдығын арттыру:

$$\Delta R = \frac{m_0}{\pi \cdot \delta_i}, \text{ мм/сағ} \quad (3.6)$$

$$\Delta R = \frac{1}{\delta \cdot \pi} \sqrt{(P \cdot \delta)^2 + (3.6 \cdot V_{\max}^v)^2}, \text{ мм/сағ} \quad (3.7)$$

R - мұз жүктемесі үлгісінің теңдеуіндегі жауын-шашын мөлшері, мұнда x және y координаталары және t уақытты білдіреді. Сонда модельдеу бойынша:

$$L_{1(x,y,t)} = L_1(x, y, z - \Delta t) + \Delta R(x, y) \cdot \Delta t, \quad (3.8)$$

Жоғарыдағы мұз үлгісінің бұл теңдеуінде сызық радиусы жоқ, ал мұз қалыңдығы үлгісінде бар сызықтың бастапқы радиусын ескермеу керек, ал егер сызық болса, мұздың салмағы артады да қалыңдайды [16]

3.2 Imai моделі

Электр желісінің радиусын ескеретін басқа модель Imai моделі деп аталады, яғни сым бетіндегі жылу беру арқылы мұз жүктемелерін және мұздың қарқындылығын пропорционалды анықтау және және де теріс ауа температурасының ($-T$) жауын-шашынға қатысы жоқ деп қарастырылады.

$$\frac{dM}{d\tau} = C_1 \sqrt{VR}(-T), \quad (3.9)$$

мұндағы V - желдің жылдамдығы, м/с; t - уақыт, сағат (сағ); C_1 - интегралдау тұрақтысы; T - ауа температурасы, °C; M - мұз массасы, кг.

$$M = C \cdot V \cdot (-T) \cdot \tau^{\frac{4}{3}}, \quad (3.10)$$

Эксперименттік мәліметтерге негізделген мұз массасын есептеу формуласы ($T=-2$ °C, $V=2$ м/с):

$$y = 0.00621 \cdot \tau^{\frac{4}{3}}, \quad (3.11)$$

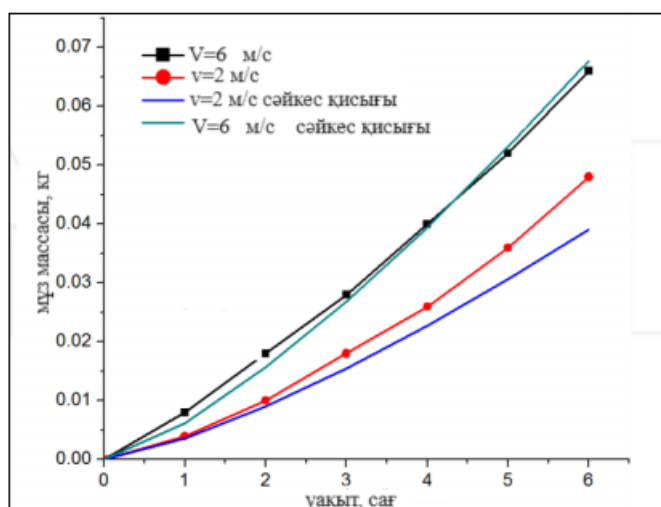
3.9 және 3.10 теңдеулерін салыстыра отырып:

$$M = 1.7927 \cdot X \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{V \cdot (-T)} \cdot \tau^{\frac{4}{3}}, \quad (3.12)$$

Кездейсоқ ұзындықтағы байланыс сымдарына мұз жүктемесін мына жолмен есептеуге болады:

$$M = 8.9635 \cdot X \cdot 10^{-3} \cdot L \cdot \sqrt{V \cdot (-T)} \cdot \tau^{\frac{4}{3}}, \quad (3.13)$$

Мұндағы L – реттелген сымдардың ұзындығы, 3.1-суретте уақыт өте келе өскен мұз көрсетілген [16-18].



3.1 – сурет. Уақыт өте келе мұздың өсуі [8]

3.1-кестеде мұзбен қардың әртүрлі тығыздығы сипатталған.

3.1 – кесте. Мұзданудың әртүрлі тығыздығы және олардың әсері [19]

№	Мұз бен қар түрлері	Тығыздығы (кг/м ³)	Сипаттамалары
1	2	3	4
1	Глазурь мұз	700-900	Мөлдір тұнық мұз, кейде мұз айдындары бар жерге сым мен өткізгіштер астында болады. Тығыздығы ауа көпіршіктеріне байланысты өзгеруі мүмкін.
2	Қатты мұз	300-700	Біртекті мөлдір емес, құрылымы ауа көпіршіктерінің қосындыларынан тұрады. Пішіні бойынша қатты заттарға желге қарсы болады.

3.1 – кестенің жалғасы

1	2	3	4
3	Жұмсақ мұз	150-300	Түйіршікті құрылым, пішімі қауырсын тәрізді болып келеді. Қолмен алып тастауға болады.
4	Ылғалды қар	100-850	Негізінен желдің жылдамдығына және өткізгіштің бұралу қаттылығына байланысты. Қашан температура нөлге тең болған жағдайда, оның сұйықтығы жоғары болуы мүмкін. Нысанның төменгі жағына сырғытқанда оңай сырғып кетеді. Температура төмендесе жинақталғаннан кейін нөлден төмен, содан кейін желімен күші өте жоғары болуы мүмкін. Өртүрлі пішіндер және құрылымдар болуы мүмкін.
5	Құрғақ қар	50-100	Кәдімгі қардың өте жеңіл түрі. Түрлі пішіндерді береді. Жерді шайқау арқылы (желдің күшімен) жою өте оңай жоюға болады.
6	Аяз	< 100	Кристалды құрылымы (ине тәрізді) төмен температуралы, оңай үрленеді.

3.2-суретте пішіні, тығыздығы, қасиеті әртүрлі мұздардың түрлері мен сипаттамаларын қарастырамыз. ISO-12494 стандартына сәйкес жұмсақ мұздың тығыздығы $300-600 \text{ кг/м}^3$, қатты мұздың тығыздығы $600-900 \text{ кг/м}^3$ және глазурь мұзының тығыздығы 900 кг/м^3 шамасында болады. 3.2 – суретте біз ақ түсті мұздарды көреміз, сонымен қатар жел бағытының тікелей

нәтижесі болып табылатын тұрақты емес әсерлер болады. Глазурь мұзы сыртқы түрі мөлдір және біркелкі пішінді болып келеді [19].



а)

б)

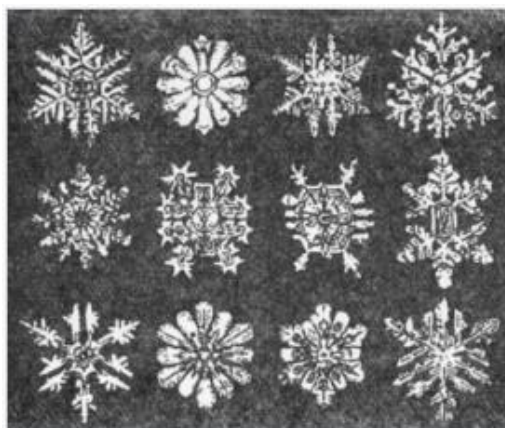
в)

3.2 – сурет. Мұздың түрлері: а) қатты мұз; б) қалыпты мұз; в) глазурь мұз [19]

Кристалдарының сырт бейнесіне келгенде оның ең тамаша түрлері белгілі қар мен қыраудың кристалдары болып табылады. Олар гексагондық симметрияның неше түрлі алты сәулеленіп өсуінің тамаша формаларын құрады. Мұздың дендрит түрлері де, басқа әшекей гүл сияқты түрлері де болады. Үңгірлерде мұздың алты бұрышты пластинка түрлері, биік тауларда алты қырлы жіңішке призмалары кездеседі. Мұздың сауысты сталактит түрлері де бар. Тұтас мұз, қар мұздақ массалары да бұрыннан белгілі.

Аморфтық және 10 кристалдық модификацияда (гексагондық, кубтық, тетрагондық, тағы басқа) болады. Табиғи мұздың барлығы дерлік бір модификацияда (гексагондық) түзілген; олардың тығыздығы 931 кг/м^3 , жылу сыйымдылығы $2,135 \text{ кДж/кг}$ ($^{\circ}\text{C}$ -та), еру жылуы 334 кДж/кг . Табиғатта материктік, жер асты, атмосфера (қар, қырау, бұршақ) Мұз, судың бетінде (қабыршақ мұз, қалқыма мұз, жамылғы мұз) және әр түрлі тереңдікте (су ішіндегі) пайда болатын су Мұз, қатты тығыздалған және қайтадан кристалданған қардан пайда болатын мұздық (глетчерлік) Мұзы болып ажыратылады.

Табиғи мұз судан әлдеқайда таза. Кейде мұзбен бірге механикалық қоспалар, ерітінді тамшылары, газ қалдықтары, тағы басқа кездеседі. Жердегі мұздың жалпы көл. 30 млн. км^3 , қорының негізгі бөлігі полюстік өлкелерде (әсіресе, Антарктидада; мұндағы мұз қабатының қалыңдығы 4 км -ге жетеді) шоғырланған. Күн жүйесіндегі планеталардың, кометалардың мұздары туралы деректер бар. Атмосферадағы, судағы, құрылықтағы, жер қабығындағы мұз өсімдік жамылғысы мен жануарлар дүниесіне, адамның іс-әрекетіне, шаруашылық салаларына әсер етеді.



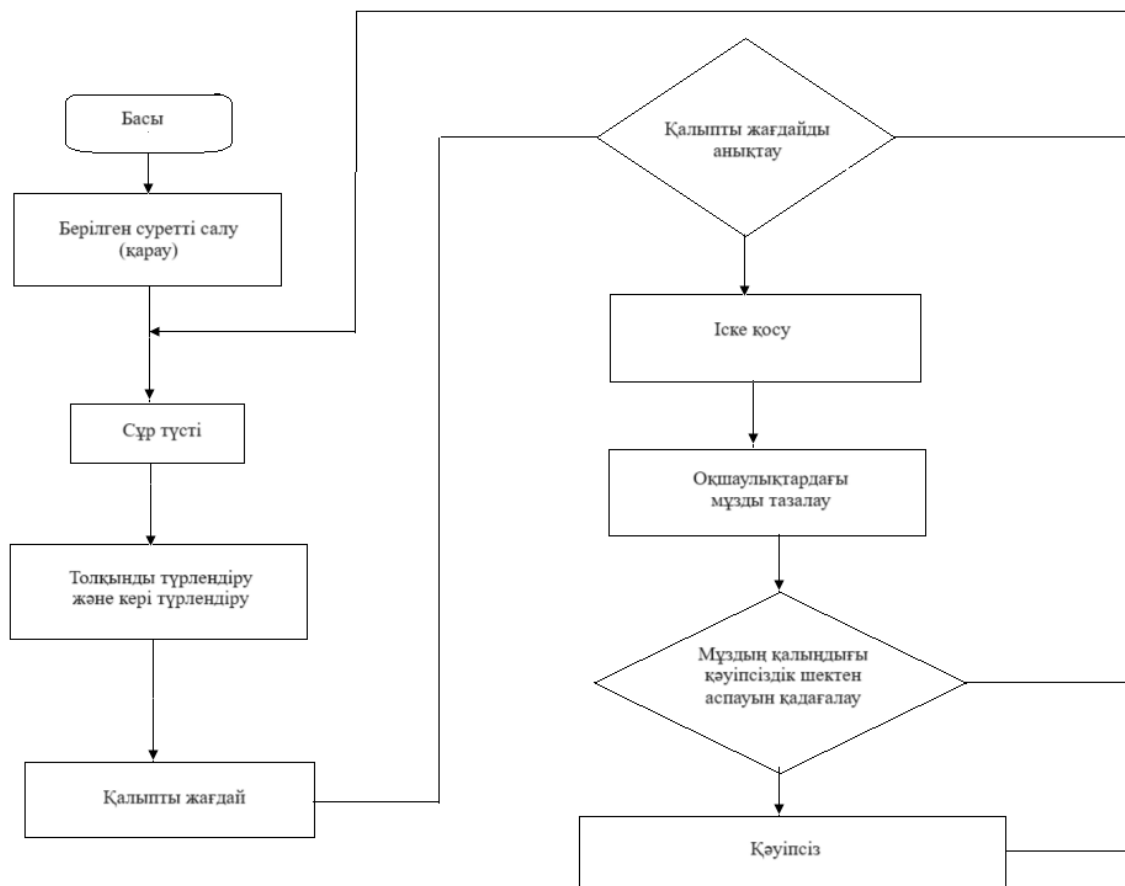
3.2 – сурет. Мұз бен қардың кристалдары

3.3 Оқшаулықтарда мұздың пайда болуын анықтау

Мұздың пайда болуы жаңбыр мен қалың қар да изоляторларды мұздандырады. Егер мұндай құбылыс ұзаққа созылса, ол электр беру желісін тартып алуы және бұл электр желісінің қауіпсіздігіне нұқсан келтіруі мүмкін.

Сондықтан оқшаулағыштың мұздану жағдайын уақытында және дәл анықтау өте маңызды. Күрделі жағдайда электр жеткізу желілерінің оқшаулағыштарын мұздану мүмкіндігін жылдам шешуге болады және де апатты болдырмау үшін нақты уақыт режимінде менгеру керек.

Электр беру желілеріндегі изолятордың мұздануының тану технологиясын кескінді өңдеу арқылы механикалық талдау әдісін қолдануға болады. Бұл мұздануды математикалық модельдеу арқылы бақылауға болады. Ол үшін мұздану дәлдігін жақсарту үшін алгоритм құру арқылы электр жеткізу желісінің мұздануын күрделі экологиялық циклдердің әсерін жеңе алатын оқшаулағыш кескінді және оқшаулағыштың мұз қалыңдығын уақытылы дәлдікпен есептеу арқылы қарастырамыз.



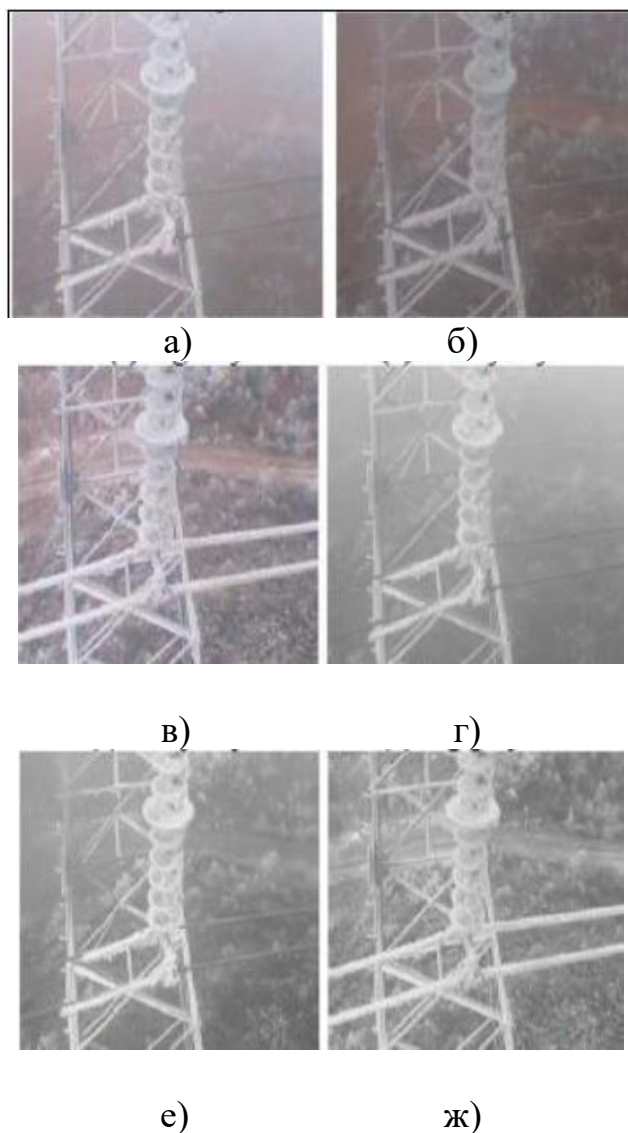
3.3 – сурет. Кескінді тану алгоритмінің ағындық диаграммасы [20]

Төмендегі формула (r, g, b) түс кеңістігіндегі түстің координаталық векторын көрсетеді, $(255, 255, 255)$ диагональ векторын түс кеңістігінде көрсету арқылы анықталады:

$$Y = \frac{(r, g, b) \cdot (255, 255, 255)}{(255, 255, 255)},$$

$$Y = \frac{(r + g + b)}{\sqrt{3}} \quad (3.14)$$

Жоғарыдағы формула бойынша Y —тұманды күннің орнындағы оқшаулардың мұздану. 3.4 суреттерде шуақты күн мен бұлтты күнді оқшаулықтардың мұздануын салытыруды көруге болады.



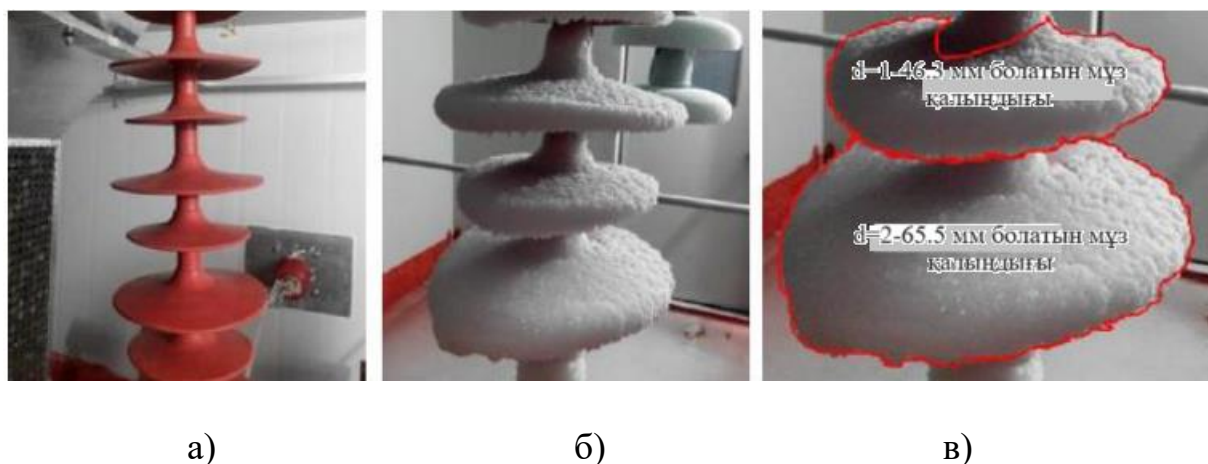
3.4 – сурет. Шуақты күн мен бұлтты күнді оқшаулықтардың мұздануын салытыру: а) Тұманды күн; б) Бұлтты күн; в) Шуақты күн; г) Сұр түсті тұманды күн; е) Сұр түсті бұлтты күн; ж) Сұр түсті шуақты күн [21]

3.4 суреттегі оқшаулағыштар әрбір түсі R G B үш элементімен және әрқайсысының элементтің 255 мәні бар, ал 255^3 түсті өзгертін диапазонда анықталады. Ал сұр түсті кескіннің өзгертін диапазонының пиксель нүктелерін сұрыптау 255-ке дейін кішірейтіледі. 3.4 суреттерді өңделген және өңделмеген етіп сұрыптау арқылы, сонымен қатар кескіннің тұтас және жергілікті түсі мен қарқындылық деңгейінің таралуы мен ерекшелігін көруге болады. Оқшаулағыш кескінінің түс қарқындылығы туралы ақпарат сұр түсті сұрыптау арқылы жойылады, бастапқы деректердің көлемін азайтады да есептеуліктер жүргізіліп бақылау көлемін азайтады.

Бұл зерттеу жұмысы жабық бөлмедегі жасанды симуляциялық мұзды зертханада жүргізілген. Онда ауа рйының ықпалы күн шуақты, бұлтты, тұманды және қарлы ауа температурасының ылғалдылығында модельдеу жүргізілген.

Нақты уақытта байқалатын изоляторлық мұздану жағдайларының төрт түрі байқауға болады. Мұздың қалыңдығы алгоритм арқылы есептеп, эксперимент арқылы талдау жасаған. Сондықтан да мұзды оқшаулағыштың қалыңдығын алгоритм арқылы дәл тануға болады. Сонда мұздың қалыңдығының ең үлкен салыстырмалы қателігі мұзды оқшаулағыштар төрт жағдайда қарлы күн 4,8%, ал ең төменгі күн шуақты күн, небәрі 1,5% болады.

Бұл эксперименттің алгоритмін барлық түрлер үшін қолдануға болатынын толығымен көрсетеуге болады және де күрделі орта және оқшаулағыштағы мұз қалыңдығын дәл анықтай алатынын көруге болады [20].



3.5 – сурет. Оқшаулағыштағы мұз қалыңдығын анықтау: а) оқшаулағышта мұз жоқ; б) мұзды оқшаулағыш; в) оқшаулағыштағы мұздың қалыңдығын анықтау

3.4 Электр беру желілерін мұздан тазартудың механикалық әдістері

Электр беру желілерін мұздан не қардан тазартудың механикалық әдістерді әртүрлі аймақтарда қабылданған бірнеше әдістерге бөлуге болады:

- Скрептеу әдістері;
- Соққы толқынының әдістері;
- Дірілдейтін құрылғылар.

Ол қарапайым негізгі принцип бойынша жұмыс істейді, яғни адам немесе механикалық күш қолдану арқылы электр беру желілерінен мұзды тазарту және термиялық әдіспен салыстыра отырып 100 000 есе аз энергияны қажет етеді. Бұл әдістің басты артықшылығы оның салыстырмалы қарапайымдылығы болып табылады. Механикалық әдістер тез және оңай орындалатындықтан, мұздан тазарту оңайрақ болады. Бірақ электр желілері өзендер арқылы өтіп жатса, онда мұздан тазарту қиын болуы мүмкін. 3.6-суретте мұздан тазартудың механикалық әдісі көрсетілген [21, 22].



3.6 – сурет. Мұзды кетірудің механикалық әдісі [21]

Автоматты желілік құрылғы ретінде жасалған құрылғылардың саны бар, бірақ олардың көпшілігі ұзақ уақыт бойы практикалық емес болып келеді.

Толқындық әдісте 90 кг салмақтағы түйінді арқанды пайдаланып электр беру желісін жылжыту арқылы жиналған ылғалды қарды алып тастауға болады. Әдетте 500 метрлік желідегі ылғалды қардың 50%-ын алып тастауға болады деп есептіктер жүргізуге болады.

ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл дипломдық жұмыста электр желілерінің жұмысына ауа райы жағдайларының әсері климаттық факторлардың ықпал ету мәселесі қаралды.

Электр беру желісі электрмен жабдықтау жүйесінің маңызды құрамдас бөлігі болып табылады. Сондықтан, оның жұмыс істеуін сақтау және кез келген ықтимал зақымдануды болдырмау маңызды. Мұз не қар электр беру желісіне сыртқы жүктеме мен кернеуді тудырады, сондықтан желідегі сыртқы жүктеме сызықтардың созылу шегінен аспайтындай етіп салыну қажет. Электр беру желісін қадағалау үзіліссіз таратудың ең жақсы тәсілі болуы мүмкін және тарату желісі үздіксіз бақылап отыру қажет. Тұрақты немесе жылжымалы сенсорларды орнату ұсынылады.

Дипломдық жұмыстың бірінші бөлімінде электр жіберу желісінің элементтерінің техникалық жағдайына атмосфералық факторлардың әсері, желісінің бастапқы деректері анықталды. Қар мен аязды жаңбырдан туындаған көктайғақ жағдайларының пайда болуын талдау электр қуатының кең тараған үзілістеріне әкелетін кейбір атмосфералық оқиғаларды анықтау және алдын алу арқылы электр қуатын беру қауіпсіздігін жақсартуға бағытталған шешім қабылдау бағдарламалық құралын жасауға көмектеседі.

Екінші бөлімінде электр желілерінің техникалық күйіне ауа райы жағдайларының ықпалы анықталды. Осылайша, қолданыстағы электр тарату желілерінің тиімділігін арттыру және олардың қызмет ету мерзімін ұзарту үшін, олардың қызметтері бойынша тексерулердің сапасын жақсарту және анықталған кемшіліктерді жою бойынша уақытылы шешімдер қабылдау болып табылады.

Жұмыстың үшінші бөлімі мұз түзудің математикалық модельдері қарастырылды. Сонымен қатар математикалық модельдеу барысында электр желілерінің жұмысына ауа райы жағдайларының әсері қарлы және аязды жаңбыр үшін қолайлы жағдайларды сипаттайтынын талқылап көрсеттік.

Дипломдық жұмысты қорытындылай келе электр желілеріне қажетті техникалық қызмет көрсету әдістері мен техникалық қызмет көрсету міндеті мұздануға қарсы немесе мұзды/ылғалды қарды тасымалдаудан алып тастаудың көптеген әдістерін қарастырдық. Бұл қарастырылған әдістер қолданылатын механизмге, қолжетімділікке, тиімділігі өте маңызды болып келеді. Кейбір механикалық мұздан тазарту әдістері адамның қатысуымен, арқандар мен роликтерді қолдану арқылы жүзеге асырылды.

Ауа-райының қолайсыздығына және электр қуатының үзілуіне қарсы тұру үшін соңғы елу жылдағы қателіктерді зерттеу технологияның дамығанын көру жеткілікті болып келеді. Дегенмен, климаттың өзгеруі өте төмен температура мен қардың біркелкі емес түсуіне әкелуі мүмкін. Климаттың өзгеруіне байланысты ғылыми-зерттеу және тәжірибелік-зерттеулер барысында «электр желілерінің жұмысына ауа райы жағдайларының әсерін зерттеу» алға қарай жол бола алады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Левченко И.И. Диагностика, реконструкция и эксплуатация воздушных линий электропередачи в гололедных районах: учеб. пособие Текст. / И.И. Левченко, А.С. Засыпкин, А.А. Аллилуев, Е.И. Сацук. - М.: Издательский дом МЭИ, 2007. - 447 с.
- 2 Gorokhovski, M., Herrmann, M., 2008. "Modeling primary atomization", Annu. Rev. Fluid Mech., 40, 343-366, [doi:10.1146/annurev.fluid.40.111406.102200](https://doi.org/10.1146/annurev.fluid.40.111406.102200)
- 3 Справочник по проектированию линий электропередачи. //М. Б. Вязьменский, В. Х. Ишкин, К. П. Крюков и др.; Под ред. М. А. Реута и С. С. Рокотяна. М.- Энергия, 2004, С:395.
- 4 Электрические системы и сети /Н.В. Буслова, В.Н. Винославский, Т.И. Денисенко, В.С. Перхач; Под ред. Г.И. Денисенко. Киев: Высшая школа, 2001, С:442.
- 5 техники безопасности при эксплуатации электроустановок Республики Казахстан РД 34 РК. 03. 202-04. Алматы, 2004.- 100с.
- Правила 6 Лебедев Д.Е., Методы диагностики воздушных линий электропередачи высокого и сверхвысокого напряжения: магистерская диссертация // НГТУ. Новосибирск, 2011, 87 с.
- 7 Новые технологии в обследовании ВЛ с воздуха / В.П. Дикой, Н.М.Коробков, А.Г. Овсянников, А.А. Колесников. – <http://energo20.ru/article/91-46-79.html> (дата обращения: 29.06.2015).
- 8 Электрические системы и сети /Н.В. Буслова, В.Н. Винославский, Т.И. Денисенко, В.С. Перхач; Под ред. Г.И. Денисенко. Киев: Высшая школа, 2001, С:442.
- 9 Hyde M. M., James W. F. "Transmission Icing a Physical Risk with A Physical Hedge" Power Engineering Society General Meeting, IEEE Print ISBN: 1-4244-0493-2, 2006.
- 10 https://www.hydro.mb.ca/outages/ice_on_power_lines.shtml Accessed on March 2017.
- 11 Masoud F. "Atmospheric Icing of Power Networks" e-ISBN: 978-1-4020-8531-4_ Springer Science+Business Media B.V. 2008.
- 12 Harold M. I, et al. "Wind Ice and Snow Load Impacts on Infrastructure and the Natural Environment" Proceedings - Int. Workshop Atmos. Icing Struct. Uppsala, 2015.
- 13 <http://www.inmr.com/impact-icing-transmission-lines/> accessed on March 2017.
- 14 Masoud F., et al. "Coatings for Protecting Overhead Power Network Equipment in Winter Conditions" ISBN: 978-2-85873-334-7 CIGRE Publication 2015.
- 15 Abbas.B., et.al "Designing for Performability : An Icing Risk Index for Arctic Offshore" Cold Regions Science and Technology. Volume 124, Pages 77-86 April 2016.

16 Heyun L., Xiaosong.G.,Wenbin.T. “Icing and Anti-Icing of Railway Contact wires” Changsha University of Science and Technology, Hunan Province China march 2012.

17 Wiebe E., Friedrich.L. “Facing the Winter Challenges for Railways in Europe Winter & Railways” Fact Sheet Snow and Ice, Paris October, 2010.

18 Broström E. “Ice Storm Modelling in Transmission System Reliability Calculations” Licentiate Thesis KTH Sweden 2007.

19 Heli K., et.al.“Research on Icing Behavior and Ice Adhesion Testing of Icephobic Surfaces” Proceedings - Int. Workshop Atmos. Icing Struct. Uppsala, 2015.

20 Xin B. H., et.al “The Recognition and Detection Technology of Ice covered Insulators under Complex Environment” Proceedings - Int. Workshop Atmos. Icing Struct, Uppsala 2015.

21 CIGRE publication Working group B2.29. “Systems for Prediction and Monitoring of Ice Shedding, Anti-Icing and De-Icing for Power Line Conductors and Ground Wires” December 2010.

22 Leblond.A. ,et.al. “Development of a Portable De-Icing Device for Overhead Ground Wires” Rapport HQ-94-01, Hydro-Québec, June 2005.