

6D071800 – «Электр энергетикасы» мамандығы бойынша
философия докторы дәрежесін (PhD) ізденуге арналған докторлық
диссертацияға
АНДАТПА

Иванов Валерий Анатольевич

**Ақпаратты телеметриялық түрде берілісті қолданып, ток
ағымдарының мөлшерлеріне сай, жоғары вольтті ЖВЭС
оқшаулауғыштардың күйін бақылайтын амалдарын өңдеу**

Жұмыстың өзектілігі.

Электр тасымалауың жоғары вольтты әуе желілері (ЭТӘЖ немесе ӘЖ) тұтынушыларды электр энергиясымен жабдықтауға арналған Қазақстан Республикасының (ҚР) бірыңғай электрмен жабдықтау жүйесінің құрамындағы маңызды компоненттердің бірі болып табылады. 110 – 500 кВ ӘЖ ҚР энергожүйесі үшін стратегиялық объектілер болып табылатындығын ескере отырып, электр беру желілеріндегі авариялар айтарлықтай экономикалық залалға алып келеді.

Электр энергиясын тасымалдау және тарату әуе желілеріндегі сыртқы оқшаулау жағдайы электрмен жабдықтау жүйесінің сенімді жұмысының негізгі шарттарының бірі болып табылады. Электр берілісінің әуе желілерінің істен шығу себептерін талдау ӘЖ барлық элементтерінің зақымдануының жалпы санының шамамен 30% істен шығуының едәуір саны жоғары вольтты оқшаулауғыштардың жұмыс істеу қабілетінің бұзылу себебінен болатынын көрсетеді. Электр берудің әуе желілерін оқшаулаудың жарамдылығы көптеген факторларға байланысты: қоршаған ортаның табиғи-климаттық жағдайлары, элементтердің құрылымдық ерекшеліктері, пайдалану кезеңі, жылу, механикалық, электр жүктемелері...

Зақымдалған оқшаулауғыштар немесе пайдалану талаптарына сәйкес келмейтін электр сипаттамалары бар оқшаулауғыштар энергия жүйесінің жұмысындағы үзілістерге, сондай-ақ оны ӘЖ арқылы тасымалдау кезінде электр энергиясы ысырабының едәуір ұлғаюына әкелуі мүмкін.

Пайдалану кезінде ӘЖ оқшаулау жағдайының диагностикасы мен әрекет етуі саласындағы зерттеулерге көптеген ғалымдардың еңбектері арналған: Александров Г. Н., Арбузов Р.С., Овсянников А.Г., Мерхалев С.Д., Соломоник Е.А., Руцкий В.М., Плешков П.Г., Котыш А.И. және т. б.

Оқшаулаудың жай-күйін бағалаудың қолданыстағы әдістері әуе желілерін мерзімді тексеру деректеріне негізделген және оларға тән кемшіліктер тән: тексерулер арасындағы елеулі аралықтар, жүргізілетін жұмыстардың жоғары құны және соның салдарынан тексеру нәтижелерінің төмен сенімділігі, оқшаулауғыштардың ақауларын, әсіресе олардың пайда болуының бастапқы кезеңінде анықтау мүмкіндігінің шектеулі болуы, оқшаулау жай-күйінің өзгеруі туралы ақпарат алудың талап етілетін сенімділігі мен жеделдігін қамтамасыз

етудің мүмкін еместігі, жабдықты кернеуден ажыратудың бірқатар әдістері үшін жоғары, қарастырылған әдістердің жеткіліксіз тиімділігін анықтайды.

Жұмыс кернеуінде нақты уақыт режимінде ӘЖ оқшаулауының ағымдағы жай-күйін қашықтықтан диагностикалауды қамтамасыз ететін бақылау жүйелерін жетілдіру, сондай-ақ оқшаулағыштардың ресурсын болжау мүмкіндіктерін талдау өзекті және орынды болып табылады.

Диссертациялық жұмыстың мақсаты ағымдағы жағдайды бағалауға және ӘЖ оқшаулағыштарының ресурсын (қызмет ету мерзімін) болжауды жүзеге асыруға мүмкіндік беретін ағу тогы параметрлерінің үздіксіз телеметриялық мониторингі негізінде жай-күйді қашықтықтан бақылау әдісін әзірлеу есебінен пайдалану процесінде электр берудің әуе желілерінің сыртқы оқшауламасының диагностикасын жетілдіру болып табылады.

Зерттеу идеясы – ағып кету тогының сигналдарын өлшеуді, осы сигналдарды телеметриялық арналар арқылы шуылға қарсы беруді қамтамасыз ететін және оқшаулаудың ықтимал қауіпті жағдайын бағалауға және оқшаулағыштардың қызмет ету мерзімін осы токтарды талдау негізінде болжауға мүмкіндік беретін ғылыми-техникалық шешімдер жиынтығы негізінде «нақты» уақыт режимінде жұмыс кернеуінде жұмыс кезінде айнымалы ток электр желілерінің жоғары вольтты оқшаулағыштарының ағып кету тогының параметрлерін анықтау.

Жұмыстағы зерттеу нысаны – 110 кВ-500 кВ айнымалы токтың жоғары вольтты әуе желілерінің сыртқы оқшаулауы.

Диссертациялық жұмыста қойылған мақсатқа жету үшін шешілетін **міндеттер:**

- кернеу класы мен қызмет ету мерзіміне байланысты ӘЖ элементтерінің істен шығу және зақымдану себептерін талдау;

- жоғары вольтты ЭБЖ оқшаулау сапасын бағалау критерийлерін негіздеу және таңдау;

- жоғары вольтты ЭТЖ аспалы оқшаулағыштарының оқшаулау жағдайын тиімді диагностикалауды, мониторингілеуді және болжауды қамтамасыз ету әдістері мен құралдарын зерттеу және әзірлеу;

- ӘЖ жоғары вольтты оқшаулағыштарының оқшаулау жай-күйі туралы телеметриялық ақпаратты беру принциптерін әзірлеу;

- жоғары вольтты ӘЖ аспалы оқшаулағыштарының оқшаулау жағдайы туралы ақпаратты беру үшін шуылға қарсы алгоритмдерді әзірлеу және таңдау.

Ғылыми жаңалық:

- ластану дәрежесін бағалауға және ӘЖ жоғары вольтты оқшаулағыштары ресурсының болжамын жүзеге асыруға мүмкіндік беретін оқшаулау жай-күйін бақылау тәсілі;

- электр магниттік кедергілер мен өрістердің әсері жағдайында ӘЖ тіректерінен оқшаулау жағдайы туралы ақпаратты жинау мен берудің дұрыстығын қамтамасыз ететін кедергіден қорғалған алгоритмдер.

Қорғауға шығарылатын негізгі ғылыми ережелер мен нәтижелер:

- «нақты» уақыт режимінде жұмыс кернеуінде пайдалану процесінде электр берудің әуе желілерінің оқшаулауын диагностикалау принциптері мен

тәсілдері;

- электр магниттік кедергілер жағдайында ӘЖ тіректерінен ӘЖ оқшаулау жағдайын қашықтықтан бақылау жүйелерінде ақпаратты шуылға төзімді беруді қамтамасыз ету принциптері мен әдістері;

- жоғары вольтты оқшаулағыштардың гирляндларының ағып кету токтарын үздіксіз талдау негізінде оқшаулағыштардың ресурстарын болжау әдістері.

Зерттеу әдістері: диссертациялық жұмыстың ғылыми және практикалық нәтижелері теория әдістерін қолдану арқылы алынды: Электр техника, ақпаратты кодтау және беру, эксперименттерді қою және жоспарлау, ықтималдық және деректерді статистикалық өңдеу. Модельдеу зерттеулері мен модельдеу нәтижелері Multisim Design бағдарламалық ортасында орындалады. Тәжірибелік деректерді талдау және өңдеу Microsoft Excel бағдарламасында жүзеге асырылды.

Алынған нәтижелердің практикалық маңыздылығы:

- ӘЖ тіректерінен ақпаратты телеметриялық берумен ағып кету тогының параметрлерін бақылау және талдау бойынша техникалық шешімді әзірлеу туралы;

- жоғары вольтты оқшаулағыштардың ластану дәрежесін анықтау және пайдалану процесінде олардың ресурсын болжау әдістемесін жасау, бұл электр беру әуе желілерінің сенімділігін арттыруға және оны тасымалдау кезінде электр энергиясының шығынын азайтуға мүмкіндік береді;

- ӘЖ сыртқы оқшаулау жағдайын қашықтықтан мониторингтеу жүйесін құру бойынша техникалық шешімдер кешенін әзірлеуді қамтамасыз етеді.

Нәтижелер мен қорытындылардың негіздемесі мен дұрыстығы. Ғылыми ережелер, зерттеу нәтижелері мен қорытындылар ғылыми әдебиеттерде жарияланған, компьютерлік модельдеу және эксперименттік зерттеулер материалдарының барлығын бағалау арқылы расталады және бұрын жарияланған басқа авторлардың жұмыс нәтижелеріне сәйкес келеді.

Жұмыстың көлемі мен құрылымы. Диссертациялық жұмыс кіріспеден, төрт тараудан, қорытындыдан, 117 атау мен 3 қосымшадан тұратын пайдаланылған әдебиеттер тізімінен тұрады. Жалпы жұмыс көлемі – 127 бет, оның ішінде 24 кесте және 63 сурет.

Жұмыстың мазмұны. Кіріспеде ӘЖ оқшаулау жағдайын қашықтықтан бақылау әдістерін әзірлеудің өзектілігі негізделген. Диссертацияның мақсаты мен міндеттері тұжырымдалды, қорғауға ұсынылған ғылыми жаңалығы, ғылыми ережелері мен зерттеу нәтижелері, зерттеу нәтижелерінің практикалық маңыздылығы анықталды.

Бірінші тарауда мәселенің жай-күйі баяндалады және жоғары вольтты әуе желілерінің істен шығуына әкелетін себептерді талдауға арналған әдеби дереккөздерге шолу жасалады. ӘЖ оқшаулауды бақылаудың қолданыстағы әдістеріне шолу және талдау келтірілген, зерттеудің мақсаттары мен міндеттері тұжырымдалған.

Оқшаулаудың жай-күйін бақылаудың қазіргі уақытта қолданыстағы әдістері оқшаулағыштардағы ақауларды, әсіресе олардың пайда болуының

бастапқы кезеңінде анықтаудың шектеулі мүмкіндігіне ие. Нақты уақыт режимінде жұмысшының астында оқшаулаудың диэлектрлік беріктігін нақты уақыт режимінде бақылауға мүмкіндік бермеңіз және жақсартуды талап етеді.

Екінші тарауда әуе желісінің оқшаулау жағдайын бағалау үшін қолданылатын бақылау міндеттері мен әдістері қарастырылған. Пайдалану кезінде оқшаулау жағдайының нашарлауына әкелетін себептер мен факторларға талдау жүргізілді, «KEGOC» АҚ электр желілерінің мысалында пайдалану мерзіміне байланысты ӘЖ оқшаулағыштарының зақымдалуына статистикалық талдау жүргізілді.

Жоғары вольтты оқшаулағыштардың бетіндегі ағып кету тогының ағуымен бірге жүретін процестер сипатталған, жер үсті разряд процестерін ескере отырып, оқшаулағышты ауыстырудың балама схемасы жасалған.

ӘЖ оқшаулау күйін сипаттайтын интегралды критерий ретінде геометриялық сыйымдылық тогымен, беттік I_6 тоқымен және I_0 өткізгіштік тогымен анықталатын ағып кету тогының параметрлері қарастырылады:

Оқшаулау жағдайын сипаттайтын факторларды бағалау үшін Multisim Design бағдарламасында оқшаулағыш моделін зерттеу жүргізілді.

Жоғары вольтты оқшаулағыштардың ағып кету тогының пайдалану мерзіміне тәуелділігіне эксперименттік зерттеулер жүргізілді, алынған мәліметтер негізінде оқшаулаудың ағымдағы жағдайын анықтауға және оқшаулағыштардың жай-күйі мен қызмет ету мерзімін болжауға мүмкіндік беретін әдіс ұсынылды.

Үшінші тарауда ӘЖ оқшаулау жағдайын бақылау бойынша техникалық шешімдерге шолу және талдау жасалды. Нәтижесінде жұмыс кернеуіндегі оқшаулағыштардың ластану дәрежесін анықтауға, оқшаулағыштар қызметінің ықтимал жолын (қалдық ресурс) болжауға және ӘЖ тіректерінен ақпаратты телеметриялық беруді қамтамасыз етуге мүмкіндік беретін әдіс ұсынылды және техникалық шешім әзірленді.

Сондай-ақ, тарауда ұйымдастырудың әртүрлі әдістері қарастырылған-ӘЖ тіректерінен оқшаулау жағдайы туралы ақпаратты беру үшін байланыс арнасы және ӘЖ тіректерінен ақпаратты берудің сенімділігі мен сенімділігін арттыру үшін ақпаратты жинау мен берудің шуылға қарсы алгоритмдері жасалды.

Ақпаратты әртүрлі байланыс арналары арқылы берудің эксперименттік сынақтары барысында электромагниттік кедергілер мен ӘЖ өрістері жағдайында ақпаратты сенімді беруге болатын аймақтар анықталды.

Төртінші тарауда жоғары вольтты оқшаулағыштардың ағып кету токтарын өлшеу және тіркеу бойынша эксперименттік зерттеулердің нәтижелері келтірілген. Эксперимент объектісі ретінде ҚР ӘЖ–де кеңінен пайдаланылатын ПС120-Б типті аспалы ыдыс тәрізді шыны оқшаулағыштар таңдалды. Зерттеу жүргізу үшін ақпаратты телеметриялық берумен ұсынылған техникалық шешімнің тәжірибелік стендін және макеттік үлгісін әзірлеу және дайындау қажет болды.

Сондай-ақ, тарауда ұсынылған әдістемеге сәйкес орындалған әр түрлі уақыт аралықтары үшін оқшаулағыштардың ағып кету тогының мүмкін мәндерін болжау нәтижелері келтірілген. Уақыт аралықтарының саны

ұсынылған әдістеме бойынша оқшаулау күйінің болжамының дәлдігіне әсер етеді және болжамның дәлдігін арттыру үшін уақыт аралықтарының санын көбейту керек деген қорытынды жасалды.

Жүргізілген зерттеулердің **негізгі нәтижелері** келесідей:

- ӘЖ элементтерінің зақымдалу және істен шығу себептерін талдау жүзеге асырылды;

- ӘЖ оқшаулау жағдайын бақылау саласындағы зерттеулер мен техникалық шешімдерге шолу жасалды;

- ӘЖ оқшаулау жағдайына әртүрлі факторлардың әсерін бағалайтын Имитациялық модельдер қарастырылады. Алынған модельдер негізінде оқшаулау жағдайын бағалау критерийлерін анықтауға мүмкіндік беретін эксперименттік зерттеулер жүргізілді;

- оқшаулаудың ластану дәрежесін бақылауға және оқшаулағыштар қызметінің жолын болжауға мүмкіндік беретін жұмыс кернеуіндегі оқшаулаудың жай-күйін бақылау әдісі жасалды;

- нақты уақыт режимінде ӘЖ оқшаулауының ағымдағы жай-күйін бақылауды жүзеге асыруға, ластану дәрежесін айқындауға, оқшаулауды ықтимал жабылатын жері туралы қорытынды жасауға, сондай-ақ оқшаулау жай-күйі оны одан әрі пайдалану тоқтатылуы тиіс болған кезде шекті рұқсат етілген мәнге жетуі мүмкін ықтимал уақыт аралығын болжауды жүзеге асыруға мүмкіндік беретін техникалық шешім әзірленді;

- ӘЖ тіректерінен оқшаулаудың жай-күйі туралы ақпаратты беру арнасын ұйымдастыру тәсілдері қарастырылды және электромагниттік кедергілердің әсері жағдайында ақпаратты берудің кедергіден қорғалған алгоритмдері әзірленді;

- әртүрлі байланыс арналары бойынша ақпарат берудің эксперименттік сынақтары жүргізілді және электромагниттік кедергілер мен ӘЖ өрістері жағдайында ақпаратты сенімді беру мүмкін болатын салалар анықталды

- оқшаулау жағдайын уақтылы және сенімді бақылау үшін қашықтықтан мониторинг жүйесінің құрылымдық схемасы әзірленді;

- ӘЖ жоғары вольтті оқшаулағыштарының кему тогының датчигінің макеттік үлгісіне эксперименттік сынақтар жүргізілді, оның нәтижелері бойынша ұсынылған әдістемені пайдалана отырып, кему токтарының болжамды мәндерін есептеу жүзеге асырылды;

- диссертацияның негізгі ғылыми ережелері Қазақстан Республикасының патенттерімен қорғалған.

Докторанттың жеке үлесі – зерттеу міндеттерін шешу, жұмыстың ғылыми жаңалығы мен практикалық маңыздылығын құрайтын ережелерді әзірлеу және негіздеу, ұсынылған техникалық шешімнің эксперименттік қондырғысы мен макеттік үлгісін әзірлеу және дайындау, эксперименттік деректерді талдау және өңдеу болып табылады.

Жарияланымдар туралы мәліметтер.

Диссертацияның негізгі ережелері 15 ғылыми жұмыста, оның ішінде Scopus мәліметтер базасына кіретін 2 мақалада, БҒСБК ұсынған 4 мақалада, халықаралық ғылыми - практикалық конференциялардың 7 тезисінде жарияланды, оның ішінде 5 шетелдік (2 Scopus деректер базасында индекстелген), Қазақстан Республикасының 2 инновациялық патенті.