

## АНДАТПА

**6D071800 - «Энергетика» мамандығы бойынша, философия ғылымдарының докторы (PhD) ғылыми дәрежесін алуға ұсынылған Исабеков Даурен Джамбуловичтің «Геркондағы ресурс үнемдейтін ақауларың диагностикасы мен ток қорғауларды жасау» тақырыбындағы диссертациясы**

### **Өзектілігі**

Электр энергетикасының түбегейлі шешілмеген мәселелерінің бірі ірі энергетикалық жүйелер (СIGRE) туралы халықаралық конференцияларда бірнеше рет айтылған дәстүрлі ток трансформаторларын (ТТ) пайдаланбай жоғары вольтты қондырғылар үшін релелік қорғаныс құрылысы болып саналады. Қазіргі трансформаторлар өте металды және көлемді, қымбат оқшаулау және басқа да кемшіліктерге ие. С. Торайғыров атындағы ПМУ-да профессор Клецель М.Я. және оның көптеген оқушылар мен, сондай-ақ ресейліктер Горюнов В.Н., Гуревич В.И. және Шоффа В.Н. бірнеше ондаған жылдар бойы магниттік басқарылатын контактілерінде-геркондарда ТТ қолданбай қорғаныстар жасалды. Геркондары басқа магниттік сезімтал элементтермен салыстырғанда релелік қорғаныс үшін маңызды бірқатар артықшылықтарға ие болғандықтан таңдалды. Қазіргі дифференциалды, дифференциалды-фазалық және қашықтықтан қорғауды құру принциптері әзірленді (Мәскеу журналдарында және Scopus мәліметтер базасында 100-ден астам патенттер мен 30 жарияланымдар алынды). Алайда, бірқатар электр қондырғыларында қоршау салу үшін геркондар пайдалану, оларды қауіпсіз алшақтық қасына орнату, реленің параметрлері мен қорғаныс параметрлерін есептеу, олардың сезімталдығын, өнімділігі мен сенімділігін бағалау мүмкіндігі туралы сұрақтар қаралмады. Ал геркондар дамыған құрылғылар, ақаулардың немесе функционалдық сынақтардың диагностикасымен толық қамтамасыз етілмеген, дегенмен қазіргі уақытта релелік қорғаныс технологиясында сенімділікті арттыру әдісі міндетті болып саналады.

Бұл жұмыста 6-10 кВ электр тарату қондырғыларымен қоректенетін электр қондырғыларының қамысты ток қорғанысын жасау кезінде туындаған мәселелерді шешуге әрекет жасалады. Бұл қондырғылар электр энергетикасында өте кең таралғандығына байланысты таңдалады.

**Зерттеу нысаны** - электр қондырғыларының релелік қорғанысы.

**Зерттеу пәні** - 6-10 кВ электр тарату қондырғыларында электр қондырғыларының ақаулық диагнозымен қоректендірілген қамыс қорғанысы.

Диссертация тақырыбының жалпы ғылыми (мемлекеттік) бағдарламалармен байланысы. Жұмыс СIGRE халықаралық ұйымының В5 «Релелік қорғаныс және автоматика» халықаралық (Еуропалық) ғылыми-зерттеу комитетінің ғылыми бағыттарына сәйкес, сондай-ақ «Ғылымды дамыту» бюджеттік бағдарламасы аясында «Ғаламдық бәсекеге қабілетті ресурстарды үнемдеу құру» жобасының «Зерттеулерді гранттық қаржыландыру» кіші бағдарламасы аясында жүргізілді. «Электрмен жабдықтау

жүйелерінің релелік қорғанысы», Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің «Ғылым қоры» АҚ қаржыландырады.

Жұмыстың мақсаты 6-10 кВ электр қондырғыларында ақаулық диагнозымен қамыс қосқыштың ресурс үнемдеуші тогын дамыту.

**Мақсатқа жету үшін келесі міндеттер қойылып, шешілді:**

1 Ақауларды сынау диагностикасы, реле және кері тізбектегі ток сүзгісі бар қамыс қосқыштарындағы шуылға төзімді шамадан тыс ток релесінің құрылысы, ақаулардың функционалды диагностикасы.

2 Кернеуі 6-10 кВ коммутациялық жасуша ішіндегі магнит өрісінің индукциясының шамасын анықтау, оны есептеулерде қолдану үшін Био-Савард-Лаплас формуласына енгізу үшін қажетті коэффициент.

3 Коммутациялық қондырғыда орнатылған қамыс контактілі шамадан тыс токтың қорғанысының және кері тізбектегі ток сүзгісінің параметрлерін таңдау әдістерін жасау.

4 МТЗ параметрлерін қашықтықтан басқаруды қамтамасыз ететін, 6-10 кВ тарату электр берілістерінің шиналарына жақын бекіту құрылымдарын жасау.

5 Сезімталдықты, өнімділікті және тиімділікті бағалау, қамыс қосқыштарында максималды ток қорғауы.

**Ғылыми ережелердің, тұжырымдар мен ұсыныстардың дұрыстығы мен сенімділігі:** релелік қорғаудың фундаменталды ережелерін, электротехниканың теориялық негіздерін және механизмдер мен машиналарды жобалау негіздерін, сонымен қатар 6-10 кВ тарату қондырғыларындағы далалық тәжірибелерді сауатты қолдану арқылы расталады. Scopus негізінде импакт-факторы 4 бар журналда жариялау түріндегі геркон мен тестілеудің дамыған релесімен, Қазақстан Республикасының 3 патентімен, Ресей Федерациясының 3 патентімен және 3 конференцияда баяндама жасайды, олардың бірі шетелдік.

**Жұмыстың ғылыми жаңалығы:**

1. Қамырды ауыстырып-қосқыштарда қалқандар салу теориясы жасалды:

- а) 6-10 кВ әртүрлі таратқыштардың ішіндегі әртүрлі режимдер мен нүктелердегі магнит өрістерінің индукциясын өлшеуге негізделген. электрлік қондырғылардағы интерфазалық қысқа тұйықталуларды анықтауға олардың мәні жетерліктей екендігі дәлелденді және осы индукциялардың қарастырылатын коммутация ішіндегі қамыс қосқышының жағдайына тәуелділігі анықталды;
- б) егер оларды есептеу үшін био-Савард-Лаплас заңының қарапайым формуласын қолдануға болатындығы көрсетілген, егер оған осы қондырғыдағы тәжірибелер нәтижесінде алынған коэффициент қоссақ;
- в) 6-10 кВ тарату қондырғыларындағы қамыс қосқыштарындағы МТЗ параметрлерін есептеу процедурасы жасалды, ол осы формуланы қолдана отырып, белгілі болғаннан айырмашылығы және таратқыштың металл бөліктеріндегі токтардың кедергілерінің әсерін ескереді;
- г) қамыс қосқыштарындағы ұсынылған кері ток сүзгісінің параметрлерін есептеу әдісі;
- д) шығыс тізбегін блоктау кезінде қамысты ауыстырып-қосқышты басқару

орамасына ток беруден тұратын токтың қорғанысын сынау және функционалды диагностикалау әдісі ұсынылған.

2. Сынақ диагностикасы бар бір максималды реле, ал екіншісі функционалды диагностика, сонымен қатар ток қорғанысының жұмысының параметрлерін қашықтықтан басқару мүмкіндігі бар таратқыш шиналардың жанында қамыс қосқышты орнатуға мүмкіндік беретін екі құрылғы жасалды және патенттелді. Біріншісі белгілі орамалардан басқару орамасының және іске қосу батырмасының, екіншісінде конденсаторлар мен аралық релелердің болуымен ерекшеленеді. Үшіншісі - белдік жетегі бар сатылы электр қозғалтқышының болуы, төртіншісі - екі бағытта қозғалатын қамыс қосқыштары мен табақшалары бар қораптар.

#### **Жаңа ғылыми нәтижелер:**

1. Коммутатор ішіндегі магнит өрісінің индукциясының мөлшері 6-10 кВ екендігі дәлелденді. электр қондырғыларындағы қамыс қосқыштардың көмегімен интерфазалық қысқа тұйықталуларды анықтауға жеткілікті.

2. Қаралып жатқан коммутация ішіндегі магнит өрісінің индукциясын есептеу үшін, егер оған жүргізілген эксперименттер нәтижесінде алынған түзету коэффициентін енгізсе, Био-Савард-Лаплас заңын қарапайым формада жазуға болады.

3. Электр қондырғыларына арналған қамыс қосқыштардағы MTZ параметрлерін таңдау және аталған сүзгінің параметрлерін есептеу әдістері жасалды.

4. Ақаулардың функционалды диагностикасы және сынақтары бар жоғарыда аталған екі кернеу релесі және оларды бекітуге арналған екі дизайн жасалды.

#### **Ғылыми нәтижелердің практикалық маңыздылығы:**

1. Сынақтары бар ток трансформаторларын және ақаулардың функционалды диагностикасы бар релелерді қолданбай, қамыс қосқыштарындағы ресурстарды үнемдейтін ток релесі жасалды, бұл олардың көмегімен орындалған ағымдағы қорғаудың сенімділігін арттырады.

2. Сынақ диагностикасы ұсынылған реле қысқа мерзімді кедергілермен және байланыстардың жабысқанымен жұмыс істей алмайды және функционалды ақаулар диагностикасы бар кері тізбектегі ток сүзгісі болады, оны ерекше сезімтал және сенімді ток қорғанысын жасауға пайдалануға болады.

3. Кернеуі 6-10 кВ болатын коммутациялық қондырғыдағы қамыс қосқыштардағы MTZ параметрлерін есептеудің өзіндік және көрші қосқыш қондырғыларындағы металл бөліктеріндегі токтардың кедергілерінің әсерін және аталған сүзгіні есептеу әдісін әзірлеу рәсімі жасалды.

4. Коммутациялық қондырғылар үшін қашықтан басқарылатын қамыс қосқыштардағы MTZ құрылғысы құрылды, бұл электр қондырғысын өшірмей жұмыс параметрлерін реттеуге мүмкіндік береді.

#### **Жұмыстың практикалық құндылығы.**

1. 6-10 кВ комплекттік тарату қондырғының ішіндегі магнит өрістерінің индукциясы екендігі дәлелденді. Ағымдық қорғаудағы қамыс қосқыштардың жұмысы үшін жеткілікті және осы индукцияларды есептеу үшін алынған коэффициентті енгізе отырып Био-Савар-Лаплас заңының формуласын қолдануға болады.

2. Геркондағы дамыған шамадан ток релелер белгілі болғанға қарағанда анағұрлым жетілдірілген, өйткені олардың артықшылығы бар, біреуі ақаулар жағдайында қарапайым сынақ диагнозының болуымен, екіншісі қысқа мерзімді ақаулар жағдайында жұмыс істемеуімен, үшіншісі функционалды диагностиканың болуына байланысты.

3. Геркондарды орнатуға арналған дизайн электр қондырғысын ажыратпастан және жауап беру параметрлерін реттеуге мүмкіндік береді.

4. МТҚ параметрлерін әзірленген реледе есептеудің ұсынылған әдісі бізге коммутациялық қондырғы ішіндегі қамыс қосқыштарды орнатудағы қателіктерді және қорғалған және іргелес қосылыстар фазаларындағы токтардың әсерін және, ең бастысы, олардың металл бөліктеріне индукцияланған токтардың әсерін ескеруге мүмкіндік береді.

5. Ақаулық диагнозы бар теріс тізбектегі ток сүзгісін есептеу әдістемесі оларды жүзеге асыруды жеңілдетеді.

#### **Қорғауға ұсынылады:**

1. Тестік және функционалды ақаулардың диагностикасы мен екі максимал ток релелері.

2. Магнит өрісінің индукциясын есептеу үшін формула, осы индукциялардың коммутация ұяшығындағы геркон жағдайына тәуелділігі.

3. Параметрлерді есептеу әдістері: а) 6-10 кВ тарату құрылғыларының максималды қорғанысы, индукцияны есептеу формуласын қолдану және көрші ұяшықтарының кедергі әсерін ескеру; б) ақаулық диагностикасы бар кері тізбектегі ток сүзгісі.

4. Геркондағы ток қорғанысын тестік және функционалды диагностика әдісі, сонымен қатар таратқыш қондырғыларының шиналарына жақын жерде герконды орнатуға арналған екі құрылғы.

Жұмыс нәтижелерін енгізу. «ПРЭК» АҚ (Павлодар қ.) электр тарату қондырғысында ағымдағы қорғаныс құралын енгізуге келісім алынды.

**Жұмыстың сыналуды.** Диссертацияның негізгі ережелері «XVIII Сәтпаев оқулары» Халықаралық ғылыми конференциясында (Павлодар, 2017 ж.), «Х Торайғыров оқулары» (Павлодар, 2018 ж.), «Ғылымның өзекті мәселелері» 47-ші Халықаралық ғылыми-практикалық конференциясында (Мәскеу, 2019) баяндалды.

**Жарияланымдар.** Зерттеу нәтижелері 11 ғылыми жұмыста жарияланды: Scopus мәліметтер базасына енгізілген журналдағы бір мақала: ККСОН ұсынған жарияланымдарда 7 мақала, оның ішінде Қазақстан Республикасының өнертабысына 3 патент, Ресей Федерациясының өнертабысына 3 патент, оның ішінде 2 «Web of Science» базасына енгізілді; 3 халықаралық ғылымконференция материалдары, соның ішінде 1 шетелдік конференция

материалдары. Бірлескен авторлық басылымдарда өзіндік жеке үлесі 80% құрайды, ал мақалада [55] - 30%.

**Диссертацияның құрылымы мен көлемі.** Диссертация кіріспеден, үш бөлімнен, қорытындыдан және төрт қосымшадан тұрады. Жұмыс компьютерлік мәтіннің 95 бетінде, 45 суреттен тұрады. Пайдаланылған дереккөздердің тізімі 73 тармақтан тұрады.

**Бірінші тарауда** «Қолданыстағы қорғаныстарды талдау» ферромагниттік өзегі бар трансформаторлардан алынған дәстүрлі қорғаныс, ток трансформаторлары жоқ әртүрлі түрлендіргіштердегі ток қорғаныстары, магниттік ток трансформаторлары, роговски датчиктері, магнеторезисторлар, магнитодиоттар және магнетотрансисторлар, холл датчиктері және индукциялық орамалар туралы. Геркон электр жүйелерінің элементтерінің ағымдағы қорғанысы толық сипатталған. Релелік қорғаныс үшін геркон маңызды артықшылықтары көрсетілген. Олардың артықшылығы басқа магнитті сезімтал элементтермен салыстырғанда берілді. Олар 6-110 кВ электр қондырғыларының релелік қорғанысында пайдалану үшін жеткілікті сезімталдыққа ие екендігі көрсетілген. Параметрлерді таңдау арқылы геркон максималды токтың қорғанысы ұсынылған, өздігінен және әртүрлі кедергілерден назар аударылған. Геркон қорғау әдістері, оның ішінде релелік тізбектер мен оларды бекітуге арналған құрылымдар көрсетілген. Релелік қорғаныс үшін тесттік және функционалдық ақаулар диагностикасы маңыздылығы атап өтілген. Ақаулық диагностикасы бар кейбір тізбектерге талдау жасалады. Тараудың тұжырымдары зерттеу барысында тесттік және ақаулардың функционалды диагностикасы бар және комплекттік тарату қонғыларында қарапайым токтың қорғаныс құрылғыларын жасауға және ауыспалы тордың ішіндегі магниттік өрістердің таралуын анықтауға ерекше назар аудару керектігін көрсетеді.

**Екінші тарауда** «Ақаулық диагностикасы бар геркондық токтың қорғаныс тізбектерін және тарату қондырғыларын 6-10 кВ ішінде оларды орнатуға арналған құрылымдарды құру», тесттік диагностикасы бар геркондағы ресурстарды үнемдейтін ток релелері қарастырылған: импульстік есептегіш және тесттік диагностикасы бар релелік тізбек, сынақ диагностикасы жоқ релелік тізбек. қысқа мерзімді кедергілермен және байланыстарды жабыстырумен қажетсіз жұмыс істеу. Тесттік диагностикасы түймені басу арқылы және геркон орамасына айнымалы ток қолдану арқылы жүзеге асырылады (электр қондырғысының шинасының астында орнатылған).

Геркон және басқа реле іске қосылған кезде кернеудің толқындық құрылымы бар шуылға төзімді реленің зертханалық қондырғысында жасалған эксперименттік тексерудің нәтижелері келтірілген. Функционалды диагностикасы бар геркон ток қорғау құрылғыларының тізбектері талданады. Электр тізбегінің ерекшелігі - ол әр 2 минут сайын тесттік сигналын береді. Геркон мен индуктивтік орамен кері тізбектегі токтар фильтрінің функционалды диагностикасы бар схема ұсынылған. Белгілі сүзгінің тізбегі қайталанады және

екі орамасы бар бір геркон пайдаланып, электр қондырғысының шиналарының астына орнатылған сүзгінің екі герконбасқару орамындағы кернеуді басқарады.

6-10 кВ тарату қондырғыларында қамыс қосқыштарын орнатудың ұсынылған конструкциялары сипатталған. Конструкциялардың біреуінің ерекшелігі - оны қорғаныс параметрлерін автоматты түрде түзету үшін қолдануға болады, ал екіншісі - шиналарға қатысты герконды екі бағытқа жылжыту үшін. Кері тізбектегі ток сүзгісінің прототипінің коммутациялық шиналар маңында орналасуының фотосуреті ұсынылған. Қорытындылар ақаулық диагностикасы бар геркон жасалған реле қарапайым, тиімді және жеткілікті жылдамдыққа ие екендігін көрсетеді.

**Үшінші тарауда** «Қорғаныс параметрлері дамыған релелік және кері тізбектегі ток сүзгісі» 6-10 кВ тарату құрылғысында магнит өрістерін есептеу ерекшеліктері берілген. Осы мақсаттар үшін Био-Савар-Лаплас заңын тәжірибе жүзінде алынған коэффициенттерді енгізе отырып қарапайым түрде қолданған жөн екендігі көрсетілген. Самара мемлекеттік техникалық университетінде жүргізілген электр таратқыштарда магниттік өрістерді есептеу үшін Био-Савар-Лаплас заңын қолдану тәжірибелерінің нәтижелері талданады. Қазақстанда кеңінен таратылатын электр таратқыштардың жасушалары сипатталған, олардың арасында магнит өрісінің индукциясының таралуын анықтау үшін тәжірибелер жүргізілген.

Олардың релелік қорғанысты құру үшін олардың (индукцияның) мөлшері жеткілікті екендігі көрсетілген. Тәжірибелік қондырғы қарастырылады. Өртүрлі кедергілердің әсерін бағалайтын коэффициенттер, соның ішінде көрші тарату қондырғыларындағы токтар тудыратын коэффициенттер анықталған.

Тарату қондырғыларында натурлық эксперименттер жүргізу үшін ұсынылған әдістемесі келтірілген. МТҚ параметрлерін геркондағы дамыған релемен таңдау әдістемесі және таңдау мысалы келтірілген. Көршілес тарату қондырғыларың әртүрлі қысқа тұйықталу жағдайында зерттеулерде магнит өрістерінің индукциясының шамасын анықтауға ерекше көңіл бөлінеді.

Үшбұрыштың шыңдарында және көлденең орналасуында қорғалған электр қондырғысының фазаларын орналастырумен кері тізбектегі токтардың сүзгі параметрлерінің есебі келтірілген. Бұл жағдайда нөлдік тізбекті токтардың болмауын қамтамасыз ететін координаттарды таңдауға ерекше назар аударылады. Көлденең фазалық орналасуы бар кері тізбектегі токтардың фильтрін эксперименттік зерттеулер сипатталған, бұл толқындардың жұмыс істеуін растайды. Импульстік есептегіш релесі бар ағымдағы қорғаныс құрылғысын енгізу және параметрлерді автоматты түрде реттеу жылына 902 мың тенге экономикалық тиімділік әкелуі мүмкіндігін көрсетілген. Қорытындылар әр түзеткіш үшін түзету коэффициенттерін экспериментальды түрде анықтау керектігін көрсетеді, ал магнит өрістерінің таралуын анықтайтын әзірленген әдістеме әр таратқыш құрылғыларға ұсынылуы мүмкін.

#### **Жұмыстың нәтижелері:**

Жұмыстағы міндеттер шешілді: ақаулық диагностикасы бар ток релесін, токтың жаңа құрылғылары мен конструкцияларын және геркон кері тізбектегі

токтардың фильтрін есептеу әдістері, сонымен қатар 6-10 кВ электр қондырғылары үшін электр қондырғылары үшін ұяшық ішіндегі магнит өрісінің таралуын эксперименталды зерттеу. Жұмыстың нәтижелері:

1 Геркондағы қорғаныс теориясы жасалды:

а) әр түрлі режимдегі және 6-10 кВ таратқыштың ішіндегі нүктелердегі магнит өрісінің индукциясын өлшеуге негізделген. электрлік қондырғылардағы интерфазалық қысқа тұйықталуларды анықтауға олардың мәні жетерліктей екендігі дәлелденді және осы индукциялардың қарастырылатын коммутация ішіндегі геркон жағдайына тәуелділігі анықталды;

б) егер оларды есептеу үшін Био-Савар-Лаплас заңының қарапайым формуласын қолдануға болатындығы көрсетілген, егер оған осы қондырғыдағы тәжірибелер нәтижесінде алынған коэффициент қоссақ;

в) 6-10 кВ тарату қондырғыларындағы геркондағы МТҚ параметрлерін есептеу әдістемесі жасалды, ол осы формуланы қолдана отырып, белгілі болғаннан айырмашылығы және таратқыштың металл бөліктеріндегі токтардың кедергілерінің әсерін ескереді;

г) геркон ұсынылған кері ток сүзгісінің параметрлерін есептеу әдісі;

д) шығыс тізбегін блоктау кезінде геркондағы басқару орамасына ток беруден тұратын токтың қорғанысын тестік және функционалды диагностикалау әдісі ұсынылған.

2 Тестік диагностикасы бір максималды реле жасалды және патенттелді, екіншісі функционалды, сонымен қатар ток қорғанысы жұмысының параметрлерін қашықтан басқару мүмкіндігі бар қосқыштың жанында геркон орнатуға мүмкіндік беретін екі құрылғы бар.