**АННОТАЦИЯ**

**Мұсаев Жасұлан Бақытжанұлының 6D071800 – "Электр энергетика" мамандығы бойынша философия (PhD) докторы дәрежесін алу үшін ұсынылған "Жалпы қабықтағы фазалардың ток өткізгіштерімен электр қондырғыларының қорғанысын әзірлеу" диссертациясы**

**Өзектілігі**

Ток трансформаторларына (ТТ) мұқтаж емес релелік қорғаныс (РҚ) құрылғыларын құру міндеті ХХ ғасырдың 60-жылдарынан бастап өзекті болып саналады. Қазіргі уақытта CIGRE жоғары кернеулі үлкен электр жүйелері жөніндегі Халықаралық Кеңес оны әлемдік энергетикадағы шешілмеген мәселелердің бірі деп санайды [5]. Жарияланымдарды талдау және патенттік зерттеу көрсеткендей, оны шешудің бір жолы индукторлардың негізінде қорғаныс құру болып саналады. Бұл бағыттың дамуына И.М. Сирота, М.Я. Клецель, А.Н. Новожилов, В.В. Бороденко және т.б. үлес қосты. Индуктивті катушкалар (ИК) негізінде симметриялық құраушы токтардың сүзгілерін құру, генератордың дифференциалды қорғанысы, электролиз және кен термиялық өндірісінің электр қондырғыларының ток қорғанысы, үш орамалы трансформаторларды қорғау қағидаттары әзірленді. Бұл ретте жалпы қабықтағы фазалары бар жиынтық ток өткізгіштері бар Электр қондырғыларының ИК қорғанысын құру мәселесі әлі қаралған жоқ. Сондықтан осы электр қондырғыларының қорғанысын (ЭҚ) әзірлеу өзекті болып табылады.

**Зерттеу объектісі** ток трансформаторларын қажет етпейтін электр қондырғыларын релелік қорғау болып табылады.

**Зерттеу пәні** – кернеуі 6/10 кВ жиынтық ток өткізгіштері (ЖТӨ) бар электр қондырғыларының максималды ток қорғанысы.

**Диссертация тақырыбының жалпы ғылыми (мемлекеттік) бағдарламалармен байланысы.** Жұмыс CIGRE "релелік қорғау және автоматика" В5 зерттеу комитетінің ғылыми бағыттарына сәйкес орындалды.

**Мақсаты** – жалпы қабықтағы фазалық ток өткізгіштері бар электр қондырғылары үшін индуктивтілік катушкаларында ток қорғанысын құру.

**Міндеттері:**

- ток өткізгіштердің сыртқы қабығындағы магнит өрісі индукциясының шамасын зерттеу;

- ток өткізгіштің қабығындағы нүктелерді анықтау, онда ИК орнату қажет;

- олардың негізінде максималды ток қорғанысын жасау;

- ток өткізгіштердің сыртқы қабығына ИК бекіту үшін модельдерін жасау.

**Зерттеу нәтижелерінің негізділігі мен сенімділігі**: жоғары математика негіздерін сауатты қолдану, сапалы жүргізілген табиғи эксперименттер мен модельдеу, сондай-ақ БҒССҚК ұсынған тізімдегі журналдардағы жарияланымдар.

**Жұмыстың ғылыми жаңалығы:**

1. ЖТӨ бар ЭҚ үшін А, В, С фазаларына жақын ток өткізгіштің қабығында орналасқандығымен ерекшеленетін үш ИК негізінде ток трансформаторларын пайдаланбай МТЗ әзірленді.

2. Көрсетілген МТҚ префиксі жасалды, ол осы үш ИК терминалдарына бағытталған әрбір екі электр қозғаушы күш (ЭМӨ) арасындағы айырмашылықты бақылау арқылы екі фазалы қысқа тұйықталуға жоғары сезімталдыққа ие.

3. Тәжірибелер мен модельдеу нәтижелерін қолдана отырып, көп жағдайда MTZ іске қосу параметрін таңдағанда, егер сіз жоғарыда келтірілген әдістеме бойынша есептелген координаттары бар нүктеге ИК орнатсаңыз және биіктігі h=5÷25 см және қабырға қалыңдығы d=2÷4 мм Электрлік болаттан жасалған цилиндрлік экранды қолдансаңыз, көрші ток өткізгіштегі токтардың кедергісін ескермеуге болатындығы дәлелденді ЖТӨ қабығын қамтитын.

**Жұмыстың жаңа ғылыми нәтижелері:**

1. Теориялық тұрғыдан қорғалатын ЭҚ ток тізбегінің фазасына, оның көрші фазаларындағы токтарға қарама-қарсы орнатылған ИК бойлық осі бойымен әрекет ететін индукцияға әсерін ескеретін коэффициентті есептеу формуласы шығарылды.

2. Индуктор қондырғысының координаттарын анықтау әдісі әзірленді және эксперименталды түрде сыналды, ол белгілі токтардың геометриялық пішінін, қабықтың болуын және оның ішіндегі шиналардың орналасуын ескеретіндігімен ерекшеленеді.

3. Толық ток өткізгіштің қабығына индукторларды бекітуге арналған дизайн модельдері жасалды және патенттелді.

4. Тәжірибелер мен компьютерлік модельдеу негізінде МТҚ-ны ИК-ге және оның префикстеріне арналған параметрлерді таңдау әдісі жасалды, ол сыртқы МӨ-ті қорғалған ЭҚ ток сымының қабығымен бұрмалауды ескеруден ерекшеленеді.

**Ғылыми нәтижелердің практикалық маңыздылығы:**

1. Көрші ток сымы болған кезде және онсыз ток сымының қабығына ИК орнату бойынша ұсыныстар берілді.

2. Қорғалатын электр қондырғысының (ЭҚ) көршілес фазаларындағы токтардың әсерін ескеретін коэффициент жеке ток өткізгіші бар ЭҚ үшін ИК-да әзірленген МТҚ іске қосу қондырғысын есептеуді жеңілдетуге мүмкіндік береді.

3. КИ бойлық осі бойымен әрекет ететін, қорғалатын ЭҚ ток өткізгіштің шиналарындағы токтармен құрылған магнит өрісінің (МӨ) индукциясын Био-Савар-Лаплас заңы бойынша (жазудың қарапайым түрі) эксперименттік және модельдеу арқылы алынған енгізу арқылы есептеуге болатындығы, оның қабығының экрандау коэффициенті және түзету коэффициенті, ал көрші ток өткізгіштегі токтардан индукция - өрістің көрсетілген қабықпен бұрмалануын ескеретін коэффициентті енгізу арқылы дәленденді.

**Жұмыстың практикалық құндылығы:**

1. ИК-да әзірленген МТҚ екі фазалы КЗ-ға жоғары сезімталдығы бар, ТТ пайдаланбай, КЗ-дан үш фазалы жиынтық ток өткізгіштері бар ЭҚ қорғанысын құруға мүмкіндік береді.

2. Жасалған құрылымдар Индуктивті катушкаларын ток өткізгіштің қабығының бетіне орналастыруға және қорғаныс параметрін реттеуге мүмкіндік береді.

**Қорғауға ұсынылады:**

- жалпы қабықтағы фазалары бар жиынтық ток өткізгіштері бар электр қондырғылары үшін Индуктивті катушкаларындағы (ИК) максималды ток қорғанысы;

- компьютерлік модельдеу және натуралық эксперименттер негізінде ток өткізгішінің сыртына бекітілген ИК-ға әсер ететін МӨ зерттеулерінің нәтижелері;

- ток өткізгіштердің қабықтарына Индуктивті катушкаларын бекітуге арналған құрылымдар.

**Жұмыстың апробациясы.** Диссертацияның негізгі ережелері университеттің "Электр энергетикасы" кафедрасының отырысында баяндалды.

**Жарияланымдар**. Зерттеу нәтижелері 5 ғылыми еңбекте жарияланды, оның ішінде: Комитет ұсынған басылымдардағы 5 жарияланым, оның ішінде Web of Science базасына кіретін Қазақстан Республикасының 1 патенті, Ресей Федерациясының 2 патенті, журналдардағы 2 мақала. Жарияланымдарда ізденушінің жеке үлесі 45 - тен 70% - ға дейін.

**Диссертацияның құрылымы мен көлемі.** Диссертация кіріспеден, үш бөлімнен, қорытындыдан және қосымшадан тұрады. Жұмыс компьютерлік мәтіннің 73 бетінде көрсетілген, 44 суреттен тұрады. Пайдаланылған әдебиеттер тізімі 60 атаудан тұрады.

**Бірінші тарауда** "Дәстүрлі ток трансформаторларын пайдаланбайтын релелік қорғаныстарды құру бойынша ұсыныстарға шолу" магниттік сезімтал датчиктер негізінде ресурстарды үнемдейтін қорғаныстарды құру және олардың кемшіліктері туралы белгілі ұсыныстар қарастырылған. Бұл атап өтілді:

1. ТТ-ға мұқтаж емес ресурстарды үнемдейтін релелік қорғаныс құрылғыларын құру мәселесі шешілмеген күйінде қалып отыр, өйткені қазіргі уақытта мұндай құрылғылар әлі жаппай шығарылмайды.

2. Бірі магнитке сезімтал датчиктер пайдаланылуы мүмкін ретінде ток трансформаторының Индуктивті катушка болып табылады, өйткені оның басқа элементтерге қарағанда кейбір елеулі артықшылықтары бар.

3. Магниттік сезімтал элементтер негізінде әртүрлі электр қондырғыларының қорғанысын құру бойынша бірқатар ұсыныстар бар. Алайда, жалпы қабықта үш фазалы толық ток өткізгіштері бар электр қондырғыларын қорғау әзірленбеген.

**Екінші тарауда** "Жабық жиынтық ток өткізгіштің үш фазасына ортақ қабықшаның сыртындағы магнит өрістерін зерттеу" Ansys Maxwell бағдарламасында натуралық эксперименттер мен компьютерлік модельдеудің нәтижелері ұсынылған, сондай-ақ ток өткізгіштердің конструкциялары және олардың қолданылу саласы қарастырылған. Бір ток өткізгіштің қабығында Индуктивті катушкаларын (ИК) орнату нүктелерін таңдау бойынша ұсыныстар берілген. Көрші ток сымы болған кезде ИК бекіту нүктелерінің координаталарын есептеу әдісі ұсынылған, бұл оның қабықтары мен шиналарындағы ИК токтарының әсерін 7,2 есе азайтуға мүмкіндік береді. Эксперименттік және модельдеу көмегімен био-Савар-Лаплас Заңының қарапайым формуласы бойынша ИК-ға әсер ететін магнит өрістерінің индукциясын есептеуге мүмкіндік беретін коэффициенттер анықталды. ИК-ны сыртқы магнит өрістерінен қорғау үшін экранның пішіні мен жалпы өлшемдері ұсынылған.

Тарау бойынша тұжырымдарда мыналар көрсетілген:

1. Қорғалатын ЭУ ток өткізгіштің шиналарындағы токтардан МП индукциясын есептеу үшін Био-Савар-Лаплас Заңының формуласына kпр=1,4 түзету коэффициентін және kэ=0,14÷0,22, қабықшасының экрандау коэффициентін, ал көрші ЭҚ – дегі токтардан қорғалған ЭҚ ток өткізгішінің қабықшасының болуымен МӨ бұрмалануын ескеретін k1 коэффициентін енгізу қажет.

2. Жеке төселген ток өткізгіште ИК А, В, с фазаларына қарама – қарсы, ал көрші болса-ұсынылған әдістеме бойынша есептелген координаттары бар нүктелерде орналастыру ыңғайлы.

3. Электрлік болаттан жасалған экранды биіктігі 5-25 см және қабырғасының қалыңдығы 2-4 мм қуыс цилиндр түрінде қолданған жөн, сонымен бірге ол сыртқы МП индукциясын 1,2-12 есе, ал қорғалған ток өткізгіштегі МП индукциясын 10-16% төмендетеді.

**Үшінші тарауда** "Жалпы қабықтағы үш фазалы электр сымдары бар электр қондырғыларына арналған Индуктивтітің катушкаларындағы ток қорғанысы" жұмыс параметрлерін және максималды ток қорғанысының (MTҚ) моделін және екі фазалы қысқа тұйықталуларға жоғары сезімталдығы бар оның префикстерін таңдау әдісі қарастырылған. Соңғысы ИК-ға келтірілген ЭМӨ-нің абсолютті мәндерінің айырмашылықтарын бақылау арқылы қамтамасыз етіледі. ИК ток өткізгішінің қабығында қосымша орнатылған қоректенуді алатын автономды қорғау моделі ұсынылған. Қандай жағдайларда MTҚ іске қосу параметрін кедергілерді ескерусіз таңдауға болады, оны дәстүрлі қорғаныс сияқты тек өздігінен іске қосу тогынан қалпына келтіруге болады.

Ток өткізгіштің қабығына ИК бекітуге арналған конструкциялар ұсынылған. Олардың екеуі бір ток өткізгішке арналған, ал үшеуі жақын жерде екінші болған жағдайда. Соңғысы кеңістіктегі ИК орнын өзгертуге мүмкіндік береді.

Тарау бойынша тұжырымдар келесідей: ұсынылған MTҚ көп жағдайда дәстүрлі сияқты сезімталдыққа ие, бірақ 6 есе жеңіл; оған префикс екі фазалы қысқа тұйықталуларға қорғаныс сезімталдығын арттыруға мүмкіндік береді; әзірленген конструкциялар қарапайым және ИК-ні ток сымының қабығындағы кез-келген жерде бекітуге мүмкіндік береді.

Жұмыс нәтижелері келесідей:

1. Жасалған эксперименттік қондырғы магнит өрісін жалпы қабықтағы фазалары бар толық ток өткізгіштердің сыртынан зерттеуге мүмкіндік береді. Зерттеулер көрсеткендей, бұл өрісті ток трансформаторларынан ақпарат алмай, Индуктивті катушкаларын (ИК) тікелей ток сымының (ТС) қабығына қою арқылы қорғаныс құру үшін пайдалануға болады. Сонымен қатар, егер ЖТӨ болса, онда ИК-ны жоғарыда аталған әдіс бойынша есептелген координаттары бар нүктелерге, ал егер ол болмаса, онда А, В, С фазаларына қарама-қарсы нүктелерге орнатқан жөн.

2. Био-Савар-Лаплас Заңын білдіретін қарапайым формула бойынша ИК орнату нүктесінде МП индукциясын анықтау үшін оған мыналарды енгізу қажет: а) түзету коэффициенті kпр=1,4 және kэ=0,14÷0,22 қабықшасын экрандау коэффициенті (егер МП қорғалатын электр қондырғысының ЖТӨ шиналарындағы токтармен жасалса); б) егер МӨ көрші ток өткізгіштің шиналарындағы токтармен құрылған болса, қорғалатын ЭҚ ЖТӨ қабықшасымен МӨ бұрмалануын ескеретін k1 коэффициенті (kпр мен kэ-ге қосымша).

3. Әзірленген максималды ток қорғанысы (MTҚ) көп жағдайда дәстүрлі сияқты сезімталдыққа ие, бірақ 3-7,5 есе жеңіл (ток трансформаторларының салмағын ескере отырып). MTҚ префиксі ИК терминалдарында көрсетілген ЭМӨ абсолютті мәндерінің айырмашылықтарын бақылау арқылы екі фазалы қысқа тұйықталуларға жоғары сезімталдықты қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

4. Егер ИК анықталған нүктелерге орнатылса, және k4≤6÷66 кезінде, егер де экранды пайдаланса, МТҚ іске қосу тағайыншамасын көршілес ЖТӨ шиналарындағы токтардың k4≤5÷20 еселенуі кезінде олардың номиналды тогына кедергісін ескермей таңдауға болады. Компьютерлік модельдеу электрлік болаттан жасалған экранды биіктігі 5-25 см және қабырғасының қалыңдығы 2-4 мм қуыс цилиндр түрінде қолданған жөн. МТҚ префикстің жұмыс параметрлерін таңдағанда, кедергілерді ескеру қажет.

5. ИК-ны ток өткізгіштің қабығының сыртына бекітуге арналған конструкциялар әзірленіп, патенттелген, бұл кеңістіктегі орнын өзгерте отырып, олардың терминалдарындағы ЭМӨ мөлшерін реттеуге мүмкіндік береді.