**аңдатпа**

**6D071800 – «Электрэнергетика» мамандығы бойынша философия ғылымдарының докторы (PhD) ғылыми дәрежесін алуға ұсынылған Ризагуль Мегданиятовна Машрапованың «Параллель линияларды қорғау әдістерін өңдеу және оларды геркондармен жүзеге асыру» тақырыбындағы диссертациясына**

**Өзектілігі**

Соңғы онжылдықтарда ресурстарды үнемдеуге бұрынғыдан гөрі көп көңіл бөлінуде, әсіресе Қазақстан мен Ресейде. Релелік қорғаныста ресурстарды үнемдеу тұрғысынан, егер олар ток туралы ақпарат алатын ток трансформаторларын кейбір кішігірім (ток трансформаторларымен салыстырғанда) датчиктеріне ауыстырса, үлкен мүмкіндіктер бар. Осы бағыттағы жұмыстардың ең көп саны геркондармен қорғаныстарды құруға арналған, олар электр қондырғысының ток өткізетін шиналарынан қауіпсіз қашықтықта бекітілген. Бұл бағыт геркондардың басқа магниттік сезімтал элементтерге қарағанда бірқатар белгілі артықшылықтарға ие болуына байланысты дамып келеді. Өңдеулердің басым көпшілігі т.ғ.д. М.Я.Клецельдің басшылығымен және тікелей қатысуымен Торайғыров университетінде жасалды. Қазірдің өзінде бірқатар қорғаныстар әзірленді және олар негізінен қойылатын талаптарды қанағаттандырады. Параллель линияларды қорғауға келетін болсақ, онда жан-жақты патенттік зерттеулер және белгілі журналдардағы жарияланымдардың талдауы көрсеткендей, шиналарға жеке ажыратқыштар арқылы қосылған линиялардың қабылдаушы жағы үшін трансформаторларсыз қорғаныс жасалынбаған, ал қоректендіруші жағы үшін бір ғана ұсыныс бар. Алайда, бұл қорғанысты жүзеге асыру күрделі, қысқа мерзімді кедергілер әсерінен жалған іске қосылуы мүмкін және басқа да кемшіліктері бар. Жоғарыда айтылғандарға сүйене отырып, геркондармен параллель линиялар қорғаныстарын дамыту өзекті болып табылады.

**Зерттеу нысаны** электр беру линияларының релелік қорғауы болып табылады.

**Зерттеу пәні** –кернеуі 6-35 кВ параллель электр беру линияларының релелік қорғанысы.

**Диссертация тақырыбының жалпы ғылыми (мемлекеттік) бағдарламалармен байланысы.** Жұмыс CIGRE халықаралық ұйымының "Релелік қорғау және автоматика" В5 қосалқы комитетінің ғылыми бағыттарына сәйкес орындалды.

**Жұмыстың мақсаты** бір жақты қоректендірумен кернеуі 6-35 кВ параллель линиялардың қоректендіруші және қабылдаушы жақтары үшін ток трансформаторларынсыз геркондармен қорғаныс өңдеу болып табылады.

**Мақсатқа жету үшін келесі міндеттер қойылды және шешілді:**

* параллель линиялардың қорғаныстарын талдау;
* қоректендіруші және қабылдаушы жақтарынан параллель линияларды қорғау тәсілдерін әзірлеу;
* көрсетілген тәсілдерді іске асыратын геркондар негізіндегі қорғау құрылғыларын өңдеу.

**Ғылыми ережелердің, тұжырымдар мен ұсынымдардың негізділігі және дұрыстығы:** пайдаланылған теориялар мен заңдардың негіздерінен туындайтын бастапқы мәліметтердің негізділігімен; сауатты орындалған зерттеулермен; әзірленген әрекет ету қағидасын тәжірибелік тексерумен; Қазақстан Республикасында екі және Ресей Федерациясында үш патент алумен.

**Жұыстың ғылыми жаңалығы**:

1. Аттас фазаларда лездік токтармен берілген мәніне жету ретін бақылауға негізделген, қоректендіру жағынан параллель линияларды қысқа тұйықталулардан қорғау әдісі мен құрылғысы өңделді.

2. Өнеркәсіптік жиіліктің айнымалы тогының алдыңғы оң (теріс) жартылай толқынында берілген шамасына жеткеннен кейінгі белгілі бір уақыттан кейін осы шамадан үлкен немесе тең линиядағы токтың лездік мәнінің бар болуын бақылауға негізделген, қабылдаушы жағынан параллель линияларды қысқа тұйықталулардан қорғау әдісі мен құрылғысы жасалды.

3. Қабылдаушы жағынан параллель линияларды қорғау әдісі жасалды, онда өнеркәсіптік жиіліктегі айнымалы токтың көршілес оң (теріс) жартылай толқындары қарастырылады және линиядағы фазада ток жоғарылағанда оның лездік мәнімен берілген шамаға жету сәттері арасындағы уақыт бақыланады.

4. Қатар орнатылған басқару орамалары бар геркондардың бір-біріне әсерін ескере отырып, қысқа тұйықталулардан параллель линиялар қорғаныстарының іске қосу параметрлерін есептеу мен олардың сезімталдығын бағалау әдістемелері өңделді.

5. Екінші герконның басқару орамасындағы токпен теріс (оң) жартылай толқынға қосымша магнит ағынын жасау арқылы айнымалы токтың оң (теріс) жартылай толқынына герконның іске қосылуын қамтамасыз ету әдісі өңделді, ал екінші геркон осы ағынның әсерінен бірінші герконның шығыс сигналын бұғаттай отырып, контактілерді ашады.

Айнымалы токтың жарты толқындарының бірінде герконның іске қосылуын қамтамасыз ету әдісі өңделді, мұнда басқа жарты толқыныда қосымша магнит ағыны құрылады, және де ол ағын бірінші герконның контактілерін ашатын және шығу сигналын бұғаттайтын екінші герконға әсер етеді.

**Жұмыстың жаңа ғылыми нәтижелері:**

1. Қабылдаушы жағы үшін қорғаныстарды құрудың екі әдісі және қоректендіруші үшін біреуі өңделді (бір жақты қоректендірумен екі параллель линиялардың). Қоректендіруші жағы үшін айнымалы токтың екі жарты толқынында да берілген шамаға аттас фазаларындағы токтың лездік мәндерімен жету ретін бақылау ұсынылған. Қабылдаушы жағы үшін: бірінші әдісте – айнымалы токтың алдыңғы оң (теріс) жартылай толқынында берілген шамасына жеткеннен кейінгі белгілі бір уақыттан кейін осы шамадан үлкен немесе тең линиядағы токтың лездік мәнінің бар болуын бақылау; екіншісінде – линиядағы фазада айнымалы ток көрші оң (теріс) жарты толқынында жоғарылағанда оның лездік мәнімен берілген шамаға жету сәттері арасындағы уақытты бақылау. Әдістер патенттелген.

2. Бір жақты қоректендірумен параллель линиялардың қоректендіруші және қабылдаушы жақтары үшін геркондармен қорғау құрылғылары өңделген. Жартылай өткізгіш элементтерімен схемалар және жұмыс істеу алгоритмдері ұсынылған.

3. Қабылдаушы және қоректендіруші жақтарына, сәйкесінше, каскадты әсер ету аймағының шамасын және геркондармен қорғаныстарды пайдалану аймағын анықтау үшін жаңа формулалар алынды.

4. Геркондардың іске қосылу полярлығын қамтамасыз ету әдісі жетілдірілген – айнымалы токтың жарты толқындарының бірінде герконның шығу сигналын бұғаттау арқылы.

5. Үш және төрт параллель линиялар қорғаныстарының жаңа схемалары өңделді, олардың ерекшелігі, линиялардың аттас фазаларының жанында орнатылған әрбір екі геркондардың іске қосылу уақытының айырмашылығы бақыланады.

**Ғылыми нәтижелердің практикалық маңызы:**

1. Ұсынылған әдістер зақымдалмаған фазалардағы токтардан және максималды жүктеме тогынан бейімделмейтін параллель линиялардың қабылдаушы жағы үшін геркондармен қорларды үнемдеуге арналған қорғаныстарды құруға мүмкіндік береді, ал қоректендіруші жағы үшін – линиялардың барлық жұмыс режимдерінде қорғаныстың дұрыс әрекетін қамтамасыз етеді. Құрылған алгоритмдер электр механикалық, жартылай өткізгіштік және микропроцессорлық элементтер базасында қорғауды жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

2. Әзірленген формулалар мүмкіндік береді: қабылдаушы жағынан қорғаныстың каскадты әсер ету аймағын есептеуге; оның іске қосу параметрін есептемей, сол немесе басқа линияларда қоректендіруші жағынан қорғанысты қолдану мүмкіндігін анықтау.

3. Геркондардың іске қосылуының полярлығын қамтамасыз ету әдісі қабылдаушы жағынан қорғаныстың жұмыс істеу сезімталдығын арттыруға мүмкіндік береді.

**Жұмыстың практикалық құндылығы:**

1. Параллель линиялардың қорғауының өңделген құрылғылары жоғары сапалы мыс, болат пен оқшаулағыш материалдарды үнемдейді және ток трансформаторларын қолданбай геркондардан ток туралы ақпарат алу арқылы өлшемдерді азайтады.

2. Геркондармен параллель линиялар қорғаныстарының іске қосу параметрлерін есептеудің әзірленген әдістемелері шиналардағы токтарды есептеуге мүмкіндік береді және бір фазаның жанында орналасқан басқару орамдары бар геркондардың бір-біріне әсерін ескереді, бұл қорғаудың селективтілігін қамтамасыз етеді.

3. Қабылдаушы жағынан ұсынылған қорғаныстар параллель линиялардың көлденең қорғаныстарын қолдану аймағын кеңейтеді, себебі олардың дәстүрліге қарағанда сезімталдығы жоғары.

**Қорғауға ұсынылады:**

– қоректендіруші жағынан геркондармен екі, үш және төрт параллель линияларды қорғаудың әдісі мен құрылғылары;

– қабылдаушы жағынан геркондармен екі, үш және төрт параллель линияларды қорғаудың әдістері мен құрылғысы;

– герконның іске қосылуының полярлығын қамтамасыз ету әдісі.

**Жұмысты апробациялау.** Диссертацияның негізгі ережелері «XI Торайғыров оқулары» Халықаралық ғылыми-практикалық конференциясында (Қазақстан Республикасы, Павлодар қ., 2019 ж.), «Ғылымның өзекті мәселелері» 60-шы Халықаралық ғылыми-практикалық конференциясында (Ресей Федерациясы, Мәскеу, 2020) және Торайғыров Университетінің «Электр энергетикасы» кафедрасының мәжілісінде баяндалды.

**Жарияланымдар.** Зерттеу нәтижелері 8 ғылыми жұмыста жарияланды, оның ішінде: 5 басылым ККСОН ұсынған басылымдарда, оның ішінде Қазақстан Республикасының 2 патенті, Ресей Федерациясының 3 патенті; Scopus мәліметтер базасына енгізілген халықаралық ғылыми журналдағы бір басылым 38 процентилімен; халықаралық конференциялардың материалдарындағы екі жарияланым. Қосалқы авторлықтағы жарияланымдарда ізденушінің жеке үлесі: Scopus мәліметтер базасындағы мақалада - кемінде 25%; конференциялардағы және патенттердегі басылымдарда - кемінде 65%.

**Диссертацияның құрылымы мен көлемі.** Диссертация кіріспеден, үш тараудан, қорытындыдан, төрт қосымшадан тұрады. Жұмыс компьютерлік мәтіннің 95 бетінде басылған, 44 сурет пен екі кестені қамтиды. Пайдаланылған әдебиеттер тізімі 75 атаудан тұрады.

«Ток және кернеу трансформаторларымен және оларсыз қысқа тұйықталудан параллель линиялардың қорғаныстарын талдау» деген **бірінші тарауында** параллель линиялардың белгілі көлденең қорғаныстары және олардың кемшіліктері қарастырылған. Келесілер анықталды:

1. Параллель линиялардың дәстүрлі көлденең дифференциалды бағытталған қорғанысы жүзеге асыруда оңай, тербелістерге әсер етпейді, бірақ бірқатар кемшіліктерге ие, соның ішінде ток және кернеу трансформаторларынан ақпарат алу. Оның тек ток трансформаторларынан басқа барлық кемшіліктерін жоюға арналған бірқатар қорғаныстар бар.

2. Қорғаныстарды құруда геркондар ток датчиктері ретінде қолданыла алады, өйткені олар релелік қорғаныс үшін маңызды артықшылықтары бар.

3. Олардың негізіндегі белгілі көлденең дифференциалды қорғанысты тек қоректендіруші жағынан ғана қолдануға болады, ол қысқа мерзімді кедергілер кезінде жалған іске қосылады, сондай-ақ орындау нұсқасына байланысты ол жерге қос тұйықталу кезінде зақымданбаған линияны өшіруге сигнал беруі мүмкін немесе зақымдалған желіні каскадты ажырату кезінде жұмыс істемейді, ал жұмыс принципі осы кемшіліктердің көпшілігін жоюға мүмкіндік бермейді.

4. Ток және кернеу трансформаторларын қажет етпейтін параллель линиялардың қорғаныстары қабылдаушы жағы үшін әзірленбеген.

"Параллель линияларды қысқа тұйықталудан (қоректендіру жағынан) қорғау әдісін өңдеу және оны геркондармен іске асыру" деген **екінші тарауында** линиялардың аттас фазаларында токпен берілген мәніне жету ретін бақылауға негізделген қорғаныс әдісі ұсынылған. Әдіске сәйкес қорғаныстың іске қосылу шартының аызша сипаттамасы мен логика алгебрасының символдарында тұжырымдалған. Оны геркондарда іске асыру егжей-тегжейлі қаралды. Бұл ретте геркондардың іске қосылу кезектілігі және олардың іске қосылу арасындағы уақыт бақыланады. Ұсынылған жұмыс принципінің жұмысқа қабілеттілігін дәлелдейтін эксперименттердің нәтижелері ұсынылған. Жартылай өткізгіш және электр механикалық элементтік базаларында орындалған екі, үш және төрт параллель линиялар қорғаныстарының схемалары және микропроцессордың көмегімен іске асыру үшін олардың жұмыс істеу алгоритмдерінің құрылымдық схемалары келтірілген. Әр түрлі режимдерде қорғаныс әрекеттері егжей-тегжейлі қарастырылды.

Қорғаныстың іске қосылу параметрлерін есептеу және оның сезімталдығын бағалау әдістемесі ұсынылған, ол мыналарды ескереді: тіректегі линиялар сымдарының орналасу конфигурациясын (герконға әсер ететін магнит өрістерінің индукциясын анықтау кезінде); Био-Савар-Лаплас Заңын пайдалану кезінде есептеу қателіктерін; екі линияның фазаларындағы токтармен құрылған магнит өрістерінің герконға әсерін. Қорғанысты пайдалану мүмкіндігін анықтауға болатын формулалар ұсынылған.

Қорытындыларда мыналар көрсетілген: а) параллель линияларды қоректендіруші жағынан қорғаудың әзірленген әдісі, белгілі әдістерден айырмашылығы, ТТ мен кернеу тізбегін пайдаланбай, кернеуі 6-35 кВ линиялар үшін әртүрлі магнитті сезімтал элементтерде құруға мүмкіндік береді; б) геркондар негізінде әзірленген қорғаныстар қысқа мерзімді кедергілер кезінде іске қосылмайды және линиялардың әртүрлі жұмыс режимдерінде дұрыс әрекет етеді, ал оларды құру үшін геркондардың іске қосылу уақыты және іске қосылу индукцияларындағы айырмашылық тиісінше 2 мс және 6% - дан аспауы тиіс.

"Параллель линияларды қысқа тұйықталудан (қабылдаушы жағынан) қорғау әдістерін өңдеу және оларды геркондармен іске асыру" деген **үшінші тарауда** қорғаудың екі тәсілі қарастырылған. Біріншісі айнымалы токтың жоғарылауында алдыңғы оң (теріс) жартылай толқынында берілген шамасына жеткеннен кейінгі белгілі бір уақыттан кейін осы шамадан үлкен немесе тең линиядағы токтың лездік мәнінің бар болуын бақылау болып табылады. Екіншісі – линиядағы фазада айнымалы ток көрші оң (теріс) жарты толқынында жоғарылағанда оның лездік мәнімен берілген шамаға жету сәттері арасындағы уақытты бақылау. Бірінші әдіс үшін қорғанысты іске қосу шарты ауызша сипаттама түрінде және логика алгебрасының символдарында тұжырымдалған. Осы әдісті жүзеге асыратын екі және үш параллель линиялар үшін геркондардағы қорғаныс схемалары және олардың жұмыс істеу алгоритмдері ұсынылған. Сондай-ақ айнымалы токтың оң (теріс) жартылай толқынына оның алдыңғы іске қосылуынан кейін белгілі бір уақыт өткен соң герконнан сигналдың болуы бақыланады. Линиялардың әртүрлі жұмыс режимдеріндегі қорғаныс әрекеттері егжей-тегжейлі қарастырылған және көрсетілген.

Герконның іске қосылу полярлығын қамтамасыз ету әдісі ұсынылған, оның белгілі әдістен айырмашылығы, герконға әсер ететін магнит өрісі индукциясының жарты толқынының бірін компенсациялау ғана емес, сонымен қатар осы жарты толқында оның шығу сигналын бұғаттау болып табылады.

Бір фазаға жақын орналасқан басқару орамалары бар геркондардың бір-біріне әсерін ескеретін қабылдаушы жағынан қорғаныстың іске қосылу параметрлерін анықтау әдістемесі қаралды. Қорғаныстың каскадты әсер ету аймағының шамасын анықтауға арналған формула ұсынылған.

 Тұжырымдарда геркондарда екі және үш параллель линиялардың қабылдаушы жағына ұсынылған қорғаныс құрылғылары өнеркәсіп шығаратын құрылғыларға қарағанда аса жоғары сезімталдыққа ие, өйткені олар жүктеменің максималды тогынан бапталмайды және кернеу тізбектерін пайдаланбайды.

**Жұмыс нәтижелері келесілерге әкеледі:**

1. Бір жақты қоректендіруімен параллель линиялардың қабылдаушы жағы үшін қорғаудың екі әдісі, ал біреуі қоректендіруші жағына арналған. Біріншісі –

алдыңғы оң (теріс) жартылай толқынында берілген шамасына жеткеннен кейінгі белгілі бір уақыттан кейін осы шамадан үлкен немесе тең линиядағы токтың бар болуын бақылау; екіншісі – айнымалы ток көрші оң (теріс) жарты толқынында жоғарылағанда линиядағы фазадағы токпен берілген шамаға жету сәттері арасындағы уақытты бақылау, ал үшіншісі – олардың аттас фазаларында токтармен берілген мәніне қол жеткізу тәртібін бақылау. Олар қорғанысты ТТ-сыз, ал қабылдаушы жағы үшін әлемде бірінші рет құруға мүмкіндік береді.

2. ТТ-сыз геркондармен көрсетілген бірінші және үшінші тәсілдерді іске асыратын екі, үш және төрт параллель линияларға арналған қорғау құрылғылары ұсынылған. Олардың барлығы, өнеркәсіп өндірісінен айырмашылығы, линиялардың барлық жұмыс режимдерінде дұрыс әрекет етеді және кернеу тізбектерін пайдаланбайды, ал қабылдаушы жағынан қорғаныстар жоғары сезімталдыққа ие. Геркондардағы ұқсас заттардан айырмашылығы, қоректендіру жағынан қорғаныстар қысқа мерзімді кедергілер кезінде жұмыс істемейді және іске асыруда қарапайым.

3. Қоректендіруші жағынан қорғанысты құру кезінде геркондардың іске қосылу уақыты 0,3-2 мс және іске қосу индукцияларындағы айырмашылық 6%- дан аспауы тиіс. Егер қабылдаушы қосалқы станциясының шиналарындағы қысқа тұйықталудың минималды тогының номиналды жүктеме тогына еселігі 5,2-ден үлкен немесе оған тең болса, ал каскадты аймақтың шекарасындағы қысқа тұйықталудың максималды тогының еселігі біз алған теңсіздікті қанағаттандырса, бұл қорғаныстар қолданылуы мүмкін. Егер жүктеменің минималды тогының амплитудасы 60 А-дан аспаса, онда қабылдаушы жағынан қорғаныстар 35 кВ линияларда қолданылуы мүмкін, ал егер 30 А-дан асса – 10 кВ линияларда. Олардың каскадты әсер ету аймақтарының шамасы әзірленген формула бойынша айқындалады.

4. Ұсынылған қорғау құрылғыларының параметрлерін есептеудің әзірленген әдістемелері геркондар іске қосылатын ЭҚ шиналарындағы токтарды анықтауға және мыналарды ескеруге мүмкіндік береді: бір фазаға жақын орнатылған басқару орамдары бар геркондардың бір-біріне өзара әсерін; тіректегі линиялар сымдарының орналасу конфигурациясын; Био-Савар-Лаплас Заңын пайдалану кезіндегі есептеулердің қателіктерін; екі линияның фазаларындағы токтармен құрылған магнит өрістерінің герконға әсерін.

5. Айнымалы токтың оң (теріс) жартылай толқынына герконның іске қосылуын қамтамасыз етудің әзірленген әдісі теріс (оң) қосымша магнит ағынын жасау есебінен қабылдаушы жағынан қорғаныстың сезімталдығын арттыруға мүмкіндік береді, оның әсерінен екінші геркон бірінші герконның шығу тізбегін үзеді.