

6D071800 – «Электрэнергетикасы» мамандығы бойынша философия докторы(PhD) ғылыми дәрежесін алу үшін ұсынылған «Геркондар мен микропроцессорларда релелік қорғаныс тұрғызу үшін ток шамалары мен фазаларын анықтау» Нефтисов Александр Витальевичтің диссертациясына

АНДАТПА

Тақырыптың өзектілігі. СИГРЭ Еуропа комитетінің халықаралық конференциясында соңғы 15 жылдың ішінде ток трансформаторларынан ақпаратты пайдаланбайтын магнитті сезімталдық элементтерде релелік қорғанысты өндеу өзектілігі бірнеше рет байқалды, сондықтан олар металды көп қажет етпейді және кейбір жағдайларда жеткіліксіз дәлдікке ие болады. Павлодар мемлекеттік университетінде М.Я.Клецельмен және оның оқушыларымен жүргізілген зерттеу көрсеткіштерінде, яғни мәселені шешудің бірден бір жолы геркондарда релелік қорғанысты құру болып табылатынын, олар кейбір құрылыстарымен басқа магнитті сезімталдық элементтер басым болатынын көрсетті. Алайда, геркондарда әзірленген қорғаныс микропроцессорларда (МП) пайдаланылмайды, яғни белгілі және жаңа қорғаныс алгоритмдерін іске асыру мүмкіндігін шектейді. Соңғы жылдарда ұсынылған геркондар мен микропроцессорлардың көмегімен ақпарат алу әдістері ҚТ белгіленген режимде ток шамасын анықтау мүмкіншілігін береді, бірақ ток фазасы және оның шамасы ретінде ауыспалы режимдерде белгісіз болып қалады. Диссертацияда осы олқылықтарды орындау әрекеті жасалды.

Зерттеу **объектісі** релелік қорғаныс құрылысы болып табылады.

Зерттеу мәні – геркондардың және МП көмегімен алғашқы тоқты өзгерту әдістері.

Диссертация тақырыбының жалпы ғылыми (мемлекеттік) бағдарламалармен байланысы. Диссертация тақырыбы СИГРЭ Еуропа комитетінің (Ресей ұлттық комитеті «Релейная защита и автоматика» В5 шағын комитеті) ғылыми бағытының біріне сәйкес.

Жұмыстың мақсаты: Ток трансформаторларын қолданбай, геркондар мен МП релелік қорғаныс құру үшін ауыспалы тоқтың шамасы мен фазасын анықтау құрылысын және әдістерін әзірлеу.

Мақсатқа жету үшін мынадай тапсырмаларды шешу ұсынылды.

1. Геркондар мен МП көмегімен және оны іске асыруда қысқа тұйықталу тоғының құраушы шамасын анықтау әдісін таңдау.

2. Электр қондырғысының шинасына жақын орналасқан геркондардың көмегімен қысқа тұйықталу тоғының соққы шамасын анықтау әдісін әзірлеу.

3. Геркондар мен МП көмегімен алғашқы тізбекте қысқа тұйықталу тоғының құраушы фазасы туралы ақпарат алу.

4. Геркондарға қуаттылықты бағыттаумен микропроцессорлық релені әзірлеу.

Зерттеу әдістері. Ұсынылған тапсырмаларды шешу кезінде электротехника, электромагниттік өтпелі процестер, электроника және релелік қорғаныс, заттай эксперимент, математикалық және физикалық үлгілеудің теориялық негіздерінің іргелі ережелері пайдаланылды.

Ғылыми жаңалық.

1. Геркондар мен МП қысқа тұйықталу тоғының (ҚТ) құраушы фазасы туралы ақпарат алудың ұсынылған әдісі, яғни геркондарды қайтару және іске қосылу кезінде астрономиялық уақытты тіркеумен ерекшеленеді (біріншісі қорғалатын электрқондырғы тоғы сымның маңында, екіншісі кернеу трансформаторына қосылған басқару орамында орналасқан), олардың жалғасуы тұйықталу жағдайының уақыт аралығында есептеледі, олар бойынша алғашқы тізбектегі тоқтың және басқару орамындағы тоқтың ауытқу шегінің шамасы, сондай-ақ екі герконның іске қосылуындағы тоқтың лездік мәні есептеледі (аппроксимациялық тәуелділікті қайта есептеу нәтижесінде алынған формула бойынша, олиндуктивтілік шарғысының көмегімен лаборатория жағдайында шешіледі), сосын тоқ синусоидының және нөл арқылы кернеудің өту кезеңін анықтайды.

2. ҚТ тоғының соққы шамасын анықтаудың ұсынылған әдісі, яғни лабораториялық жағдайда төрт герконды қайтару тоғын өлшеумен ерекшеленеді, ол алғашқы тізбек тоғы сымның маңында анықталады, сосын қайтару арасында уақыт аралығы өлшенеді және ҚТ толық өтпелі ток формуласының негізінде құрылған төрт теңдікті шешу арқылы ҚТ дүркін-дүркін және периодты емес құраушы тоғында және осы геркондарды қайтарудағы тоқтың белгілі лездік мәнінде анықталады.

3. Тоқ трансформаторларынан (ТА) ақпаратты пайдаланбай, геркондар мен МП көмегімен белгіленген режимде ҚТ тоғының шамасы мен фазасын анықтау құрылғысы әзірленді.

4. Герконның іске қосылуының кереғарлығын қамтамасыз етудің ұсынылған (Н.М.Кабдуалиевпен бірлесіп) әдісі басқалардан өзгешелігі алғашқы тізбектің маңында гербон сияқты орналасқан индуктивтілік шарғысынан оның басқару орамына әсер ететін магниттік ағымының жарты толқынының біріне негізделген.

Жұмыстың жаңа ғылыми нәтижелері:

1. Геркондар мен МП көмегіментоқтың соққы шамасы және ҚТ тоғының құраушы фазасы туралы ақпарат алу үшін әдістер;

2. геркондардың іске қосылудың кереғарлығын қамтамасыз ету әдісі.

3. I_{CP} тоқ тәуелділігінің алғашқы тізбекте I_{K3} қысқа тұйықталу тоғының $K = \frac{I_{K3}}{I_{CP}}$ еселігінен герконның іске қосылуы.

4. ТА пайдаланбай орындалған геркондар мен МП қуаттылықты бағыттау релесі.

Ғылыми нәтижелердің тәжірбиелік мәні.

1. Әзірленген әдістер ТА пайдаланбай, геркондарда микропроцессорлық қорғаныс құру үшін алдын ала жағдай жасайды.

2. Кеселіктен I_{CP} тәуелділігі ҚТ тоғының құраушы фазасын анықтау әдісін іске асыруға мүмкіндік береді.

Жұмыстардың тәжірбиелік құндылығы.

1. Геркондар мен МП көмегімен алғашқы тізбекте ҚТ тоғының құраушы фазасын және шамасын анықтау әдісін жүзеге асыратын құрылғы оның шамасын 11 мс, ал фазасын 20-25 мс дейін алуға мүмкіндік береді. Құрылғының жеңілдетілген нұсқасы жай қорғаныс құру үшін қолданылуы мүмкін, онда тоқтың фазасын анықтау қажеттілігі жоқ. Құрылғы ТА ақпаратты пайдаланбайды, осының есебінен мыс пен құрышты үнемдейді.

2. Төрт герконның көмегімен ҚТ тоғының соққы шамасын анықтау әдісін іске асыратын микропроцессорлық құрылғы оның 20 мс құрайтын дүркін-дүркіндігін және периодты еместігін анықтауға мүмкіндік береді.

3. Фаза (тоқтардың шамасы мен фазасын анықтау әдістерінің жиынтығы) бойынша екі электрлік шаманы салыстыруға арналған құрылғы мен

кереғарлықты қамтамасыз етудің әзірленген әдісі ТА ақпаратты пайдаланбай, геркондарға қуаттылықты бағыттаудың микропроцессорлық релені жасауға мүмкіндік береді..

Жұмыс нәтижелерінің негізділігі мен анықтылығы: электротехника және релелік қорғаныстың теориялық негізіне іргелі ережелерді сауатты қолдануды, заттай эксперименттер мен адал орындалған үлгілеуді, сондай-ақ SCOPUS деректер базасына енетін журналдардағы жариялымдар мен конференциялардағы баяндамаларды дәлелдейді.

Қорғауға ұсынылды:

1. Автормен әзірленген геркондар мен МП тоқтың соққы шамасын және ҚТ тоғының құраушы фазасын анықтау әдісі.

2. Геркондар мен МП салынған, қуаттылықты бағыттау релесі және электр тоғын өңдеуші қызметті атқаратын құрылғы.

Жұмыстың апробациясы. Диссертацияның негізгі ережесі баяндалды және талқыланды: «Радиоэлектроника, электротехника және энергетика» студенттер мен аспиранттардың ХХ халықаралық ғылыми-техникалық конференциясында (Ресей, Мәскеу қ. 2014ж.) және басқа төртте.

Басылымдар. Диссертация материалдары бойынша Білім және ғылым аясындағы бақылау комитетінде ұсынылған талаптарға сәйкес 13 баспа жұмысы (4 патентті қоса алғанда) жарияланды.

Жеке салым. Диссертацияда баяндалған негізгі ғылыми нәтижелер мен ережелер, қойылған міндеттер және оларды шешу әдіснамасы әзірленді және автормен жеке алынды.

Диссертацияның құрылысы. Диссертациялық жұмыс кіріспеден, үш бөлімнен, қорытынды және қосымшадан, 50 сурет пен 4 кестеден тұрады.

Бірінші бөлім «Тоқ трансформаторларын пайдаланбай, геркондарда релелік қорғанысты құру негізі» диссертация тақырыбы бойынша әдебиеттер талдауына және патенттік зерттеулердің қорытындысына арналған. Релелік қорғаныс құрылғысын, оның ішінде ТА ақпарат алу үшін қолданылатын микропроцессорлық, сондай-ақ оларсыз (геркондардың көмегімен орындалған) құру қағидалары түсіндірілген. Релелік қорғаныс микропроцессорлық құрылғының кемшіліктері мен құндылықтары қарастырылған. Геркондарда құрылғыны талдауда, яғни олар МП қолданбайтыны көрсетілді. Мұның бірден бір себебі МП тоқ синусоидын қалпына келтіру үшін қажетті геркондардың

көмегімен алғашқы тізбекте тоқ туралы ақпарат алуға мүмкіндік беретін әдістердің жоқтығы, яғни оларда релілік қорғанысты жасау мүмкіндігін шектейді. Ерекше көңіл, яғни релелік қорғанысты құру қағидалары алғашқы тізбекте тоқтың шамасы мен фазасын бақылауға негізделген.

Жоғарыда баяндалғанның негізінде геркондар мен МП көмегімен осындай бақылауды әзірлеу маңыздылығы туралы қорытынды шығарылады.

Екінші бөлімде «Геркондар мен микропроцессордың көмегімен тоқтың шамасын анықтау» осы әдістердің бірін іске асыратын микропроцессорлық құрылғы мен ҚТ тоғының соққы шамасын анықтаудың автормен әзірленген әдісі ҚТ тоғының құраушы амплитудасын анықтаудың белгілі әдістері қарастырылды.

Қорғалатын электр қондырғысының тоқ сымның маңында орналасқан геркондардың көмегімен көрсетілгендей, индуктивтілік шарғысының көмегімен лабораториялық жағдайда түсірілген өлшенетін уақыттан ҚТ тоғының құраушы шамасының тәуелділігін жуықтатқаннан кейін алынған формуланың көмегімен есептеу және жалғасудың тұйықталған жағдайындағы уақытты немесе оларды қайтару не іске қосылған екі герконның арасындағы уақытты өлшеу арқылы ҚТ тоқтың құраушы шамасын анықтауға болады.

ТА пайдаланбай, геркондардың көмегімен алғашқы тізбекте тоқтың құраушы амплитудасын анықтау әдістерінің қателіктері келтірілген. Бір герконмен әдіс микропроцессорлық құрылғы түрінде жүзеге асырылған. $K \leq 80$ тоқ еселігі кезінде анықтау қателіктері 10% аспайды, тез әрекет етуі 11 мс. Бағдарлама құрылғысының коды ұсынылды.

Теориялық тұрғыдан негізделді және экспериментті түрде дәлелденді, яғни $\leq 15\%$ қателікпен құрастылған төрт теңдікті бірлесіп шешу және оларды қайтару арасындағы уақытты өлшеу арқылы қорғалатын құрылғының шинасының астында орналасқан төрт геркон мен МП көмегімен ҚТ тоғының соққы шамасын анықтауға болады, оларда осы геркондардың қайтару тоғының мәні тоқ синусоидының лездік мәнінде қабылданды және олардың қайтарылу арасындағы уақыт арқылы ҚТ толық ауыспалы тоғын анықтау формуласы бойынша келтірілген.

Үшінші бөлімде «Геркондар мен микропроцессордың көмегімен тоқтың фазасын анықтау» геркондармен қуаттылықты бағыттау микропроцессорлық релесі және ҚТ тоғының құраушы фазасын анықтаудың әзірленген әдісімен

ұсынылды. Әрекет ету релесінің алгоритмі, бағдарламакоды және негізгі сипаты берілді.

Геркондардың көмегімен ҚТ тоғының құраушы фазасын анықтау үшін қажет: екі геркон жалғасуының түсуі және іске қосылу кезеңінде астрономиялық уақытты тіркеу; t_1 және t_1^{OV} олардың жалғасуының тұйықталған жағдайының уақытын өлшеу; определять моменты перехода синусоид ток синусоидының ауыспалы кезін және өткізгіште I_m амплитудты есептеу жолымен нөл арқылы кернеу, басқару орамындағы I_m^{OV} ток, алғашқы герконның іске қосылу I_{CP} тоғын және формуладан екіншісінің іске қосылу I_{CP}^{OV} тоғын анықтау, олар I_m^{OV} , I_{CP} , I_{CP}^{OV} осы геркондар мен t_1 және t_1^{OV} өлшенген уақыттан олардың жалғасуының тұйықталған жағдайы, I_m тәуелділіктің индуктивтілік шаршысының көмегімен лабораториялық жағдайда түсірілген жуықтату нәтижесінде алынды. алынды. Әдістерді жүзеге асыратын құрылғының жұмысқа қабілеттілігі дәлелденді. Тиісті осциллограмма келтірілді. Алғашқы тізбектегі токтың құраушы фазасын арыңқату кезіндегі қателік 25% аспайды.

Геркондар мен МП ҚТ тоғының құраушы фазасын анықтау әдісінің негізінде әзірленген ұсынылған құрылғы қуаттылықты бағыттау релесінің қызметін атқаратыны және ТА қажет етпейтіні дәлелденді.

Жұмыс нәтижесі мынадай қорытындыға әкеледі.

Әзірленген әдістер мен құрылғы геркондар мен микропроцессордың көмегімен алғашқы тізбекте ҚТ тоғының фазасы мен шамасын анықтауға мүмкіндік береді, яғни тоқ трансформаторларынан ақпаратты пайдаланбай, микропроцессорлық қорғанысты құру мүмкіндігін ашады. Осы құрылғының бірін «ПАВЛОДАРЭНЕРГО» АҚ ТЭЦ-3 және «ПРЭК» АҚ қосалқы станциясына енгізу жобалануда.