

Сарсенбаев Ерлан Алиаскаровичтің 6D071800 – «Электрэнергетика» мамандығы бойынша философия докторы (Ph.D.) ғылыми дәрежесін алу үшін ұсынылған «Технологиялық кешендер электр жабдықтарының қиын қол жететін түйіспе элементтерінің қызуын динамикалық бақылау және болжау» диссертациялық жұмысының

АҢДАТПАСЫ

Зерттеу тақырыбының өзектілігі. Қазақстан Республикасының 2030 жылға дейінгі отын-энергетикалық кешенін дамыту тұжырымдамасын іске асыру шеңберінде Қазақстан Республикасында электрэнергетикалық жабдықтардың тозуының орташа деңгейі 2030 жылға қарай айтарлықтай төмендейді деп күтілуде. Қазіргі уақытта технологиялық кешендер электр жабдығының (ТКЭ) тозуының жоғары дәрежесі электр энергетика саласының әлсіз жақтарына жатады. Бұл техникалық қызмет көрсету стратегиясын ұтымды түрде таңдауға және уақтылы техникалық қызмет көрсетуді талап етеді.

ТКЭ ең әлсіз жерлерінің бірі тарату құрылғылары коммутациялық аппараттарының түйіспелі қосылыстары (ТҚ) болып табылады. Оның техникалық жағдайы түйіспе-бөліктерінің едәуір қызып кетуіне, қатты дәнекерлеуіне дейін әкеледі. Сондықтан түйіспе элементтерінің қызып кетуін бақылау және болжау коммутациялық жабдыққа техникалық қызмет көрсету мен жөндеудің маңызды компоненті болып табылады.

Зерттеу жұмысының мақсаты – қол жетпейтін бет температурасы микропроцессорлық датчигін (ҚЖБТ МД) қолдана динамикалық бақылау режимінде технологиялық кешендер электр жабдығының ажыратылатын түйіспелік қосылыстардың қол жетпейтін түйіспелік элементтердің температурасын бақылау және қызуын болжау әдістемесін құру.

Осы мақсатқа жету үшін келесі **міндеттер** қойылды:

- ТҚ-ң жылулық күйіне байланысты техникалық жағдайына бақылау жасайтын өтпелі кедергі және түйіспелер температурасымен сипатталатын әдістерді талдау. Жоғары вольтты орташа кернеулі электр станцияларындағы байланыс элементтерінің температурасын өлшеу үшін қолданыстағы бастапқы өлшегіш трансформатордан таңдаңыз. Керекті біріншілік өлшегішті, яғни жоғары қуатты қондырғылардағы түйіспелер температурасын өлшеу. Зерттеу нәтижесі бойынша бұл терморезисторлар;

- ТКЭ-да қолданатын коммутациялық аппараттардың ТҚ-ғы түйіспелердің температурасын бақылайтын әдістерді талдау жасау. Жоғарғы қуатты және орта қуатты қондырғыларда қол жетпейтін түйіспе элементтерін резистивті температура датчигінің нұсқаларының біреуіне температураны бақылау үшін қол жетпейтін түйіспе элементтерін пайдалану үшін негіздеме беру - микропроцессорлық сенсор қол жетпейтін бетінің температурасы үшін (ҚЖБТ МД);

- термистор көмегімен тікелей өлшеуге мүмкіндік бермейтін шиналар бетінің ҚЖБТ МД -нің сенсоры үшін дизайны мен алгоритмдерін әзірлеу және өлшенген беті мен термистор арасындағы оқшауламалық қабат арқылы

жылу тендеулерінің аналитикалық шешімдерін пайдалану есебінен өлшеу дәлдігін арттыруды қамтамасыз етеді. Шинаның беткі қабатының температурасын өлшегенде және байланыс бетінің температурасын өлшеген кезде ҚЖБТ МД сенсорының жұмыс істеу алгоритмдерін әзірлеу;

- динамикалық мониторинг режимінде температураны бақылау әдісін әзірлеу және ҚЖБТ МД сенсорын пайдалану арқылы қабатталған ТҚ-нің қызып кетуін болжау. Жоғары кернеулі электр жабдығынан электромагниттік кедергілер жағдайында жұмыс істеуге мүмкіндік беретін тұтыну тауарларының ҚЖБТ МД құрылысын дамыту бойынша ұсыныстар беру.

Зерттеудің негізгі ойы және ішкі тұтастығы. Диссертациялық жұмыстың негізгі идеясы – бір жағынан және шет жағынан оқшауланған жұқа пішіндегі пленкалық симметриялық ТҚ түйіспе бөлігінің бейнесі, оның қарсы жағы өтпелі түйіспеге кедергі келтіретін жылу қуаты арқылы жылытылады. Моделдік стерженьді жылыту процесін жеке жылу әдісімен бөлек талдау жылудың тік және тегіс жылу көзі арқылы микропроцессорлық технологияның құралдарымен жүзеге асырылады, қол жетімді жылу оқшауланған жағында, қарама-қарсы жағының температурасына, ТҚ-ң қол жетпейтін түйіспе бетімен біріктіріледі. Температураның өзгеруінің сызықтық заңын жеткілікті қамтамасыз ету үшін немесе тіктөртбұрышты ток серпін арқылы қыздыру процесінің сызықтық бөлігінде микропроцессорлық сенсор арқылы байланыс бетінің температурасын динамикалық бақылау, жылу процесін одан әрі жылжытуды болжауға мүмкіндік береді және осылайша түйіспе-бөлшектер ҚЖБТ МД микроконтроллерінің қайта жаңғыртуы жазық шинаның бетінің температурасын анықтау үшін бет температурасын анықтаудан өтуге мүмкіндік береді. ҚЖБТ МД микроконтроллерін программалау арқасында түйіспе бетінің температурасынан шинаның бетінің температурасын өлшеуге мүмкіндік береді. Бұл жағдайда бес түзету коэффициентінің трансформацияланған функциясында міндет ағымдағы диапазонның жіңішке қабаты арқылы 1 °С дейін оқшауланған термистордың көмегімен ток шинасының бетінің температурасын өлшеудегі динамикалық қатені азайтады.

Зерттеу жұмысының ғылыми жаңалығы. Жұмыстың ғылыми жаңалығы, алғаш рет дәнекерлеуге әкеліп соқтырған, бөлшектелген түйіспелердің ТКЭ-ң ақауларын диагностикалау, ТҚ-ң байланыс бетінің температурасын ағымдық әсер ету жағдайында жедел бақылау арқылы динамикалық мониторинг режимінде шығатын тікбұрышты импульстік импульстарға ұқсас етіп жасау ұсынылды. сенсор арқылы ҚЖБТ МД.

Зерттеудің деректілігі. Ғылыми ережелердің, қорытындылардың және ұсыныстардың сенімділігі Қазақстан Республикасы Білім және ғылым саласындағы бақылау комитеті ұсынған ғылыми басылымдарда және Халықаралық ғылыми конференциялардың материалдарында, сондай-ақ Қазақстан Республикасының өнертабысына инновациялық патентпен және Ресей Федерациясының өнертабысына патент беру туралы оң шешіммен расталады. Эксперименттік нәтижелердің сенімділігі оларды теориялық

есептеулермен салыстыру арқылы расталады.

Жұмыстың тәжірибелік маңызы. Орташа коммутациялық жабдықтарды пайдалану кезінде әдеттегіден жоғары номиналды мәннен әлдеқайда үлкен токпен, жылжымалы жиілік кезеңімен салыстырғанда салыстырмалы ұзақтылығы болып табылады. Бұл, мысалы, олар арқылы қысқа тұйықталу токтарының өтуі, жоғары қуатты электр қозғалтқыштарының қосу токтарынан және басқа да себептерден болады. Мұның әсерінен байланыстардың едәуір қыздыруына, олардың балқуына әкелуі мүмкін. Электр машиналарын, трансформаторларды, аппараттарды, кабельдерді және технологиялық кешендердің басқа электр жабдықтарын қолдану барысында энергия шығыны жылу түрінде байқалады. Бөлінген жылу өткізгіштер мен байланыс беттерінің температурасын көтереді және қоршаған ортаға таралады. Осы уақытта байқалатын жылу ТКЭ жабдығын ысытады, сонымен қатар оның қызмет ету мерзімін шектейді және төтенше жағдайлардың себебі болып табылады. Бұл ТКЭ диагностикасының қажеттілігін тудырады, әсіресе, оның жұмысы барысында температурасын бақылау әдістерін қолдануды талап етеді

Электрлік жабдықты қыздыруға аса маңызды. Қозғалтқышты іске қосу, қысқа тұйықталу және т.б. кезінде коммутациялардың салдарынан қуат электр жабдықтардың шиналарында пайда болатын қысқа уақытты импульстар шиналардың байланыс беттерінің температурасының қауіпті ұлғаюына әкеліп соғады, бұл қорғаныс шараларын енгізуді талап етеді. Бұл жағдайда байланыс бетіндегі температураның лездік мәндерінің өлшенуі мүмкін емес.

Ток ұстаушы шиналардың қалыңдығы ондаған миллиметрге жеткендіктен, байланыс бетінің жанында жылу өндіру деңгейінің жоғарылауымен қабаттың қалыңдығы миллиметрдің өте кішкентай фракциялары болып табылады, шинаның бетіне тікелей өлшеулер түйіспе аймағында тікелей температураны есептеуге мүмкіндік бермейді.

Сонымен қатар байланыс бетіндегі тегіс түйіспе аймағында температура өрісін талдау, мысалы, бұрандалы түйіспелі қосылыс түйіспе аймағында температураның функционалды байланысын және түйіспелі элементтің ашық (еркін) бетінде белгілеуге мүмкіндік береді. Шинаның бетіне бекітілген температураны байланыс сапасының физикалық сипаттамасымен байланыстыру (атап айтқанда, өтпелі кедергісі және нақты жылу ағыны) түйіспе күйін білуге мүмкіндік береді.

Стационарлық жылулық өрісті талдауға негізделген әдістерге қарағанда импульстік әрекеттер үшін динамикалық температураны бағалау контраст температурасының таралу жағдайында белгілі бір уақыт ішінде ақаулардың жылулық көріністерін байқауға мүмкіндік береді. Импульстік әсердің ерте сатысында температураны бақылау нәтижелері бойынша бөлшектелген ТКЭ-н қызып кетуін алдын-ала болжауға болады және коммутациялық құрылғылардың қызып кетуінен және түйіспе бөліктерінің дәнекерлеуінен, оның ішінде ҚЖБТ МД көмегімен жауап беру уақытын анықтауға болады.

Қорғауға шығарылатын тұжырымдар.

Қорғауға келесі тұжырымдар шығарылады:

1. ҚЖБТ МД түрлендірушісінің жоғары кернеулі ТК орта кернеудегі

жабдықтарының температуралық бақылауын қамтамасыз ету үшін оқшаулатқыштың жасалған материалы мен қалыңдығына сәйкес ток жүргізуші бөліктері шинадан оқшауланған терморезисторларды қолдануға болады.

2. Бөлшектенген түйіспеге тиетін байланыс беттерінде температураны өлшеуге қол жеткізетін жазық шиналарда температураны қосатын теориялық зерттеулер мен тәжірибе нәтижесінде алынған беріліс функциялары.

3. Түйіспенің өтпелі кедергісіне неізделген есептік әдістеменің арқасында түйіспенің ақауының дамуы кезіндегі температураны өлшеуге мүмкіндік береді.

4. Тікбұрышты ток импульсінің әрекетіне термиялық реакция арқылы қызып кетуден қорғаныс байланысының әсер ету уақытын анықтау.

Ізденушінің жеке үлесі:

- әдеби деректерді талдау және жалпылау;
- ҚЖБТ МД микропроцессорлы датчигін зертеу үшін эксперименталды стенде зерттеулер жасау;
- жаңа техникалық шешімдерді ойлап табу

Зерттеу нәтижелерінің сыннан өтуі. Жұмыстың негізгі нәтижелері «Энергетика» кафедрасының және халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференциялар мен форумдардың ғылыми семинарларында талқыланды:

«Электр энергетикалық жүйелердегі электрмеханикалық түрлендіргіштердің тиімділігін арттыру мәселелері» атты халықаралық ғылыми-техникалық конференциясы (Ресей, Севастополь қ., 2014 ж.);

- Қ.И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТУ-дың 80 жылдығына арналған «21 ғасырдағы инженерлік білім және ғылым: мәселелер және міндеттер» халықаралық форумы (Алматы қ., 2014 ж.);

- Халықаралық Сәтбаев оқулары «Қазақстанның жаңа экономикалық саясатын жүзеге асырудағы жас ғалымдардың рөлі мен орны» (Алматы қ., 2015 ж.);

- Халықаралық Сәтбаев оқулары «Инженерлік ғылымның және білімнің бәсекеге қабілеттілігі» (Алматы қ., 2016 ж.);

- «NDT 2016 күндері» конференциясы (Болгария, Созополь қ., 2016 ж.);

- Дүниежүзілік инженерлер мен ғалымдар конгресі «Болашақ энергиясы: инновациялық сценарийлер мен оларды жүзеге асыру әдістері» WSEC-2017 (Астана қ., 2017 ж.).

Басылымдар. Жұмыстың нәтижелері 17 ғылыми басылымда, соның ішінде халықаралық және шетелдік ғылыми басылымдарда, сондай-ақ Scopus дерекқорында (импакт-фактор 0.208 Russian Electrical Engineering журналында), халықаралық ғылыми-практикалық конференциялар мен форумдар материалдарында 7 мақала, 1 Қазақстан Республикасының инновациялық патенті және Ресей Федерациясының өнертабысына патент беру туралы оң шешім қабылданды.

Зерттеу жұмысының құрылымы. Жұмыс 149 бетте жазылған кіріспеден, төрт тараудан тұрады, онда 46 сурет, 12 кесте, 8 қосымша, 105 атаудан тұратын пайдаланылған әдебиеттер тізімі берілген.

Кіріспеде ғылыми жұмыстың өзектілігі көрсетіліп, зерттелетін мәселе нақтыланды. Ғылыми зерттеулердің мақсаты мен міндеттері белгіленді. Қорғауға шығарылған ғылыми жаңалықтар мен ұстанымдар берілді. Нәтижелердің практикалық маңызы көрсетілген. Жарияланымдар, мақалалар, сондай-ақ мемлекеттік ғылыми бағдарламалармен жұмыстың байланысы көрсетілді.

Бірінші бөлім Диссертациялық жұмыста техникалық күйдің мониторингін жүргізудің қазіргі әдістеріне шолу жасалды және ТКЭ-ң байланыстық байланыстарының қызып кету мәселелерін зерттеді.

Технологиялық кешендердің электр жабдығының техникалық жай-күйінің мониторингі визуалды және жылу көзбен бақылау арқылы жүзеге асырылады. Артықшылық термиялық бейнелеудің – түйіспелі емес мониторинг жасау әдісі. Бұл әдіс электрлік жабдықтың сыртқы беттеріне термиялық көрінісі арқылы ТКЭ элементтерінің ақауларын бағалайды. Термалды бейнелеу әдісінің айтарлықтай кемшілігі, бақыланатын электр жабдықтың ішкі бөліктерін – жылжымалы байланыс элементтерін, атап айтқанда, шинаның сыртқы бетін және ТҚ-ның байланыс бетін жылытуға байланысты ақауларды анықтауға мүмкіндік бермейді.

Бұл кемшіліктер техникалық жай-күйін бақылау жүйелерінде термисторлармен температураны өлшеу үшін байланыс әдістерін қолдануға көшу арқылы жойылады.

Екінші бөлімде эвтектиканың байланыстағы қосылыстарындағы кемшіліктерді олардың дамуының бастапқы кезеңінде анықтау, микроконтроллерлерді пайдаланатын ТҚ температурасын бақылау, қол жетпейтін бетінің температурасына арналған резистивті микропроцессорлық сенсорды негіздеу (ҚЖБТ МД) және ТҚ-ң динамикалық мониторингінің ерекшеліктерін сипаттау.

Импульстік ток жүктемелері үшін байланыс бетінің температурасын динамикалық бағалау ТКЭ түйіспе элементтерін тікелей өлшеу үшін қол жетпейтін температураның динамикалық мониторингіне негізделген (шинаның беткі беті және байланыс беті).

Тұрақты емес температуралық өрістерді талдау негізінде стационарлы жылу өрісін талдауға негізделген әдістерге қарағанда импульстік әрекеттер үшін динамикалық температура бағасын қолдану температураның таралу жағдайында және температураны бақылау нәтижелерінде ақаулардың жылулық көріністерін жеткілікті қысқа уақытта байқауға мүмкіндік береді ертерек сатысында ҚТ-ны қыздыру материалын материалдың балқу температурасына дейін қызуын болжауға болады.

Динамикалық бақылауды жүзеге асыру үшін қол жетпейтін жердің микропроцессорлық температуралық сенсорын пайдалану ұсынылады (ҚЖБТ МД).

Үшінші бөлімде ҚЖБТ МД сенсорын іске асыру үшін техникалық шешімдер, сенсорды беру функцияларының құрылысы және шинаның бетінің температурасын және байланыс бетінің температурасын өлшеу режимдеріндегі датчиктің жұмыс алгоритмдерін қарастырады.

ҚЖБТ МД сенсорының дизайны - қалыңдығы диаметрінен бірнеше есе аз диэлектрлік материалдың дискінің үстіңгі бетінде орналасқан резистивтік сенсоры бар шинаның беті, бірақ жоғары электрлік кернеу астында шинаның бетінен термистордың сенімді оқшаулауын қамтамасыз етеді.

Компрессорлық станцияның жету қиын байланыстары элементтерінің сенсорлық дизайнды ұтымды таңдау, сенсор алгоритмдерін жетілдіру және ҚЖБТ МД микроконтроллерінде өткізілетін беріліс функцияларын нақтылау арқылы жанама өлшеу дәлдігін арттыру мүмкіндіктері қарастырылған.

Алгоритм құрылды және шкафтың бетінің температурасын өлшеу режимінде жұмыс істеуге арналған ҚЖБТ МД сенсорының беру функциясы жасалды. Термисторға жұқа диэлектрлік қабат арқылы ток шинасынан жылу беруді сипаттайтын жылу теңдеуінің аналитикалық шешімін талдау арқылы алынған екі және бес түзету коэффициентімен ауыстыру функциясының нұсқалары қарастырылады.

Алгоритм әзірленді және датчиктің ҚЖБТ МД бергіштің функциясы құрылғаны бөлшектелген ТҚ тепкіш импульсінің көмегімен қыздыру кезінде байланыс бетінің температурасын өлшеу режимінде жұмыс жасайды.

Төртінші бөлім динамикалық бақылау режимінде жинақталатын ТҚ үшін температураны бақылау әдісін әзірлеуге және қаттыланған ТҚ-ң қызып кетуін болжауға арналған. Оптикалық арналардың сигналын беру үшін қолдану мүмкіндігін және сигнал берудің гальваникалық түрімен ҚЖБТ МД-ң сенсорын жүзеге асыру, импульстік параметрлерді қолданумен, ҚЖБТ МД датчиктің өткізу функциясын құру әдісі қаралған. ТКЭ-нің тығыз байланыстық байланыстарын термиялық диагностикалау проблемалары бойынша ҚЖБТ МД микропроцессорлық сенсорды пайдалану көрсетілді.

ҚЖБТ МД температуралық сенсорларының бар болуы, жеткілікті, уақыт 0,001с уақытынан кем емес, жоғары кернеулі трансформаторлардың шиналарындағы түйіспе коннекторларын термиялық диагностикалау мәселелерін тиімді шеше алады. Датчиктің шинаның температурасының уақытша тәуелділігін 0,1-1с сегменттеріне өлшеуге қабілеті қысқа тұйықталу токтарының ажыратылуы кезінде немесе қозғалтқыштарды іске қосу кезінде түйіспе коннекторларының күйін анықтауға мүмкіндік береді. Уақытша рұқсатқа қойылатын талаптармен қатар ҚЖБТ МД 10 кА тәртібіндегі қысқа тұйықталу тогының сипаттамалық мәндерімен электромагниттік үйлесімділік шарттарын қанағаттандыруға тиіс. Ол 35 кВ дейінгі жерге қатысты шиналардың электрлік потенциалымен қауіпсіз жұмыс істеуі керек.

Термисторға негізделген сенсор қысқа тұйықталу токтарында және кернеу токтарында асқын кернеуден қорғау үшін қажетті электронды компоненттермен жабдықталған, сондай-ақ кіріс кернеуін тұрақтандыруға арналған құралдармен жабдықталған электр шинасының токпен индуктивті қосылыстарына негізделген дербес қуат көзімен қамтамасыз етілуі керек.

Жоғары вольтты қуат шинасының (30 кВ жоғары) бетінің температурасын өлшеу үшін байланыс сенсорын қолдану динамикалық сипаттамалардың төмендігі және құрылыстың оқшаулағыш компонентінің қауіпті салдарынан туындамайды.

Пленкалық термисторды оптикалық сигнал беру каналымен күшейткіш және түрлендіргіш құрылғыға қосуда сенсордың төменгі инерциясы, оның шуылға қарсы иммунитеті бар, бірақ термистордың ток көзінің дербес көзі қажет. Болашағы бар опция инфрақызыл толқын ұзындығы диапазонында оптикалық талшықтардың көмегімен жылу сәулеленуін тікелей беру болып табылады. Алайда 10-20 мкм толқын ұзындығы бар сигналды таратуға қабілетті талшықты-оптикалық кабельдер қазіргі уақытта тек эксперименталды үлгілер түрінде бар.

Қорытындыда диссертациялық жұмыс бойынша негізгі нәтижелер мен тұжырымдамалар көрсетіледі.