

АҢДАТПА

«6D071800 – Электр энергетикасы» мамандығы бойынша философия ғылымдарының докторы (PhD) дәрежесіне ұсынылған диссертация

МҰРАТ АЙБЕК ҚАЙРАТҰЛЫ

«Тұрақты токпен үстеме магниттеуі бар трансформатор типті басқарылатын реакторларды өңдеу және зерттеу»

Реактивті қуат пен кернеуді реттеудің бақыланатын құралдарынсыз электр қуаты жүйесінің қалыпты жұмыс режимдерін және электр қуаты сапасының нормативтерін қамтамасыз ету міндеті мүмкін емес. Бұдан басқа, шағын станциялық автобустарда кернеудің оңтайлы деңгейін сақтау электр желілеріндегі қуаттың белсенді ысырабын барынша азайтады және сол арқылы электр желілерінің тиімділігін арттырады. FACTS құрылғылары энергия берудің жаңа буынының ажырамас элементтері болып табылады.

Реактивті қуатты реттеуді орындайтын FACTS құрылғыларының бірі шунттық реактор (ШР) болып табылады. ШР-дің негізгі қасиеті - қуатты компонент есебінен электр беру желілерінде өндірілетін қуатты зарядтау арқылы сіңіру. Реактивті қуатты бақылау аспаптарының барлық желісінен ШР өзінің салыстырмалы арзандығымен және конструкциясы мен жұмысының қарапайымдылығымен ерекшеленеді. ШР бақылануы және бақыланбауы мүмкін.

Артық реактивті қуатты шектеу туралы мәселе ұзын желіаралық желілерде де, қалалық жоғары вольтты электр желілерінде де болады, олар көбінесе жабылуы күрделі болып келеді. Қалаларды дамытумен және урбанизацияны жеделдетумен қатар кәбілдік желілерге ауыстырылған жер үсті желілерінің саны да артып келеді. Кабельдік желілердің барлық артықшылықтарына қарамастан, олар жер үсті желілеріне қарағанда реактивті қуатты көбірек өндіреді, бұл электр энергиясын желіге беру үшін шунттық реакторлардың маңыздылығын одан әрі арттырады. Кабельді желілердің сыйымдылық өткізгіштігі сол жалаң сымдарға қарағанда бірнеше есе артық. Мысалы, бағаланған кернеуі 110 кВ кәбіл желісінің зарядтау қуаты 100 км үшін 8,4-18,0 МВАр құрайды, ал сол кернеу рейтингісінің үстеме желісі үшін бұл шама 100 км үшін 3,4-4,0 МВАр құрайды.

Кернеуі 35 кВ-тан 500 кВ-қа дейінгі, қуаттылығы 25 МВАрдан 180 МВАр-ға дейінгі Қазақстан Республикасының электр желілерінде кернеуді және реактивті қуатты реттеу аппаратурасына сұраныс айтарлықтай жоғары күйінде қалып отыр. Осыған қарамастан, Қазақстан Республикасында бақыланатын шунттық реакторлар өндірісі жүзеге асырылмайды, ал оларды жеткізу Ресей Федерациясы, Украина, Түркия, Испания және т.б. сияқты шет елдерден жүргізіледі. Импорттық реакторлардың бағасы көлік шығындары мен қосылған құн есебінен көтеріледі.

«Ішкі құнды және экспортқа бағдарланған өндірістерді дамыту

бағдарламасына» сәйкес бақыланатын шунттық реакторлар өндірісін жолға қоюға болады және қажет. Осылайша ел ішінде бақыланатын шунт реакторларының қажеттілігі қанағаттандырылатын болады. Келешекте жақын және алыс шет елдерге реакторлар жеткізу Қазақстан Республикасының трансформатор өнеркәсібінің ажырамас бөлігі болып табылады.

Жаңа буынның басқарылатын шунттық реакторларының өндірісі «Алагейм Электрик» тобының трансформаторлық қондырғыларында қолжетімді шығындар бойынша құрылуы мүмкін, себебі мұндай реакторлардың өндірісі трансформаторлық құрылыс технологиясына толық сәйкес келеді. Бұл шымкентте 500 кВ кернеу сыныбына арналған трансформаторлық зауыттың (Азия Трафо» АҚ) құрылысының аяқталуына және 110 кВ кернеу класына арналған трансформаторлар шығаратын Кентау трансформатор зауытының перспективалы дамуымен байланысты ел үшін маңызды. Өндірісті оқшаулаудың артықшылығы өнімнің өзімдік құнын едәуір төмендетуді қамтамасыз ететін болады.

Жұмыстың практикалық маңызы Қазақстан Республикасының электр желілері мен жүйелерін бақыланатын реакторлармен қамтамасыз ету, «Азия Трафо» АҚ мен «Кентау трансформатор зауыты» АҚ өнім желісін кеңейту, жұмыс орындарының санын ұлғайту, сондай-ақ басқарылатын шунт реакторларын шетелге жеткізу мүмкіндігі болып табылады.

Бақыланатын шунт реакторларының отандық өндірісі Қазақстанның ұлттық электр желілері мен өңірлік электр желілерінің жұмыс режимдерін оңтайландыру жолымен интеллектуалды белсенді-бейімделген электр желілері мен жүйелерін құру міндеттерін шешуде қазақстандық қамтуды ұлғайтуға ықпал етеді.

Аталған факторлар Мемлекет басшысы қойған міндеттермен және елдің стратегиялық даму бағдарламаларымен нақты сәйкестендіріледі. Ағымдағы тартымдылығы және ең бастысы, шунт реакторларын электр желілеріне орнату жөніндегі шешімдердің үнемділігі, бір жағынан, шунт реакторлары негізіндегі үнемді, сенімді және сонымен бірге «қолжетімді» реактивті қуатты бақылау аспаптарына сұраныстың өсуі, екінші жағынан, бақыланатын шунт реакторларын әзірлеу бойынша жүргізіліп жатқан зерттеулердің өзектілігін растайды.

Ұсынылған диссертация ғылыми-зерттеу, талдамалық және тәжірибелік-конструкторлық жұмыстар кешені негізінде «ҚазНИПИИТС «Энергетика» АҚ және «Ғ.Дәукеев атындағы АЭЖБУ» коммерциялық емес акционерлік қоғамының өндірістік базасында тәжірибелер жүргізілді.

Бұл алғышарттар **диссертациялық зерттеулердің мақсатын** құрайды, ол былай тұжырымдалады:

Жұмыстың мақсаты тұрақты тоқты магниттейтін жоғары тиімді басқарылатын ферромагниттік құрылғыларды жасау болып табылады. Қойылған мақсатқа сәйкес жалпы ғылыми міндет тұжырымдалады - эксперименттік зерттеулер негізінде БШР әзірлеу, электромагниттік сипаттамаларды модельдеу және зерттеу, пайдалану режимдері, трансформатор өндірісінің технологиясына арналған жобалау-технологиялық

зерттеулер.

В Шеңбер Орындау Диссертация Осы мақсатқа жету үшін мынадай жұмыстар жүргізілді **Ғылыми міндеттері:**

- Жобалық-технологиялық схеманы қоса алғанда, бақыланатын шунттық реакторлар үшін жаңа техникалық шешімді негіздеу мақсатында ғылыми әдебиеттерге, патенттік зерттеулерге талдау жүргізу.

- Үш өзекті магнитті ядросы бар Басқарылатын ШР (БШР) физикалық модельдерін әзірлеу және электромагниттік сипаттамаларды тәжірибелік зерттеу.

- Matlab бағдарламалық пакетінде, тікелей токпен магниттеудің әртүрлі режимдерінде БШР -дің симуляциялық моделін әзірлеу.

- Магниттелу дәрежесін тікелей токпен бағалау үшін БШР желінің орамасының ток гармоникасының құрамына әсерін бағалау.

- Жарты кезеңдік қанығу режимін қамтамасыз ету кезінде жұмыс өзектерін биіктігі мен қамыты қимасының БШР -дің ағымдағы шығынына әсерін зерттеу.

- Жарты периодты қанығу режимін қамтамасыз ету мақсатында жұмыс өзектерінің көлденең қимасының иірімжіп көлденең қимасына қатынасын анықтау.

- Стандартты трансформаторлар негізінде БШР дайындау мүмкіндігін бағалау және ұсынымдар әзірлеу.

Зерттеу әдістері.

Диссертация барысында теориялық электротехника әдістері қолданылды. Ферромагниттік аспаптардың электромагниттік сипаттамаларын теориялық және эксперименттік зерттеу әдістері. Үйлесімді талдау, физикалық және модельдеу әдістері.

Диссертацияның ғылыми жаңалығы мынадан тұрады:

1 Шунттық реакторлардың физикалық модельдерінің параметрлері негізделеді.

2 «Matlab Simulink» бағдарламалық пакетінде реактордың симуляциялық моделі жасалған. БШР модельдеу әдісі ұсынылады.

3 БШР -дің жарты циклді қанығу режимі алынады, ол магистральдық орама тогының ең төменгі гармоникалық коэффициентімен және БШР пайдалану режимінің номиналды параметрлерімен сипатталады. Йоке қимасының және мүшелердің арақатынасын есептеу үшін аналитикалық формулалар қолданылады.

4 110 кВ БШР -дің имитациялық моделіндегі электромагниттік процестерді талдау жүргізілді және реактордың конструкциясын өзгертпей жылдамдық сипаттамаларын жақсарту мүмкіндігі анықталды.

Алынған нәтижелердің дұрыстығы төмендегілермен расталады:

1 Зерттеулер Шунт реакторының физикалық модельдері бойынша Қазақстан Республикасы Мемлекеттік сараптама институтының тізіліміне енгізілген тексерілген өлшеу құралдарын пайдалана отырып жүргізілді.

2 Эксперименттік жұмыстар кешенді түрде жүргізілді және нәтижелердің жоғары жақындасуымен Матлаб Симулинк бағдарламалық

пакетіндегі симуляциялық модельге негізделген есептеулермен қайталанды.

Орындалған жұмыстардың және жүргізілген зерттеулердің нәтижелері бойынша қорғанысқа **мынадай ережелер ұсынылады:**

1. Тұрақты тоқты магниттендіру және негіздеу параметрлері бар БШР эксперименталды физикалық моделі. Реакторлардың физикалық модельдерін тәжірибелік зерттеу нәтижелері.

2. «Матлаб» бағдарламалық пакетіндегі тікелей ток магниттеумен басқарылатын шунт реакторларының математикалық модельдері. БШР модельдеу әдістемесі.

3. Реактор өзектері мен өзектерінің ұзындықтары мен көлденең қималарының оңтайлы арақатынасын, БШР жұмысының номиналды параметрлері кезінде жарты циклді қанығу режимін алу үшін орамдар саны мен олардың кернеулігін негіздеу нәтижелері.

4. Үшінші индукциялық гармониканың магистраль орама тогының бесінші және жетінші гармоникасына әсері.

5. Динамикалық режимдерді зерттеу нәтижелері, жауап беру жылдамдығын арттыру бойынша ықтимал шаралар, сондай-ақ стандартты конструкциядағы 110 кВ БШР жылдамдығын едәуір арттыруға мүмкіндік беретін әдіс.

Жобаның нәтижелері интеллектуалды белсенді-бейімделген электр желілері мен жүйелерін құру тұжырымдамасын іске асыруда және отандық өндірістің жаңа электр жабдықтарын әзірлеуде серпін болуы мүмкін.

Алынған нәтижелерді тұтынушылар "KEGOC" ҚАЗАҚСТАН ҰЛТТЫҚ ЭЛЕКТР ЖЕЛІСІНІҢ ЖҮЙЕЛІК ОПЕРАТОРЫ, "Алатау Жарық компаниясы" АҚ және басқа да өңірлік электр желілері компаниялары бола алады.

Негізгі ережелер ғылыми басылымдарда көрініс табады: 4 ғылыми мақала, оның ішінде: 1 ғылыми мақала отандық басылымда КОКСОН ұсынған тізімнен; Халықаралық ғылыми-техникалық конференциялардағы жинақтардағы 2 ғылыми баяндама, оның ішінде Scopus дерекқорында баяндамаларды жариялай отырып, шетелдік ғылыми конференцияда бетпе-бет таныстыру; Scopus дерекқорында индекстелген 1 ғылыми мақала «Электр энергетикасы және электроника» бөлімінде жарияланған сәтте 78% пайыздық пайызбен «Электр энергетикасы жүйелерін зерттеу» журналында. Ғылыми-зерттеу қызметінің нәтижелері тең автор ретінде: Шунт реакторларының конструкциясы бойынша коммуналдық үлгіге Қазақстан Республикасының 2 патентінде тіркелді.

Автордың зерттелетін мәселені шешуге қосқан жеке үлесі мынамен анықталады:

- шунттық реакторлардың физикалық модельдерін пайдалана отырып, зерттеу әдістерін негіздеу, тұжырымдау және іріктеу;

- реакторлардың физикалық модельдерін құрудың және тікелей зерттеудің барлық кезеңдерінде басшылық ету (реакторлардың физикалық модельдерін жасау, өлшеуге және деректерді өңдеуге қатысу тапсырмасын әзірлеу);

- Шунт реакторларына қатысты Matlab Simulink бағдарламалық пакетін

пайдалана отырып есептеудің математикалық моделін тұжырымдап, енгізуде.

Диссертациялық жұмысты жобалаудың, құрылымның және мазмұнның қолданыстағы талаптарына сәйкес автор жүргізді. Шығарма 5 негізгі бөлімнен, символдар тізімінен, кіріспеден, қорытындыдан, сілтемелер мен қосымшалардың тізімінен тұрады.

Бірінші бөлімде шунттық реакторлардың жұмыс істеу принципі және реактордың магнит ядросының жарты периодты қанығуы сипатталады. Шунттық реакторларды әзірлеу саласындағы әдебиеттер мен ағымдағы зерттеулерге шолу беріледі.

Екінші бөлімде шунт реакторы мен сынақ орындықтарының физикалық моделі сипатталады. Реакторлардың физикалық модельдерін эксперименттік зерттеу нәтижелері ұсынылады.

Үшінші бөлімде Matlab Simulink бағдарламалық пакетінде БШР модельдеу әдісі ұсынылған, реакторды модельдеу моделі мен модель жасау кезеңдері егжей-тегжейлі сипатталған. Шунттық реакторлық операцияны эксперименттік зерттеулер мен модельдеу нәтижелерін тікелей токпен магниттеудің әртүрлі дәрежесінде салыстырылады.

Төртінші бөлім 110 кВ реактор моделінің талдауы мен есептеу нәтижелерін қамтиды. Магистральдық орама токтарының БШР параметрлеріне тәуелділік графиктері, БШР магниттік ядро өзекшелерінің көлденең қимасы мен биіктігі өзгерген кездегі орама токтарының магистральдарын гармоникалық талдау келтірілген.

Бесінші бөлімде қуаты 25 МВА 110 кВ БШР өндіруге арналған есептеулер мен зерттеулердің нәтижелері, техникалық құжаттама ұсынылған.