

## АНДАТПА

6D071800 – Электр энергетикасы мамандығы бойынша (PhD) философия докторының дәрежесін алу үшін

**Исупова Наталья Александровна**

### **АСИНХРОНДЫ ҚОЗҒАЛТҚЫШТАР РОТОРЫНЫҢ ЭКСЦЕНТРИСИТЕТІН ДИАГНОСТИКАЛАУ ЖҮЙЕЛЕРІН ТҮРҒЫЗУ ТЕОРИЯЛАРЫН ДАМУ**

Ұсынылатын диссертациялық жұмыс асинхрондық қозғалтқыштар роторының эксцентриситетін талдау жүйесін құруын дамытуға арналған.

**Жұмыс өзектілігі.** Электр энергетикасы және өнеркәсіптік кәсіпорындарда электр жетегі ретінде жиі асинхрондық қозғалтқыштар (АҚ) қолданылады. Осылай, Қазақстанда 0,5-0,8 миллионға жуық қолданылады. Зерттеу олардың маңызды бөлігі ротордың статикалық эксцентриситетімен жұмыс істейтінін көрсетеді. Әдетте, ротордың бір тірегі 75-85% ауа кетігінен кем қашықтыққа ығысуы асинхрондық қозғалтқышты дереу істен шығуға әкеп соқпайды. Алайда, оның пайдаланушылық сипаттамалары маңызды түрде нашарланады. Сонымен қатар, бір жыл ішінде электр қуаты шығынының бағасы АҚ бағасынан асып түсуі мүмкін. Сондықтан ротор эксцентриситетін бақылау, әсіресе қозғалтқыштың жұмыс қалпында өте қажет. Әсіресе Қазақстан Республикасы Үкіметінің электр қуатын үнемдеу күрес жүзінде.

АҚ роторы эксцентриситетін талдау жүйесін құру теориясына Геллер Б., Гамата В., Вольдек А.И., Новожилов А.Н., Клецель М.Я., Никиян Н.Г., Вейнреб К.Б., Гашимов М.А., Рогачев В.А., Сурков Д.В., Тонких В.Г., Петухов В.Н., Крюкова Е.В., Мирзоева С.М. үлес қосқан.

Қазіргі кезде ротор эксцентриситетін талдау талаптарына ең жоғары деңгейде зақымдалу туралы ақпараттың көзі ретінде тоқ трансформаторының көмегімен бақыланатын АҚ статорының тоғы, зақымдалудың ақпараттық белгісі ретінде – қосымша тоқтар қолданылатын талдау жүйесі жауап береді, ал қосымша тоқтардың АҚ әр түрі үшін ротор эксцентриситетіне тәуелділігі тәжірибелік жолмен алынады.

Алайда АҚ негізгі бөлігінің тоқ трансформаторлары жоқ. Сонымен бірге барлық кәсіпорындардың АҚ зақымдалуының ақпараттық белгісінің қолда бар қажетті қозғауыш түрі үшін эксцентриситеттің мәніне тәжірибелік тәуелділігін алу мүмкіндігі жоқ. Бұл осы талдау жүйесін қолдану саласын едәуір қысқартады. Сонымен қатар, осы жүйеде қолданылатын зақымдалудың ақпараттық жүйесі белгілі мөлшерде қоректендіретін электр желісі көрсеткіштерінің ауытқуына байланысты болады.

Сонымен, асинхрондық қозғалтқыштар роторының эксцентриситетін талдау жүйесін құруын дамыту мәселесі өзекті болып табылады.

**Жұмыс мақсаты** эксцентриситет көлемінен АҚ зақымдалу ақпараттық белгісінің тәуелділігін құру үшін математикалық аппаратты әзірлеу, сондай-ақ зақымдалу туралы ақпаратты алу мен өңдеу әдісін жетілдіру жолымен ротор

эксцентриситетін талдау жүйесі қолданылуы және істеу сенімділігі саласын кеңейту болып табылады.

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

- АҚ ротор эксцентриситеті туралы ақпарат алу тәсілін жетілдіру және оның мүмкіндігін бағалау;

- ротор эксцентриситеті кезінде зақымдалудың осы түрін талдау талаптарын қанағаттандыратын дәлдік бойынша АҚ орамдағы тоқты есептеу әдісін әзірлеу;

- ротор эксцентриситеті кезінде АҚ орамдағы тоқты есептеудің әзірленген әдісінің мүмкіндігін зерттеу;

- АҚ қоректендіру желісі көрсеткіштерінің уақытша ауытқуы және оның білегіне жүктеу мезеті жағдайында ротор эксцентриситетінен талдау белгісін алу мақсатымен дабылды өңдеудің жаңа тәсілін әзірлеу;

- теориялық жолмен ротор эксцентриситетінен талдау белгісі мәнінің тәуелділігін алу тәсілін әзірлеу;

- АСТ ретінде талдау жүйесі элементтерінің жаңа математикалық аппаратпен талдау жүйесіндегі дербес компьютердің орнатылған дыбыстық картасын пайдалану мүмкіндігін бағалау;

- ақпарат алудың жаңа тәсілімен байланысты АҚ роторы эксцентриситетін талдау жүйесін тәжірибелік жүзеге асыру мәселесін қарастыру.

**Зерттеу объектісі** осындай жүйеден тым жетілдірілген құрылымды, сондай-ақ оның құрылымдық элементтерінің математикалық аппаратын әзірлеу жолымен талдау жүйесін құру теориясын дамытуға арналған АҚ роторы эксцентриситетін талдау саласы болып табылады.

**Зерттеу мәні** – осындай жүйеден тым жетілдірілген құрылымды, сондай-ақ оның құрылымдық элементтерінің математикалық аппаратын әзірлеу жолымен АҚ роторы эксцентриситетін талдау жүйесін құру теориясын дамыту болып табылады.

**Ғылыми жаңашылдық.** Жұмыста талдау жүйесін құрудың барлық белгілі құрылымдар зерттелініп, олардың мүмкіндіктерін шектейтін кемшіліктері анықталды және осы кемшіліктер жоқ жаңа тым жетілдірілген құрылым әзірленді. Осыған орай, АҚ роторының эксцентриситеті туралы ақпаратты алудың жаңа әдісі негізделініп, іске асырылды, статор орамдарындағы тоқты есептеуге мүмкіндік беретін ротор эксцентриситетін өңдеу үшін АҚ математикалық моделі әзірленді, ол үшін ротордың эксцентриситеті және тістік тетіктің магниттік өткізгіштігі кезінде тегіс ауа тетігін өңдеудің жаңа әдістері әзірленген. Тістік және өздік тетіктің магниттік өрісін математикалық өңдеу, сондай-ақ ротор ығысуы кезінде статор орамдары мен ротордың өзара индуктивтік әдістері ұсынылды.

Жүйенің АҚ қоректендіретін параметрлердің уақытша тербеліс жағдайында ақпараттық белгі беруден ротор эксцентриситетінің талдау белгілерін сенімді бөлу мақсатымен белгі беруді өңдеудің жаңа әдісі әзірленді.

**Тәжірибелік құндылық.** АҚ роторы эксцентриситетін талдау жүйесін құрудың белгілі құрылымдарын шектейтін кемшілік ақпараттық белгі беруді

өңдеу блогының математикалық аппаратының және зақымдалудың ақпараттық белгісін алу жетілмегендігі, сондай-ақ зақым туралы ақпараттық белгі беруді алып тастау жетілмегендігінен талдау саласының шектелуі болып табылады.

Талдау жүйелерін пайдаланылу саласын кеңейту үшін тіпті тіпті ток трансформаторлары болмайтын АҚ-ға диагностика жасауға мүмкіндік беретін АҚ роторының эксцентриситеті туралы ақпарат алу әдісі ұсынылды. Ротор эксцентриситетін өңдеуге АҚ-тың математикалық моделі әзірленіп, ол арқылы дәлдігі 10-15%-ға дейін статор орамдарындағы токты есептеуге болады. Бұл зақымдалудың диагностикалық белгісінің көлемін ротор эксцентриситеті көлеміне дәл есептеу жолымен тәуелділігін алуға мүмкіндік беріп, оны тым қымбат экспериментальдық жолмен алу қажеттілігінен бас тартуға мүмкіндік береді.

Белгі беруді өңдеудің әзірленген әдісі АҚ-дан алынатын ақпараттық белгі беруде ақпараттық үлес көбею есебінен ротор эксцентриситетінің диагностикалық белгілерін сенімді бөлуге мүмкіндік береді.

**Жұмыс нәтижелері:** тоқ өлшеу қысқыштарының көмегімен ақпарат алу тәсілі; еркін жұмыс тәртібі кезінде статор мен ротор орамдарындағы токты үлгілеуге мүмкіндік беретін АҚ математикалық үлгісі; ақпараттық дабылды өңдеудің жаңа тәсілі; нейрондық желіні немесе зақымдалудың талданған белгісін қалыптастыру үшін оның құрауыштарының орташа квадраттық келтірілген мәнін пайдалануды ұсыну; есептік жолмен зақымдалудың талдау белгісі мәнінің ротор эксцентриситеті мәніне тәуелділігін анықтау тәсілі; дербес компьютердің дыбыстық картасын талдау жүйесінде АСТ ауыстыруды ұсыну.

**Диссертация құрылымы және көлемі.** Диссертацияда кіріспе, 3 тарау, қорытынды, қосымша мен пайдаланылған көздер тізімі бар. Диссертация компьютерлік мәтіннің 96 бетінде жазылып, ішінде 39 сурет пен 7 кесте бар.

**Кіріспеде** жұмыстың өзектілігі негізделіп және оның мақсаты қойылған, оның ғылыми жаңашылдығы мен тәжірибелік құндылығы көрсетілген. Қорғауға шығарылатын ережелер сипатталған. Диссертацияның публицистикасы, құрылымы және зерттеу нәтижелерінің апробациясы көрсетілген.

**Бірінші тарауда** ротор эксцентриситетінің пайда болу себептері қарастырылған. Пайдаланудағы АҚ-дың 30-50% ұзақ уақыт бойы ротордың статикалық эксцентриситетімен жұмыс жасайтыны анықталды, сонымен бірге олардың техникалық-экономикалық көрсеткіштері нашарлайды. Осымен байланысты АҚ электр қуатын тұтынуы 0,45-3,95% артады, осылайша жылына электр қуатын асыра шығындаудың құнын қозғауыштың өз құнымен салыстыруға болады. Ротор эксцентриситеті кезінде АҚ орамындағы әуе қуыстары мен токтың магниттік өрісін үлгілеудің әдісі зерттелген, зақымдалудың осы түрінің ақпараттық белгілері қарастырылған. Мәлім тексеру жүйелеріне талдау жүргізілді, олардың ішінен сәттірек техникалық шешім таңдалды, бірақ оның жетіспеушіліктері де бар. АҚ ақпарат алу әдісі және

ротор эксцентриситеті мәнінің тексеру белгісіне тәуелділігін құру тәсілі бірқатар АҚ тексеру жүргізуге мүмкіндік бермейді. Сонымен қатар, қолданыстағы тексеру жүйесінің сенімділігі жеткіліксіз, өйткені қуат кернеуінің көрсеткіштер тұрақсыздығынан реттеу тәсілі жоқ.

**Екінші тарауда** эксцентриситет кезінде АҚ энергияны түрлендіру процессін сипаттау үшін контурлы тоқ әдісі бойынша фазааралық кернеу үшін қалыптасқан фазалық координаттары бар математикалық үлгі қолданылған. Ротор эксцентриситеті кезінде тегіс әуе қуысын үлгілеу тәсілі ұсынылған, оның дәлдігін пайдалануда барлармен салыстыру оңтайлы тәсіл Б. Геллер және В. Гаматамен ұсынылғанын көрсетті. АҚ әуе қуысында магниттік өрісті үлгілеген кезде тісті қуыстың магниттік өткізгіштігінің нөлдік және бірінші құрауышын пайдалану оңтайлы екені анықталды. Статор фазаларының жеке индукциялығы тісті қуыстың магниттік өткізгіштігінің нөлдік және бірінші құрауышының мәніне, ал ротор ротордың ауналу бұрышына тәуелді екені анықталды. 10-15% дәлдікпен АҚ орамындағы тоқты есептеуге мүмкіндік беретін АҚ математикалық үлгісі әзірленген.

**Үшінші тарауда** жетілдірілген тексеру жүйесі ұсынылған. Ақпараттық дабылды алу үшін онда жаңартылған тоқ өлшеуіш қысқыштарды пайдалану, ал АСТ орнына дербес компьютердің дыбыстық картасын пайдалану ұсынылған. Ақпараттық дабылды өңдеудің жаңа тәсілі ұсынылған, ол қуат желісі көрсеткіштерінің ауытқуы жағдайында тексеру жүйесінің дәлдігін арттыруға мүмкіндік береді. Тексеру белгісін алу үшін жасанды нейрон желісін пайдалану мүмкіндігі зерттелген.

**Қорытындыда** жұмыста алынған негізгі ғылыми және тәжірибелік нәтижелер көрсетілген.

**Жарыққа шығару туралы мәлімет.** Диссертацияның негізгі қағидалары 23 ғылыми еңбекте жарық көрген, оның ішінде ҚР БҒМ Білім беру және ғылым саласында бақылау және аттестаттау комитеті ұсынатын шығармаларда - 7, нөлдік емес импакт-факторы бар және Scopus компаниясы ақпараттық деректер базасына кіретін журналда – 2, халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференциялар материалдарында – 6, дерекқорды Ресейдің әріпсаны ғылыми цитирования қарайды журналында – 2, Қазақстан Республикасының 3 және 1 Ресейдің федерация инновациялық паненті алынды.