

ВІДГУК

офіційного опонента доцента кафедри електричного транспорту Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова, доктора технічних наук, Ягуп Катерини Валеріївни на дисертаційну роботу «Дослідження причин зниження терміну служби ізоляції асинхронних двигунів напругою до 1000 В», представлену Василенко Сергієм Вікторовичем на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності 05.09.03 – електротехнічні комплекси та системи до спеціалізованої вченої ради Д 64.832.01 Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка

Актуальність роботи дисертації

Робота асинхронних двигунів (АД) пов'язана з електричними режимами, які мають суттєвий вплив на строки нормальної їх експлуатації. Багато виробничих технологічних процесів відбувається в умовах, несприятливих для ізоляції обмоток АД, які працюють в умовах руйнівних факторів навколишнього середовища, до яких можна віднести пил в технологічних приміщеннях.

Вплив електричних режимів мережі (несиметрії та відхилення напруги) і факторів навколишнього середовища призводить до прискореного зносу ізоляції обмоток АД. В результаті виникають виткові замикання різного ступеня аварійності. Так, замикання невеликої кількості витків суттєво не вплине на робочі характеристики АД, але утворене коротко замкнуте коло почне розігрівати і руйнувати ізоляцію сусідніх витків. Такий вплив з часом призведе до міжфазних замикань або замикань на корпус, що викликає аварійну зупинку АД і порушення технологічного процесу. Щоб уникнути аварійної ситуації треба своєчасно виявити початок розвитку ушкодження. Це неможливо реалізувати через існуюче технічне обслуговування по графікам планових ремонтів.

Відсутність комплексного підходу до вивчення впливів якості електричної енергії сумісно з навколишнім середовищем як єдиного цілого, є однією з причин виникнення непрогнозованих відхилень в нормальній роботі

АД. Тому розвиток та підвищення ефективності систем діагностики, контролю та захисту АД під час експлуатації являє собою актуальну, науково практичну задачу.

Тема дисертаційної роботи пов'язана із загальними Українськими науковими програмами: постановою Президента Національної академії наук України від 25.02.09 р. №55 «Основні наукові напрямки, найважливіші проблеми фундаментальних досліджень у галузі природничих, технічних і гуманітарних наук на 2009 –2013 роки»; постановою Кабінету Міністрів України від 08.09.2015 р. № 684 «Пріоритетні напрями розвитку науки і техніки на період до 2020 року»; постановою Кабінету Міністрів України від 23.08.2016 р. № 556 «Перелік пріоритетних напрямів наукових досліджень і науково-технічних розробок на період до 2020 року».

За планами НДР Приазовського державного технічного університету була виконана робота: «Моніторинг режимів електричних мереж, від яких живляться перевантажувальні машини другого перевантажувального району та вугільного перевантажувального комплексу» номер ДР 0116U007129.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в тому, що в цій роботі:

– вперше розроблено методику виявлення виткового замикання в обмотці статора АД на ранній стадії при невеликій кількості замкнених витків, який відрізняється одночасним урахуванням відхилень напруг по фазах АД і зміненого опору в обмотці з витковим замиканням, що дає можливість запобігти розвитку пошкоджень і появі аварійної ситуації;

– вперше запропоновані діагностичні критерії, які дозволяють за зміною повного опору обмотки статора визначити кількість замкнених витків при намотці обмотки одним провідником, і кількість замкнених витків в паралельних провідниках при намотці обмотки двома і більше паралельними провідниками;

- вперше запропоновано метод температурного захисту обмоток АД і визначення товщини шару пилу на поверхні ізоляції, який відрізняється

спостереженням за різницею показань двох температурних давачів, які встановлені на лобових частинах обмоток, що дозволяє визначити товщину шару пилу та при досягненні критичного рівня товщини пилу сформувати аварійний сигнал щодо необхідності проведення профілактичних заходів;

– удосконалено рівняння теплової моделі, яка розглядає АД як однорідне тіло, яка відрізняється урахуванням відхилень напруги по фазах і несиметричних опорів фаз АД, викликаних наявністю виткових замикань або неякісним ремонтом.

Практична значущість роботи

Розроблена математична модель, яка дозволяє в процесі експлуатації АД виявляти виткові замикання 4–10 % витків на ранній стадії їх утворення, в умовах несиметричних напруг живлення, що дозволяє запобігти виникненню аварійної ситуації, може бути використана в пристроях неруйнівного контролю і захисту електродвигунів.

Розроблено спосіб контролю та теплового захисту асинхронних двигунів, які працюють в агресивному середовищі, особливістю якого є одночасне вимірювання температур верхньої і нижньої лобової частини обмотки статора, за різницею отриманих даних робиться висновок про те, що має місце струмове перевантаження або покриття обмотки шаром пилу.

Розроблено алгоритм і програмне забезпечення для діагностичної системи контролю та захисту АД, яка безперервно здійснює моніторинг рівнів напруг, фазних струмів, частоти мережі і обертів електродвигуна, що дозволяє своєчасно виявити початковий момент виткового замикання, тим самим своєчасно запобігти аварійній ситуації, і захистити АД від неповнофазних режимів і провалів напруги живильної мережі.

Результати дисертаційної роботи використані на провідних підприємствах, таких як: Державне підприємство «Маріупольський морський торговельний порт» з річним економічним ефектом 124 239,4 грн./рік; «Маріупольський судноремонтний та суднобудівний завод» з річним економічним ефектом 52 810 грн./рік. В навчальний процес Азовського

морського інституту національного університету «Одеська морська академія» на кафедрі «Інженерії і технології» результати дисертаційної роботи впроваджені шляхом внесення доповнень до курсу лекцій та лабораторних робіт з дисциплін «Електротехніка та електричні машини» в розділах «Принцип дії асинхронного двигуна та пошук несправностей».

Обґрунтованість і достовірність наукових положень та висновків.

Ступінь обґрунтованості наукових положень і висновків дисертації підтверджується застосуванням сучасних методів дослідження і статистичною обробкою отриманих даних, що в сукупності дозволило здобувачу одержати достовірне уявлення відносно об'єкту дослідження і його властивостей. Результати досліджень не входять у протиріччя з існуючими даними.

Практичні результати підтверджено актами впровадження.

Аналіз змісту дисертації

Дисертація, яка подана на відгук, складається з анотації, переліку умовних позначень, вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел і додатків. Повний обсяг дисертації складає 163 сторінки, вона містить 37 рисунків по тексту, 34 таблиці по тексту, 99 найменувань використаних джерел та 7 додатків на 17 сторінках.

У першому розділі проведено аналіз причин зниження строку експлуатації АД. Показано, що вплив на АД руйнівних факторів мережі і навколишнього середовища призводить до загального та локальних перегрівів які спонукають виникнення виткових замикань. Крім того, замикання 4–10 % витків суттєво не вплине на робочі параметри АД, але потроху буде руйнувати ізоляцію сусідніх витків. Це викликає необхідність контролю та прогнозування його стану в процесі його роботи, а також запобігання розвитку пошкодження на початковій стадії. Для цього проаналізовано існуючі методи і способи виявлення виткового замикання в обмотках АД. Показано, що відсутність комплексного підходу до розрахунку струмів в фазах АД при витковому замиканні без урахування якості напруги

мережі, є причиною появи помилок в визначенні початкового моменту виткового замикання в обмотці статора. Рішення поставлених проблем можливе за рахунок удосконалення існуючих та розробки нових методів неруйнівного контролю роботи АД в умовах праці з неякісною електроенергією мережі і агресивним навколишнім середовищем.

У другому розділі розглянуто причини відхилення в розрахунках струмів при виткових замиканнях, запропоновано нову математичну модель розрахунку струмів в фазах АД при виткових замиканнях в мережі з несиметричною напругою.

Даний розділ присвячений розробці математичної моделі розрахунку струмів по фазах АД при наявності таких факторів, як несиметрія і відхилення напруг в мережі живлення, несиметрії повних опорів обмоток АД, викликаних наявністю виткових замикань. Отримана математична модель дозволяє виявляти початковий момент виткового замикання 4–10 % витків, що обумовлено точним визначенням параметрів схеми заміщення АД і постійним корегуванням їх значень в процесі експлуатації.

Додатковий нагрів ізоляції викликає відхилення і несиметрія напруг, а також дисбаланс фазних опорів обмотки статора. На базі розробленої математичної моделі розрахунку струмів при виткових замиканнях було вдосконалено теплову модель нагріву ізоляції, яка представляє АД як однорідне тіло.

Третій розділ присвячений вирішенню задачі впливу шару пилу, який осідає на лобовій частині обмотки статора, на локальні теплові процеси в ізоляції обмотки під цим шаром. Отримано залежність додаткового нагріву ізоляції лобової частини обмотки в функції товщини шару пилу. В процесі осідання провідного пилу на обмотці, коли присутній знос ізоляції, виникає різниця потенціалів на поверхні, яка призводить до протікання поверхневих струмів, котрі виділяють тепло, яке прискорює старіння ізоляції. За допомогою розробленого датчика поверхневої провідності, встановлено, що

при зволоженні провідного пилю його поверхнева провідність змінюється на 10–13 % і не залежить від товщини шару пилю.

У четвертому розділі представлені технічні рішення, які розроблені на базі результатів теоретичних досліджень, що дозволили встановити нові закономірності виявлення і розпізнання дефектів, підвищити швидкість і чутливість технічних засобів контролю параметрів розпізнавання передаварійних ситуацій.

Розроблено спосіб діагностики та захисту АД в режимі реального часу. Пристрій діагностування і захисту обмоток АД, працюючих в запиленому середовищі, заснований на контактних вимірах температури лобової частини обмотки статора, обробці отриманих даних і відключені АД від мережі при перевищенні температури вище допустимої. Особливість способу є одночасне вимірювання температури верхньої лобової частини обмотки та діаметрально протилежної нижньої частини, постійне порівняння отриманих результатів і за їх різницею робиться висновок про локальне запилення обмоток пилом або загальний перегрів електродвигуна.

Для діагностування виткових замикань, неповнофазних режимів і токових перевантажень розроблено алгоритм роботи, комп'ютерна програма та блок-схема пристрою захисту АД. Пристрій дозволяє діагностувати початковий момент виткового замикання в статорних обмотках електродвигуна, в якому безперервно здійснюється моніторинг рівнів напруги мережі, фазних струмів, частоти мережі і обертів електродвигуна.

У додатках представлено акти впровадження результатів розробки за темою дисертації.

Відповідність дисертаційної роботи вимогам МОН України.

Дисертація є науковим рукописом з логічною і чіткою структурою, який має відповідне розбиття на розділи та написаний грамотною науково-технічною мовою. Дисертація ретельно оформлена і належним чином проілюстрована.

Публікації за темою дисертації

Результати роботи відображені в 14 опублікованих наукових працях, 9 статті у наукових фахових виданнях України та інших держав, 1 патент на корисну модель України і 1 авторське свідоцтво та комп'ютерну програму, 3 тез доповідей на конференціях різних рівнів.

Відповідність автореферату змісту дисертації

Автореферат дисертації оформлений відповідно до чинних вимог п.13 «Порядку присудження наукових ступенів», що затверджений Постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 № 567 (із змінами). Він містить всі необхідні елементи, які повністю відображають основні структурні частини дисертації, в ньому викладено основну суть здійснених наукових досліджень, наведено основні результати, приведені висновки та список основних публікацій автора. Матеріал викладено в науковому стилі, логічно та послідовно. Зміст автореферату є ідентичним основному змісту дисертації та опублікованим роботам.

Зауваження по роботі.

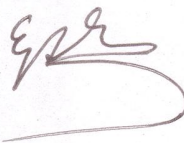
1. У таблицях 2.3 і 2.4 не зазначено відносно яких значень проводиться порівняння.
2. Чи впливає поява додаткових кутів між фазними напругами на коефіцієнт несиметрії струмів?
3. Чи враховується в розрахунку температури обмотки статора зміна температури навколишнього середовища?
4. У тексті дисертації та автореферату є помилки технічного характеру
Наведені недоліки не знижують загальне позитивне враження від роботи.

Загальний висновок,

Дисертаційна робота Василенко С.В. на тему «Дослідження причин зниження терміну служби ізоляції асинхронних двигунів напругою до 1000 В» рекомендовано до прилюдного захисту на здобуття наукового ступеню кандидата технічних наук за спеціальністю 05.09.03 – електротехнічні комплекси та системи. Вважаємо, що дисертаційна робота на тему:

«Дослідження причин зниження терміну служби ізоляції асинхронних двигунів напругою до 1000 В» в повній мірі відповідає вимогам пп. 9, 11, 12 – «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 (зі змінами, затвердженими постановою Кабінету Міністрів України від 19.08.2015 р. № 656), а здобувач Василенко Сергій Вікторович заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.09.03 – електротехнічні комплекси та системи.

Офіційний опонент доктор технічних наук,
доцент кафедри електричного транспорту
Харківського національного
університету міського господарства
імені О. М. Бекетова



К.В. Ягуп

Підпис К.В. Ягуп засвідчую!



30.04.2015

Василенко С.В.