

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГОТЕХНІКИ ТА АВТОМАТИКИ

КАФЕДРА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКИ

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри
_____ В.Ф.Шинкаренко

“ ____ ” _____ 20__ р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

**зі спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка**

**на тему: «Діагностика ізоляції електричних двигунів рухомого
складу імпульсним методом»**

Виконав (-ла):

студент (-ка) IV курсу, групи ЕМ-61м

Цемеринов Олександр Дмитрович _____

Керівник:

Заст декана, кандидат технічних наук, доцент,

Чумак В.В. _____

Рецензент:

кандидат технічних наук, доцент,

Печеник М.В. _____

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2018

РЕФЕРАТ

У даній магістерській дисертації були проведені дослідження електромагнітних перехідних процесів при імпульсних впливах в обмотках тягових двигунів постійного струму рухомого складу. Проаналізовано низку методів випробувань ізоляції обмоток тягових двигунів постійного струму і визначено найбільш ефективний спосіб діагностики і контролю на основі імпульсних методів з підвищеною чутливістю до виявлення місць дефектів. Проведено аналіз хвильових процесів при імпульсних впливах в якорних обмотках тягових двигунів постійного струму. Визначено розподіл градієнтів потенціалів на окремих ділянках обмотки, розроблено методику виявлення пошкоджень в якорних обмотках зі зрівнювальними з'єднаннями. Розроблено функціональну та експериментальну схему випробувальної установки для діагностування дефектів ізоляції обмоток, проведені випробування в умовах ремонтного підприємства на реальних зразках. Розроблено математичну модель розрахунку імпульсних процесів в якорних обмотках в системноу пакеті MatLab Simulink, проведено порівняння експериментальних та розрахункових результатів.

***ДВИГУН, НАПРУГА, СТРУМ, ВТРАТИ, ОБМОТКА,
ХАРАКТЕРИСТИКИ, СХЕМА, МОДЕЛЮВАННЯ***

ABSTRACT

In this master's dissertation, studies of electromagnetic transients under impulse influences in the windings of traction motors of direct current of rolling stock were carried out. A number of methods of testing the isolation of windings of traction motors of direct current have been analyzed and the most effective method of diagnostics and control on the basis of pulsed methods with high sensitivity up to the detection of defects is determined. The analysis of wave processes at impulse influences in anchor windings of traction motors of a direct current is carried out. The distribution of potentials' gradients is determined on separate winding sites, a technique for detecting damage in anchor windings with equalizing connections has been developed. The functional and experimental scheme of the test installation for diagnosing defects of winding insulation was developed, tests were conducted in the conditions of the repair enterprise on the real samples. A mathematical model for calculation of impulse processes in anchor drives in the MatLab Simulink system package was developed, a comparison of experimental and calculated results was performed.

ENGINE, VOLTAGE, STRUCTURE, LOSS, WRAPPING,
CHARACTERISTICS, SCHEME, MODELING

2.2 Вплив дефектів ізоляції на зміну імпульсних напруг в обмотках випробовуваного якоря

..

2.3 Обґрунтування величин імпульсних перенапруг при випробуванні ізоляції якорних обмоток.....

.....

3. Моделювання швидкоплинних електромагнітних процесів в якорних обмотках зі зрівнювальними з'єднаннями.....

3.1 Створення та опис моделі швидкоплинного електромагнітного процесу.

.....

Висновки.

.....

Перелік посилань.

.....

ВСТУП

На залізничному транспорті діагностика і контроль якості рухомого складу та його елементів, зокрема тягових двигунів проводиться в основному методами проведення натурних випробувань. Ці випробування представляють собою особливий тип фізичного моделювання, що ґрунтується на використанні спеціалізованих пристроїв у поєднанні з натурними об'єктами. Одним із основним елементів загальної діагностики обладнання рухомого складу є система діагностування тягових електричних двигунів. У депо та на ремонтних підприємствах, ці системи реалізуються на випробувальних станціях, де випробувальні об'єкти підлягають в основному функціональним методам діагностування. Ефективність функціонального діагностування тягових електродвигунів можна суттєво підвищити у разі використання методів, що симулюють аварійні режими роботи. Ці режими можуть виникати при комутаційних перенапруженнях, пробоях струмоведучих частин і т.д. При цьому виникають швидкоплинні, так звані хвильові електромагнітні процеси, які впливають на ослаблені місця ізоляційної конструкції, викликають частковий або повний електричний пробій. Саме застосування цих процесів в цілях діагностики та контролю ізоляції обмоток якорів тягових двигунів постійного струму є суттю даної роботи.

Опис проблеми. Залізничний парк України на даний час все ще використовує у великій кількості електровози радянського виготовлення. Парк електровозів на базі тягових асинхронних двигунів з перетворювачами частоти є дуже малим. Більша частина – це тягові двигуни, що представляють собою машини постійного струму, традиційного виконання. Це обладнання є сильно зношеним, потребує заміни, ремонту та якісного сервісного обслуговування.

Загальна проблема посилюється крайньою зношеністю з причини виробітки розрахункового ресурсу и відсутністю капіталовкладень на радикальну модернізацію парку рухомого складу залізничних доріг України.

Відомо що в процесі експлуатації значна частина всіх видів електричних машин передчасно виходить з ладу через пошкодження корпусної і виткової ізоляції. Досвід експлуатації рухомого складу на залізницях України показує, що із загального числа пошкоджень електрорухомого складу близько половини випадків припадає на електричні машини. Основна ж частина пошкоджень електричних машин електрорухомого складу припадає на пробій корпусної і виткової ізоляції. З ростом протяжності електрифікованих доріг число аварій через пошкодження ізоляції зростає. По експлуатаційній надійності обладнання електровозів, які експлуатуються на українських залізницях, максимальний відсоток ушкоджень тягових двигунів з причини виткового замикання і пробією ізоляції на корпус обмоток якорів склав 21% від загального числа пошкоджень двигуна. Досить високий відсоток пошкодження ізоляції обмоток якорів в експлуатації пояснюється недоброякісним їх ремонтом, далеко недосконалими методами випробувань ізоляції, особливо, обмоток якорів і важкими умовами експлуатації.

Капітальний ремонт тягового двигуна постійного струму становить до 80% вартості нового двигуна. За термін служби машини ізоляція частково або повністю замінюється, очевидний ефект становить збільшення післяремонтної надійності і стає зрозумілим велике значення якості і надійності електричних машин постійного струму. В умовах відсутності новітніх технологій, - резервом підвищення надійності є більш ефективні методи та апаратні засоби діагностики контролю випробування ізоляції електричних двигунів.

У зв'язку з цим для підвищення якості та надійності ремонтіваних електричних машин постійного струму необхідно в процесі ремонту забезпечити необхідну якість корпусної і виткової ізоляції. Це досягається дотриманням правильно розробленої технології виготовлення та ремонту ізоляції та обмоток і досконалыми методами контролю стану і оцінки

працездатності корпусної і виткової ізоляції. Найбільш досконалі методи випробувань ізоляції обмоток електричних машин повинні дозволяти не тільки виявити наявність пошкоджень, а й визначити місце дефекту. Останнє особливо необхідно на заводах, що ремонтують електричні машини постійного струму у великій кількості, а саме, на ремонтних заводах, де відсоток браку по причині виткового замикання і пробою ізоляції на корпус обмоток якорів ще досить значний.

Можливість визначення місця (точки) дефекту ізоляції обмотки електричної машини дозволяє підвищити продуктивність праці при ремонті, економити дорогий ізоляційний матеріал, аналізувати причини браку і, ґрунтуючись на цьому, удосконалювати технологію ремонту обмоток, а найголовніше, завдяки підвищеній чутливості до дефектів, посилити контроль стану ізоляції і тим самим підвищити надійність роботи електричних машин в експлуатації.

Мета роботи – на основі досліджень розподілу градієнтів потенціалів відносно корпусу між секційних і міжвиткових напруг в обмотках якорів тягових електричних двигунів постійного струму при випробуванні імпульсним методом розробити методику фіксація і виявлення місць дефектів ізоляції в якорних обмотках електричних машин постійного.

Методи дослідження. Математичне моделювання швидкоплинних електромагнітних процесів на основі ланцюгових схем заміщення обмоток електричних машин в системному пакеті MatLab Simulink. Методи теорії планування експерименту.

Об'єкт дослідження – якорні обмотки якоря тягових двигунів постійного струму

Предмет дослідження – імпульсні перехідні процеси в якорних обмотках двигунів постійного струму

Наукова новизна полягає:

Вперше запропоновано метод оцінки стану міжвиткової ізоляції обмоток тягових електричних двигунів, який полягає в тому, що рівень дефектності обмотки визначається не шляхом порівняння властивостей дефектної обмотки з бездефектною, а шляхом реакції дефектної або якісної обмотки на високочастотну імпульсну напругу з крутим фронтом.

Практична цінність полягає у тому, що розроблена методика виявлення виткового замикання в котушках з малим числом витків і новий спосіб виявлення конкретного місця виткового замикання в одношарових котушках. Використовуючи метод імпульсної генерації, розроблено модернізований спосіб індикації і виявлення виткового замикання та пробою ізоляції на корпус в обмотці якоря тягового електричного двигуна, заснований на вимірюванні імпульсного магнітного поля, створеного постійним за формою вздовж всієї обмотки ротора наскрізним струмом, що забезпечує завдяки останньому постійну чутливість до дефектів ізоляції вздовж всієї обмотки, в тому числі і по висоті пазу.

Основні результати виконаної роботи будуть запроваджені на електроремонтному заводі НВП «ДАК Електросила».

Зв'язок з науковими програмами - робота пов'язана з планом науково-дослідних робіт по темі "Використання частотних характеристик для оцінки стану ізоляції обмоток електричних машин", державний реєстраційний номер 0118U000543.

Аналіз літератури та існуючих методів. Дослідження і розробка теорії хвильових процесів в обертових електричних машинах стали проводитися з початку 30-х років минулого сторіччя. Цим питанням присвячено ряд монографій і окремих статей вчених Г.Н.Петрова, М.В.Костенко, Л.І.Сіротінського, В.А.Карасева, Р.А.Лютера, С.П.Грецького, Г.С.Щвеца, Е.С.Фріда, З.Г.Каганова, та інших, які дозволяють створити досить точне уявлення про фізику хвильових процесів, в обмотках електричних машин постійного струму, дають методику розрахунку

хвильових напруг. Причому, зазначені вище основні праці присвячені розвитку теоретичних питань, спрямованих на встановлення загальних закономірностей хвильових процесів. Тим часом сучасні потужні тягові двигуни постійного струму електричних локомотивів мають досить складну структуру обмоток.

Тому в останні роки поряд з подальшим розвитком загальної теорії хвильових процесів, широкий розмах придбали експериментальні дослідження, що доповнюють і уточнюють теоретичні розробки. Необхідно підкреслити той факт, що правильно зняті осцилограми хвильових напруг в обмотках електричних машин є зразками, до яких повинен наближатися аналітичний розрахунок і моделювання цих процесів. Тому в даній роботі велика увага приділяється експериментальним дослідженням хвильових процесів в обмотках якорів машин постійного струму.

На потужних і більш сучасних електровозах як вітчизняного виробництва, так і зарубіжного, застосовуються шестиполюсні тягові двигуни, якоря яких мають петлеву обмотку зі зрівняльними сполуками. Проте тих відомостей про хвильові процеси електричних машин постійного струму, якими володіє практика, недостатньо для розробки найбільш ефективних методів індикації та виявлення місць дефектів ізоляції в їх обмотках. Дослідження хвильових процесів в обмотках електричних машин постійного струму почалися значно пізніше, ніж в обмотках машин змінного струму і обумовлені широким розвитком електрифікації залізничного транспорту. До останнього часу проводилися дослідження розподілу хвильових напруг в силовому ланцюзі електровоза або електропоїзда і в обмотках тягових двигунів в режимі навантаження. В основному в цих роботах цікавилися тільки хвильовими напруженнями щодо корпусу.

На сьогоднішній день існують розробки методів виявлення дефектів обмоток тягових електричних двигунів постійного струму з використанням аналізу частотного відгуку обмоток (Nilanga Abeywickrama, ABB AB

Corporate Research, Sweden, 2003). Великого розповсюдження набули методи створення математичних моделей двигунів постійного струму для імпульсного розподілу напруги по обмотці якоря та аналізу отриманих даних (Marjan Popov, Delft University of Technology, The Netherlands, 2001 Bjorn Gustavsen, SINTEF Energy Research, Norway, 2004 Juan A. Martinez-Velasco, Universitat Politècnica de Catalunya, Spain, 2000). А також ведуться роботи аналізу частотних характеристик обмотки статора генератора (Charles Q. Su, Charling Technology, Australia, 2006)