

Василь Тарасюк

КОНТРОЛЬ ТА ВИПРОБУВАННЯ ІЗОЛЯЦІЇ ОБМОТОК ТЯГОВИХ ДВИГУНІВ ЕЛЕКТРОПОЇЗДІВ ПІД ЧАС РЕМОНТУ

Проаналізовано методи контролю та випробувань ізоляції обмоток тягових двигунів електропоїздів. Запропоновано впровадження неруйнівного методу, непрямої оцінки стану ізоляції за допомогою визначення коефіцієнта абсорбції під час ремонту обмоток тягових двигунів.

Проанализированы методы контроля и испытаний изоляции обмоток тяговых двигателей электропоездов. Предложено внедрение неразрушающего метода, косвенной оценки состояния изоляции посредством определения коэффициента абсорбции при ремонте обмоток тяговых двигателей.

The methods of inspection and testing winding insulation electric traction motors. An introduction nondestructive method indirect assessment of isolation by defining the coefficient of absorption during the repair of windings of traction motors.

Ключові слова: контроль і випробування, якірні і полюсні обмотки, опір ізоляції, електрична міцність, поляризація.

Довговічність тягових електродвигунів – це показник надійності, який визначає термін придатності машин в експлуатації. Під час ремонту тягових електродвигунів визначальними для довговічності є: властивості і якість матеріалів, що закладаються у відповідальні вузли; технологічні способи і режими обробки; контроль і випробування елементів та вузлів після завершення окремих технологічних операцій, а також прийнятно-здавальні випробування машин в зібраному стані. Контроль і випробування – це невід’ємні складові технологічного процесу ремонту, які визначають відповідність електричних машин технічним вимогам, а також їх подальшу надійність.

Багато в чому справна робота тягових електродвигунів залежить від стану ізоляції обмоток. Саме тому, незважаючи на значні витрати на ремонтних підприємствах впровадженій суцільний операційний контроль стану ізоляції якірних і полюсних обмоток.

Такий підхід дає можливість виключити можливість відправлення споживачеві продукції з дефектами. Зокрема контроль ізоляції якірних обмоток виконується на усіх етапах її виготовлення: починаючи із контролю та випробувань кожної окремо якірної котушки і завершуючи випробуванням ізоляції в зібраній машині після проведення циклу прийнятно-здавальних випробувань. Правилами ремонту електричних машин електровозів і електропоїздів ЦТ-0204 (далі Правила ЦТ-0204) встановлено такі основні параметри для операційного контролю якості ізоляції обмоток в процесі їх ремонту і виготовлення [1]:

- опір ізоляції;
- електрична міцність корпусної і міжвиткової ізоляції.

Вимірювання опору – це неруйнівний методом випробувань, який належить до непрямого способу оцінки стану ізоляції. Він полягає в тому, що при подачі постійної напруги через ізоляцію протікає струм наскрізної провідності[2]: $I = I_u + I_z$

© Тарасюк В. М., 2012

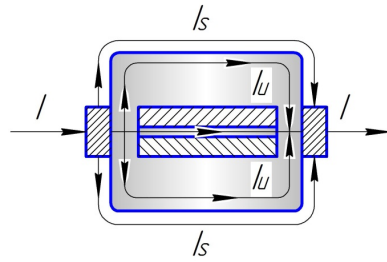


Рис. 1. Види струмів провідності ізоляції обмоток електричних машин

Струм наскрізної провідності ізоляції складається із двох складових: струму об'ємної провідності I_v і струму поверхневої провідності I_s (див. рис. 1). Якщо ізоляція має внутрішні дефекти та поверхневі пошкодження, то струм наскрізної провідності зростає, а опір ізоляції знижується [3]:

$$R_{ix} = \frac{U_E}{I}$$

де, U_E – постійна напруга при якій визначається опір.

Опір R_{ix} є основним показником стану ізоляції обмоток електричних машин, за допомогою якого визначається наявність дрібних зосереджених дефектів. Для виявлення грубих зосереджених дефектів використовують метод випробування електричної міцності корпусної та міжвиткової ізоляції. Величини випробувальної напруги для ізоляції на усіх етапах ремонту і виготовлення обмоток тягових двигунів електропоїздів нормуються Правилами ЦТ-0204 (див.табл 1), а методика проведення встановлюється за ГОСТ 11828-86.

Таблиця 1. Норми напруг для випробування електричної міцності

Тип машини	U_v ізоляції якірних обмоток, кВ						U_v ізоляції полюсних обмоток, кВ		Машини після випробувань в зборі
	якірна котушка	після укладки та осадки вирівнювачів	після укладки та осадки обмотки	після заклінювання	після зварювання	готовий якір	після виготовлення або ремонту	після встановлення в остов	
УРТ-100	12,5	-	10,8	9,0 10,5	8,5 10,0	7,5 9,5	10,0 12,5	8,0 10,0	7,0 8,8
РТ-51	8,0	-	6,5	5,5 6,2	5,0 6,0	4,5 5,5	8,0 10,0	6,0 7,6	4,0 5,0
1ДТ.003	12,5	10,8	10,5	9,0 10,2	8,5 9,8	7,5 9,5	9,2 11,5	8,4 10,5	7,0 8,8

* значення напруг дробом: чисельник для КР-1, знаменник – КР-2; не дробові для КР-1 і КР-2

Сутність методу полягає в тому, що ізоляція випробовується напругою вищою від номінальної, тобто робочої. Якщо ізоляція не містить грубих дефектів, то вона витримує випробувальну напругу протягом нормованого часу. В протилежному випадку при наявності неприпустимих дефектів – ізоляція пробиває. Випробування електричної міцності корпусної та міжвиткової ізоляції – це руйнівний метод контролю, тому що при його використанні можливе виникнення дефектів яких раніше ізоляція не містила. Тому, його використання для обмоток електричних машин необхідно виконувати тільки у випадках передбачених діючими Правилами та Інструкціями, адже надмірне прикладання напруги понад номінальне значення може призвести до передчасного руйнування ізоляції.

Розглянуті вище методи контролю та випробувань ізоляції обмоток ефективні при визначенні дрібних та грубих зосереджених дефектів, тобто тріщин, пор, проколів, надрізів

та інших, які неминуче виникають в експлуатації і можливі під час ремонтних операцій. Однак в ізоляції можливі також і розподілені дефекти по всьому об'єму обмотки, які не є критичними під час випробувань, а їх виявлення контролем опору та випробування високою напругою не завжди дає бажаний результат.

Такими дефектами є: зволоження ізоляції під час роботи електричних машин на рухомому складі або при порушенні технологічних режимів виготовлення (ремонт) обмоток; розшарування системи ізоляції через неякісні ізоляційні матеріали або під дією експлуатаційних чинників (зміна об'єму, динамічні удари); використання просочувальних матеріалів із сторонніми домішками та засміченістю; порушення режимів переробки ізоляційних матеріалів та інше. Тому в системі операційного контролю та випробувань ізоляції обмоток електричних машин необхідно впровадити параметр, який дасть можливість контролювати дефекти розподілені по усьому об'єму ізоляції. Таким параметром може бути використаний коефіцієнт абсорбції $K_{\text{аб}}$.

Як відомо, в ізоляції окрім струму наскрізної провідності існує також струм абсорбції $I_{\text{аб}}$, викликаний релаксаційними видами поляризації і перерозподіленням вільних зарядів в об'ємі обмотки. Залежно від стану ізоляції він проходить за час від декількох секунд до декількох хвилин після прикладання постійної напруги. Якщо ізоляція містить значну кількість дефектів розподілених по всьому об'єму обмотки, то струм поляризації триває впродовж декількох секунд. При вимірюванні опору значення R_{15} лишається незмінним впродовж 60 секунд. В хорошій ізоляції з монолітною структурою і мінімальною кількістю дефектів процес поляризації протікає довше. В цьому випадку значення опору R_{15} виміряні на 15 і 60 секундах матимуть відмінні значення. Відношення значень опору виміряних на 15 і 60 секундах називається коефіцієнтом абсорбції:

$$K_{\text{аб}} = \frac{R_{60}}{R_{15}} .$$

Якщо ізоляція має задовільний стан коефіцієнт $K_{\text{аб}} \geq 1$, в протилежному випадку – $K_{\text{аб}} \leq 1$. Цей метод використовується під час діагностики ізоляції обмоток тягових трансформатор, для яких встановлено, що ізоляція з $K_{\text{аб}} \geq 1,2$ придатна для експлуатації, при $K_{\text{аб}} \leq 1,2 + 1,1$ ізоляція потребує ремонту, а при $K_{\text{аб}} < 1,0$ – потребує заміни. Для систем ізоляції обмоток тягових двигунів електропоїздів визначення величин $K_{\text{аб}}$ не проводились. Для визначення нормованих величин $K_{\text{аб}}$, які можна було б використовувати під час контрольних випробувань в процесі ремонту, треба провести статистичні випробування ізоляції якірних і полюсних обмоток: до проведення ремонту, після ремонту в об'ємі КР-1, після ремонту в об'ємі КР-2.

Розробка методики визначення $K_{\text{аб}}$ з порівнянням із нормованими значеннями для тягових двигунів електропоїздів, а також включення методики до системи операційного контролю дасть можливість забезпечити більш повну оцінку стану ізоляції обмоток. Особливо важливим цей параметр є для обмоток, що були в експлуатації і ремонтуються за об'ємом КР-1 (без зміни ізоляції). Тому що, саме експлуатаційні умови та якість профілактичних заходів (технічне обслуговування і поточні ремонти) мають визначальний вплив на стан ізоляції обмоток і утворення розподілених дефектів по її об'єму.

ЛІТЕРАТУРА

1. 105.86000.94111. Правила ремонту електричних машин електровозів і електропоїздів. ЦТ-0204.
 2. С. Н. Колесов, И. С. Колесов. Материаловедение и технология конструкционных материалов: Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2007. – 535 с.
 3. С. В. Власьевский, А. В. Роженцев, О. А. Малышева. Методика исследования электрических свойств изоляции электрического оборудования подвижного состава, работающего в условиях низких температур. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2008. – 114 с.
 4. ГОСТ 11828-86. Машины электрические вращающиеся. Общие методы испытаний.
-