

Василь Тарасюк

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОЇ РОБОТИ ЯКІРНИХ ОБМОТОК ТЯГОВИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ЕЛЕКТРОПОЇЗДІВ

В статті розглянуті та обґрунтовані заходи щодо підвищення надійності роботи якірних обмоток тягових електродвигунів електропоїздів шляхом модернізації якірних котушок.

В статье рассмотрены и обоснованы меры к повышению надежности работы якорных обмоток тяговых электродвигателей электропоездов путем модернизации якорных катушек.

In the article the consideration and study measures to improve the reliability of the anchor winding electric traction motors, by upgrading anchor coils.

Ключові слова: тяговий електродвигун, обмотка якоря, лінійне навантаження, обмотувальні проводи, електроізоляційні стрічки.

Останнім часом скоротилась кількість електропоїздів задіяних у приміських перевезеннях пасажирів. Формування приміських поїздів виконується з мінімальним складом моторвагонних секцій (МВС), а кількість пасажирів у приміському сполученні обласних центрів навпаки зростає. Такі чинники зумовлюють занадто інтенсивну експлуатацію електропоїздів, яка супроводжується перенавантаженням усього обладнання рухомого складу, зокрема і тягових електродвигунів (ТЕД). Режими роботи ТЕД відмінні від номінальних призводять до перегрівання обмоток машини понад норми встановлені Правилами ремонту електричних машин електровозів і електропоїздів ЦТ-0204, як наслідок скорочується ресурс надійної роботи ізоляції обмоток (кожен перегрів скорочує ресурс у 2 рази).

Основне призначення будь-якої електричної ізоляції – це запобігання можливості з'єднання ізолюваної струмоведучої частини з корпусом або з іншими струмоведучими елементами. Система ізоляції якірних котушок складається з міжвиткової, корпусної та покривної ізоляцій. Корпусна ізоляція запобігає електричному з'єднанню активних елементів обмотки з корпусом. Вона повинна витримувати повну номінальну напругу електричної машини із запасом, який встановлюється ГОСТ 2582-81. Міжвиткова ізоляція окремих провідників котушки якоря повинна витримувати лише частину номінальної напруги, яка може бути між цими провідниками.

Для уникнення механічних пошкоджень корпусної ізоляції, якірні котушки додатково ізолюють одним шаром так званої покривної ізоляції. Найтяжче пошкодження ТЕД – це пробій ізоляції обмотки якоря на корпус або міжвиткове замикання. Якщо при несправностях ізоляції магнітної системи остова можливі варіанти ремонту або заміни дефектних котушок чи моноблоків, то при несправності ізоляції обмотки якоря відремонтувати ТЕД у деповських умовах неможливо.

© Тарасюк В. М., 2012

Як свідчить аналіз дефектів ізоляції, що виникають в експлуатації, найчастіше зустрічається пробій ізоляції якірних обмоток електротеплової форми. Тепловим фактором, що визначає нагрівання обмотки якоря, є величина добутку лінійного навантаження якоря струмом (A) та щільності струму (j_a) в обмотці якоря[1]:

$$A \times j_a$$

В першу чергу величини A та j_a обмежуються умовами охолодження, оскільки ТЕД МВС виконані із самовентиляцією.

Зниження перегрівання обмоток якорів можна досягти за рахунок зменшення щільності струму j_a у провідниках обмотки якоря. В свою чергу величина j_a залежить від площі поперечного перерізу провідників якірних котушок:

$$j_a = \frac{I_a}{2a \times q_a},$$

де I_a – струм якоря;

$2a$ – число паралельних гілок;

q_a – площа поперечного перерізу провідників

Для прикладу розглянемо заповнення паза якоря ТЕД РТ-51Д МВС ЕР9П. Розміри паза по ширині і висоті складають (13,8x43,2) мм. Виготовлення якірних котушок передбачене із проводу марки ПЕТВСД з поперечним перерізом провідника 1,7x7,1 мм. Система ізоляції пазової частини якоря зображено на рис. 1.

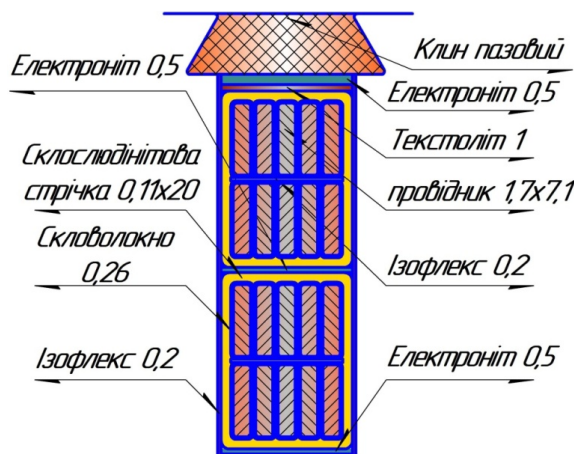


Рис. 1. Система ізоляції пазової частини котушок якоря РТ-51Д

Коефіцієнт заповнення паза $K_{з1}$ та щільність струму для номінального режиму роботи матимуть наступні значення [2]:

$$K_{з1} = \frac{N_z \times q_{з}}{b_{п} \times h_z} = \frac{20 \times 12,07}{13,8 \times 43,2} = \frac{241,4}{596,16} = 0,404,$$

$$j_{a1} = \frac{266}{2 \times 0,2414} = \frac{266}{0,4828} = 550 \text{ А/м}^2.$$

За рахунок впровадження прогресивних електроізоляційних матеріалів, які мають високі характеристики при мінімальній товщині можливе виготовлення секцій із неізольованої мідної проволочи. У наш час виготовляються склолюдінітові стрічки з попереднім

просоченням, зокрема марки «Елізтерм-155 Тпл». При товщині від 0,08 мм до 0,13 мм вони мають пробивну напругу 1,8 кВ, проти 0,9 кВ ізоляції прямокутних проводів ПЕТВСД [3,4].

Ширина шліца колекторної пластини для ТЕД РТ-51Д становить $2,08^{+0,12}$ мм (рис. 2). Для секцій якірної обмотки РТ-51Д, враховуючи висоту паза та ширину шліца колекторної пластини, можливо вибрати зі стандартного ряду мідну проволочку перерізом 2x15 мм, а міжвиткову та корпусну ізоляцією виконати зі стрічки марки «Елізтерм-155 Тпл» 0,1x20: один шар для виткової ізоляції і чотири – для корпусної. Як покривну ізоляцію використати стрічку скляну 0,1x25 мм.

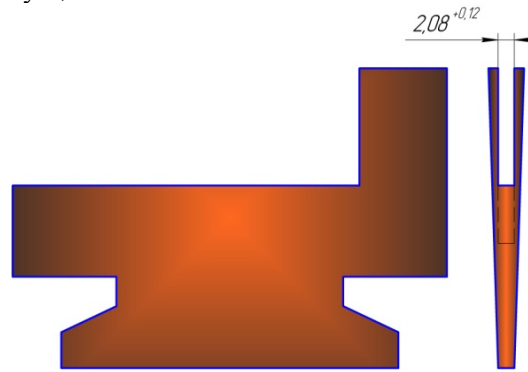


Рис. 2. Заготівка колекторної пластини з прорізанним шліцом

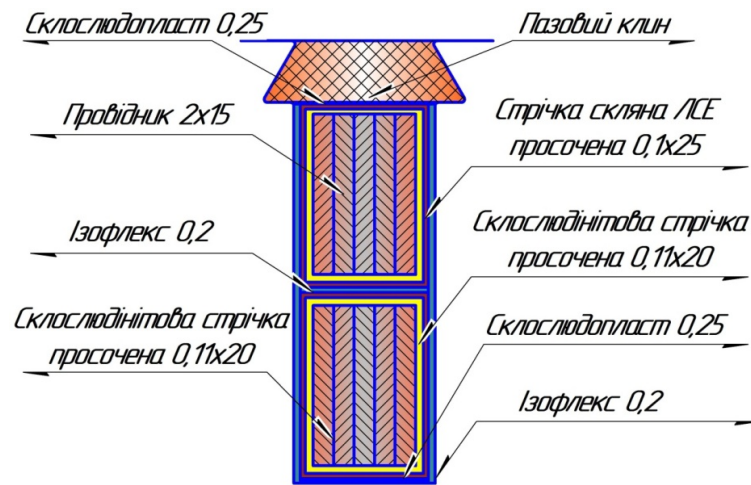


Рис. 2. Система ізоляції пазової частини котушок якоря, виготовлених із мідної проволочки

Для порівняння розрахуємо коефіцієнт заповнення паза $K_{з2}$ для якірних котушок, виготовлених із неізольованої проволочки, та щільність струму при номінальному режимі роботи:

$$K_{з2} = \frac{N_z \times q_{я}}{b_{п} \times h_z} = \frac{10 \times 30}{13,8 \times 43,2} = \frac{300}{596,16} = 0,503,$$

$$j_{а2} = \frac{266}{2 \times 0,3} = \frac{266}{0,6} = 443 \text{ А/м}^2.$$

Як бачимо, при виготовленні секцій із неізолюваної проволони та системою ізоляції якірних котушок, зображеною на рис. 2 можливе зростання K_3 до 0,5, що зазвичай для машин з ізоляцією на 3000 В становить від 0,3 до 0,45 [2].

Порівнюючи характеристики ізоляційної стрічки марки «Елізтерм-155 Тпл» з ізоляцією проводу ПЕТВСД впливає, що електрична міцність ізоляційної стрічки значно вища від ізоляції обмотувального проводу. Крім того, у будь-якому разі вигідно, щоб корпусна та міжвиткова ізоляції були якомога тонше. З однієї сторони, це дає можливість збільшити поперечний переріз міді провідників обмотки; з іншої сторони – теплопровідність ізоляції тим краща, чим вона тонша [5].

Величина лінійного навантаження якоря струмом A , прямо пропорційна струму якоря:

$$A = \frac{N \times I_a}{\pi \times D}$$

Збільшення поперечного перерізу провідників паза з 241,4 мм² до 300 мм², дозволяє підняти номінальний струм ТЕД РТ-51Д на 20%, і відповідно збільшити допустиме навантаження обмотки якоря струмом.

Отже, завдяки впровадженню прогресивних систем ізоляції можливе збільшення поперечного перерізу провідників обмотки якоря, що дає можливість підвищити номінальну потужності ТЕД та збільшити величини лінійного навантаження і теплового фактора нагрівання обмоток. У свою чергу це зменшить кількість перегрівань ізоляції під час експлуатаційних перенавантажень та підвищить надійність роботи ТЕД.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Находкин М.Д., Василенко Г.В., Бочаров В.И., Козорезов М.А.* Проектирование тяговых электрических машин.: Учебное пособие для вузов ж-д.трансп.: Изд.2-е, перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1976.– 624 с.
2. *Безрученко В.М., Варченко В.К., Чумак В.В.* Тягові електричні машини рухомого складу // Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна. – 2003.– 252 с.
3. *ТУ У 31.3 - 31806384 - 001 – 2003.* Провода медные обмоточные круглые и прямоугольные с эмалево-стекловолокнистой изоляцией и изоляцией из синтетических электроизоляционных материалов: ПЭТВСД, ПНТСД, ППТСД.
4. *ТУ 3492-120-05758799-2004.* Лента стеклослюдяная Элизтерм®-155-ТПл.
5. *Жерве Г.К.* Обмотки электрических машин. – Ленинград: Энергоатомиздат, 1989.– 400 с.