

*В. І. Данилевський
В. М. Тарасюк*

ВИБІР ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ ПРОСОЧУВАННЯ ІЗОЛЯЦІЇ ОБМОТОК ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН ЕЛЕКТРОПОЇЗДІВ ШЛЯХОМ ДОСЛІДЖЕННЯ ПЛИННОСТІ СПОЛУЧНОЇ РЕЧОВИНИ

У статті розглядається процес вакуум-нагнітального просочування обмоток електричних машин електропоїздів під час капітального ремонту. Проведено аналіз системи електричної ізоляції на основі стрічки «Елізтерм» і просочувального компаунду «Елпласт». Наведено результати досліджень плинності сполучної речовини в системі електричної ізоляції. З метою покращення якості готової ізоляції обмоток, запропоновано збільшення тиску гідростатичного опресування.

В статье рассматривается процесс вакуум-нагнетательной пропитки обмоток электрических машин электропоездов во время капитального ремонта. Проведен анализ системы электрической изоляции на основе ленты «Элизтерм» и пропиточного компаунда «Элпласт». Приведены результаты исследований текучести связующего вещества в системе электрической изоляции. С целью улучшения качества готовой изоляции обмоток, предложено увеличение давления гидростатической прессовки.

On winding electric traction motors applied at least 5 layers of insulation in 1/2 widths. Disclosure Controls isolation coils poles showed that between the tire and the bottom layer of insulation with air space "inclusion." Thus, the pressure value in 2 MPa is insufficient for satisfactory impregnation of the lower layers of insulation. Therefore, there is a need for research impregnating papers to determine the optimal mode leakage. The optimum technological regimes for impregnation of windings of electrical machines are: evacuation isolation for 30 min and the pressure hydrostatic pressure testing size 4 MPa for 60 min. Increased pressure hydrostatic pressure testing of insulation to 4 MPa raises turnover by almost 38% compared with existing technological regimes leakage.

Ключові слова: електричні машини електропоїздів, електроізоляційні матеріали, просочування ізоляційних систем.

Постановка проблеми. Під час капітального ремонту тягових двигунів, просочування обмоток виконується вакуум-нагнітальним методом. Пов'язане це з тим, що просочування зануренням, ультразвуком або струменевим методами не в

© Данилевський В. І., Тарасюк В.М., 2014

зможі забезпечити переміщення просочувального матеріалу в глибину шарів ізоляції [1, 2, 3]. За діючою методикою вакуум-нагнітальне просочування якірних обмоток і полюсів проводиться у послідовності і режимах, які зображені на рис. 1 [4].

На обмотки тягових двигунів електропоїздів накладається, щонайменше 5 шарів ізоляції в $\frac{1}{2}$ ширини. Контрольні розкриття ізоляції котушок полюсів показали, що між шиною і нижнім шаром ізоляції мають місце повітряні «включення». Таким чином, тиск величиною у 2 МПа недостатній для задовільного просочування нижніх шарів ізоляції. У зв'язку із цим, постає необхідність у дослідних просочувальних роботах для визначення оптимальних режимів просочування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Електрична ізоляція обмоток тягових двигунів значною мірою визначає надійну їх роботу під час експлуатації на рухомому складі. За рахунок розробок нових видів електроізоляційних матеріалів, а також технологій їх переробки у системи електричної ізоляції стає можливим виконання модернізацій, вдосконалення і покращення характеристик обмоток тягових двигунів.

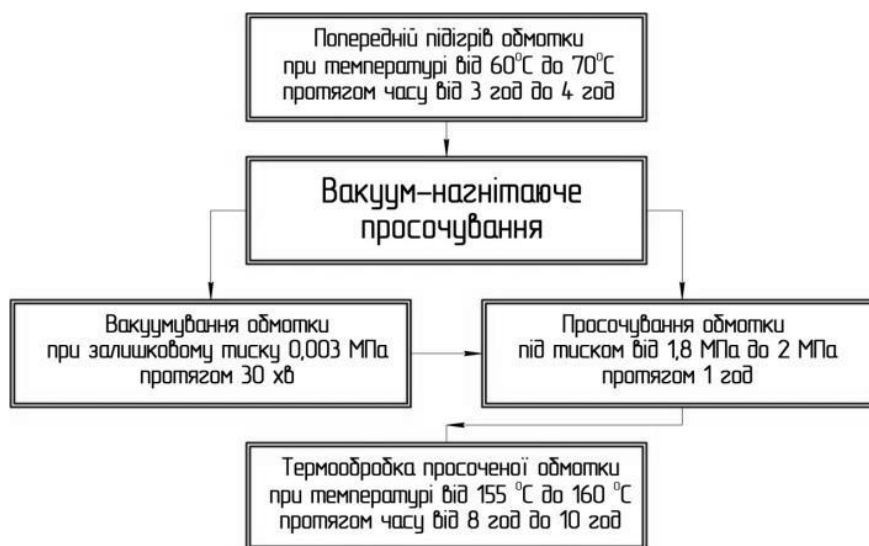


Рис. 1. Функціональна схема просочування обмоток електричних машин електропоїздів

Не зважаючи на значну кількість теоретичного, експериментального та практичного матеріалу, процеси, що відбуваються в системах ізоляції обмоток тягових електродвигунів до кінця не вивчені. Розглядаючи складові систем електричної ізоляції впливає, що під час капітального ремонту електричних машин електропоїздів використовуються електроізоляційні матеріали, не передбачені конструкторською документацією. Це пов'язане із тим, що більшість електроізоляційних матеріалів, закладених у конструкторську документацію, на даний час не виробляються. Зміни у технологічну документацію вносились індивідуально під кожен електроізоляційний матеріал, а режими просочування і термообробки не досліджувались.

Мета статті. Дослідження плинності сполучної речовини у системі ізоляції для різних технологічних режимів просочування.

Виклад основного матеріалу дослідження. В минулому для виготовлення, а також упродовж тривалого часу при капітальному ремонті електричних машин електропоїздів, використовувались термореактивні системи ізоляції на основі слюдяних електроізоляційних стрічок із подальшим просоченням в алкідних смолах. В наш час, для електричних машин електрорухомого складу залізниць, вважаються перспективними системи ізоляції на основі однокомпонентних матеріалів. До таких систем ізоляції належить система «Термоліт». Основні ізоляційні матеріали, що входять до складу системи – це попередньо просочена слюдинітова стрічка «Елізтерм» та просочувальний компаунд «Елпласт» [5].

Особливість ізоляційної стрічки «Елізтерм» полягає в тому, що вона просочена сполучною речовиною, яка складає основу просочувального компаунду «Елпласт». Після гідростатичного опресування (просочення під тиском) обмоток компаундом забезпечується структура ізоляції із мінімальною кількістю повітряних включень. За рахунок цього ізоляція володіє високими теплопровідними якостями [3]. Однокомпонентність ізоляційних матеріалів сприяє зниженню неоднорідності електричного поля, яка виникає в середовищах з різною діелектричною проникністю. За рахунок цього мінімізується негативний вплив експлуатаційних чинників, характерних для обмоток електричних машин: нагрівання і охолодження, зростання і спадання електричного струму. Однак, досягти бажаних результатів можна за умови якісного просочування усіх шарів ізоляції.

На ПрАТ «Київський ЕВРЗ» було проведено дослідні роботи для визначення ступеня плинності просочувального матеріалу в ізоляції для різних технологічних режимів просочування.

Таблиця 1. Дослідні технологічні режими просочування і термообробки «моторетів»

Технологічні операції	Режими просочування і термообробки		
	А	В	С
Просочувальний матеріал	Компаунд «Елпласт-155 ИД (А)»		
Спосіб просочування	Вакуум-нагнітаючий		
Попередній підігрів	$T=(60-70)^{\circ}\text{C}$, $t=4$ год		
Вакуумування	$P=0,003$ МПа, $t=30$ хв	$P=0,003$ МПа, $t=30$ хв	$P=0,003$ МПа, $t=60$ хв
Гідростатичне опресування	$P=2$ МПа, $t=60$ хв	$P=4$ МПа, $t=60$ хв	$P=4$ МПа, $t=30$ хв
Термообробка	$T=(155-165)^{\circ}\text{C}$, $t=10$ год		
Кількість «моторетів»	6	8	8

Визначення плинності проводилось на дослідних зразках «моторетах» (див. рис. 2). Система ізоляції «моторетів» виконувалась аналогічною до конструкторської документації на тягові двигуни РТ-51. Для ізолювання використана стрічка «Елізтерм-155» 0,13x30 ТУ У 26.8-35141676-002:2009. При гідростатичному опресуванні ізоляції відбувається переміщення сполучної речовини між елементами композиції стрічки, а також між шарами ізоляції. Така властивість просочувального матеріалу називається плинністю [3]:

$$\Pi = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \cdot 100\%$$

де Π – плинність просочувального матеріалу, %;
 M_1 – маса зразка до просочування, г;
 M_2 – маса зразка після просочування і термообробки, г.

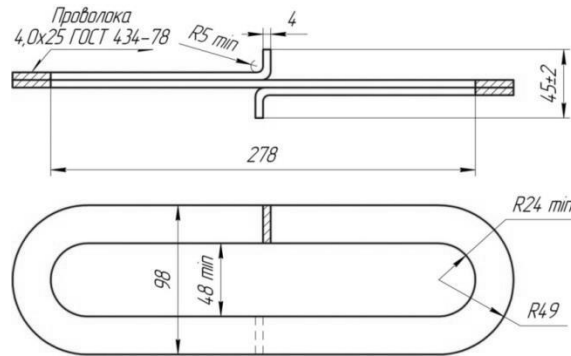


Рис. 2. «Моторет» для дослідження плинності компаунду в системі ізоляції

Чим вище значення P , тим краще заповнюються просочувальним матеріалом вільні місця і дефекти, що містяться у структурі корпусної ізоляції. Результати визначення плинності за режимами А, Б, С приведені на графіку рис. 3.

На графіку (рис. 3) видно, що просочування ізоляції під гідростатичним тиском 2 МПа протягом 60 хв (режим «А»), забезпечує плинність на рівні 3,1%. Збільшення тиску гідростатичного опресування ізоляції компаундом до 4 МПа (режим «В»), дозволяє підняти плинність до рівня 4,3 %. Режим просочування «С», який передбачає більш тривале вакуумування ізоляції і скорочення тривалості гідростатичного опресування на 30 хв під тиском 4 МПа, забезпечує майже однакову плинність з режимом «А». Це вказує на те, що час витримки ізоляції під гідростатичним тиском компаунду, безпосередньо впливає на якість просочування. Після контрольного розкриття ізоляції встановлено, що найкраще просочення нижніх шарів у «моторетів» виготовлених за режимом «В».

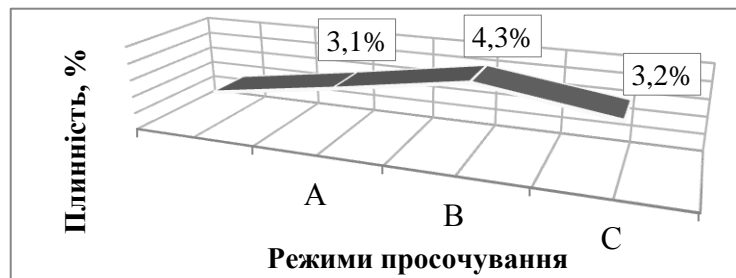


Рис. 3. Зміна плинності просочувального компаунду залежно від технологічних режимів просочування

Висновки. Оптимальними технологічними режимами для просочування обмоток електричних машин є: вакуумування ізоляції протягом 30 хв і тиск гідрос-

татичного опресування величиною 4 МПа протягом 60 хв. Збільшення тиску гідростатичного опресування ізоляції до 4 МПа піднімає плинність майже на 38 % у порівнянні з діючими технологічними режимами просочування.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Данилевский В. И.* Влияние свойств электроизоляционных материалов на долговечность эксплуатации тяговых электродвигателей локомотивов и электропоездов/ Данилевский В. И., Мельник Т. М., Данилевский В. В. // Локомотивинформ – 2009. – № 9. – С.4 – 8.
2. *В. И. Зимин.* Обмотки электрических машин/ В. И. Зимин, М. Я. Каплан, М. М. Палей, И. Н. Рабинович, В. П. Федоров, П. М. Хаккен // Изд. 7-е, перераб. и доп. – Л.:«Энергия», 1976. – 488 с.
3. *Яценко С.А.* Модернизация и исследование систем электрической изоляции класса нагревостойкости Н тяговых электродвигателей, эксплуатируемых в экстремальных условиях: дис. канд. техн. наук: 05.09.02 / Яценко Сергей Александрович; Московский энергетический институт.– М., 2009.–21 с.
4. *Технологічна інструкція.* Ізолювання, просочення, фарбування й сушіння електричних машин системою ізоляції класу нагрівостійкості F. 35141676.25.300.00108. 2008 р., зі змінами № 1 від 2011 р (повідомлення № 35141676.1-11). – 35 с.
5. *Данилевський В.І.* Конструкція електричних машин електропоїздів залізниць України.: Монографія / Данилевський В. І., Тарасюк В. М. – К.: Видавництво ДЕТУТ, 2014. – 92 с.