

УДК 621.313.048

С. І. Яцько, В. В. Карпенко, кандидати техн. наук,  
Д. Ю. Василенко

## ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ НАГРІВСТІЙКОСТІ ТЯГОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН

**Анотація.** Наводяться результати обґрунтування вибору методів контролю та випробувань тягових електричних машин на нагрівостійкість. Вказуються шляхи максимального наближення режимів стендових випробувань до експлуатаційних режимів в умовах підвищеної температури довкілля.

С. И. Яцко, В. В. Карпенко, кандидаты техн. наук,  
Д. Ю. Василенко

## ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ НАГРЕВОСТОЙКОСТИ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

**Аннотация.** Приводятся результаты обоснования выбора методов контроля и испытаний тяговых электрических машин на нагревостойкость. Указываются пути максимального приближения режимов стендовых испытаний к эксплуатационным режимам в условиях повышенной температуры окружающей среды.

S. I. Jacko, V. V. Karpenko, PhD,  
D. Ju. Vasilenko

## RATIONALE FOR THE THERMAL CONTROL METHODS TRACTION ELECTRIC CARS

**Abstract.** The results of control methods choice substantiation and tests of hauling electric machines heat stability are resulted. The pathes of the maximal approaching of the modes of bench tests are specified to the operating modes in the conditions of the heightened ambient temperature.

**Вступ.** Однією з причин зростання відмов тягових електричних машин (ТЕМ) в експлуатації, особливо у гарантійний строк, є недосконалість існуючих стандартних методів випробувань систем ізоляції ТЕМ в умовах виробництва, через невідповідність їх сучасним вимогам до надійності та стійкості систем ізоляції до зовнішніх чинників, нормам безпеки. Це обумовлює необхідність проведення їх ретельного аналізу та удосконалення [1].

**Мета роботи.** Обґрунтування вибору методів контролю та випробувань нагрівостійкості ТЕМ, які відповідають сучасним вимогам та забезпечуватимуть високу надійність ТЕМ в експлуатації.

**Матеріал і результати дослідження.** Вибір методів випробувань ТЕМ на стійкість до дії верхнього робочого значення температури довкілля здійснюється за приведеною на рис.1 схемою нормативної документації, що встановлює ці методи.

Тягові електричні машини відносяться до тепловиділяючих виробів, що гріються, тому метод 201 – 1.1 (випробування нетепловиділяючих виробів) не придатний для вищезазначеного випробування.

Застосування методів 201 – 2.1 і 201 – 2.2, що передбачають випробування в камері під електричним навантаженням тепловиділяючих виробів, ускладнено, оскільки кліматичні камери і її агрегати не розраховані на випробування ТЕМ, що працюють під електричним навантаженням.

В випробувальному центрі тягового електрообладнання заводу «Електроважмаш», м. Харків випробування проводиться по методу 201 – 1.2 - випробування тепловиділяючих виробів в камері без елект-

© Яцько С.І., Карпенко В.В., Василенко Д.Ю., 2011

ричного навантаження.



Рис.1. Схема випробувань ТЕМ за методом 201

Пропонується в перспективі ці випробування замінити на метод 201 – 3 - випробування тепловиділяючих виробів під електричним навантаженням поза камерою. Метод 201 – 3 передбачає застосування навантажень, більш ідентичних навантаженням на ТЕМ в експлуатації в порівнянні з методом 201 – 1.2 тому, що даний метод дозволяє використовувати струм в якості одного з основних показників, з яких може бути встановлена адекватність режимів стендових випробувань експлуатаційним режимам. Як вказано в [1], тепловий режим силового обладнання при постійній температурі довкілля на даній позиції регулювання

швидкості локомотива визначається у підсумку струмом двигуна. За методом 201 – 3 випробування проводять поза камерою, тому у перспективі слід розробити метод імітації верхнього значення температури доквілля при випробуванні цим методом.

Впровадження цього методу планується після накопичення для нього дослідних даних і проведення модернізації випробувальних стендів, на яких проводиться випробування ТЕМ на нагрівання.

Вживаний нині метод 201 – 1.2 є жорсткішим в порівнянні з методом 201 – 3. Це пов'язано з тим, що : 1) усі вузли, обмотки і система ізоляції за усім обсягом нагріваються до максимальної температури найбільш нагрітих частин ТЕМ із збільшенням температури доквілля і витримуються в камері в нагрітому стані при такій температурі декілька годин; 2) не передбачається підведення в ТЕМ на обмотки повітря, що охолоджує; 3) зовні на ТЕМ впливає повітря, що має максимальну температуру найбільш нагрітих частин ТЕМ, а не верхнє значення температури в експлуатації + 40°C.

Істотний недолік методу 201 – 1.2. Згідно з табл.1 [3] обмотка якоря, обмотка збудження і колектор з відповідними класами нагрівостійкості ізоляції електричної машини мають гранично допустимі перевищення температури, що істотно відрізняються між собою (наприклад, клас нагрівостійкості ізоляції Н : обмотки якоря 160 °С, обмотки збудження – 180 °С, колектора – 105 °С по ГОСТ 2582 - 81). Нагрів усієї електричної машини по методу 201 – 1.2 може привести до перегрівання колектора і обмоток якоря.

Випробування ТЕМ в зборі на відповідність класу нагрівостійкості ізоляції неможливе, оскільки, як вказано раніше, обмотка збудження, обмотка якоря і колектор, згідно ГОСТ 2582-81 мають різні перевищення температури, що гранично допускаються, для одного і того ж класу нагрівостійкості, а ТЕМ в зборі при випробуваннях необхідно нагрівати до якої-небудь конкретної температури. Якщо виріб має складальні одиниці з різними класами нагрівостійкості ізоляції або з різними перегріваннями, випробування ведуть по  $T = (\tau + t) ^\circ\text{C}$  найбільш нагрітої складальної одиниці, де  $\tau$  - максимальна температура найбільш нагрітої частини ТЕМ, отримана при прийнятно-здавальних випробуваннях,  $t$  - верхнє значення температури доквілля, рівне + 40 °С (згідно з ГОСТ 15150, пункт 3.2, табл.3).

У Випробувальному центрі тягового електрообладнання заводу "Електроважмаш" встановлено на усі ТЕМ допустиме значення опору ізоляції обмоток відносно корпусу і між обмотками 1,0 МОм в режимі дії верхнього значення температури доквілля при стабілізованій температурі виробу  $110 \pm 1^\circ\text{C}$ ; вона отримано розрахунковим шляхом і підтверджено багаторічним практичним досвідом.

Відповідно до закону Арреніуса [2], при кожному підвищенні температури ізоляції на 10 °С її ресурс знижується приблизно в 2 рази, тобто при підвищенні температури в 10n разів її ресурс знизиться в  $2^n$  разів.

Дані експериментальних досліджень вказують, що при нагріві ТЕМ до стабілізованої температури 110 °С достатньо нагрівостійка система ізоляції класів

Ф, Н повинна мати опір не нижче 1 МОм.

Слід зазначити, що нагрів ТЕМ до 180 °С за методом 201-1.2 суперечить вимогам табл.1 [3] і може призвести до перегріву колектора і обмотки якоря.

Вимір опору ізоляції при +110 °С проводиться під час охолодження ТЕМ, попередньо нагрітої до максимальної температури перегріву обмоток при верхньому значенні температури доквілля. Це дозволяє перевірити здатність системи ізоляції ТЕМ до відновлення опору до значення не менше 1 МОм.

#### Висновки

1. У роботі запропоновано проведення випробування методом 201–3 замість метода 201–1.2 з точки зору наближення режимів випробування ТЕМ до реальних навантажень та умов експлуатації.

2. Обґрунтовано вибір мінімального порогу опору ізоляції 1 МОм при стабілізованій температурі +110 °С при випробуваннях ТЕМ на стійкість до дії верхнього значення температури доквілля за методом 201 – 1.2.

#### Список використаної літератури

1. Исаев И.П. Ускоренные испытания и прогнозирование надежности электрооборудования локомотивов / И.П.Исаев, А.П.Матвеевичев, Л.Г.Колов – М.: Изд-во Транспорт, 1984. – 245 с.

2. Кулаковский В.Б. Работа изоляции в генераторах: Возникновение и методы выявления дефектов / В.Б. Кулаковский – М.: Энергоиздат, 1981. – 256 с.

3. ГОСТ 2582-81. Машины электрические вращающиеся тяговые. Общие технические условия.– М.: ИПК Изд-во стандартов, 1981. – 34 с.

Отримано 07.07.2011



Яцько Сергій Іванович,  
канд. техн. наук, доц.  
Української держ. акад.  
залізничного транспорту,  
Харків

Тел.. (057) 7301075  
e-mail: [si\\_yatsko@mail.ru](mailto:si_yatsko@mail.ru)



Карпенко  
Володимир Владиславович,  
канд. техн. наук,  
керівник інф. центру заводу  
«Електроважмаш»,  
Харків-055, пр-т  
Московський, 299,  
тел. (0572) 95-63-70  
e-mail: [icteo@spetm.com.ua](mailto:icteo@spetm.com.ua)



Василенко Денис Юрійович,  
провідний інженер інф.  
центру заводу  
«Електроважмаш»,  
Харків-055,  
пр-т Московський, 299,  
тел. (0572) 95-67-92  
e-mail: [musuliy@mail.ru](mailto:musuliy@mail.ru)