

УДК 629.423

Шматков В.О., к. т. н.,
ДП «НДКТИ МГ»

МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ РЕЖИМІВ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ МІСЬКОГО ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ

Розглядається методика оцінювання температурних режимів електрообладнання рухомого складу міського електротранспорту.

Рассматривается методика оценки температурных режимов электрооборудования подвижного состава городского электротранспорта.

Observed the technique testing temperatures electric rolling stock city electric transport.

Вступ.

Однією з актуальних задач електричного транспорту є підвищення надійності та пожежної безпеки при його експлуатації. На даний час при проведенні приймальних випробувань рухомого необхідне вимірювання температури нагрівання таких складників електрообладнання трамвайного вагона та тролейбуса як:

- резисторів пуско-гальмового (гальмового) реостату (далі - резистора);
- неметалевих складників реостата;
- тягового двигуна;
- транзисторних чи тиристорних елементів тягового перетворювача.

В зв'язку з чим виникає необхідність розробки методики оцінювання температурних режимів електрообладнання рухомого складу міського електротранспорту.

Аналіз публікацій.

Метод вимірювання нагрівання реостатів та суміжних з ним елементів розроблений з використання методів, рекомендованих у Публікаціях міжнародної електротехнічної комісії: ІЕС 60563 , ІЕС 60322 , ІЕС 61133 , ІЕС 60077 , та національних стандартів ДСТУ 4706, ДСТУ 4799.

Метод вимірювання нагрівання тягового двигуна розроблено з використанням стандартизованого методу згідно з ГОСТ 11828.

Нормативні значення допустимих температур нагрівання складників електрообладнання надані у вимогах замовника, технічних завданнях на розроблення транспортних засобів, технічних умовах, а також ДСТУ 4706, ДСТУ 4799, ДСТУ 2773 та ІЕС 60077-1 і ІЕС 60077-2 для транспортних засобів іноземного виробництва.

У статті є посилання на такі нормативні документи:

ДСТУ 1.5:2003 Національна стандартизація. Правила побудови, викладання, оформлення та вимоги до змісту нормативних документів

ДСТУ 2681-94 Державна система забезпечення єдності вимірювань.

Терміни та визначення

ДСТУ 2773-94 Апарати електричні тягові. Загальні технічні умови

ДСТУ 3725-98 Устави електричних споруд експлуатаційні.

Електротяга. Терміни та визначення

ДСТУ 4706:2006 Тролейбуси. Вимоги пожежної безпеки та методи контролювання

ДСТУ 4799:2007 Вагони трамвайні пасажирські. Вимоги пожежної безпеки та методи контролювання

ДСТУ ISO 2602:2006 Подавання результатів випробування статистичне. Оцінювання середнього значення. Довірчий інтервал (ISO 2602:1980, IDT)

ДСТУ-Н РМГ 43: 2006 Метрологія. Застосування «Руководства по выражению неопределенности измерений»

ГОСТ 8.010-90 Государственная система обеспечения единства измерений. Методики выполнения измерений (Державна система забезпечення вимірювань. Методика виконання вимірювань)

ГОСТ 2582-81 Машины электрические вращающиеся тяговые. Общие технические условия (Машины електричні обертові тягові. Загальні технічні умови)

ГОСТ 11828 -86 (СТ СЕВ 1347-78) Машины электрические вращающиеся. Общие методы испытаний (Машины електричні обертові. Загальні методи випробувань)

СОУ ЖКГ 00.00-001:2009 Стандартизація житлово-комунального господарства. Основні положення

СОУ-Н 74.30-03363588.0017/0014:2010 Вагоны трамвайні та троллейбуси. Методика вимірювання показників мас

СОУ-Н 74.30 –03363588.0017/015:2010 Вимоги до оформлення та змісту протоколів випробувань (вимірювань)

Основна частина

Вимірювання температури нагрівання резистора здійснюють методом прямих вимірювань напруги на виході з підсилювача термопари за блок-схемою, наведеною на рисунку 1.

Контролювання температури нагрівання тягового двигуна здійснюють методом безпосереднього навантаження в експлуатаційному режимі з використанням датчика ПИНТ-2 за блок-схемою, наведеною на

рисунку 1 з подальшим обчисленням часового струму та струму тривалого режиму.

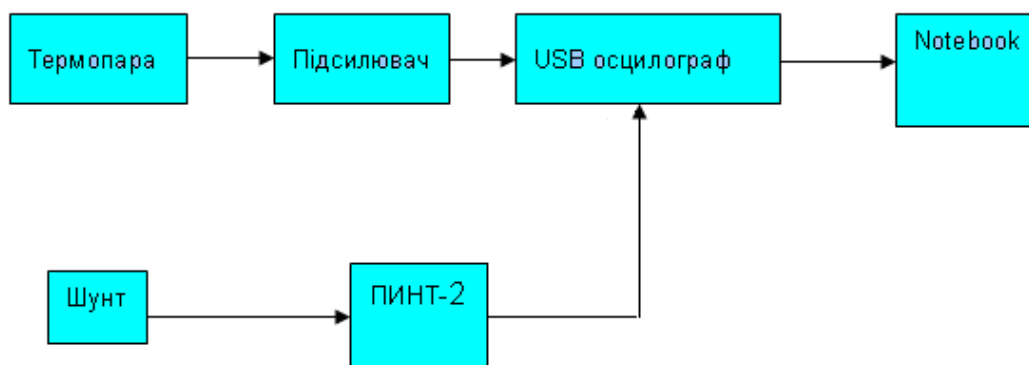


Рисунок 1 – Блок-схема вимірювання температури нагрівання резистора та тягового двигуна

Температуру нагрівання неметалевих складників реостату здійснюють із використання термоіндикаторних олівців, якими наносять мітки, що змінюють свій колір під час досягнення температури, допустимої для олівця, яким зроблено мітку.

Температуру нагрівання транзисторних чи тиристорних елементів тягового перетворювача здійснюють із використання термоіндикаторних наклейок, які наклеюють на елемент. Мітки, нанесені на термоіндикаторних наклейках, змінюють свій колір під час досягнення температури.

Виконання робіт із встановлення шунтів в електричні високовольтні кола трамвайних вагонів та тролейбусів треба здійснювати за таких умов, якщо:

- транспортний засіб зафіксовано пристроями, що унеможливають його довільний рух;
- струмоприймачі від'єднанні від контактної мережі;
- наявні у використанні засоби для виходу персоналу на дах транспортного засобу.

Під час виконання робіт на даху тролейбуса, напруга контактної мережі має бути відключена або тролейбус має бути встановлено так, щоб було унеможливлено торкання контактного дроту персоналом, який виконує роботи на даху.

У разі перевищення допустимої температури нагрівання резистора, тролейбус треба зупинити для забезпечення його охолодження.

Методика вимірювання

Для визначення резистора, що має максимальну температуру нагрівання, треба нанести термоолівцями мітки (400, 450, 500, 550, 600, 650, 700, 750, 800) °С на кожний резистор та виконати пробну поїздку на контрольній ділянці.

Після завершення пробної поїздки оглянути резистори та визначити резистор (далі - контрольний резистор), що має найбільшу кількість міток, які змінили свій колір.

На контрольний резистор встановити термоміру та нанести контрольні три мітки термоолівцями на кожну неметалеву складову реостата, що розташована поблизу цього резистора.

Вибір термоолівця для середньої мітки здійснити шляхом округлення допустимої температури нагрівання неметалевої поверхні складника реостата до найближчого значення, кратного 50 °С.

Термоолівці для крайніх міток для неметалевих складників реостата вибрати з різницею у ± 50 °С.

Наклеїти термоіндикаторні наклейки на корпуси радіаторів транзисторів (тиристорів) тягового перетворювача, що мають температуру зміни кольору мітки в діапазоні від 60 °С до 80 °С з інтервалом 5 °С.

Встановити шунт у коло якоря двигуна постійного струму чи фазної обмотки двигуна змінного струму та під'єднати його до датчика ПИНТ -2.

Зібрати загальну схему реєстрації миттєвих значень температури та струму двигуна до USB - осцилографа та з'єднати з комп'ютером для запису й перегляду в реальному часі отриманих даних.

Після завершення руху транспортного засобу на контрольній ділянці обчислюють ефективне значення струму тягового двигуна I_e , в Амперах, використовуючи зареєстровані дані за формулою (ДСТУ 4706, ДСТУ 4799):

$$I_e = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n I_k^2 \cdot t_k}{\sum_{k=1}^n t_k}} \quad (1)$$

де I_k - фактичне значення струму, А;

t_k - проміжок часу, між двома реєстраціями миттєвих значень струму, с;

n - кількість точок реєстрації миттєвих значень струму.

Фактичне значення струму (I_k) для двигуна постійного струму дорівнює миттєвому значенню струму (I_m), що зареєстрований в базі даних.

Фактичне значення струму для двигуна змінного струму, що зареєстрований в базі даних, обчислюється так (ГОСТ 11828) :

$$I_k = \frac{I_M}{\sqrt{2}} \quad (2)$$

Перевищення температури обмоток двигуна $\Theta_{ск}$, в градусах за Цельсієм, обчислюють за формулою:

$$\Theta_{ск} = \Theta_{ном} \cdot \frac{I_e^2}{I_{ном}^2}, \quad (3)$$

де: $\Theta_{ном}$ – номінальне значення температури нагрівання обмоток двигуна для номінального (часового) струму двигуна ($I_{ном}^2$), яке встановлене підприємством-виробником, ГОСТ 2582 чи іншими нормативними документами, °С.

За результат вимірювання приймають значення $\Theta_{ск}$.

Обробка результатів вимірювання

Після завершення руху транспортного засобу на контрольній ділянці здійснюють перегляд зареєстрованих даних, щоб визначити максимальне миттєве значення температури нагрівання контрольного резистора, використовуючи програмне забезпечення USB- осцилографа.

За результат вимірювання приймають середнє значення 5-ти точок зареєстрованих миттєвих значень (Q_c) серед яких:

- одна точка з максимальним миттєвим значенням температури нагрівання резистора;
- дві точки миттєвих значень мають бути розташовані ліворуч від точки з максимальним миттєвим значенням температури;
- дві точки миттєвих значень мають бути розташовані праворуч від точки з максимальним миттєвим значенням температури.

Разом із середнім значенням п'яти точок миттєвих значень температури нагрівання резистора обчислюють стандартний відхил для середнього значення (δ_c) згідно з ДСТУ ISO 2602.

Обчислене значення Q_c , в градусах за Цельсієм, має бути скоригованим для приведення у відповідність до температури (Q_n), за якою надано нормативне значення допустимої температури нагрівання резистора, за формулою (IEC 60563):

$$Q_{max} = Q_c + (Q_n - Q) \quad (1)$$

де Q - температура довкілля, при якій виконані вимірювання нагрівання резистора, °С

За результат вимірювання приймають значення довірчого інтервалу, обчисленого згідно з ДСТУ ISO 2602 для однобічного випадку та 95% довірчого рівня, який записують так:

$$T < Q_{max} + S \quad (2)$$

де S - загальна похибка визначення максимальної температури

Вимірювання температури нагрівання складників електрообладдя транспортних засобів здійснюють із використання засобів вимірювальної техніки (далі - ЗВТ), допоміжних засобів (далі – ДЗ), що зазначені в таблиці 4.1 разом з їхніми характеристиками.

Таблиця 4.1

Засоби вимірювальної техніки та допоміжні засоби

Назва ЗВТ, ДЗ	Призначення	Діапазон вимірювання	Похибка вимірювання
Програмно-апаратний комплекс на базі Autoscope II (далі USB - осцилограф) та ПК типу Notebook	Реєстрація миттєвих значення параметра, що вимірюється	Частота дискретизації (2500 ÷ 50000) Гц	0,40 %
Перетворювач вимірювальний напруги (датчик ПИНТ-2, № 62)	Вимірювання струму тягового двигуна	1500 В - 75 мВ	не більше ÷ 1 %
Шунти 500 А/ 75 мВ,	Вимірювання струму тягового двигуна	(0 ÷ 500) А	кл. точності 0,5
Термоіндикаторні олівці Termomelt Stik (далі - термоолівець)	Контроль нагрівання суміжних з реостатом елементів	(200, 250, 300, 350, 400, 450, 600, 650, 700, 750, 800) °С	÷ 5 %
Термоіндикаторні наклейки VPL Thermo Label	Контроль нагрівання силових транзисторів чи тиристорів тягового перетворювача		÷ 5 %
Перетворювач вимірювальний термоелектричний (далі - термопара)	Вимірювання температури нагрівання резистора	(200 ÷ 800) °С	± 0,5
Термометр термоелектричний цифровий ТТЦ-1-7	Вимірювання температури довкілля	-50 °С ÷ +200 °С	0,25 %

Висновки. Запропонована методика апробована під час приймальних випробувань тролейбуса з асинхронним приводом на трасі Ялта – Сімферополь, а також під час випробувань 8- вісного трамвайного вагона виробництва ПТМЗ (Росія) у місті Києві.