

Міністерство транспорту та зв'язку України
Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна

ЛОЗА ПЕТРО ОЛЕКСІЙОВИЧ

УДК 629.423.31.001.4

ПОКРАЩЕННЯ МЕТОДІВ ВИПРОБУВАНЬ ТЯГОВИХ ДВИГУНІВ ТА
ДОПОМІЖНИХ МАШИН ЕЛЕКТРОВОЗІВ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

Спеціальність 05.22.09 – Електротранспорт

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Дніпропетровськ – 2010

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна Міністерства транспорту та зв'язку України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Дубинець Леонід Вікторович,
Дніпропетровський національний університет
залізничного транспорту імені академіка
В. Лазаряна Міністерства транспорту та зв'язку
України, завідувач кафедри автоматизованого
електроприводу

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Гусевський Юрій Ілліч,
Українська державна академія залізничного транспорту
Міністерства транспорту та зв'язку України, м. Харків,
професор кафедри «Системи електричної тяги»
кандидат технічних наук, доцент
Варченко Валентин Кирилович,
державне підприємство «Науково-виробничий комплекс
«Електровозобудування»,
м. Дніпропетровськ, генеральний конструктор

Захист відбудеться « ____ » _____ 2010 року о _____ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д.08.820.01 при Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна за адресою: 4901, м. Дніпропетровськ, вул. Акад. В. Лазаряна, 2, ауд. 314.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.

Автореферат розісланий « ____ » _____ 2010 р.

Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради Д.08.820.01,
д.т.н., професор

М.О. Костін

Загальна характеристика роботи

Актуальність теми. Під терміном «випробування» розуміють експериментальне визначення кількісних або якісних характеристик властивостей електричної машини при її функціонуванні або в результаті дій на неї. В даній роботі вирішується задача покращення методів приймально-здавальних випробувань (ПЗВ) тягових електричних машин (ТЕМ), які проводяться після певних видів ремонту ТЕМ відповідно правил ремонту та інших нормативних документів Укрзалізниці.

В останні роки наукових робіт, присвячених питанню випробувань ТЕМ опубліковано край мало. У той же час у зв'язку з накопиченням наукового та експериментального матеріалу по випробуванням вказаних машин, появою потужних напівпровідникових елементів з'явилися об'єктивні можливості по покращенню характеристик ПЗВ тягових електричних машин. Але поки що вказані можливості використовуються не повністю, що пояснюється й відсутністю відповідних досліджень. Це підтверджує, що дана робота є актуальна в галузі електричного транспорту; її виконання є доцільним з точки зору забезпечення якості ремонту ТЕМ і відповідного підвищення ефективності роботи залізниць України в цілому.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами. Робота виконана відповідно до головних напрямків «Програми енергозбереження на залізничному транспорті на період 1996-2010 р.р.», розробленої «Укрзалізницею» у червні 1996 р., і згідно постанови Кабінету Міністрів України від 23.04.1999 р. №661 «Про заходи державної підтримки залізничного транспорту», а також згідно з щорічними координаційними планами науково дослідних та конструкторських робіт Укрзалізниці. Обраний напрямок дослідження пов'язано з планами виконання науково-дослідних робіт в Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна: «Виконання робіт по створенню системи випробувань тягових електричних машин» (№ДР 0108U003888), «Підвищення енергоефективності випробувань тягових двигунів електровозів» ((№ДР 0109U006767)), «Визначення струму тягових двигунів електровозів при випробуваннях протягом однієї години без вентиляції» (№ДР 0109U006764).

Мета роботи. Покращення методів післяремонтних приймально-здавальних випробувань тягових електромашин електровозів постійного струму шляхом застосування нових технологій випробувань, підвищення енергетичних та інших показників випробувального обладнання.

Задачі досліджень.

1. Провести аналіз існуючих методів, систем і схем випробувань колекторних тягових двигунів і допоміжних машин електровозів постійного струму.
2. Розробити методи визначення струму при випробуваннях на нагрівання тягових електродвигунів (ТЕД) без примусової вентиляції та струму при

випробуваннях на нагрівання допоміжних електромашин протягом однієї години.

3. Створити раціональну схему системи для випробування тягових колекторних машин без подачі охолоджуючого повітря при випробуванні тягових електродвигунів. При цьому провести дослідження з метою раціональної уніфікації випробувального обладнання.
4. Дослідити електромагнітні процеси у створеній системі для випробувань тягових електричних машин постійного струму з метою розробки рекомендацій по покращенню її енергетичних показників.

Об'єкт досліджень – процес ремонту тягових електричних машин.

Предмет досліджень – методи та системи при проведенні приймально-здавальних випробувань тягових електричних машин електровозів постійного струму.

Методи досліджень

Для вирішення поставлених у дисертації задач застосовані: методи визначення температури перегріва елементів тягових електричних машин електровозів постійного струму відповідно до теорії нагрівання однорідного твердого тіла; достатньо перевірені методи дослідження електромагнітних процесів у силових колах випробувальних стендів електродвигунів при взаємному навантаженні машин, які випробовуються; математичне моделювання для дослідження процесу нагрівання ТЕД; методи визначення оптимальних параметричних рядів вольтодобатних та лінійних статичних пристроїв випробувальних стендів з використанням так званої цільової функції; експериментальна перевірка теоретично отриманих результатів.

Використання вищевказаних достовірних теорій та методів, дослідження за допомогою математичних моделей із застосуванням сучасної комп'ютерної техніки, позитивні результати експериментальних досліджень, підтверджують **достовірність** наукових положень, висновків і рекомендацій отриманих у роботі.

Наукова новизна отриманих результатів

1. Вперше розроблено методи:

- теоретичного (з розробкою математичної моделі) та експериментального (з використанням кваліфікаційних випробувань) визначення еквівалентного струму ТЕД, який на відміну від струму годинного режиму, що застосовується у теперішній час, дає змогу проводити ПЗВ на нагрівання без примусової вентиляції з відповідною економією електроенергії та працевитрат;

- теоретичного визначення струму годинного режиму двигунів вентиляторів, застосування якого дозволяє провести ПЗВ на нагрівання за 60 хв. на відмінну від часу 140...160 хв. (тривалий режим), протягом якого у теперішній час проводять вказані випробування. Скорочення часу випробувань дає економію експлуатаційних витрат.

2. Отримано аналітичні залежності між еквівалентним струмом та струмом годинного режиму для ТЕД, між струмом годинного режиму та

струмом тривалого режиму для двигунів вентиляторів.

3. Запропоновано принципи уніфікації електрообладнання для випробування ТЕМ та вперше знайдено оптимальні параметричні ряди статичних напівпровідникових вольтододатних та лінійних пристроїв (ВДП та ЛП) випробувальних стендів з використанням так званої цільової функції. Вперше встановлено шляхи визначення функції попиту та інших складових цієї функції з урахуванням специфічних умов експлуатації та випробування ТЕМ.

4. Дістала подальший розвиток задача підвищення енергетичних показників випробувального обладнання. Встановлені раціональні параметри ВДП та ЛП, які дозволяють підвищити коефіцієнти потужності та корисної дії випробувальної установки.

Практичне значення отриманих результатів.

Отримані результати дозволяють:

1. Скороти термін випробувань, енергетичні та трудові витрати при цьому при повному забезпеченні вимог до випробувань.

2. Покращити характеристики процесу випробувань тягових електричних машин під час приймально-здавальних випробувань: підвищити коефіцієнт корисної дії, коефіцієнт потужності, рівень уніфікації випробувального обладнання.

3. Зменшити виробничі площі, які займаються випробувальним обладнанням, рівень шуму під час випробувань.

Результати досліджень впроваджені в локомотивному господарстві «Укрзалізниця», Запорізькому електровозоремонтному заводі (ЗЕРЗ), у навчальному процесі Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.

Особистий внесок здобувача.

Мета роботи сформульована разом з науковим керівником. Автор самостійно сформулював задачі досліджень, наукові положення, провів теоретичні та експериментальні дослідження. Основні положення та результати дисертаційної роботи отримані автором самостійно. Крім того, в публікаціях в яких відображено основні результати дисертації та які написані у співавторстві, здобувачу належать: у [7] – метод теоретичного визначення годинного струму при випробуванні тягових електродвигунів на нагрівання без примусової вентиляції. Роботи [1,2,3,4,5,6,8,9,10,11] написані автором самостійно.

Апробація результатів дисертації.

Основні положення та результати доповідались й отримали схвалення на наступних Міжнародних науково-практичних конференціях: Друга міжнародна науково-практична конференція «Електрифікація залізничного транспорту», Дніпропетровськ, 2008 р.; Міжнародна науково-практична конференція «Транспортні зв'язки, проблеми та перспективи», Дніпропетровськ, 2008 р; 68-а Міжнародна науково-практична конференція «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту», Дніпропетровськ, 2008 р.

Дисертація в повному обсязі доповідалась на науковому семінарі кафедри

автоматизованого електроприводу, міжкафедральному науковому семінарі кафедр: автоматизованого електроприводу, теоретичних основ електротехніки, електрорухомого складу, електропостачання залізниць, локомотивів, вагонів Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.

Публікації.

Результати дисертаційної роботи опубліковані в 11 наукових працях, у тому числі: 7 - у фахових виданнях, 3 - в матеріалах конференцій, 1 - патент на корисну модель.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається з вступу, п'яти розділів, висновків, переліку використаної літератури і дев'яти додатків. Основний текст роботи викладено на 127 сторінках. Дисертація містить 21 рисунок і 40 таблиць; таблиці, розташовані на окремих сторінках, займають 4 сторінки. Список літератури з 98 найменувань приведений на 9 сторінках, додатки – на 56 сторінках. Повний обсяг дисертації 192 сторінки.

Основний зміст роботи

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету і задачі досліджень, приведені основні наукові положення і результати, що винесені на захист, а також подано відомості про практичне значення результатів роботи, апробацію і публікації матеріалів досліджень.

У першому розділі проаналізовано існуючі системи, схеми, методи випробувань тягових електричних машин електровозів постійного струму, стан уніфікації випробувального обладнання за матеріалами вітчизняної і іноземної науково-технічної та патентної літератури.

Найбільш поширеною системою проведення випробувань ТЕМ у теперішній час продовжує бути система взаємного навантаження. Але аналіз показує відсутність протягом останнього часу досліджень, щодо покращення методів ПЗВ та вдосконалення випробувального обладнання. З точки зору покращення енергетичних, трудових та інших витрат при ПЗВ найбільш суттєвий вплив мають методи випробування ТЕМ на нагрівання, оскільки цей вид випробувань найбільш тривалий. Аналіз літературних джерел та технічної документації на обладнання для випробування тягових електромашин показує відсутність досліджень по його уніфікації. Робиться висновок про необхідність вдосконалення діючих систем та схем випробувальних стендів тягових електричних машин шляхом застосування нових методів проведення випробувань, які забезпечують покращення характеристик ПЗВ, вдосконалення електрообладнання з метою підвищення його енергетичних та інших показників.

У другому розділі запропоновані методи як теоретичного визначення струму в якірному колі тягового двигуна при випробуваннях на нагрівання без примусової вентиляції (еквівалентний струм) на базі технічних параметрів конкретного двигуна, так й визначення цього струму на базі кваліфікаційних випробувань. Запропоновано також метод визначення струму годинного

режиму при випробуванні на нагрівання допоміжних електромашин.

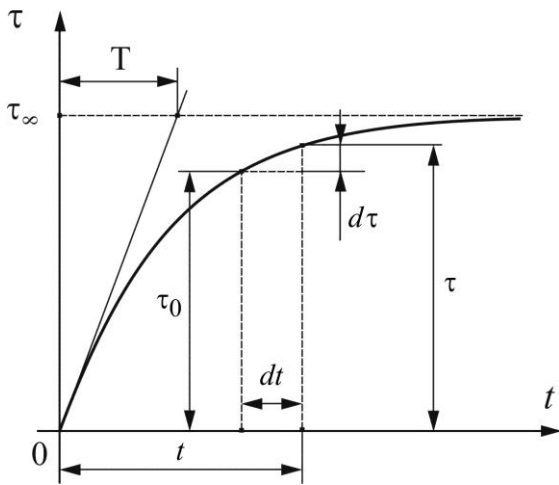


Рис. 1. Крива нагрівання $\tau = f(t)$

цього стану $d\tau = 0$, $\tau = \tau_\infty$, а рівняння теплового балансу ($\sum p dt = cGd\tau + \alpha S\tau dt$) запишеться:

$$\sum p dt = \alpha S \tau_\infty dt, \quad (1)$$

де $\sum p$ – втрати потужності в якорі; dt – час протягом якого відбувається виділення у якорі тепла; α – коефіцієнт тепловіддачі якоря; S – площа поверхні, що віддає тепло.

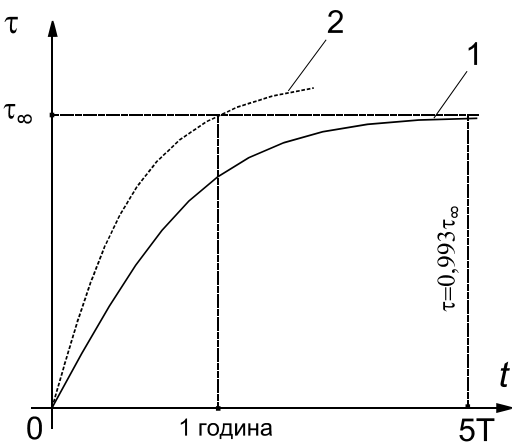
Тобто:

$$\sum p = \alpha S \tau_\infty. \quad (2)$$

Звідки:

$$\tau_\infty = \sum p / \alpha S. \quad (3)$$

Рис. 2. Криві нагрівання якоря в різних умовах



нагрівання проводять протягом однієї години при повній примусовій вентиляції та годинному номінальному струмі. Назвемо цей режим першим. Режим випробування ТЕД на нагрівання протягом однієї години при еквівалентному струмі назвемо другим.

$$\text{Для першого режиму: } \tau_{\infty 1} = \sum p_1 / \alpha_1 s; \quad (4)$$

$$\text{Для другого режиму: } \tau_{\infty 2} = \sum p_2 / \alpha_2 s. \quad (5)$$

Звернемо увагу, що повинно бути $\tau_{\infty 1} = \tau_{\infty 2} = \tau_\infty$. Для цього потрібно

забезпечити $\alpha_2 < \alpha_1$, для чого необхідно зменшити в другому режимі втрати в міді обмотки якоря, оскільки втрати в сталі не залежать від струму і залишаються незмінними $p_{ca1} = p_{ca2} = p_{ca}$. Крива нагрівання якоря в першому і другому режимах показані на рис. 2. Позначимо зменшені втрати в міді через $p_{i a2}$. З урахуванням (5): $p_{i a2} = \sum p_2 - p_{\bar{n}a2} = \tau_{\infty} \alpha_2 S - p_{\bar{n}a}$. (6)

Значення $p_{\bar{n}a2}$ визначаємо по відповідним формулам. З урахуванням, що $I_{\hat{a}\hat{e}\hat{a}}^2 r_a = p_{i a2}$ отримуємо $I_{\hat{a}\hat{e}\hat{a}} = \sqrt{\frac{p_{i a2}}{r_a}} = \sqrt{\frac{\tau_{\infty} \alpha_2 S - p_{\bar{n}a}}{r_a}}$. (7)

Для визначення $I_{\hat{a}\hat{e}\hat{a}}$ з допомогою ЕОМ розроблена програма.

Параметри ТЕД (опір обмотки якоря r_a , масу сталі зубців якоря m_z , сталі ярма якоря m_a та ін.) визначаємо з бази технічної документації конкретного двигуна. Дослідження показали, що еквівалентний струм двигунів типів, наприклад, СТК-520, НБ-406Б відповідно дорівнює 0,816; 0,823 від годинного струму при повній вентиляції. При визначенні $I_{\hat{a}\hat{e}\hat{a}}$ на базі кваліфікаційних випробувань згідно (3): $\tau_{\infty} = \sum p / \alpha s = \sum p / A$, (8)

де $A = \alpha S$ – кількість теплоти, яка виділяється двигуном у навколишнє середовище за одиницю часу при різниці температур в 1 °С. Для забезпечення

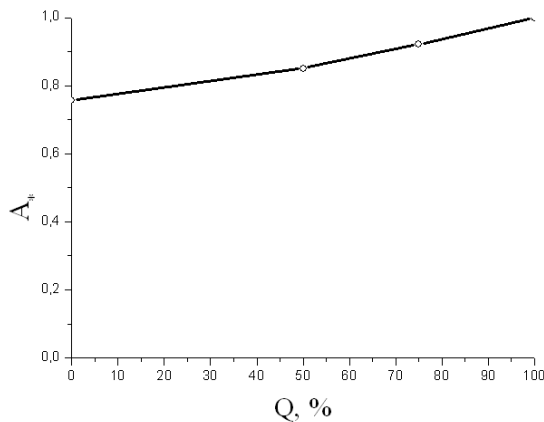


Рис. 3. Залежність $\dot{A}_* = f(Q)$ для головного полюса двигуна СТК-520

$\tau_{\infty} = const$ із зміною A повинні змінюватися втрати Σp . Дослідження цього явища проводились на тягових двигунах: СТК-520, виробництва Смілянського заводу «СЕМЗ», а також ЕД-141 виробництва «Електротяжмаш». Розглядалися результати випробувань на нагрівання якоря, головних та додаткових полюсів. Для прикладу результати нагрівання головних полюсів СТК-520 наведені у табл. 1.

Таблиця 1

Результати випробувань нагрівання головних полюсів двигуна СТК-520

Кількість повітря Q , %	100	75	50	0
Перегрів τ , °С	155	168	82	205
$\dot{A} = \frac{\Sigma p}{\tau}$	40,41	37,28	34,4	30,55
Тепловіддача \dot{A}_*	1,0	0,922	0,851	0,756

у відносних од.				
-----------------	--	--	--	--

Залежність $\dot{A}_* = f(Q)$ за даними табл. 1 наведено на рис. 3. Графіки $\dot{A}_* = f(Q)$ для інших елементів двигунів, що досліджуються, аналогічні по формі. Встановлено, що мінімальні значення \dot{A}_* (при $Q=0$) несуттєво відрізняються одне від одного. Це дозволяє визначити середнє значення $\dot{A}_{*\bar{n}\bar{a}\bar{d}}_{Q=0}$ для кожного двигуна, яке складає: для двигуна СТК-520: $\dot{A}_{*\bar{n}\bar{a}\bar{d}}_{Q=0} = 0,691$; для двигуна ЕД-141: $\dot{A}_{*\bar{n}\bar{a}\bar{d}}_{Q=0} = 0,681$.

На основі статистичних даних на нагрівання елементів двигуна прийнято:

$$\dot{A}_{\bar{a}\bar{e}\bar{a}} = 0,68 \dot{A}_{\bar{i}\bar{i}\bar{i}}, \quad (9)$$

де $\dot{A}_{\bar{a}\bar{e}\bar{a}}$ - тепловіддача без примусової вентиляції;

$\dot{A}_{\bar{i}\bar{i}\bar{i}}$ - тепловіддача з повною кількістю охолоджуючого повітря у номінальному годинному режимі.

В обох випадках перегрів τ_∞ однаковий, тому втрати Σp повинні бути пропорційні A , тобто:

$$\Sigma p_{\bar{a}\bar{e}\bar{a}} = \frac{\dot{A}_{\bar{a}\bar{e}\bar{a}}}{\dot{A}_{\bar{i}\bar{i}\bar{i}}} \Sigma p_{\bar{i}\bar{i}\bar{i}}. \quad (10)$$

Але $\Sigma p = p_0 + p_i$, де p_0 - незмінні, а p_i - змінні втрати, які залежать від квадрату струму.

$$\text{Коефіцієнт втрат: } \beta = p_0 / p_{i.\bar{i}\bar{i}\bar{i}}. \quad (11)$$

$$\text{Для виконання (10) потрібно: } \Sigma p_{\bar{i}\bar{i}\bar{i}} > \Sigma p_{\bar{a}\bar{e}\bar{a}}, \quad (12)$$

$$\text{або: } p_0 + p_{i.\bar{i}\bar{i}\bar{i}} > (p_0 + p_{i.\bar{i}\bar{i}\bar{i}}) 0,68. \quad (13)$$

Якщо у (13) винести за дужки $p_{i.\bar{i}\bar{i}\bar{i}} = I_{\bar{i}\bar{i}\bar{i}}^2 R$ (R – опір міді обмоток якоря, головних та додаткових полюсів, компенсаційної обмотки), отримаємо:

$$p_{i.\bar{i}\bar{i}\bar{i}} (\beta + 1) > 0,68 p_{i.\bar{i}\bar{i}\bar{i}} (\beta + 1). \quad (14)$$

Оскільки: $0,68 p_{i.\bar{i}\bar{i}\bar{i}} = I_{\bar{a}\bar{e}\bar{a}}^2 R$, то скоротивши обидві частини нерівності (14) на $R(\beta + 1)$, отримаємо:

$$I_{\bar{i}\bar{i}\bar{i}}^2 > I_{\bar{a}\bar{e}\bar{a}}^2 = I_{\bar{i}\bar{i}\bar{i}}^2 0,68. \quad (15)$$

Таким чином:

$$I_{\bar{a}\bar{e}\bar{a}} = I_{\bar{i}\bar{i}\bar{i}} \sqrt{0,68} = 0,825 I_{\bar{i}\bar{i}\bar{i}}. \quad (16)$$

де: $I_{\bar{i}\bar{i}\bar{i}}$ - номінальний струм годинного режиму.

Розрахунок допоміжних машин (двигунів вентиляторів) виконується для тривалого режиму. Для проведення випробувань на нагрівання до сталого значення $\tau = \tau_\infty$ струмом тривалого режиму потрібно 140...160 хв. (теплова постійна часу допоміжних машин електровозів дорівнює 35...40 хв.) У даному розділі вирішена задача визначення струму годинного режиму для проведення випробувань допоміжних тягових машин під час ПЗВ (короткочасний

режим).

Частота обертання двигунів вентиляторів практично однакова при тривалому і годинному режимах. Це дозволяє стверджувати, що у будь-якому режимі через машину буде проходити однакова кількість повітря і кількість тепла, яке виділяється у навколишнє середовище, залишається незмінним.

Показано, що при цих умовах:

$$\frac{\tau_{\infty}}{\tau_{\hat{E}D}} = \frac{1}{1 - e^{-\frac{t_{\hat{E}D}}{T}}}, \quad (17)$$

де індексом « KP » позначені параметри короткочасного (годинного) режиму.

Із (17) витікає, що в порівнянні з номінальним тривалим режимом досягнутий перегрів при короткочасному режимі може бути більшим у $\frac{\tau_{\infty}}{\tau_{\hat{E}D}}$ разів. У стільки ж разів можна допустити збільшення значення суми втрат Σp . Відношення втрат потужності при короткочасному режимі (у нашому випадку це годинний режим) до втрат при номінальному тривалому режимі при умові однакового значення перегріву машини називається коефіцієнтом термічного перевантаження $k_{\delta \hat{a} \delta i}$:

$$k_{\delta \hat{a} \delta i} = \frac{\Sigma p_{\hat{e} \delta}}{\Sigma p_{i i i}}, \quad (18)$$

Так як у виразі (17) τ_{∞} є кінцевий перегрів, який був досягнутий через час $t = 4T$, якби в машині виділялись витрати $\Sigma p_{\hat{e} \delta}$, то вираз (17) і є виразом для коефіцієнта термічного перевантаження, тобто:

$$k_{\delta \hat{a} \delta i} = \frac{1}{1 - e^{-\frac{t_{\hat{e} \delta}}{T}}}. \quad (19)$$

У роботі знайдено співвідношення між $k_{\delta \hat{a} \delta i}$ та коефіцієнтом механічного перевантаження $k_{i \hat{a} \delta} = \frac{D_{\hat{e} \delta}}{D_{i i i}}$.

$$k_{i \hat{a} \delta} = \sqrt{k_{\delta \hat{a} \delta i} (\beta + 1) - \beta} \quad (20)$$

де $\beta = \frac{P_0}{P_e}$ - коефіцієнт втрат.

Встановлено, що для діапазону зміни коефіцієнтів втрат $0 \leq \beta \leq 1$ для допоміжних машин:

$$1,1 \leq k_{i \hat{a} \delta} \leq 1,2. \quad (21)$$

Дослідження дозволяють рекомендувати значення коефіцієнта механічного перевантаження для годинного режиму при випробуванні допоміжних тягових електромашин електровозів на нагрівання $k_{i \hat{a} \delta} \approx 1,15$.

Тоді значення струму годинного режиму короткочасного режиму:

$$I_{\text{гд}} = k_{\text{гд}} I_{\text{гг}} = 1,15 \cdot I_{\text{гг}}, \quad (22)$$

де $I_{\text{гг}}$ - струм тривалого режиму.

У третьому розділі виконано вибір схеми та параметрів обладнання сучасного стенда взаємного навантаження для проведення ПЗВ тягових електричних машин електровозів постійного струму з урахуванням уніфікації обладнання. Показана доцільність в умовах підприємств, які проводять випробування ТЕМ, при заміні електромашинних ВДМ (вольтодатня машина) та ЛГ (лінійний генератор) на напівпровідникові пристрої ВДП та ЛП застосувати трифазний мостовий керований випрямляч. З метою уніфікації приймаємо однакові схеми ВДП та ЛП.

Отримані вирази для визначення потужностей уніфікованих ВДП та ЛП з урахуванням вимог стандарту 2582-81.

Для стендів по випробуванню ТЕД: НБ-406Б; ТЛ-2К1; НБ-407Б; 4846еТ3АЛ, 4846еТ4АЛ; АЛ4846dt:

$$D_{\text{ААІ оі}} = k_{\text{СІІ}} (2 \cdot U_{\text{max}})(2 \cdot I_{\text{max}}). \quad (23)$$

де $k_{\text{СІІ}} = 1,1$ - коефіцієнт, який враховує можливі відхилення в характеристиках, опорах обмоток і втратах у двигуні і генераторі;

U_{max} , I_{max} - відповідно максимальні значення напруги і струму із всіх вищевказаних типів ТЕД.

$$D_{\text{ЕІ оі}} = k_{\text{СІІ}} U_{\text{ІІІ}} I_{\text{max}}, \quad (24)$$

$U_{\text{ІІІ}}$ - напруга на колекторі двигуна для режиму рекуперації,
 $U_{\text{ІІІ}} = 2000 \text{ В}$;

I_{max} - максимальне значення струму якоря для вищевказаних типів ТЕД, визначеного по формулі:

$$I_{\text{ЕІ}}^2 = \frac{2 \Sigma p - D_{\text{ААІ}}}{U_{\text{ЕІ}}}, \quad (25)$$

де: $\Sigma p = \frac{P_2}{\eta}(1 - \eta)$, $D_{\text{ААІ}} = 2^2 (r_{\beta} + r_{\text{А.І.}} + r_{\text{А.І.}})$, $I_{\text{ААІ}}^2 = I_{\text{А}}^2 = I_{\text{А}}^2 = I^2$.

У числах, виходячи з максимальних значень струмів та потужностей:

$U_{\text{ААІ оі}}, \text{ В}$	$I_{\text{ААІ оі}}, \text{ А}$	$U_{\text{ЕІ оі}}, \text{ В}$	$I_{\text{ЕІ оі}}, \text{ А}$	$D_{\text{ААІ оі}}, \text{ вт}$	$D_{\text{ЕІ оі}}, \text{ вт}$
198	1090	2000	68	215,8	149,6

Для електродвигунів вентиляторів:

$$D_{\text{ААІ оі}} = k_{\text{СІІ}} (1,5 \cdot U_{\text{max}})(1,5 \cdot I_{\text{max}}), \quad (26)$$

де 1,5 - коефіцієнт який враховує максимальний струм допоміжних машин згідно ГОСТ 2582-81;

U_{\max} , I_{\max} - максимальні значення напруги і струму для двигунів вентиляторів типів: НБ-430А, ТЛ-110М, НБ-111, 2А3432/4, 3А3432/4.

$$\dot{D}'_{\dot{E}\dot{I}\dot{o}\dot{t}} = k_{\dot{C}\dot{A}\dot{I}} U_{\dot{I}\dot{I}\dot{I}} I_{\max}, \quad (27)$$

де $U_{\dot{I}\dot{I}\dot{I}} = 4000$ В - максимальне значення напруги у контактній мережі.

У числах:

$U'_{\dot{A}\dot{A}\dot{I}\dot{o}\dot{t}}$, В	$I'_{\dot{A}\dot{A}\dot{I}\dot{o}\dot{t}}$, А	$U'_{\dot{E}\dot{I}\dot{o}\dot{t}}$, В	$2'_{\dot{E}\dot{I}\dot{o}\dot{t}}$, А	$\dot{D}'_{\dot{A}\dot{A}\dot{I}\dot{o}\dot{t}}$, $\hat{e}\hat{A}\hat{o}$	$\dot{D}'_{\dot{E}\dot{I}\dot{o}\dot{t}}$, $\hat{e}\hat{A}\hat{o}$
539,5	20,6	4000	6,52	16,67	28,7

Вказані параметри уніфікованих ВДП та ЛП встановлені, виходячи із максимальних їх значень для вказаних типів ТЕД і двигунів вентиляторів. Тому є велика вірогідність того, що вони не є раціональними з точки зору загальноприйнятих принципів уніфікації виробів.

В основу розроблених в роботі принципів уніфікації ВДП та ЛП пропонується покласти ряди переважних чисел.

В якості головного параметра пропонується прийняти потужність напівпровідникових пристроїв ВДП та ЛП, так як цей показник є вирішальним при вирішенні питання про можливість виконання даним пристроєм своїх функцій у схемі даного стенда і не залежить від модернізації пристрою та технології його виконання.

Закономірно побудована у відповідності з рядом переважних чисел сукупність чисельних значень головного параметра пристроїв одного функціонального призначення – це параметричний ряд.

Якщо попит на пристрої, які складають параметричний ряд, зумовлений тільки одним головним параметром (як у нашому випадку), то такий ряд – одномірний. Оптимізація такого ряду полягає в знаходженні сукупності пристроїв з такими потужностями, при яких так звана цільова функція досягає мінімального значення при умові задоволення обмежень. Обмеженням є максимальна потужність пристрою даного виду. Вираз для цільової функції має вигляд:

$$\ddot{O}(U^N) = \sum_{U \in U^N} \zeta(U) + \sum_{\lambda \in X} \varphi(\lambda) \min_{U \in U^N} \zeta(U, \lambda) (1 + \dot{A}_f)^{t_p - t}, \quad (28)$$

де $\zeta(U)$ - постійні витрати на пристрій одного типу, які не залежать від їх кількості в експлуатації (витрати на розробку, підготовку виробництва). Тобто $\zeta(U)$ - вартість виробництва одного екземпляра пристрою даного типу (капітальні витрати);

$\sum_{U \in U^N} \zeta(U)$ - вартість виробництва усіх типів пристроїв даного виду;

$\zeta(U, \lambda)$ - витрати на задоволення потреб у пристрої з головним

параметром λ з допомогою пристрою з головним параметром U , який відноситься до параметричного ряду пристроїв. Тобто, $\zeta(U, \lambda)$ - це поточні (експлуатаційні) витрати. Співмножник $\min_{U \in U^N} \zeta(U, \lambda)$ - це мінімальні витрати

при задоволені попиту на пристрій з параметром λ з допомогою інших пристроїв із параметричного ряду. Поточні витрати мають місце щорічно протягом усього розрахункового періоду. При вказаних умовах для поточних витрат потрібно врахувати фактор часу, що здійснюється шляхом приведення до початку розрахункового періоду щорічних поточних витрат, для чого у формулі (28) вводиться коефіцієнт приведення, який визначається: $(1 + \dot{A}_f)^{t_p - t}$, де \dot{A}_f - норматив приведення різночасових витрат до розрахункового року, $\dot{A}_f = 0,1$;

t_p - порядковий номер розрахункового періоду;

t - порядковий номер t -го року експлуатації параметричного ряду пристроїв, починаючи від початкового розрахункового періоду. У нашому випадку розрахунковий і початковий роки збігаються. Тому $t_p = 1$. Відомо, що приведення витрат до початку розрахункового року здійснюється діленням витрат на коефіцієнт приведення, що у нашому випадку забезпечується від'ємним значенням різниці $(t_p - t)$, так як $t \geq t_p = 1$;

t_c - термін служби пристрою у роках.

В роботі наведено теоретичні положення методу вирішення поставленої задачі оптимізації параметричних рядів ВДП та ЛП, а також визначення функції попиту $\varphi(\lambda)$ та витрат як теоретично з використанням інтерполяційного полінома Лагранжа, так і на базі аналізу статистичних даних про кількість ремонтів КР-2, КР-1, ПР-3 розглядаємих типів ТЕМ по Укрзалізниці. В якості одного з показників уніфікації пристроїв пропонується застосовувати «частість K_N застосування пристрою даного типу»

$$K_N = \frac{N_j}{N}, \quad (29)$$

де N_j - кількість ПЗВ, проведених з використанням пристроїв ВДП та ЛП даного типу за один рік:

N - загальна кількість ПЗВ тягових електричних двигунів або електродвигунів вентиляторів за один рік.

Реальний попит на пристрої ВДП та ЛП показано на рис.4.

Для розрахунків значень цільових функцій різних параметричних рядів з допомогою ЕОМ розроблена програма.

Аналіз результатів значень цільових функцій показує, що оптимальним параметричним рядом є:

- пристроїв ВДП для схем випробувань тягових двигунів $U_4^N = 215,8$;

- пристроїв ЛП для схем випробувань тягових двигунів $U_3^N = (69,96; 78,54; 149,71)$;
- пристроїв ВДП для схем випробувань електродвигунів вентиляторів $U_8^N = 16,67$;
- пристроїв ЛП для схем випробувань електродвигунів вентиляторів $U_1^N = (11,18; 12,63; 19,89; 28,7)$.

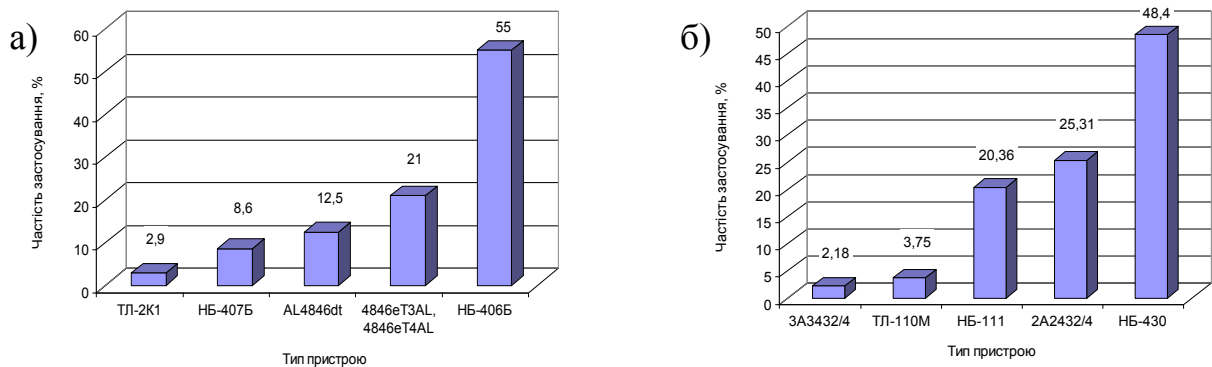


Рис. 4. Попит на різні типи пристроїв ВДП та ЛП: а) при ПЗВ тягових двигунів; б) при ПЗВ двигунів вентиляторів

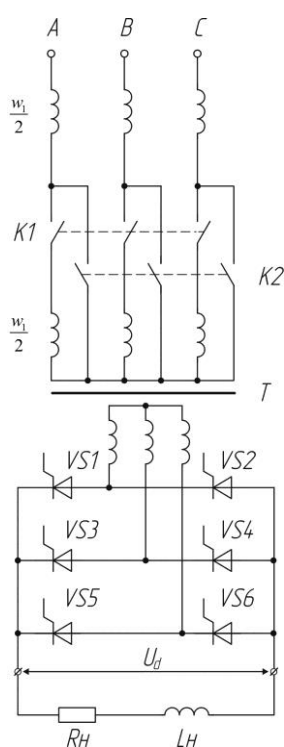


Рис. 5. Схема пристроїв ВДП та ЛП

У четвертому розділі вирішена задача покращення енергетичних показників обладнання для проведення ПЗВ тягових електричних машин. Прийнята при дослідженні схема пристроїв ВДП та ЛП наведена на рис.5.

При вирішенні поставленої задачі відносно пристроїв ВДП та ЛП розглянуто найбільш тривалий режим – випробування на нагрівання протягом однієї години. Прийнято цей режим як номінальний.

В номінальному режимі вплив кута комутації γ незначний, тому $\cos \alpha \approx \cos \varphi$, де $\cos \varphi$ - коефіцієнт зсуву першої гармоніки струму відносно напруги мережі; α - кут керування (затримки).

Запропоновані методи, за допомогою яких отримані регульовальні характеристики ВДП та ЛП (рис.6, рис. 7).

Маючи регульовальну характеристику, можна визначити $\cos \alpha = \cos \varphi$, для будь-якого режиму випрямляча. Умовно «режим випрямляча» - це режим випробування

відповідного типу ТЕД.

Доведено, що якби не робити секціювання первинної обмотки, то в режимі випробовування на нагрівання для отримання напруги $U_d \leq U_{d0} = 99 \text{ В}$ для ВДП та $U_d \leq U_{d0} = 1535 \text{ В}$ для ЛП, кут α повинен бути $\alpha > 60^\circ$, що суттєво зменшило б значення $\cos \varphi = \cos \alpha$ та коефіцієнту потужності цих пристроїв.

Крім секціювання первинних обмоток трансформатора, для підвищення коефіцієнтів потужності $\lambda = k \cdot \cos \varphi$ (де k - коефіцієнт спотворення форми кривої струму, який споживається), пропонується до мережі, яка живить випрямляч підключати компенсуючі та фільтруючі конденсатори.

Показано, що значення $\cos \varphi$ та λ для пристроїв ЛП досить високі, вони задовільні для сучасних умов експлуатації електрообладнання. Тому рекомендується підключати компенсуючі конденсатори тільки для ВДП (рис.8).

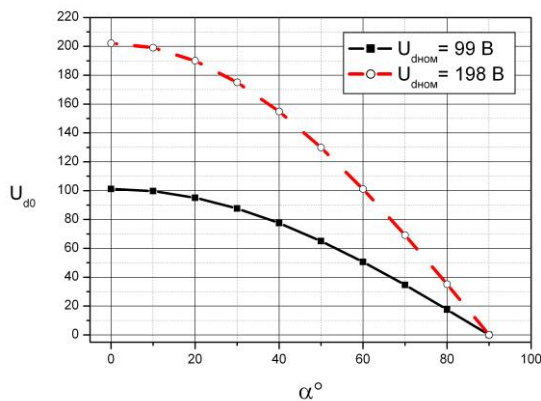


Рис. 6. Регульовальна характеристика ВДП

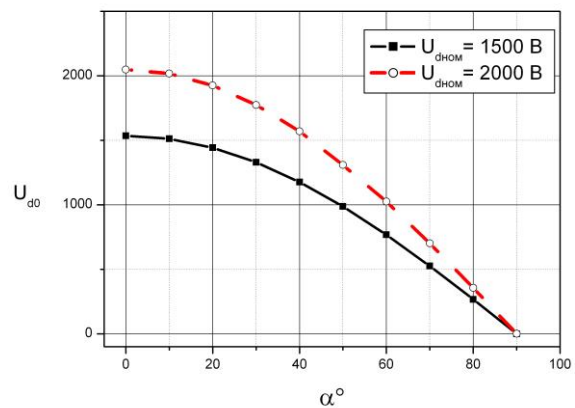


Рис. 7. Регульовальна характеристика ЛП

З метою знищення вищих гармонік ($\nu=5$ та $\nu=7$) пропонується підключити до мережі фільтрокомпенсуючі пристрої (рис. 9).

Це приводить до збільшення ККД трансформаторів в результаті зменшення втрат в обмотках близько до 1%.

У н'ятому розділі розглянута техніко-економічна ефективність і практичне впровадження результатів роботи.

Основні види ефективності результатів дисертаційної роботи наступні:

1. Науково-технічний ефект (встановлені співвідношення між еквівалентним струмом) та годинним номінальним, скорочення часу випробувань допоміжних машин, уніфікація ВДП та ЛП, поліпшення енергетичних показників ВДП та ЛП).
2. Економічний ефект. Орієнтовно безпосередній економічний результат для галузі складає 185240 грн. за один рік.
3. Соціальний ефект, який відображає зміну умов праці фахівців по випробуванню ТЕМ під час ПЗВ (скорочення часу випробувань, рівня шуму при цьому, зменшення впливу на навколишнє середовище,

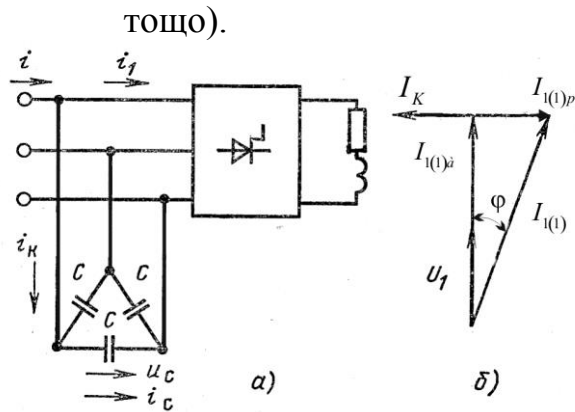


Рис. 8. Підключення до перетворювачів ВДП компенсуючих конденсаторів (а) та векторна діаграма струмів та напруг (б)

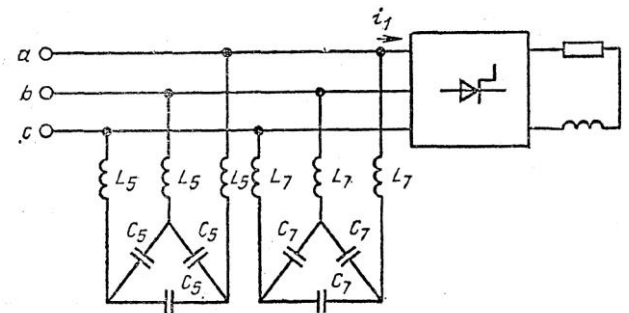


Рис. 9. Підключення до перетворювачів ЛП та ВДП фільтрокомпенсуючого пристрою

Результати роботи прийняті до впровадження у локомотивному главку Укрзалізниці, на Запорізькому ЕРЗ, та використовуються у навчальному процесі Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.

Висновки.

По результатам досліджень можна зробити наступні висновки:

1. Аналіз існуючих методів проведення приймально-здавальних випробувань тягових електричних машин та параметрів електрообладнання випробувальних стендів показує необхідність їх удосконалення з урахуванням сучасних вимог та елементної бази. Особливо це відноситься до випробувань на нагрівання, які є найбільш тривалими та енергоємними.

2. Вперше запропоновані методи визначення струму якірного кола для режиму випробування тягових двигунів електровозів на нагрівання протягом однієї години при повній відсутності примусового охолодження як на базі параметрів двигуна згідно заводських креслень, так і з використанням результатів кваліфікаційних випробувань.

3. Вперше знайдені співвідношення між:

- годинним струмом при випробуванні тягового двигуна на нагрівання при відсутності примусової вентиляції та годинним струмом при проведенні цих випробувань з повною примусовою вентиляцією.

- струмом тривалого режиму та годинним струмом, які нагрівають допоміжні тягові машини з самовентиляцією електровозів постійного струму до одного й того ж перевищення температури машини над температурою навколишнього середовища.

4. Підтверджена достовірність запропонованих методів визначення вказаних струмів для тягових двигунів шляхом порівняння отриманих результатів (відхилення не перевищує 3,2%), а також шляхом експериментальних випробувань на Запорізькому ЕРЗ.

5. Достовірність знайденого співвідношення між годинним струмом та струмом тривалого режиму для допоміжних машин з самовентиляцією підтверджена експериментально при проведенні випробувань тягових допоміжних машин електровозу ДЕ-1.

6. Дістало подальший розвиток обґрунтування доцільності застосування мостових керованих випрямлячів трифазного струму в якості вольтододатних та лінійних пристроїв у системі випробувань тягових електричних машин методом взаємного навантаження. Визначені параметри цих пристроїв для стендів по випробуванню тягових електричних машин електровозів постійного струму.

7. Розроблені теоретичні положення по уніфікації вольтододатних та лінійних пристроїв. На базі цих положень розроблена математична модель, з допомогою якої визначені оптимальні параметричні ряди вказаних пристроїв для схем випробувань тягових електродвигунів та електродвигунів вентиляторів електровозів постійного струму. Функції попиту, які необхідні для визначення оптимального параметричного ряду вказаних пристроїв по принципу знаходження мінімальної цільової функції, знайдені шляхом аналізу реальних статистичних даних для залізниць України. Теоретичні дослідження по уніфікації вольтододатних та лінійних пристроїв для стендів по випробуванню тягових електричних машин проведені вперше.

8. Для забезпечення параметрів випрямлячів, які потрібні при проведенні випробувань тягових електродвигунів на комутацію і нагрівання з метою підвищення $\cos \varphi$ та зменшення глибини керування пропонується секціонування первинної обмотки трансформатора випрямлячів. Первинні фазові обмотки трансформатора вольтододатного перетворювача рекомендується виконувати з двох секцій, кожна з яких має однакову кількість витків.

Первинні фазові обмотки трансформатора лінійного перетворювача рекомендується виконувати також з двох секцій в одній 0,33 від загальної кількості витків, а в другий 0,67 від загальної кількості витків. Запропоновані методи розрахунку регульовальних та зовнішніх характеристик вказаних пристроїв.

9. При роботі випрямлячів у природному стані (без підключення джерел реактивної потужності та фільтруючих пристроїв) коефіцієнт потужності вольтододатного перетворювача при випробуванні на нагрівання тягових електродвигунів типів НБ-406Б; ТЛ-2К1; НБ-407Б; 4846eТ3AL, 4846eТ4AL; AL4846dt змінюється в межах від 0,6842 до 0,9329. Коефіцієнт потужності лінійного перетворювача дорівнює при цьому 0,9332.

10. Враховуючи досить високе значення коефіцієнта потужності лінійного перетворювача при роботі у природному стані під час проведення випробувань тягових електродвигунів рекомендується підключати джерело реактивної потужності у вигляді компенсуючих конденсаторів (ємність $C \approx 232$ мкФ) тільки до вольтододатного перетворювача. Фільтруючі пристрої для 5-ої та 7-ої гармонік рекомендується підключати як до вольтододатного, так

і до лінійного перетворювача. Підключення вказаних пристроїв підвищує мінімальне значення коефіцієнтів потужності вольтододатного пристрою від 0,6842 до 0,919. Коефіцієнт потужності лінійного перетворювача збільшується від 0,9332 до 0,965.

Основні положення і результати дисертації опубліковані в таких роботах:

1. Лоза П. О. Покращення енергетичних властивостей стенда для випробувань колекторних тягових двигунів локомотивів / П. О. Лоза // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2008. – Вип. 22 – С. 69-71.

2. Лоза П. О. Вибір раціонального з'єднання обмоток трансформаторів статичних перетворювачів у сучасних стендах для випробування тягових двигунів локомотивів / П. О. Лоза // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2008. – Вип. 23 – С. 111-113.

3. Лоза П. О. Вплив намагнічувального струму трансформатора та комутації тиристорів на коефіцієнт потужності статичних напівпровідникових перетворювачів уніфікованих стендів для випробування тягових електричних двигунів / П. О. Лоза // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2008. – Вип. 24 – С. 67-70.

4. Лоза П. О. Енергозбереження при випробування тягових електричних машин: тези другої міжнародної науково-практичної конференції «Електрифікація залізничного транспорту». / П. О. Лоза – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2008. – С.14-15.

5. Лоза П. О. Вплив фізичного стану тягових машин локомотивів на енергозбереження: збірник матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Транспортні зв'язки. Проблеми та перспективи». / П. О. Лоза – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2008. – С.72.

6. Лоза П. О. Удосконалення стенду для випробувань тягових двигунів локомотивів: тези доповідей 68-ої міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту». / П. О. Лоза – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2008. – С.43.

7. Лоза П. О. Визначення еквівалентного струму навантаження при випробуванні тягових електродвигунів на нагрівання без вентиляції / П. О. Лоза, Л. В. Дубинець, Д. В. Устименко // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2008. – Вип. 25 – С. 26-30.

8. Пат. UA 41283 МПК (2009) H02K 51/00 Стенд для випробувань тягових двигунів локомотивів / Лоза П.О.; заявник та власник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. - № заявки у 2008 15330; дата заявки 31.12.2008; дата публікації 12.05.2009. Бюл. №9.

9. Лоза П. О. Покращення енергетичних та інших показників приймально-здавальних випробувань тягових двигунів електровозів / П. О.

Лоза // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2008. – Вип. 27 – С. 81-83.

10. Лоза П. О. Определение эквивалентного тока часового режима при приемо-сдаточных испытаниях вспомогательных тяговых электрических машин / П. О. Лоза // Науково-технічний збірник Національного гірничого університету «Гірнична електромеханіка та автоматика». – 2008. – Вип. 81 – С. 165-170.

11. Лоза П. О. Уніфікація вольтододатних пристроїв стендів для випробування тягових двигунів постійного струму / П. О. Лоза // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2009. – Вип. 28 – С.33 -36.

АНОТАЦІЯ

Лоза П.О. Покращення методів випробувань тягових двигунів та допоміжних машин електровозів постійного струму. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.09 – електротранспорт. – Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, Дніпропетровськ, 2010.

Дисертація присвячена покращенню методів приймально-здавальних випробувань (ПЗВ) тягових електродвигунів ТЕД та допоміжних машин електровозів постійного струму за рахунок застосування нових технологій випробувань, підвищення енергетичних та інших показників випробувального обладнання.

Знайдено співвідношення між годинними струмами при випробуваннях ТЕД на нагрівання під час ПЗВ при умові 100%-ої примусової вентиляції та без неї, а також між струмом тривалого режиму та годинним струмом при випробуванні електродвигунів вентиляторів на нагрівання при виконанні ПЗВ.

Вказані співвідношення дають можливість проводити випробування ТЕД на нагрівання протягом однієї години без примусової вентиляції та в 3-4 рази зменшити час випробувань електродвигунів вентиляторів. Визначені параметри напівпровідникових пристроїв ВДП та ЛП (вольтододатного та лінійного) стендів взаємного навантаження. Розроблені теоретичні положення по уніфікації вказаних пристроїв. З використанням цих положень проведені чисельні розрахунки, що дали можливість сформулювати рекомендації по практичній реалізації уніфікації обладнання випробувальних стендів.

Дістало подальший розвиток обґрунтування доцільності застосування мостових керованих випрямлячів трифазного струму в якості ВДЛ та ЛП. На базі відповідних досліджень запропоновано ряд мір для підвищення енергетичних показників ВДП та ЛП (секціювання первинної обмотки трансформатора, підключення компенсуючих та фільтруючих конденсаторів). Проведена чисельна оцінка ефективності цих мір при випробуваннях тягових електромашин електровозів постійного струму.

Ключові слова: електровози постійного струму, тягові електромашини, приймально-здавальні випробування, уніфікація обладнання, енергетичні показники нагрівання, годинний струм.

АННОТАЦИЯ

Лоза П.О. Улучшение методов испытаний тяговых двигателей и вспомогательных машин электровозов постоянного тока. – Рукопись.

Диссертация на получение ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.09 – Электротранспорт. – Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, Днепропетровск, 2010.

Диссертация посвящена улучшению методов приёмо-сдаточных испытаний (ПСИ) тяговых электродвигателей (ТЭД) и вспомогательных машин электровозов постоянного тока за счет применения новых технологий испытаний, повышения энергетических и других показателей испытательного оборудования. Найдены соотношения между часовыми токами при испытаниях ТЭД на нагревание во время ПСИ при условии 100%-ой принудительной вентиляции и без неё, а так же между током длительного режима и часовым током при испытаниях электродвигателей вентиляторов на нагревание при выполнении ПСИ.

Указанные соотношения дают возможность проводить испытания ТЭД на нагревание на протяжении одного часа без принудительной вентиляции и в 3-4 раза уменьшить время испытаний электродвигателей вентиляторов.

Определены параметры полупроводниковых устройств ВДУ и ЛУ (вольтодобавочного и линейного) стенов взаимной нагрузки.

Разработаны теоретические положения по унификации указанных устройств. С использованием этих положений проведены численные расчеты, что дало возможность сформулировать рекомендации по практической реализации унификации оборудования испытательных стенов.

Получило дальнейшее развитие обоснование целесообразности применения мостовых управляемых выпрямителей трёхфазного тока в качестве ВДУ и ЛУ.

На основе соответствующих исследований предложен ряд мер для повышения энергетических показателей ВДУ и ЛУ (секционирование первичной обмотки трансформатора, подключение компенсирующих и фильтрующих конденсаторов). Проведена численная оценка эффективности этих мер при испытаниях тяговых электромашин электровозов постоянного тока.

Ключевые слова: электровозы постоянного тока, тяговые электромашини, приёмо-сдаточные испытания, унификация оборудования, энергетические показатели, нагревание, часовой ток.

ABSTRACT

P. Loza Improvement of the testing methods of traction engines and supporting machines of the direct current electric locomotives. - Manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of Cand.Tech.Sci. on speciality 05.22.09 – Electric transport. - Dnepropetrovsk national university of railway transport named after academician V. Lazaryan, Dnepropetrovsk, 2010.

The dissertation is devoted to the improvement of acceptance tests'(AT) methods of traction electric motors (TEM) and supporting machines of d. c. electric locomotives due to the application of new testing technologies, increase of energy and other datum of the test equipment. The correlation between hourly currents are found at TEM tests for heating during the AT time in condition of 100%-s' forced ventilation and without it, and between long-time mode current and hourly current at the heating tests of electric motors of ventilators at performance of AT.

The specified correlations enable to carry out of TEM tests for heating during one hour without forced ventilation and to reduce the tests' time of electric motors of ventilators in 3-4 times.

Parameters of semi-conductor booster and linear devices of pumpback stands are determined.

Theoretical positions on unification of the specified devices are developed. With the use of these positions numerical calculations that enabled to formulate recommendations on practical realization of unification of the equipment of test beds are carried out.

Substantiation of the reasonability of application of bridge controlled three phase rectifiers as the booster and linear devices has received a further development.

On the basis of corresponding research a number of measures for increase of energy datum of booster and linear devices (sectioning of a primary transformer winding, connection of compensating and filtering condensers) is offered. The numerical estimation of efficiency of these measures is carried out at tests of traction electric machines of d.c. electric locomotives.

Key words: direct current electric locomotives, traction electric machines, acceptance tests, unification of equipment, energy datum, heating, hourly current.

Лоза Петро Олексійович

ПОКРАЩЕННЯ МЕТОДІВ ВИПРОБУВАНЬ ТЯГОВИХ ДВИГУНІВ ТА
ДОПОМІЖНИХ МАШИН ЕЛЕКТРОВІЗІВ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

підписано до друку «___» _____ 2010 року.
Формат 60x84 1/16. Папір для множильних апаратів. Різограф.
Ум. Др.. арк.. 1,0. Обл.-вид. л.1,0. Тираж 100 прим.
Замовлення №_____. Безкоштовно.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна
ДК №1315 від 31.03.03

Адреса університету і ділянки оперативної поліграфії:
49010, Дніпропетровськ, вул.. акад. В. Лазаряна, 2
www.diit.dp.ua
admin@diitrvv.dp.ua