

О.Л. Маренич, О.О. Карзова

Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, Україна

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ЗАМІНОЮ НЕДОВАНТАЖЕНИХ ДВИГУНІВ НЕСТАНДАРТНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ РЕМОНТУ РУХОМОГО СКЛАДУ

Встановлено, що при різних технологічних процесах при ремонті рухомого складу залізниць електроприводи універсального нестандартного обладнання можуть постійно працювати у суттєво недовантаженому режимі, що приводить до погіршення їх енергетичних показників.

Запропоновані дії по кількісній оцінці та зменшенню втрат активної потужності в двигуні електропривода у цьому випадку.

Ключові слова: *втрати, потужність, нестандартне обладнання, завантаження, асинхронний двигун, недовантажений режим, технологічні процеси.*

Постановка проблеми

Електропривод (ЕП) є одним із важливих об'єктів енергозбереження. Забезпечення високих енергетичних показників ЕП актуально у наш час, коли економія енергетичних ресурсів перетворилася в завдання першої важливості [1–5].

Значне зростання цін на енергоресурси обумовлює необхідність потужного процесу їх ощадливого використання. Оцінка властивостей ЕП з точки зору енергозбереження здійснюється з допомогою енергетичних показників, до яких належать втрати активної потужності, коефіцієнт потужності, коефіцієнт корисної дії.

В даній роботі розглядаються втрати активної потужності в нерегульованих електроприводах універсального нестандартного технологічного обладнання для ремонту рухомого складу (РС) залізниць (наприклад, машина мийна для рам візків локомотива або вагона, машина мийна для колісних пар, камера обдування тягових електродвигунів та допоміжних машин, тощо) з метою кількісної їх оцінки та розробки рекомендацій по зменшенню цих витрат з урахуванням особливостей технологічних процесів при ремонті РС. Універсальне обладнання – це обладнання, яке призначене для виконання певного технологічного процесу при ремонті різних великогабаритних вузлів рухомого складу, як правило, однакового призначення, але різних типів.

Проведений аналіз показує, що вказана задача (мета) відносно універсального обладнання майже не досліджувалась. Тому дослідження в цьому напрямку є актуальними з точки зору енергозбереження.

Відмітимо, що в загальному випадку втрати потужності й енергії є ще в механічній передачі, системі керування, силовому перетворювачі (якщо він є).

Однак основними є втрати в електродвигуні приводу. Аналіз показує, що встановлена потужність електродвигунів приводів універсального обладнання знаходиться в межах від десятих долей кВт до декількох десятків кВт.

Мета

Основною метою роботи є кількісна оцінка зменшення втрат активної потужності при заміні постійно недовантажених асинхронних двигунів нерегульованих електроприводів універсального нестандартного технологічного обладнання, що застосовується при виконанні ремонту РС залізниць, на менш потужні.

Для досягнення поставленої мети необхідно:

- провести аналіз властивостей різних видів нестандартного універсального обладнання з точки зору доцільності досліджень по зменшенню втрат активної потужності шляхом заміни недовантажених встановлених двигунів електроприводів цього обладнання на менш потужні з урахуванням особливостей технологічного процесу по ремонту РС;
- розробити алгоритм розрахунку сумарних втрат активної потужності в електродвигуні приводу;
- з використанням розробленого алгоритму на прикладі конкретного обладнання провести дослідження по кількісній оцінці вказаних втрат;
- на основі результатів проведених досліджень сформулювати рекомендації по покращенню енергозбереження в електроприводах нестандартного обладнання (і відповідно у мережі електропостачання).

Методика

Під час експлуатації електроприводів тривалого режиму, які ми розглядаємо згідно

ДСТУ 3886-99, обов'язковим є дотримання наступних вимог:

- якщо

$$0 \leq k_{zi} < (0,4 \dots 0,5), \quad (1)$$

замість встановленого електродвигуна слід застосувати електродвигун меншої потужності;

- якщо

$$(0,4 \dots 0,5) \leq k_{zi} < (0,7 \dots 0,75), \quad (2)$$

доцільність зниження встановленої потужності електродвигуна необхідно обґрунтувати розрахунками;

- якщо

$$(0,7 \dots 0,75) \leq k_{zi} \leq 0,9, \quad (3)$$

в зниженні потужності встановленого електродвигуна нема потреби.

k_{zi} – коефіцієнт завантаження електродвигуна приводу.

$$k_{zi} = \frac{P_r}{P_{н1}} = \frac{P_{ел}}{P_{ван}}, \quad (4)$$

де P_r – реально потрібна потужність електродвигуна приводу;

$P_{н1}$ – номінальна потужність встановленого двигуна;

$P_{ел}$ – вага елементів рухомого складу, з якими проводиться технологічних процес (вага тягового двигуна, колісної пари, візка локомотива або вагона, рами візка, тощо) з допомогою універсального нестандартного обладнання;

$P_{ван}$ – вантажопід'ємність пристрою завантаження вказаного обладнання. Наприклад, пристрій завантаження (візок) мийної машини, камери обдування, тощо.

В першу чергу доцільно розглянути ефективність заміни недовантаженого встановленого двигуна пристрою завантаження електроприводу універсального нестандартного обладнання, яке задіяно в технологічному процесі відносно тривалий час. Аналіз технічних характеристик показує, що до такого обладнання можна віднести мийні машини, камери фарбування тягових двигунів, колісних пар, візків, обдування рам візків, тощо [6–9].

Наприклад, машина механізована для мийки великогабаритних вузлів високим тиском (А3003) має час очищення виробів до 30 хв. [6].

Машина призначена для мийки великогабаритних вузлів рухомого складу, переважно рам візків

електровозів ВЛ10, ВЛ11, ВЛ80, ЧС4т, електропоїздів ЕР2, ЕР9, тепловозів з тривісним візком, а також ЧМЕЗ.

В багатьох депо та ремонтних заводах кількість видів РС обмежена. Наприклад, ДП «Моторвагонне депо Фастів 1» спеціалізується на ремонті електропоїздів змінного струму ЕР9 [11].

Вага вузлів електропоїздів менша, ніж вага відповідних вузлів електровозів, тепловозів. Тому при застосуванні універсального нестандартного обладнання встановлений двигун електроприводу цього обладнання буде постійно працювати в недовантаженому режимі. В такому випадку доцільно провести розрахунок щодо визначення ефективності заміни встановленого двигуна на двигун меншої потужності, з точки зору енергозбереження.

В залежності від особливостей технологічного процесу електропривод окремих установок універсального нестандартного обладнання може працювати постійно у суттєво недовантаженому режимі і на неспеціалізованих підприємствах.

Пропонується наступний алгоритм розрахунку:

1. Відповідно до потужності встановленого двигуна, яка вказана в технічних характеристиках обладнання, обрати тип цього двигуна.

Позначимо потужність встановленого двигуна через $P_{н1}$. Нижче всі параметри встановленого двигуна позначимо з індексом «1».

2. Визначити втрати активної потужності ΔP_{xx1} в режимі холостого ходу встановленого двигуна

$$\Delta P_{xx1} = \sqrt{3} \cdot I_{xx1} \cdot U_n \cdot \cos \varphi_{xx1} \cdot 10^{-3} \text{ кВт}, \quad (5)$$

де I_{xx1} – струм холостого ходу встановленого двигуна;

U_n – номінальна напруга цього двигуна, $U_n = 380 \text{ В}$.

$\cos \varphi_{xx1}$ – коефіцієнт потужності встановленого двигуна в режимі холостого ходу. Приймаємо $\cos \varphi_{xx1} = 0,15$.

$$I_{xx1} = k_{xx} \cdot I_{н1}, \quad (6)$$

де k_{xx} – коефіцієнт відповідно до [10];

$I_{н1}$ – номінальний струм встановленого електродвигуна.

3. Прийняти як діючий вираз (1).
4. Визначити потужність P_{r2} електродвигуна, яка реально потрібна при заданому k_{z1} .

$$P_{\text{ч2}} = P_{\text{н1}} \cdot k_{\text{з1}} \quad (7)$$

Коефіцієнт завантаження $k_{\text{з1}}$ визначити по формулі (4). По каталогу підібрати двигун з потужністю $P_{\text{н2}}$ найближчою до $P_{\text{р2}}$ в бік збільшення ($P_{\text{н2}} \geq P_{\text{р2}}$).

5. Сумарні втрати $\Delta P_{\Sigma 1}$ активної потужності у встановленому електродвигуні згідно ДСТУ 3886-99:

$$\Delta P_{\Sigma 1} = (Q_{\text{xx1}}(1 - k_{\text{з1}}^2) + k_{\text{з1}}^2 \cdot Q_{\text{н1}}) \cdot k_{\text{е}} + \Delta P_{\text{xx1}} + k_{\text{з1}}^2 \cdot \Delta P_{\text{зб1}}, \quad (8)$$

де Q_{xx1} , квар – реактивна потужність, яку споживає двигун із мережі при XX ($\sin \varphi_1 \approx 1$):

$$Q_{\text{xx1}} = \sqrt{3} \cdot I_{\text{xx1}} \cdot U_{\text{н}} \cdot 10^{-3}, \quad (9)$$

$Q_{\text{н1}}$, квар – реактивна потужність, яку споживає двигун із мережі при номінальному навантаженні:

$$Q_{\text{н1}} = P_{\text{н1}} \cdot \tan \varphi_{\text{н1}} / \eta_{\text{н1}}, \quad (10)$$

$$\tan \varphi_{\text{н1}} = \tan(\arccos \varphi_{\text{н1}}), \quad (11)$$

де $\cos \varphi_{\text{н1}}$ – номінальний коефіцієнт потужності двигуна;

$k_{\text{е}}$ – коефіцієнт збільшення втрат або економічний еквівалент, що визначає втрати активної потужності на передавання одного квар реактивної потужності в даній системі електропостачання;

$k_{\text{е}} = 0,125$ кВт/квар для низьковольтних споживачів.

$\Delta P_{\text{зб1}}$ – збільшення втрат активної потужності в електродвигуні за навантаження 100%.

$$\Delta P_{\text{зб1}} = P_{\text{н1}} \frac{1 - \eta_{\text{н1}}}{\eta_{\text{н1}}} \cdot \frac{1}{1 + \gamma_1}, \quad (12)$$

де γ_1 – розрахунковий коефіцієнт, що залежить від конструкції електродвигуна.

$$\gamma_1 = \frac{\Delta P_{\text{xx1}}^*}{100(1 - \eta_{\text{н1}}) - \Delta P_{\text{xx1}}^*}, \quad (13)$$

де

$$\Delta P_{\text{xx1}}^* = \frac{\Delta P_{\text{xx1}}}{P_{\text{н1}}} \cdot 100\% \quad (14)$$

Сумарні $\Delta P_{\Sigma 2}$ активної потужності в електродвигуні меншої потужності, ніж потужність

встановленого електродвигуна, розраховується аналогічно. Тільки в формулах індекс «1» замінюємо на індекс «2».

Зменшення втрат активної потужності ΔP_1 при заміні недовантаженого встановленого електродвигуна пристрою завантаження на менш потужний складає:

$$\Delta P_1 = \Delta P_{\Sigma 1} - \Delta P_{\Sigma 2}. \quad (15)$$

Чисельний приклад

Для розрахунків в якості базового універсального обладнання приймаємо машину А3024 «Машина для мийки тягових двигунів прохідна» [6].

Технічні характеристики цієї машини:

- час очищення – 15–30 хв.;
- найбільше навантаження на візок – 5500 кг;
- потужність електродвигуна приводу візка – 1,5 кВт;
- частота – 50 Гц;
- електропостачання – трифазна мережа.

Приймаємо, що ремонт відбувається на спеціалізованому підприємстві. В машині по одному миють тільки тягові двигуни типу РТ-51Д (вага 2000 кг) [12].

Розрахунок $\Delta P_{\Sigma 1}$ у встановленому електродвигуні приводу транспортного візка машини А3024 під час мийки тягового двигуна РТ-51Д

1. Технічні характеристики встановленого двигуна АР80В4:

$$P_{\text{н1}} = 1,5 \text{ кВт}; \quad I_{\text{н1}} = 3,72 \text{ А} \quad (\text{при } 380 \text{ В});$$

$$\eta_{\text{н1}} = 78,5\%; \quad \cos \varphi_{\text{н1}} = 0,78; \quad U_{\text{н}} = 380 \text{ В}.$$

2. По форм. (6): $k_{\text{Ixx1}} = 0,65$ [10]

$$I_{\text{xx1}} = 0,65 \cdot 3,72 = 2,42 \text{ А}.$$

3. По форм. (5):

$$\Delta P_{\text{xx1}} = \sqrt{3} \cdot 2,42 \cdot 380 \cdot 0,15 \cdot 10^{-3} = 0,239 \text{ кВт}.$$

4. По форм. (4): $k_{\text{з1}} = \frac{2000}{5500} = 0,364$.

5. По форм. (9):

$$Q_{\text{xx1}} = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 2,42 \cdot 10^{-3} = 1,59 \text{ квар}.$$

6. По форм. (11):

$$\tan \varphi_{\text{н1}} = \tan(\arccos 0,78) = \tan 39^\circ = 0,8098 \text{ [13]}.$$

7. По форм. (10): $Q_{\text{н1}} = \frac{2 \cdot 0,8098}{0,785} = 1,55 \text{ квар}.$

$$8. \text{ По форм. (14): } \Delta P_{xx1}^* = \frac{0,239}{1,5} \cdot 100\% = 15,93\% .$$

$$9. \text{ По форм. (13): } \gamma_1 = \frac{15,93}{100(1-0,785)-15,93} = 2,86 .$$

10. По форм. (12):

$$\Delta P_{\Sigma 1} = 1,5 \cdot \frac{1-0,785}{0,785} \cdot \frac{1}{1+2,86} = 0,106 \text{ кВт.}$$

11. По форм. (8):

$$\Delta P_{\Sigma 1} = (1,59 \cdot (1-0,364^2) + 0,364^2 \cdot 1,55) \cdot 0,125 + 0,239 + 0,364^2 \cdot 0,106 = 0,451$$

Розрахунок $\Delta P_{\Sigma 2}$ в електродвигуні меншої потужності, ніж встановлений АІР80В4, під час мийки тягового двигуна РТ-51Д

Реально потрібна потужність електродвигуна приводу транспортного візка P_{r2} при $k_{\Sigma 1} = 0,364$ дорівнює по форм. (7): $P_{r2} = 0,364 \cdot 1,5 = 0,546$ кВт.

1. Приймаємо для розрахунку, що встановлений двигун АІР80В4 замінити двигуном меншої потужності АІР71А4 [14].

Технічні характеристики АІР71А4:
 $P_{H2} = 0,55$ кВт; $n_{H2} = 1390$ об/хв.; $I_{H2} = 1,57$ А (при 380 В); $\eta_{H2} = 71,0\%$; $\cos \varphi_{H2} = 0,75$; $U_H = 380$ В.

2. По форм. (6): $k_{Hx2} = 0,75$ [10]

$$I_{Hx2} = 0,75 \cdot 1,57 = 1,18 \text{ А.}$$

3. По форм. (5):

$$\Delta P_{Hx2} = \sqrt{3} \cdot 1,57 \cdot 380 \cdot 0,15 \cdot 10^{-3} = 0,155 \text{ кВт.}$$

4. По аналогії з форм. (4): $k_{\Sigma 2} = \frac{0,546}{0,55} = 0,99$.

5. По форм. (9):

$$Q_{Hx2} = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 1,18 \cdot 10^{-3} = 0,776 \text{ квар.}$$

6. По форм. (11):

$$\operatorname{tg} \varphi_{H2} = \operatorname{tg}(\arccos 0,75) = \operatorname{tg} 41^\circ = 0,8693 \text{ [13].}$$

7. По форм. (10): $Q_{H2} = \frac{0,55 \cdot 0,8693}{0,71} = 0,673 \text{ квар.}$

8. По форм. (14): $\Delta P_{Hx}^* = \frac{0,155}{0,55} \cdot 100\% = 28,18\% .$

9. По форм. (13): $\gamma_2 = \frac{28,18}{100(1-0,71)-28,18} = 34,36 .$

10. По форм. (12):

$$\Delta P_{\Sigma 2} = 0,55 \cdot \frac{1-0,71}{0,71} \cdot \frac{1}{1+34,36} = 0,006 \text{ кВт.}$$

11. По форм. (8):

$$\Delta P_{\Sigma 2} = (0,776 \cdot (1-0,99^2) + 0,99^2 \cdot 0,673) \cdot 0,125 + 0,155 + 0,99^2 \cdot 0,006 = 0,245 \text{ кВт.}$$

$$\Delta P_2 = \Delta P_{\Sigma 1} - \Delta P_{\Sigma 2} = 0,451 - 0,245 = 0,206 \text{ кВт.}$$

$$\Delta P_2 \% = \frac{0,206}{0,451} \cdot 100\% = 45,67\% .$$

Таким чином, заміна недовантаженого встановленого двигуна АІР80В4 потужністю 1,5 кВт на двигун АІР71А4 потужністю 0,55 кВт зменшує активні втрати у двигуні і мережі електропостачання на 45,67% в порівнянні із втратами при встановленому двигуні.

Отриманий результат при $k_{\Sigma 1} = 0,364$ відноситься до інтервалу $0 \leq k_{\Sigma} < (0,4 \dots 0,5)$ згідно ДСТУ 3886-99.

Результати досліджень дають орієнтовну кількісну оцінку зменшення активних втрат при заміні недовантаженого електродвигуна приводу транспортного візка.

Згідно ДСТУ 3886-99 в інтервалі $(0,4 \dots 0,5) \leq k_{\Sigma} < (0,7 \dots 0,75)$ для проведення техніко-економічного обґрунтування доцільності модернізації електроприводу транспортного візка установки шляхом заміни встановленого двигуна електроприводу на менш потужний також слід виконати розрахунок зменшення активних втрат у двигуні.

Алгоритм розрахунку при цьому не змінюється в порівнянні з наведеним вище.

Результати

Задача кількісної оцінки втрат активної потужності в електроприводах універсального нестандартного технологічного обладнання для ремонту рухомого складу залізниць зумовлена тим, що значна кількість ремонтних заводів та депо є спеціалізованими, тобто виконують ремонт обмеженої кількості видів рухомого складу (в багатьох випадках це один-два види).

При цьому, якщо вага великогабаритних вузлів рухомого складу, що ремонтується на вказаних підприємствах, менша ніж це передбачено в технічних характеристиках універсального обладнання, то двигуни електроприводів вказаного обладнання будуть працювати постійно в недовантаженому режимі, що погіршує їх енергетичні показники в порівнянні з номінальним режимом.

Проведені дослідження по кількісній оцінці зменшення втрат активної потужності шляхом заміни недовантажених встановлених двигунів електроприводу обладнання на менш потужні показали ефективність такої заміни з точки зору енергозбереження.

Наукова новизна та практична значимість

1. Вперше розглянута задача енергозбереження в нерегульованих електроприводах нестандартного універсального технологічного обладнання при застосуванні його на спеціалізованих підприємствах по ремонту рухомого складу залізниць.
2. З урахуванням особливостей технологічного процесу ремонту рухомого складу та технічних характеристик обладнання запропонована методика (алгоритм) кількісної оцінки зменшення втрат активної потужності в електроприводах при заміні недовантаженого встановленого двигуна на двигун меншої потужності.
3. З використанням запропонованого алгоритму проведена кількісна оцінка зменшення вказаних втрат для машини А3024 при коефіцієнті завантаження встановлених двигунів 0,364. Це зменшення склало 45,67%.

Висновки

Робота має чітко виражений прикладний характер. Дослідження показали, що на спеціалізованих підприємствах по ремонту рухомого складу залізниць двигуни нерегульованих електроприводів універсального нестандартного обладнання, як правило, працюють у недовантаженому режимі, що негативно впливає на їх енергетичні показники. З метою енергозбереження доцільно провести заміну недовантаженого встановленого двигуна на менш потужний.

Запропоновану методику (алгоритм) кількісного визначення зменшення втрат активної потужності в двигунах електроприводів обладнання з урахуванням особливостей технологічного процесу ремонту рухомого складу та технічних характеристик обладнання рекомендується застосувати для двигунів електроприводів з потужністю більше 0,5 кВт, які працюють у тривалому режимі.

Література

1. Закладний А.Н. Енергозбереження засобами промислового електропривода: навч. посібн. / Закладний А. Н., Праховик А. В., Соловей О. І. – К. : Видавн. дім «Кондор», 2005. – 408 с.
2. Краснянський М.Ю. Енергозбереження: навч. посібн. – К. : Видавн. дім «Кондор», 2018. – 136 с.
3. Промисловість України: шлях до енергетичної ефективності. – К. : Видання енергетичного центру Європейського Союзу в Києві, 1995.
4. Dhaoui M.A. New method for losses minimization in IFOC Induction Motors Drives / M. Dhaoui, L. Sbita // *International journal of Systems Control*. – 2010. – Vol. 1, Issue 2. – P 93–99.
5. Hung N.T. Optimization of Electric Energy in Three-Phase Induction Motor Balancing of Torque and Flux Dependent Losses / N.T. Hung, N.C. Thien, T.P. Nguyen, V.S. Le, D.A. Than. –

- Lecture Notes in Electrical Engineering, 2014. – P. 497–507. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-41968-3_50
6. Машина мийна ММД-12А. – Режим доступу: <https://www.google.com.ua/search?q=mashyna+myjna+MMD-12A&ixi.A74M>
7. ООО «ПО»Укрспецкомплект». Харьков. Обладнання для залізниць та метрополітена. Режим доступу: <http://usk.ua/>
8. Обладнання для ремонту локомотивів. Режим доступу: <https://www.google.com.ua/search?q=kameryfarbuvannjatiag+hovykhdyvghuniv>
9. Універсальна машина для мийки колісних пар локомотивів (УММКП). Режим доступу: <https://ua.all.biz/>>
10. Середні значення сили струму холостого ходу в % від номінального струму електродвигуна в залежності від потужності та частоти обертання. Режим доступу: <https://www.google.com.ua/search?q=довідник+dpva+inzhenera>
11. Структура та загальна характеристика ДП «Моторвагонне депо Фастів 1». Режим доступу: <https://stud-file.net/preview/9322482/page:2/>
12. Електропоїзд ЕР9М / Тяговий електродвигун РТ-51Д. Режим доступу: https://electri4ka.com/er9m_48.html
13. Таблиці Брадіса: синуси та косинуси, тангенси, котангенси. Режим доступу: <https://uchim.org/matematika/tablica-bradisa>
14. ООО «Дніпроресурс». Асинхронні електродвигуни «ЭЛМО» серії АІР. Каталог загальнопромислових електродвигунів серії АІР. Нова Каховка. Україна.

References

1. Zakladnyj, A.N., Prakhovyk, A.V., Solovej, O.I. (2005). *Energy saving by means of industrial electric drive* : manual. Kondor, Kyiv. [in Ukrainian]
2. Krasnjanskyj, M.Ju. (2018). *Energy saving* : manual. Kondor, Kyiv. [in Ukrainian]
3. *Promislovism of Ukraine: a way to energetic efficiency*. (1995). Seeing the energy center of the European Union in Kyiv, Kyiv. [in Ukrainian]
4. Dhaoui, M.A., Sbita, L. (2010). New method for losses minimization in IFOC Induction Motors Drives. *International journal of Systems Control*, 1(2), 93–99.
5. Hung, N.T., Thien, N.C., Nguyen, T.P., Le, V.S., Than, D.A. (2014). Optimization of Electric Energy in Three-Phase Induction Motor Balancing of Torque and Flux Dependent Losses. *Lecture Notes in Electrical Engineering*, 497–507. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-41968-3_50
6. Machine mines MMD-12A. URL: <https://www.google.com.ua/search?q=mashyna+myjna+MMD-12A&ixi.A74M>
7. LLC "PO" Ukrspetskomplekt ". Kharkiv. Equipment for railways and subways. URL: <http://usk.ua/>
8. Equipment for locomotive repair. URL: <https://www.google.com.ua/search?q=kameryfarbuvannjatiag+hovykhdyvghuniv>
9. Universal machine for washing wheel pairs of locomotives (UMMKP). URL: <https://ua.all.biz/>>
10. The average values of the no-load current in% of the rated current of the motor depending on the power and speed. URL: <https://www.google.com.ua/search?q=dovidnyk+dpva+inzhenera>
11. Structure and general characteristics of SE "Motor-wagon

depot Fastiv 1". URL: <https://studfile.net/preview/9322482/pade:2/>
12. Electric train ER9M / Traction electric motor RT-51D. URL: https://electri4ka.com/er9m_48.html
13. Bradys tables: sines and cosines, tangents, co-tangents. URL: <https://uchim.org/matematika/tablica-bradisa>
14. LLC "Dnipropresurs". Asynchronous electric motors "ELMO" of the AIP series. Catalog of general industrial electric motors of the AIP series. Nova Kakhovka, Ukraine.

Рецензент: д-р техн. наук, професор А.М. Афанасов, Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, Україна.

Автор: МАРЕНИЧ Оксана Леонідівна
кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри електротехніки та електромеханіки
Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна
E-mail – ks.marenych@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3602-5851>

Автор: КАРЗОВА Оксана Олександрівна
кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри електротехніки та електромеханіки
Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна
E-mail – karzova@i.ua
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3607-1188>

ENERGY SAVING BY REPLACING UNLOADED ENGINES OF NON-STANDARD EQUIPMENT FOR ROLLING STOCK REPAIR

O. Marenich, O. Karzova

Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazarian, Ukraine

It is established that at various technological processes at repair of a rolling stock of railways electric drives of the universal non-standard equipment can constantly work in essentially underloaded mode that leads to deterioration of their power indicators. The aim of the work is to quantify the reduction of active power losses when replacing constantly underloaded asynchronous motors of unregulated electric drives of universal non-standard technological equipment used in the repair of railway rolling stock with less powerful ones. In this work, the subject of research are the motors of electric drives of this equipment. The analysis of technological processes at repair of a rolling stock, technical characteristics of the specified equipment is carried out and the conclusion is accepted that first of all it is expedient to investigate efficiency of replacement on the equipment of the established engine on less powerful at carrying out at the specialized enterprises of such technological processes warehouse (wheel pairs, traction motors, auxiliary electric machines, frames of rolling stock carts, etc.). The load of the electric motors of transport trolleys of equipment is proposed to be defined as the ratio of the weight of a large unit of electric locomotive, diesel locomotive, electric train and other types of rolling stock to the carrying capacity of universal non-standard equipment of transport trolley. The term "universal" equipment is introduced in the work, which means equipment for performing a certain technological process in the repair of various large units of different types of rolling stock, as well as "specialized enterprise" specializing in the repair of rolling stock, large units which weigh significantly less, than the load-lifting capacity of the transport cart of the equipment. Therefore, the motors of electric drives of universal equipment at these enterprises are constantly operating underloaded. Also actions for quantitative assessment and reduction of active power losses in the electric drive motor are offered.

Keywords: losses, power, non-standard equipment, loading, asynchronous motor, underloaded mode, technological processes.