

УДК 629.423.31

**ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАМІНИ ДОПОМІЖНИХ МАШИН ЕЛЕКТРОВОЗА ЧС7 НА АСИНХРОННІ МАШИНИ**

Канд. техн. наук П.О. Харламов, магістрант Є.М. Даценко

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАМЕНЫ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ МАШИН ЭЛЕКТРОВОЗА ЧС7 НА АСИНХРОННЫЕ МАШИНЫ**

Канд. техн. наук П.А. Харламов, магистрант Е.Н. Даценко

**PERFORMANCE EVALUATION OF SUBSTITUTE AUXILIARY MASHINES ELECTRICK LOCOMOTIVE CS7 FOR INDUCTION MASHINES**

**Cand. of techn.sciences P.A. Harlamov, master student E.M. Dacenko**

*Отримано вирази, що дають змогу оцінити ефективність заміни допоміжних машин електровоза ЧС7 на асинхронні машини. Проект замінних електричних машин порівнюється з вихідними електричними машинами.*

***Ключові слова:** електровоз, асинхронний двигун, заміна, оцінка ефективності, порівняння параметрів, переваги, недоліки.*

*Получены выражения, позволяющие оценить эффективность замены вспомогательных машин электровоза ЧС7 на асинхронные машины. Проект заменяемых электрических машин сравнивается с исходными электрическими машинами.*

***Ключевые слова:** электровоз, асинхронный двигатель, замена, оценка эффективности, сравнение параметров, преимущества, недостатки.*

*Expressions are obtained to assess the effectiveness of the replacement locomotive CS7 auxiliary machines for asynchronous machines. Draft replacement electric cars compared with the initial electrical machines.*

*The expressions for estimating the effectiveness of the subsidiary machines of locomotive CS7 replacement into the asynchronous machines are obtained in this paper. The project of replacement electric machines is compared with the initial electrical machines. This article describes the design features of the subsidiary machines on direct and alternating current, their main advantages and disadvantages, specific causes of failure. Also the methodology of calculation the probability of components failure of the induction motor and the data on relevant failures in the work of this type of electrical machines are considered in this paper.*

**Keywords:** electric locomotive, induction motor, a direct current engine, the estimate of efficiency, the comparison of parameters, advantages, disadvantages, design features.

**Вступ.** Основою залізничного транспорту українських залізниць є локомотивне господарство. Від безпечної і якісної роботи в першу чергу саме цієї галузі залежить забезпечення процесу перевезень на залізницях (виконання залізничним транспортом свого функціонального завдання), а також забезпечення безпеки руху поїздів.

До складу локомотивного господарства входять локомотивні депо (основні та оборотні), локомотиворемонтні підприємства, пункти технічного огляду та інші об'єкти.

Локомотивний парк Укрзалізниці застарів більш ніж на 90%. Більшість локомотивів, що зараз використовуються, були вироблені у 1960-1970-х роках. Вони застаріли морально й технічно. Особливо це стосується застарілого електропривода допоміжних машин, який зараз використовується на цих локомотивах. Це колекторні двигуни

постійного струму, які вимагають багато часу та коштів, потужностей виробництва та складного обладнання для їх підтримування у належному технічному стані. Це зумовило пошук альтернативних типів привода допоміжних машин.

У цій статті оцінюється можливість заміни застарілих колекторних двигунів привода допоміжних машин на більш нові асинхронні двигуни, що застосовуються на найбільш сучасних вітчизняних та закордонних локомотивах.

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** Згідно з проведеним аналізом роботи електровозів серії ЧС7 локомотивного депо Харків «Жовтень» були виявлені випадки позапланового на планових видах та непланового ремонту допоміжних електричних машин (табл. 1 та 2).

Таблиця 1

Позаплановий ремонт допоміжних електричних машин на планових видах

| Рік  | Кількість випадків |
|------|--------------------|
| 2009 | 4                  |
| 2010 | 6                  |
| 2011 | 19                 |
| 2012 | 17                 |
| 2013 | 20                 |

Таблиця 2

Неплановий ремонт допоміжних машин

| Рік  | Кількість випадків |
|------|--------------------|
| 2009 | 3                  |
| 2010 | 5                  |
| 2011 | 6                  |
| 2012 | 8                  |
| 2013 | 10                 |

Розглянемо причини виникнення цих випадків.

Двигуни постійного струму широко застосовуються. Їх експлуатація [1] спричиняє ряд значних незручностей, пов'язаних з конструктивними особливостями машин цього типу, а саме [5]:

- складність конструкції і, як результат, висока ціна;
- наявність щітково-колекторного вузла;
- велика маса;
- необхідність періодичного обслуговування.

Усі ці недоліки потребують істотних витрат при купівлі машин постійного струму та їх подальшій експлуатації, а так само вони можуть значно знизити надійність і точність систем у цілому [3].

У теперішній час приводи допоміжних машин електровозів, що експлуатуються на залізницях України, – це, як правило, приводи постійного струму, котрі поступаються за рядом показників електроприводам змінного струму на основі асинхронних двигунів. Серед переваг асинхронних двигунів (АД) у порівнянні з іншими машинами можна виділити таке:

- АД мають меншу вартість, так як прості у виготовленні та потребують менших витрат матеріалів при їх виробництві;

- вони більш надійні та не потребують частого технічного обслуговування, що зумовлено відсутністю щітково-колекторного вузла, контактних кілець та постійних магнітів;

- АД мають менші габарити.

Відсутність ковзного контакту між ланками ротора та статора у АД є основною причиною широкої популярності. У цілому відсутність колектора дає такі важливі практичні переваги:

- спрощення конструкції двигуна;
- підвищення надійності двигуна;
- зняття обмежень по робочій напрузі (бо саме колектор у двигуні постійного струму часто лімітує рівень максимальної робочої напруги, а відповідно і потужності).

Таким чином, використання асинхронного електропривода на електровозах покращує характеристики роботи, підвищує надійність електровоза.

До основних несправностей двигуна постійного струму належать такі:

- підвищене іскріння щіток;
- почорніння пластин колектора;

- щітки одного полюса іскрять сильніше щіток інших полюсів;

- круговий вогонь по колектору;

- щітки одного полюса іскрять сильніше щіток інших полюсів.

До основних несправностей двигуна змінного струму належать такі:

- при нормальному навантаженні машини частота обертання менше номінальної;

- котушки полюсів рівномірно нагріваються вище норми;

- двигун сильно гуде, сила струму в усіх фазах різна.

Вивчення досвіду експлуатації трифазних асинхронних двигунів [6] показало, що основним елементом конструкції, схильним до відмов, є обмотка. З точки зору надійності обмотку асинхронних двигунів можна розглядати як систему, що складається з послідовно з'єднаних елементів. Такими елементами є пари сусідніх провідників, композиція пазової ізоляції і композиція міжфазної ізоляції в лобових частинах обмотки [2]. При двошаровій обмотці повинна бути також врахована надійність ізоляції між секціями. Так як відмова будь-якого перерахованого елемента призводить до відмови всієї системи (обмотки), надійність обмотки (ймовірність безвідмовної роботи) може бути визначена згідно з теоремою множення ймовірності за формулою

$$\delta_{i_a} \{t\} = \prod_{i=1}^n p_i \{t\} \prod_{n=1}^z p_n \{t\} \prod_{m=1}^m p_m \{t\} \prod_{c=1}^z p_c \{t\},$$

де  $p_i \{t\}$  - надійність міжвиткової ізоляції пари провідників;

$p_n \{t\}$  - надійність композиції пазової ізоляції одного паза;

$p_m \{t\}$  - надійність композиції міжфазної ізоляції лобової частини обмотки (однієї міжфазної прокладки);

$p_c \{t\}$  - надійність композиції міжсекційних ізоляцій у пазу (при двошаровій обмотці).

Найменше значення має перший співмножник  $\prod_{i=1}^n p_i \{t\}$ , який в основному і

визначає надійність обмотки. Це обумовлено двома факторами: відносно низькою надійністю межвиткової ізоляції і значною

кількістю пар провідників в асинхронних двигунах ( $n = 10^2 \div 10^3$ ). Надійність композиції пазової міжфазної і міжсекційної ізоляції звичайно досить висока.

Зазначені міркування підтверджуються матеріалами вивчення [7] досвіду експлуатації асинхронних двигунів. Відмови за характером пошкодження обмоток розподіляються таким чином:

- міжвиткові замикання – 93 %;
- пошкодження і пробої пазової ізоляції – 2%;
- пробої міжфазної ізоляції – 5 %.

Наведені дані показують, що основна увага в асинхронних двигунах повинна бути приділена підвищенню надійності міжвиткової ізоляції.

**Висновок.** У цій статті були наведені основні переваги та недоліки електричних машин постійного та змінного струму, а також їх основні характерні несправності.

Враховуючи наведені вище дані про електродвигуни постійного та змінного струму, їх недоліки та переваги, характерні причини виходу з ладу, можна зробити висновок, що з точки зору конструктивних особливостей асинхронні двигуни мають значно більшу ймовірність використання як допоміжні машини у локомотивах. Більш проста та надійна конструкція асинхронних двигунів дає можливість більш надійної та безвідмовної роботи цього типу машин, ніж машин постійного струму. Зменшується час простою у позапланових ремонтах, що в свою чергу дає можливість використовувати локомотиви більш ефективно та раціонально.

Заміна допоміжних електричних машин локомотива ЧС7, враховуючи наведені у статті дані, дасть змогу зменшити кількість відмов та позапланових ремонтів.

### Список використаних джерел

1. Москаленко, В.В. Электрический привод [Текст]: учеб. для студ. высш. учеб. заведений / В.В. Москаленко. – М.: Издательский центр "Академия", 2007. – 368 с.
2. Соколовский, Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием [Текст] / Г.Г. Соколовский. – М.: Издательский центр "Академия", 2006. – 272 с.
3. Новиков, В.А. Тенденции развития электроприводов, систем автоматизации промышленных установок и технологических комплексов [Текст] / В.А. Новиков, Л.Н. Рассудов. – М.: Электротехника, 1996. – С. 26 – 29.
4. Сабинин, Ю.А. Частотно-регулируемые асинхронные электроприводы [Текст] / Ю.А. Сабинин, В.Л. Грузов. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1985. – 128 с.
5. Беспалов, В.Я. Электрические машины [Текст] / В.Я. Беспалов, Н.Ф. Котеленец. – М.: Академия, 2006. – 320 с.
6. Вольдек, А.И. Электрические машины [Текст] / А.И. Вольдек, В.В. Попов. – С.Пб.: Питер, 2008. – 320 с.
7. Лопухина, Е.М. Расчет асинхронных микродвигателей однофазного и трехфазного тока [Текст] / Е.М. Лопухина, С.Г. Сомихина. – М.: Госэнергоиздат, 1961. – 351 с.
8. Зимин, В.И. Обмотки электрических машин [Текст] / В.И. Зимин. – М.: Энергия, 1970. – 472 с.
9. Ключев, В.И. Ограничение динамических нагрузок электроприводов [Текст] / В.И. Ключев. – М.: Энергия, 1971 – 320 с.
10. Михайлов, А. Математическое моделирование [Текст] / А. Михайлов, А. Самарский. – М.: Академкнига, 2001. – 454 с.
11. Рябов, В.И. Электрооборудование [Текст]: учеб. для сред. спец. учеб. заведений / В.И. Рябов. – 5-е изд., перераб. – М.: Экономика, 1990. – 177 с.

Рецензент д-р техн. наук, професор А.П. Фалендиш

Харламов Павло Олександрович, канд. техн. наук, доцент кафедри експлуатації і ремонту рухомого складу.  
Тел.: (057) 730-19-80.

Даценко Євген Миколайович, магістрант групи МЗ-Л-12. Тел.: 0958692366. E-mail: smikybest@gmail.com.

Harlamov Pavel Aleksandrovych, candidate of technical science, associate professor of the department "Maintenance and repair of railway vehicles" Tel.: (057)730-19-80.

Datzenko Evgenij Nickolaevych, master student of group MZ-L-12. Tel.: 0958692366. E-mail: smikybest@gmail.com.