

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-588-79-2-2.45>

ОЦІНКА ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН ДЛЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Шавкун В. М.

*кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри електричного транспорту
Харківського національного університету міського господарства
імені О. М. Бекетова*

Закурдай С. О.

*кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри електричного транспорту
Харківського національного університету міського господарства
імені О. М. Бекетова
м. Харків, Україна*

Найбільш важливою і актуальною проблемою сучасного виробництва є підвищення якості та надійності механізмів машин і обладнання у будь-якій галузі промисловості, зокрема електричного транспорту. Під надійністю електричних машин (ЕМ) розуміють її здатність безвідмовно працювати з незмінними характеристиками протягом заданого проміжку часу і за певних умов застосування [1].

Об'єктом дослідження є електричні машини, що використовуються на міському електричному транспорті. Саме вони є одним з основних агрегатів, що забезпечують ефективність роботи електропривода і рухомого складу у цілому. Тому завдання з дослідження (оцінки) показників надійності ЕМ у процесі експлуатації з метою підвищення працездатності рухомого складу у цілому є свідченням актуальності даної проблематики.

Для визначення ефективної роботи транспортних засобів на лінії використовуються сучасні методи оцінки надійності ЕМ, які дозволяють отримати адекватні характеристики з урахуванням властивостей структури, функціональних зв'язків деталей і вузлів.

З практики експлуатаційних підприємств відомо, що відмови ЕМ завдають значної матеріальної шкоди, тому підвищення їх надійності є важливою науково – технічною проблемою, що сприяє збільшенню життєвого циклу ЕМ.

Удосконалення методів оцінки показників надійності дозволяє виділити два основних етапи: дослідження статистичних параметрів і вивчення фізико-статистичних характеристик.

Порівняння методів з точки зору точності отриманих параметрів і адекватності модельованих процесів дозволяє виділити їх особливості. Статистичні методи дають оцінку надійності за даними спостережень в експлуатації або стендових випробувань системи на підставі характеристик відмов.

Фізико-статистичні методи передбачають дослідження і виявлення закономірностей впливу вхідних факторів, що прискорюють знос деталей. Це дозволяє розробити моделі надійності системи, що враховують вплив експлуатаційних факторів на їх надійність. Моделі не є універсальними, тому зі зміною конструктивних параметрів системи дають неадекватні оцінки, що обмежує їх застосування на практиці.

Аналіз літературних джерел показав, що більшість методів і засобів не дозволяють виконувати ряд дослідницьких вібраційних випробувань. Стенди не дають достовірної інформації про стан ізоляції обмоток, не контролюють працездатність вузлів ЕМ, імовірність безвідмовної роботи (ІБР), параметри потоку відмов (ППВ). Це не заважає комплексно оцінювати надійність електромагнітної системи ЕМ [1–3].

У зв'язку з цим виникає необхідність розробки нових методів прогнозування залишкового ресурсу ЕМ у процесі експлуатації. З метою підвищення точності оцінки і прогнозування надійності спостерігається перехід до використання нових методів, заснованих на теорії імовірностей і математичної статистики. Методи дозволяють враховувати кількісні та якісні закономірності процесів функціонування ізоляції у системі структурно алгоритмічного і параметричного синтезу окремих її елементів.

Завдання підвищення достовірності визначення пошкоджень може бути вирішено шляхом побудови структурно-функціональних схем і розробки математичної моделі електромеханічних систем електричних машин (ЕМС ЕМ), визначенням найбільш ефективних діагностичних параметрів.

Під час експлуатації електричного обладнання на його елементи впливають зовнішні і внутрішні фактори.

Для оцінки параметрів надійності необхідно:

- розробити структурну схему ЕМ;
- виявити основні експлуатаційні фактори (ОЕФ), що впливають на зміну параметрів надійності;
- провести кількісну оцінку ОЕФ.

До структурної схеми повинні входити основні вузли та елементи машини, що схильні до відмов.

Складність вирішення завдання аналізу і прогнозування надійності систем обумовлена відсутністю універсальних методів, які враховують неповноту і неоднорідність як вихідної інформації про надійність самих елементів систем, так і інформації про реальну експлуатацію.

Структурна схема ЕМ є наочним поданням надійності системи. Вона показує логічний зв'язок компонентів, необхідний для роботи системи. Чіткі вимоги щодо надійності роботи ЕМ пов'язані з кожним аспектом функціонування системи і є необхідною передумовою складання структурної схеми.

При розробці моделі структурної схеми ЕМ необхідно визначити вплив взаємодії елементів системи на надійність. Потім необхідно розділити систему на блоки таким чином, щоб визначити логіку їх взаємодії у системі. При цьому кожен блок повинен бути статистично незалежним. Для простоти числової оцінки кожен блок повинен містити тільки такі елементи, які відповідають одному і тому ж статистичному розподілу напрацювань до відмови.

Так, наприклад робота електричної ізоляції відбувається в умовах одночасної дії на неї електричного поля, механічних напруг, температури, хімічно активних речовин та інших факторів. На електричну ізоляцію також впливають навантаження, які з часом не залишаються постійними. Комбінації різних впливів на електричну ізоляцію змінюються випадковим чином. Таким чином, у кожен момент часу комбінація навантажень на електричну ізоляцію буде різною, що призведе до зменшення її ресурсу.

У результаті аналізу структурно-функціональної схеми ЕМ залежності імовірності відмови від стану сполученого елемента можна скласати узагальнене рівняння відмови для всієї системи у цілому [1–3]:

$$Q(t) = 1 - \prod_{j=1}^N (1 - Q_j(t)), \quad (1)$$

де:

t – напрацювання системи, год.

У результаті експлуатації швидкість зносу деталей і вузлів змінюється. Тим самим змінюються характеристики надійності та довговічності деталей. Тому важливим етапом аналізу є встановлення впливу фізичних факторів на їх надійність. Залежно від того, як формується потік відмов елементів у часі, будуть змінюватися функції надійності.

ІБР електричних машин при раптових відмовах показано на рисунку 1. Крива 1 характеризує надійність системи з урахуванням раптових відмов отриману розрахунковим шляхом. Крива 2 оцінює надійність, отриману за експериментальними даними. Графічні залежності можуть відрізнятися від істинних значень. У зв'язку із зміною істинних значень необхідно визначити рівень довірчого інтервалу для заданої імовірності.

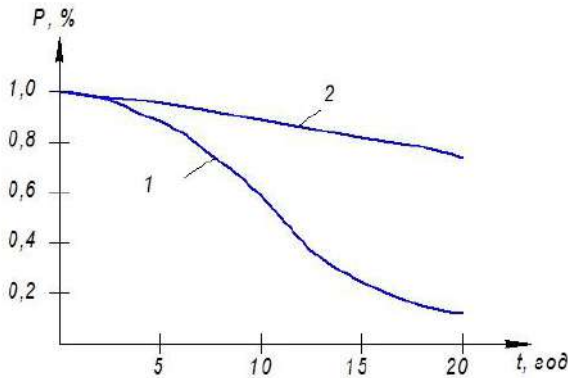


Рис. 1. Імовірність безвідмовної роботи (ІБР) ЕМ при раптових відмовах: 1 – розрахункова крива; 2 – експериментальна крива

Для рішення задачі необхідно знайти такі функції імовірності P , які б характеризували їх з певним рівнем довіри. Імовірність безвідмовної роботи протягом напрацювання системи t_1 і t_2 , за умови працездатності до початку інтервалу, визначається за формулою [1–3]:

$$P(t_1, t_2) = \frac{\exp\left[-\int_0^{t_1} \lambda(x) dx\right]}{\exp\left[-\int_0^{t_2} \lambda(x) dx\right]}, \quad (2)$$

де:

$\lambda(x)$ – потік відмов.

Отже, аналіз причин виникнення відмов у процесі експлуатації ЕМ дозволяє оптимізувати терміни їх міжремонтного обслуговування та підвищити ефективність функціонування в умовах постійного зростання питомих навантажень. У даній роботі розглянуті імовірнісно-статистичні методи моделювання та розрахунку параметрів надійності ЕМ на основі структурно-функціональних моделей з метою визначення адекватності оцінки показників їхньої надійності.

Література:

1. Pavlenko T. Ways to improve operation reliability of traction electric motors of the rolling stock of electric transport / T. Pavlenko, V. Shavkun, A. Petrenko // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2017. – Vol. 5. – Iss. 8 (89) – С. 22–30. doi: 10.15587/1729-4061.2017.112109
2. Далека В.Х., Будниченко В.Б., Карпушин Е.І., Коваленко В.І. Технічна експлуатація електричного транспорту: навч. посібник; Харк. нац. ун-т. міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Х.: ХНУМГ, 2014. – 236 с.
3. Pavlenko T.P., Shavkun V.M., Skurihkin V.I., Lukashova N.P. Methodology of determining the parameters of traction electric motor failures when operating trolleybuses. *Science and Transport Progress*. – Dnipro. 2018. No 4(76). Pp. 47-59. DOI: 10.15802/stp2018/140707.