

підтримання швидкості 60 км/год на невеликому підйомі. Ця потужність дорівнює $N_{max} = 6621$ Вт. З урахуванням запасу потужності для достатньої розгінної динаміки автомобіля ЗАЗ Ланос Пікап та подолання більш крутих підйомів можна визначити, що достатня номінальна потужність електричного двигуна буде дорівнювати 20 кВт.

Література

4. Smirnov, O., Borysenko, A., Marchenko, A., Gritsuk, I. et al., "New Concept for Creating a Vehicle Hybrid Power Units," SAE Technical Paper 2020-01-2248, 2020, doi:10.4271/2020-01-2248
5. Smyrnov, O., Borysenko, A., Trynova, I., Levchenko, I., & Marchenko, A. (2020). Determining the technical and economic parameters for designing hybrid power units for the budget segment. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(8 (103), 43–49. doi:[10.15587/1729-4061.2020.194642](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.194642)

Хворост Микола Васильович, д.т.н., професор, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова.

met@kname.edu.ua

Далека Василь Хомич, д.т.н., професор, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, dalekavf@ukr.net,

Шавкун Вячеслав Михайлович, к.т.н., доцент, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, vm.shavkun@mail.com

ОСОБЛИВОСТІ ОЦІНКИ НАДІЙНОСТІ РУХОМОГО СКЛАДУ МІСЬКОГО ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ

Забезпечення якісного транспортного обслуговування населення потребує високої надійності рухомого складу. На міському електротранспорті досить важливими є питання електробезпеки, що визначаються також рівнем надійності електрообладнання. Як свідчать статистичні дані підприємств електротранспорту, відмови елементів електрообладнання трамвайних вагонів та тролейбусних машин досягають до 50 % від загальної кількості відмов.

Відомо, що відмови електричного обладнання завдають значної матеріальної шкоди, тому підвищення надійності є найважливішою науково - технічною проблемою, що сприяє збільшенню життєвого циклу [1,2].

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

Зіставлення 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 сформулювати моделі надійності системи, що враховують вплив експлуатаційних факторів на надійність системи. Моделі не є універсальними, тому зі зміною конструктивних параметрів системи дають неадекватні оцінки, що обмежує їх застосування на практиці.

Аналіз літературних джерел та досвід практичної роботи показали, що ряд методів і засобів не дозволяють в повній мірі виконувати ряд необхідних функцій [1-4]. Розроблені раніше стенди не дають достовірної інформації про технічний стан нового рухомого складу з транзисторними системами керування, автономними джерелами живлення, тощо. Це не дозволяє визначати працездатність вузлів електричного обладнання, імовірність безвідмовної роботи (ІБР), параметри потоку відмов, а також не дозволяє комплексно оцінювати надійність елементів електричного обладнання транспортних засобів.

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

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

Під час експлуатації експлуатації електричного обладнання на його елементи впливають зовнішні і внутрішні фактори. Для розрахунку параметрів надійності розробляється структурна схема, виявляються основні експлуатаційні фактори, що впливають на зміну параметрів надійності, і оцінюють їх кількісно. У структурну схему входять основні вузли та елементи, 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 надійності є наочним поданням надійності системи. Вона показує логічний зв'язок компонентів, необхідний для роботи системи. Чіткі вимоги щодо надійності роботи машини пов'язані з кожним аспектом функціонування системи і є необхідною передумовою складання структурної схеми.

Для побудови структурної схеми можуть використовуватися різні методи кількісного аналізу. Працездатність системи залежить від одного або декількох

відмов системи. Для кожного визначення відмови системи наступним кроком є розподіл системи на логічні блоки відповідно щодо цілей аналізу надійності. Окремі логічні блоки можуть являти собою підсистеми, кожна з яких, в свою чергу, може бути представлена своєю структурною схемою. У розрахунках надійності конструкцій використовують ту характеристику, при якій отримані результати достовірніше.

При розробці моделі структурної схеми необхідно визначити вплив взаємодії елементів системи на надійність. Потім необхідно розділити систему на блоки таким чином, щоб визначити логіку їх взаємодії в 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.

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

У результаті аналізу структурно-функціональної схеми залежності імовірності відмови від стану сполученого елемента можна скласти узагальнене рівняння відмови для всієї системи в цілому:

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

де t – напрацювання системи, год (або пробіг в кілометрах).

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

Графічні залежності можуть відрізнятися від істинних значень. У зв'язку зі зміною істинних значень необхідно визначити рівень довірчого інтервалу для заданої імовірності.

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 початка інтервалу, визначається за формулою:

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

Аналіз причин виникнення відмов елементів електричного обладнання в процесі експлуатації рухомого складу дозволяє оптимізувати терміни їх міжремонтного обслуговування і підвищити ефективність роботи підприємств електротранспорту. Тому є доцільним використання імовірно-статистичних методів моделювання і розрахунку параметрів надійності елементів електричного обладнання транспортних засобів на основі структурно-функціональних моделей з метою визначення адекватності оцінок параметрів надійності.

Література

1. Веклич В. Ф. Диагностирование технического состояния троллейбусов. / В. Ф. Веклич – М. : Транспорт, 1990. – 295 с.
2. Яцун, М. А. Експлуатація та діагностування електричних машин і апаратів / М. А. Яцун, А. М. Яцун. – Львів.: «Львівська політехніка», 2010. – 228 с.
3. Далека В. Х. Технічна експлуатація міського електричного транспорту: навч. посібник / В. Х. Далека, В. Б. Будниченко, Е. І. Карпушин, В. І. Коваленко. – Х. : ХНУМГ, 2014. – 235 с.
4. Канарчук В. Є. Надійність машин : навч. посібник. / В. Є. Канарчук, С. К. Полянський, М. М. Дмитрієв – Київ : НТУ, 2001. – 428 с.

Шимук Дмитро Степанович, к.т.н., доцент, Харківський національний університет Повітряних сил імені Івана Кожедуба shimukds@gmail.com
Євстігнєєв Михайло Станіславович, магістрант, Харківський національний університет Повітряних сил імені Івана Кожедуба

ОПТИМІЗАЦІЙНИЙ ПОШУК ПАРАМЕТРІВ ПРИСТРОЮ КОМПЕНСУВАННЯ РЕАКТИВНОСТІ І НЕСИМЕТРІЇ НАВАНТАЖЕННЯ В ЧОТИРИПРОВІДНІЙ ТРИФАЗНІЙ СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

У загальному випадку споживачі електричної енергії містять у своєму складі нелінійні активно-реактивні елементи (асинхронні двигуни і трансформатори з можливістю насичення магнітних систем, напівпровідникові перетворювачі тощо). Внаслідок несиметричного підключення таких споживачів до симетричних джерел в лініях електропередачі мають місце, реактивні складові потужності зсуву Q , несиметрії N , викривлень D . При цьому повна потужність системи S є геометричною сумою активної потужності P , що втрачається на корисну роботу і теплові втрати, і вказаних вище складових реактивної потужності [1]:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2 + N^2 + D^2}.$$