

ПРОБЛЕМА ЗАПРОВАДЖЕННЯ МЕТОДІВ ПРОГНОЗУВАННЯ ЗМІНИ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ МАШИН ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

*В.В. Ромашина, асп., А. В. Некрасов, к.т.н., доц
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, 39600, м. Кременчук, Україна
E-mail: talequalee@gmail.com*

Проведено аналіз показників працездатності основних вузлів електричних машин, представлена класифікація методів оцінки надійності та описані основні принципи методів прогнозування зміни показників надійності машин постійного струму. Проведена оцінка практичності їх застосування та обґрунтовані проблеми запровадження даних методів на практиці.

Ключові слова: надійність, метод прогнозування, машина постійного струму.

Вступ. Прогнозування зміни показників надійності МПС включає в себе передбачення зміни стану машини на основі аналізу її параметрів, систематичної оцінки отриманих даних та визначення ймовірної відмови окремих вузлів та машини у цілому.

Прогнозування надійності вузлів машин постійного струму (МПС) проводиться як під час її проектування, так і в процесі експлуатації та після проведення ремонтних робіт. Під час експлуатації проводиться прогнозування працездатності, що являє собою своєчасне виявлення несправностей, які можуть вплинути на надійність. Виконання необхідних заходів щодо їх ліквідації та розробка рекомендацій щодо підвищення надійності вузлів МПС при подальшій експлуатації є завершальним етапом прогнозування.

Аналіз попередніх досліджень. Разом з традиційними методами прогнозування, відомими з теорії надійності машин та конструкцій (статистичний аналіз навантажень, впливів і механічних властивостей, обґрунтування вибору розрахункових навантажень та їх поєднань, методологія визначення коефіцієнта запасу), також розвиваються нові методи прогнозування. Серед них – методологія оцінки надійності й залишкового (безпечного) терміну служби технічного об'єкту для ухвалення рішень про його подальшу експлуатацію; методи прогнозування надійності за розрахунковими схемами, максимально наближеними до реальних об'єктів, зокрема, з широким використанням статистичного обчислювального експерименту; методологія проектування технічних об'єктів, стійких по відношенню до людських помилок та ін. [1–6].

У [7–8] пропонується метод і система, які дозволяють визначити надійність і час наробітку до відмови із статистичною вірогідністю, включають до свого складу ієрархічну базу даних стану МПС за весь період роботи та використовуються для подальшого співставлення з новими даними для оцінки можливої відмови.

Мета роботи. Проаналізувати методи прогнозування зміни показників надійності МПС, оцінити практичність їх застосування та визначити проблеми запровадження даних методів на практиці.

Матеріал і результати дослідження. Прогнозування показників надійності являє собою найбільш вірогідний метод оцінки працездатності МПС. Показники надійності розділяють на дві групи, які

характеризують невідновлювані (обмотка ротора і статора, щітки та підшипники) і відновлювані (колекторно-щітковий вузол, пускорегулююча апаратура) об'єкти. Кількісними характеристиками для невідновлюваних об'єктів є ймовірність безвідмовної роботи $P(t)$, частота відмов $a(t)$, інтенсивність відмов $\lambda(t)$, середній наробіток до першої відмови T_m . До кількісних характеристик відновлюваних об'єктів відносять параметр потоку відмов $\omega(t)$ та наробіток на відмову t_m .

Класифікація методів оцінки надійності має велику розгалужену структуру. Для її систематизації були узагальнені дані [3, 10], результат чого представлено на рис. 1. Серед аналізованих методів були виділені основні, що використовуються на практиці при перевірці на надійність МПС: прискорені випробування, статистичне прогнозування (планування експерименту), діагностичне прогнозування.

Прискорені випробування проводяться з метою прискорити процеси, що протікають в електричних машинах (ЕМ) у процесі їх роботи, та визначити ймовірні види відмов. Дані випробування проводяться у спеціальних умовах, що характеризуються підвищеним рівнем найбільш впливових на роботу машини факторів, які називаються факторами форсування. До них відносяться підвищена температура, підвищена вібрація, частота обертання, частота пусків, підвищена вологість, питома натиснення й щільність струму під щіткою, запиленість та ін. При прискорених випробуваннях на надійність кількість факторів форсування зазвичай варіюється від двох до чотирьох, які у кожному конкретно взятому випадку є більш впливовими для даної МПС [2, 5, 10].

Перед початком проведення прискорених випробувань визначають коефіцієнт k_f прискорення для цих випробувань. З визначення коефіцієнту прискорення як відношення часу роботи машини у нормальних умовах до часу роботи у форсованих режимах при однаковій ймовірності безвідмовної роботи випливає необхідність дотримання адекватності законів розподілу у нормальних і форсованих режимах. Це означає, що при форсованих режимах не повинна порушуватися фізика процесів старіння та зношування матеріалів і конструкцій електричних машин [4, 6].

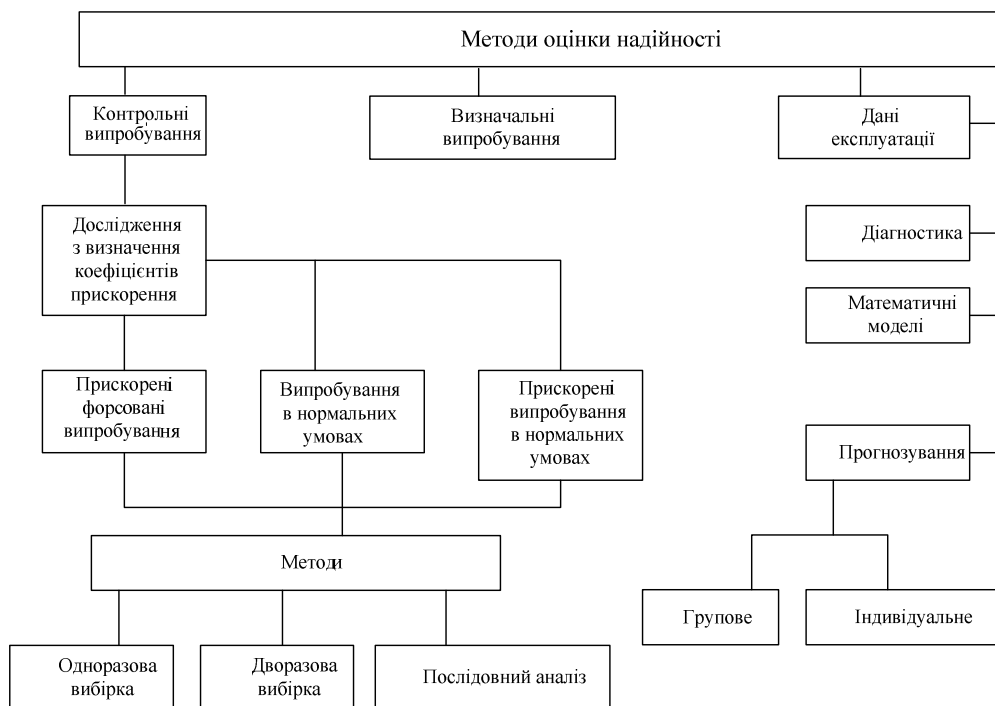


Рисунок 1 – Класифікація методів оцінки надійності

При проведенні досліджень для визначення k_f повинні бути вирішені наступні завдання: розбиття МПС на окремі вузли; встановлення факторів форсування; встановлення граничних значень основних впливових факторів; вибір контрольних параметрів і встановлення показників відмов; розробка плану випробувань з визначення коефіцієнтів прискорення.

Розглянувши особливості прискорених випробувань, можна зазначити, що даний метод дозволяє визначити працездатність вузлів та ЕМ у цілому. Для експлуатаційних умов він економічно недоцільний, оскільки:

- потрібний кваліфікований персонал, який може чітко провести випробування і знає, як ці результати використати на практиці;
- прискорені випробування проводяться тільки для серії машин, а використання їх для окремої МПС є не вигідним, оскільки під час випробування ЕМ зношується і не відпрацює потім закладені в неї робочі часи для роботи на виробництві. Це викликає додаткові матеріальні втрати, які потім потрібно закладати у ціну товару.

Даний метод доцільно використовувати при виробництві МПС та під час розробки їх нових типів.

Статистичне прогнозування (планування експерименту) реалізується шляхом аналітичного дослідження або оброблення даних експерименту. У першому випадку закон розподілу знаходять шляхом аналізу фізичної природи явища або процесів у МПС. У другому випадку проводиться збір необхідних експериментальних даних (статистики). Ця статистика може бути отримана як при проведенні спеціальних досліджень, так і у результаті спостереження. Статистична обробка накопиченої інформації дозволяє отримати аналітичну залежність шуканого закону розподілу ймовірностей [2, 4, 9].

Аналіз статистичних даних про зношування й відмови, що сталися під час випробувань або у процесі експлуатації, вирішує наступні завдання:

- визначення виду функції щільності розподілу або інтегральної функції розподілу;
- обчислення параметрів отриманого розподілу;
- встановлення міри сходження емпіричного (експериментального) розподілу з передбачуваним теоретичним розподілом за допомогою критеріїв узгодження.

При дослідженні надійності ЕМ переважно використовують наступні закони розподілу: нормальний, експоненціальний, рівномірний, Пуассона, логарифмічно-нормальний, Вейбулла. Тому при визначенні виду розподілу рекомендується апроксимувати експериментальні дані функціями цих законів у вказаній вище послідовності [2, 6].

Для оцінки міри сходження емпіричної й теоретичної кривих розподілу застосовують критерії узгодження: Пірсона (критерій χ^2), Колмогорова-Смірнова, ω^2 та ін. [11, 12].

Якщо розраховане значення статистичного критерію менше за табличне, то гіпотеза про ідентичність емпіричного й теоретичного законів приймається, інакше гіпотеза відкидається і перевіряється інший закон розподілу.

Процес аналітичної оцінки закону розподілу розбивається на два етапи: побудови гістограм і кумулятивних кривих та перевірка допустимості ухваленого закону розподілу.

Статистичний аналіз існуючих моделей надійності МПС показує, що відмови колекторно-щіткового вузла найчастіше відповідають нормальному закону, відмови підшипникового вузла – закону Вейбулла, відмови обмотки якоря – логарифмічно-нормальному закону або суперпозиції законів, а

відмови обмотки збудження – експоненціальному закону, що, однак, не виключає використання інших законів розподілу [4].

Використання статистичних даних дозволяє на основі попередніх досліджень оцінити працездатність МПС та кожного її вузла окремо, але не дозволяє розрахувати точний момент відмови ЕМ, прогнозуючи лише із певною ймовірністю момент виходу ЕМ із ладу. Статистичні дані доцільніше використовувати при проектуванні та розробці нових МПС, оскільки вони дають можливість враховувати статистику відмов і на основі неї підвищувати надійність того чи іншого вузла у залежності від того, де дана ЕМ буде використовуватися у подальшому.

Діагностичне прогнозування передбачає проведення випробувань на надійність, які мають на меті визначити основні причини втрати працездатності окремих деталей та вузлів ЕМ.

Метою діагностики є визначення працездатності електричної машини на даний момент часу і виявлення дефектів окремих її вузлів. Причому важливим є визначення як характеру дефекту і його розмірів, так і точного місця його знаходження. Ці відомості необхідні для проведення ремонтних робіт та зміни характеру експлуатації машин. На підставі даних діагностики роблять висновок про відповідність ЕМ технічним умовам, а також визначають заходи, які необхідно запровадити для того, щоб машина відповідала заданим технічним умовам експлуатації [2, 4, 6].

До складу діагностичної інформації можуть входити: паспортні дані ЕМ; дані про її технічний стан на початковий момент експлуатації; дані про поточний технічний стан з результатами вимірювань і обстежень; результати розрахунків, оцінок, попередні прогнози і висновки; узагальнені дані про МПС. Ця інформація вводиться до бази даних системи діагностики і може передаватися для зберігання та подальшого використання [4, 9].

Дані діагностичного прогнозування можуть бути отримані в автоматичному режимі або після відповідної експертної оцінки результатів, отриманих при діагностиці МПС. Технічне обслуговування та ремонт у цьому випадку зводиться до знаходження місця відмови та усунення пошкоджень і дефектів, зазначених у висновку за результатами технічного діагностування.

При проведенні робіт роблять відповідні записи у документації, прийнятій на підприємстві, що впроваджує діагностичне прогнозування. Крім того, результати діагностики можуть заноситись до відповідних баз даних та передаватись замовнику для порівняння результатів.

Структурно система діагностичного прогнозування є інформаційно-вимірювальною системою і містить датчики контрольованих параметрів, лінії зв'язку з блоком збору інформації, блок обробки інформації, блоки виводу та відтворення інформації, виконавчі пристрої, пристрої сполучення з іншими інформаційно-вимірювальними і керуючими системами (зокрема, із системою протиаварійної автоматики, сигнал до якої надходить при виході контро-

льованих параметрів за встановлені межі). Система діагностичного прогнозування може проектуватися як самостійною, так і в якості підсистеми вже існуючих АСУ підприємства [2, 4, 6].

Діагностичне прогнозування дозволяє оцінити надійність кожного вузла МПС, а отже і ймовірність відмови всієї ЕМ. Однак це можна зробити, лише маючи повні дані про параметри й показники працездатності ЕМ за весь період її роботи. При відсутності такої інформації визначити надійність машини та момент її відмови фактично неможливо. Використання даного методу доцільніше на практиці у виробництві, адже, не зважаючи на недоліки, діагностичне прогнозування дозволяє, оцінюючи дані, отримувати під час діагностики, робити висновки про надійність МПС та своєчасно проводити ремонтні роботи до моменту їх виходу з ладу.

У процесі аналізу розглянутих методів було виявлено, що жоден з них не враховує виникнення "раптових відмов", які є наслідком поступового накопичення пошкоджень та зношування окремих вузлів та елементів ЕМ, пов'язаних із стрибкоподібними змінами параметрів ЕМ, обумовленими поступовими змінами характеру процесів при їх старінні. Для врахування даних відмов пропонується ввести коефіцієнт "раптових відмов" k_{rv} , який би дозволяв оцінювати вплив:

- втрат потужності при роботі МПС;
- ступеню зношуваності окремих вузлів та елементів;
- навколишнього середовища (вологість, температура, хімічний склад повітря та ін.);
- характеру та інтенсивності вібрації;
- процесу теплообміну в МПС на зазначені вище основні показники надійності.

З урахуванням даних факторів можна розробити систему, яка додатково дозволяла б визначити місце виникнення "раптової відмови".

Висновки. 1. Методи прогнозування зміни показників надійності МПС, що використовуються на практиці, дозволяють визначити ймовірність відмови ЕМ, але потребують більш розширених підходів при розрахунках.

2. Жоден з використовуваних методів не дає точно спрогнозувати час наробітку до відмови з урахуванням можливості виникнення "раптової відмови".

3. У перспективі важливим є розробка багатофакторної моделі надійності, яка б через показники, пов'язані з особливостями виробництва й експлуатації МПС, певним чином враховувала "раптові відмови", що надасть можливість більш точно оцінювати працездатність даних ЕМ.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ермолин Н.П., Жерихин И.П. Надежность электрических машин. – Л.: Энергия, 1976. – 248 с.
2. Кузнецов Н.Л. Надежность электрических машин: учеб. пособие для вузов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2006. – 432 с.: ил.

3. Надёжность машин. Т. IV-3 / В.В. Клюев, В.В. Болотин, Ф.Р. Соснин и др.; Под общ. ред. В.В. Клюева. – 2003. – 592 с.: ил.

4. Котеленец Н.Ф., Кузнецов Н.Л. Испытания и надёжность электрических машин. – М.: Высшая школа, 1988. – 232 с.

5. Коварский Е.М., Янко Ю.И. Испытание электрических машин. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 320 с.

6. Котеленец Н.Ф., Акимова Н.А., Антонов М.В. Испытание, эксплуатация и ремонт электрических машин: Учеб. для вузов. М.: Academia, 2003. – 384 с.

7. United States Patent 6834256. Method and system for determining motor reliability / Michael B., Gregory L., Calvin T. and other; Publication Date 12.21.2004.

8. United States Patent 7873581. Method and system for determining the reliability of a DC motor

system / Greg L., Gary J., Hunt A.; Publication Date 01.18.2011.

9. Воробьёв В.Е., Кучер В.Я. Прогнозирование срока службы электрических машин: Письменные лекции. – СПб.: СЗТУ, 2004. – 56 с.

10. Кузнецов Н.Л. Сборник задач по надёжности электрических машин: учеб. пособие для вузов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 408 с.

11. МИ 199-79. Методика установления вида математической модели распределения погрешностей. – М.: Изд-во стандартов, 1980 – 32 с.

12. Кендалл М., Стьюарт А. Теория распределений. – М.: Наука, 1966. – 588 с.

Стаття надійшла 25.06.2011 р.
Рекомендовано до друку д.т.н., проф.
Чорним О.П

ПРОБЛЕМА ВНЕДРЕНИЯ МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ МАШИН ПОСТОЯННОГО ТОКА

V. V. Romashina, asp., A. V. Nekrasov, k.t.n., doc.

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского

ул. Первомайская, 20, 39600, г. Кременчуг, Украина

E-mail: talequalee@gmail.com

Проведен анализ показателей работоспособности основных узлов электрических машин, представлена классификация методов оценки надёжности и описаны основные принципы методов прогнозирования изменения показателей надёжности машин постоянного тока. Проведена оценка практичности их применения и обоснованы проблемы внедрения данных методов на практике.

Ключевые слова: надёжность, метод прогнозирования, машина постоянного тока.

PROBLEM OF INTRODUCTION OF METHODS OF FORECASTING OF CHANGE OF INDICATORS RELIABILITY OF DC MOTOR

V. Romashina, post-grad, A. Nekrasov, Cand.Sc. (Eng.), Assoc. Prof.

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

vul. Pershotravneva, 20, 39600, Kremenchuk, Ukraine

E-mail: talequalee@gmail.com

It is carried out the analysis of indicators of working capacity of the basic knots of the electric machines, the presented classification of methods of an estimation of reliability and the described main principles of methods of forecasting of change of indicators of reliability DC motor. The executed estimation of their practicality of application and well-founded problems of data input of methods in practice.

Key words: reliability, forecasting method, DC motor.