

Механіка, машинознавство та електропостачання

УДК 621.313.33

П.Ф. Буданов¹, Ю.О. Ясинський¹, С.Є. Кальний¹

¹ Українська інженерно-педагогічна академія, Харків

² Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

ПЕРСПЕКТИВИ ТА КОНЦЕПЦІЯ РОЗВИТКУ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ

Обґрунтована необхідність підвищення якості й експлуатаційної надійності електричних двигунів як основного засобу зниження матеріальних витрат на виробництві. Тому розробка методів діагностики електродвигунів як засобу підвищення їх експлуатаційної надійності за рахунок впровадження багатоканальних систем централізованого контролю їх працездатності є актуальним питанням. Проаналізовані цілеспрямовані дослідження з питань діагностики електродвигунів по параметрах експлуатаційних режимів, сформульовані основні задачі підвищення ефективності їх діагностики.

Ключові слова: електродвигуни, діагностика, методи, вимоги, концепція розвитку.

Вступ

Постановка проблеми і аналіз публікацій.

Практика експлуатації електродвигунів показує, що збільшення терміну служби й підвищення надійності їх роботи дає відносно більший економічний ефект, ніж поліпшення інших техніко-економічних показників: ККД, коефіцієнта потужності, коефіцієнта використання.

Роботи з аналізу причин і дослідженню процесів пошкоджуваності електродвигунів проведені українськими вченими Сивокобилеком В.Ф., Костенком В.І., Іноземцевим Є.К. Перші цілеспрямовані дослідження з питань діагностики електродвигунів по параметрах експлуатаційних режимів були проведені В.В. Овчаровим, В.Ф. Мінаковим [4 – 7]. Однак, цими авторами не розглядалися питання створення й впровадження на електростанціях та крупних промислових об'єктах багатоканальних систем централізованого контролю працездатності електродвигунів. Тому розробка методів діагностики електродвигунів як засобу підвищення їх експлуатаційної надійності за рахунок впровадження багатоканальних систем централізованого контролю працездатності електродвигунів є актуальним питанням.

Метою статті є: розробка класифікації існуючих методів діагностики електродвигунів; розробка концепції системи комплексного моніторингу, математичний апарат якої сполучає декілька взаємопов'язаних методів.

Основний матеріал

1. Напрямки розробок по діагностуванню

Аналіз факторів, що впливають на експлуатаційну надійність електродвигунів, а також існуючих

методів і засобів їхньої діагностики, який виконано в роботах [1 – 7], дозволяє сформулювати такі напрямки розробок по діагностуванню: розробка алгоритмів функціонування систем діагностики електродвигунів електростанцій та крупних промислових об'єктів; розробка й експериментальна перевірка методики прогнозування терміну служби електродвигунів в умовах підвищеного зношування; розробка методики експлуатаційного моніторингу аварійних режимів електродвигунів; розробка технічних засобів багатоканальних систем моніторингу електродвигунів; розробка методики й алгоритму прогнозування терміну служби ізоляції обмотки статора електродвигуна, що дозволяє виконувати оцінку швидкості зношування й терміну служби ізоляції від комплексного впливу температури, завантаження електродвигунів і несиметричних режимів роботи; розробка ієрархічно структурованої моделі багатоканальної системи моніторингу електродвигунів і алгоритмів її функціонування, які дозволяють організувати системи з відкритою архітектурою, що дає можливість здійснювати їхнє переконфігурування в режимі реального часу; розробка методики визначення зношування ізоляції при зміні тривалості пуску електродвигуна й пристрою для визначення часу пуску електродвигунів, по якому визначається швидкість зношування, перевантаження, або залишковий ресурс електричної машини; розробка методики і алгоритму прогнозування зношування й термінів служби електродвигунів за результатами вимірів експлуатаційних параметрів: температури середовища, струмів і напруг фаз, вібраційних зсувів.

2. Класифікація методів діагностики

На основі аналізу методів діагностики електродвигунів в [5, 6] запропонована їхня класифікація, яка

представлена в табл. 1, що об'єднала в собі як відомі й широко використовувані методи, так і перспективні, експериментально впроваджені сучасні методи.

Запропонована класифікація методів діагностики електродвигуна заснована на узагальненні, поперше, способів діагностики стану, що вимагають переривання робочих режимів, по-друге, способів функціональної діагностики безпосередньо в процесі експлуатації машин.

Таблиця 1

Класифікація методів діагностики

МЕТОДИ ТЕСТОВОЇ ДІАГНОСТИКИ	МЕТОДИ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ДІАГНОСТИКИ
Контроль опору ізоляції	Фазово-часовий метод
Контроль струмів ізоляції	Метод статистичного виявлення стану
Технологія ударних імпульсів	Енергетичний метод: контроль напруги контроль струму контроль температури
Технологія електричних імпульсів	Інформаційно-частотний метод: – частотно-дуговий метод; – метод вібродіагностики; – спектральний аналіз магнітного поля в повітряному зорі

3. Розробка системи комплексного моніторингу

Для компенсації недоліків різних методів аналізу технічного стану електродвигунів, необхідне використання системи комплексного моніторингу, математичний апарат якої сполучає кілька взаємодоповнюючих методів, що дозволяє контролювати режим роботи електродвигуна й прогнозувати стан ізоляції, сполучати з методами вібродіагностики завчасного визначення механічних дефектів конструкції.

Для багатоканальних систем моніторингу пропонується використання трьох ієрархічних рівнів алгоритмів: верхнього і нижнього рівнів, а також алгоритм самодіагностування (табл. 2).

Таблиця 2

Рівні алгоритмів

ВЕРХНІЙ РІВЕНЬ
Алгоритм вибору електродвигунів з всього парку машин для діагностування
СЕРЕДНІЙ РІВЕНЬ
Самооцінка пакету програм по їх працездатності
НИЖНІЙ РІВЕНЬ
– алгоритм збору інформації;
– алгоритм визначення та оцінки параметрів діагностики;
– алгоритм передачі інформації та забезпечення протоколів;
– алгоритм аналізу інформації та прийняття рішень по результатам діагностики.

Алгоритм верхнього рівня. Алгоритм вибору електродвигуна дозволяє визначити електродвигуна

із загального парку, що обслуговується багатоканальною системою моніторингу, для обстеження в пріоритетному порядку в момент часу відпрацювання алгоритму.

Алгоритм середнього рівня. Алгоритм самооцінки пакету програм по їх працездатності використовується як для підвищення надійності, так і для адаптації системи до поточних умов функціонування шляхом блокування несправних підсистем і розподілу ресурсів за умови часткової відмови встаткування.

Алгоритм нижнього рівня. Алгоритми нижнього рівня є основними для роботи системи моніторингу. Саме в результаті роботи системи по цим алгоритмам формується висновок про фактичний стан електродвигуна й прогноз його технічного стану в наступні моменти часу.

Алгоритм збору інформації визначає послідовність виміру основних параметрів електродвигуна, необхідних для одержання інформації про стан двигуна.

Алгоритм визначення та оцінки параметрів діагностики визначає послідовність дій, необхідних для перетворення обмірюваної інформації до виду, необхідного для подальшої передачі по каналам зв'язку.

Алгоритм передачі інформації та забезпечення протоколів визначає послідовність дій, необхідних для декодування вступника від системи збору даних інформації й перетворення до виду, необхідного для наступного аналізу стану електродвигуна.

Слід зазначити, що аналіз факторів, які впливають на надійність асинхронних двигунів, а також відомих і перспективних методів діагностики, привів до висновку про доцільність використання в якості інформативних діагностичних параметрів електродвигунів їх основні електричні параметри (напруги й струми фаз), температуру навколишнього середовища, а також вібраційний зсув корпусу машини, які розраховуються за допомогою існуючих математичних моделей.

Вибір цих параметрів у якості основних продиктований наступними міркуваннями. Підвищення середньоквадратичного значення електричного струму понад номінальний у сталому режимі є діагностичною ознакою можливості аномального розвитку процесів в електродвигуні. Тому діюче значення струму є одним з основних діагностичних параметрів теплового процесу, бо визначає втрати активної потужності в обмотках, що є, у свою чергу, причиною нагрівання обмотки.

Перевищення температури обмотки над температурою навколишнього середовища може служити досить об'єктивним діагностичним параметром теплового процесу. Однак, воно не відбиває повністю протікання теплового процесу, тому що не враховується вплив температури навколишнього середовища. Тому більш точним діагностичним параметром, що характеризує поточний стан теплового процесу,

є температура обмотки. Але при короткочасних процесах, таких як пуск двигуна або короткочасні перевантаження, її вимір у процесі експлуатації можливий тільки непрямими методами. Контроль напруги фазних обмоток дозволяє виявляти можливі несиметричні режими роботи електродвигуна, які також є причинами багатьох аварій.

Визначимо основну послідовність дій системи моніторингу: вимір основних діагностичних параметрів, розрахунок додаткових діагностичних параметрів, визначення аварійного режиму, прогнозування залишкового ресурсу електродвигуна. Згідно з цими міркуваннями запропонована система багатоканального моніторингу в означеній в табл. 2 структурі, яка дозволяє: визначити термін служби електродвигуна за результатами вимірів температури навколишнього середовища, напруг трьох фаз, струмів трьох фаз статора, вібрації статора, які здійснюються відповідно до алгоритму збору інформації; проводити діагностику підшипників відокремлено від інших вузлів електродвигуна, при цьому параметри, що використовуються для їх діагностики, надають узагальнену інформацію про стан підшипника.

В якості перспективного напрямку розвитку нових методів діагностики електродвигунів авторами пропонується побудова моделей та алгоритмів діагностування на основі апарата фрактальної теорії, який дозволяє проводити діагностування багатопарових об'ємних структур типу конструкцій корпусної ізоляції обмоток електродвигунів [8].

Висновки

1. Аналіз існуючих методів діагностики показав, що вони не дозволяють вірогідно проводити реальні оцінки технічного стану обмоток високовольтних електродвигунів.

2. В роботі запропоновані шляхи розвитку систем комплексного моніторингу на основі інтеграції

методів діагностики, які використовуються в експлуатації.

3. Запропонований новий перспективний підхід до діагностування високовольтних електродвигунів на основі застосування апарату фрактальної теорії.

Список літератури

1. Таран В.П. Диагностикарование электрооборудования / В.П. Таран. – К.: Техника, 1983. – 200 с.
2. Ясинский Ю.А. Повышение надежности изоляции высоковольтных электродвигателей на предприятиях ЦБП / Ю.А. Ясинский // Бумажная промышленность. – 1983. – № 11. – С. 29-30.
3. Ермолин Н.П. Надежность электрических машин / Н.П. Ермолин, И.П. Жерихин. – Л.: Энергия, 1976. – 248 с.
4. Пустахайлов С.К. Обзор современных методов мониторинга электрических машин / С.К. Пустахайлов // Вузовская наука – Северо-Кавказскому региону: Материалы VII регион. НТК. – Ставрополь: Сев. Каз. ГТУ, 2003. – С. 48-49.
5. Минаков В.Ф. Определение структуры алгоритмов функционирования многоканальных систем мониторинга асинхронных двигателей / В.Ф. Минаков // Современные энергетические системы и комплексы: мат-лы V Междунар. НПК. – Н.: Юр. ГТУ, 2005. – С. 4-6.
6. Пустахайлов С.К. Информационные методы мониторинга электрических машин / С.К. Пустахайлов, В.Ф. Минаков // Теория, методы и средства измерений, контроля и диагностики: мат-лы VI Междунар. НПК. – Н.: Юр. ГТУ, 2005. – С. 6-8.
7. Пустахайлов С.К. Схемотехника снижения ударных и пусковых токов / С.К. Пустахайлов, В.Ф. Минаков, Т.Е. Минакова, М.А. Шевцов // Вузовская наука – Северо-Кавказскому региону: мат-лы VIII регион. НТК. – С.: Сев-каз ГТУ, 2004. – с. 94.
8. Федер Е.П. Фракталы / Е.П. Федер. – М.: Мир, 1991. – 254 с.

Надійшла до редколегії 15.03.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Г.И. Канюк, Українська інженерно-педагогічна академія, Харків.

ПЕРСПЕКТИВЫ И КОНЦЕПЦИЯ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

П.Ф. Буданов, Ю.А. Ясинский, С.Е. Кальной

Обоснована необходимость повышения качества и эксплуатационной надёжности электродвигателей как основного способа снижения материальных затрат на производстве. Поэтому разработка методов диагностики электродвигателей как способов повышения их эксплуатационной надёжности за счет внедрения многоканальных систем централизованного контроля их работоспособности является актуальным вопросом. Проанализированы целенаправленные исследования по вопросу диагностики электродвигателей по параметрам эксплуатационных режимов, сформулированы основные задачи повышения эффективности их диагностики.

Ключевые слова: электродвигатели, диагностика, методы, требования, концепция развития.

PERSPECTIVE AND THE CONCEPT OF DEVELOPMENT OF MODERN METHODS OF DIAGNOSTICS OF ELECTRIC MOTORS

P.F. Budanov, Y.A. Jasinski, S.E. Kalnoy

The necessity to improve the quality and operational reliability of electric motors as the main way to reduce material costs. Therefore, the development of methods of diagnostics of electric motors as a ways to enhance their operational reliability through the introduction of multi-channel systems of centralized control of their performance is a pressing issue. Analyzed targeted research on diagnostics of electric motors according to the parameters of the operating modes, the main objective of improving the effectiveness of their diagnosis.

Keywords: electric motors, diagnostics, methods, requirements, the concept of development.