

TECHNICAL SCIENCES

RESEARCH THE CHARACTERISTICS OF ASYNCHRONOUS ELECTRIC MOTORS USING MATLAB SIMULINK SOFTWARE

Pham Xuan Bach,

Lecturer- Faculty of Electrical-Electronic Engineering-Nam Dinh University of Technology Education-Viet Nam

Nguyen Chi Kien,

Lecturer- Faculty of Electrical Electronic Engineering-University of Transport and Communications-Hanoi-Viet Nam

Nguyen Duy Hung,

Lecturer-Faculty of Electrical-Electronic Engineering, Viet Hung industrial university – Viet Nam

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ MATLAB SIMULINK

Фам Суан Бач

Преподаватель-Факультет электротехники и электроники-Намдинь университет технический педагогический-Вьетнам

Нгуен Ть Киен

Преподаватель-Факультет электротехники и электроники-Университет транспорта и коммуникаций-г. Ханой-Вьетнам

Нгуен Зун Хынг

Вьет-Хунгский индустриальный университет, Ханой, Вьетнам
<https://doi.org/10.5281/zenodo.10581925>

Abstract

The article focuses on researching methods to evaluate the impact of parameters (K_{2U} , K_z) on the working modes of motors with different currents and capacities, based on computer models. Research on the operating modes of asynchronous motors is carried out on a computer model with MATLAB/Simulink interactive programming.

Аннотация

Статья посвящена разработке метода оценки совместного воздействия параметров эксплуатации (K_{2U} , K_z) на режимы работы АД различных серий и мощностей, основанного на компьютерном моделировании. Исследование режимов работы АД проведено на компьютерной модели, реализованной на основе пакета «SimPowerSystems» интерактивной среды программирования MATLAB/Simulink.

Keywords: Electric Power System (EPS); Electrical Energy Quality (EQE); Negative sequence voltage unbalance factor (K_{2U}), Load factor (K_z); Asynchronous electric motor (AM)

Ключевые слова: Электроэнергетическая система (ЭЭС); Качество электрической энергии (КЭЭ); Коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности (K_{2U}), Коэффициент загрузки (K_z); Асинхронный электродвигатель (АД)

Введение

Качество электрической энергии (КЭЭ), связанное с несимметрией напряжений, одна из актуальных проблем в электрических сетях вьетнама.

Экспериментальные исследования показали, что несимметрия напряжений имеет достаточно высокий уровень, преобладает как постоянно действующий фактор при работе электрических сетей. Указанная ситуация, способствует повышению количества рисков технологических отказов, и главным образом, требует адаптивности эксплуатируемого электрооборудования.

Как известно, эффективное функционирование электротехнических комплексов (ЭТК) про-

мышленных предприятий зависит от безаварийной работы отдельных его элементов, в частности асинхронных электродвигателей (АД). Исследования низковольтных асинхронных электродвигателей, работающих на вьетнаме, показывают, что высокая аварийность электродвигателей связана с условиями эксплуатации. Систематизация причин отказов АД позволяет судить о том, что большая часть отказов происходит вследствие некачественного питающего напряжения, при этом вероятность выхода из строя по причине такого типа отказа оценивается в 50% от всех возможных вариантов поломок. Стоит заметить, что экономический ущерб от поломок, потенциально связанный с низким КЭЭ, помимо затрат на восстановление оборудования,

включает в себя ущерб от многочисленных остановок производственного процесса предприятия и упущенной прибыли.

Комплексное решение обозначенной проблемы невозможно без совершенствования методов, ориентированных на оценку и увеличение срока службы АД, их эффективной реализации с использованием программного обеспечения, учитывающих эксплуатационные режимы работы асинхронных электродвигателей[1,6].

Исследования в области разработки и внедрения методов оценки срока службы АД, главным образом, направлены на улучшение эффективности и технико-экономических показателей работы ЭТК, посредством обеспечения безаварийной работы АД в условиях совместного воздействия эксплуатационных факторов. Данные исследования являются востребованными инновационными решениями, основанными на интегрированной информации различных методов исследования. Сказанное выше определяет актуальность проблемы и основных направлений данной работы[2,7].

Материалы и методы

Достижение задач исследования работоспособности электродвигателей в разнообразных режимах работы эффективно проводить с использованием программных продуктов, в частности применяя компьютерное моделирование на основании пакета «SimPowerSystems» интерактивной среды программирования MATLAB/Simulink.

При формировании имитационной модели исследования использована стандартная модель из библиотеки Simulink с представлением величин в относительных единицах.

Компьютерное моделирование физических процессов, протекающих в АД возможно условно разделить на этапы:

- 1) формирование структурной схемы посредством подбора блоков модели из библиотеки Simulink среды программирования MATLAB;
- 2) соединение элементов схемы модели, обобщение их в единую модель исследования;
- 3) расчёт параметров схемы замещения блоков модели, например, таких как асинхронный электродвигатель.

Компьютерная модель исследования, основанная на пакете

«SimPowerSystems» в среде MATLAB/Simulink, изображена на (рис.1).

Разработанная модель исследования (рис.1) представляет собой схему, состоящую из элементов: асинхронного электродвигателя (блок Asynchronous Machine); трёх однофазных источников напряжения (блоки AC Voltage Source); блоков для измерения основных параметров электродвигателя (блоки Power, Ideal Rotational Motion Sensor); блока задания нагрузки на валу электродвигателя (блок Moment); измерителей напряжения (блок Voltage Measurement) и тока (блок Current Measurement); осциллографов для измерения тока, напряжения, момента и скорости (блок осциллографа Scope); графопостроителя для отображения механической характеристики электродвигателя (блок XY Graph); блоков контроля формы синусоиды питающего напряжения (блоки Three-Phase Sequence Analyzer, Sequence Analyzer).

Реализация расчёта параметров схемы замещения блоков компьютерной модели основана на использовании значений параметров каталожных данных АД, кроме того, расчёте параметров на основании этих данных. Для моделирования режимов работы АД выполним расчёт недостающих данных по методике профессора И. В. Черных, изложенной в [3,5].

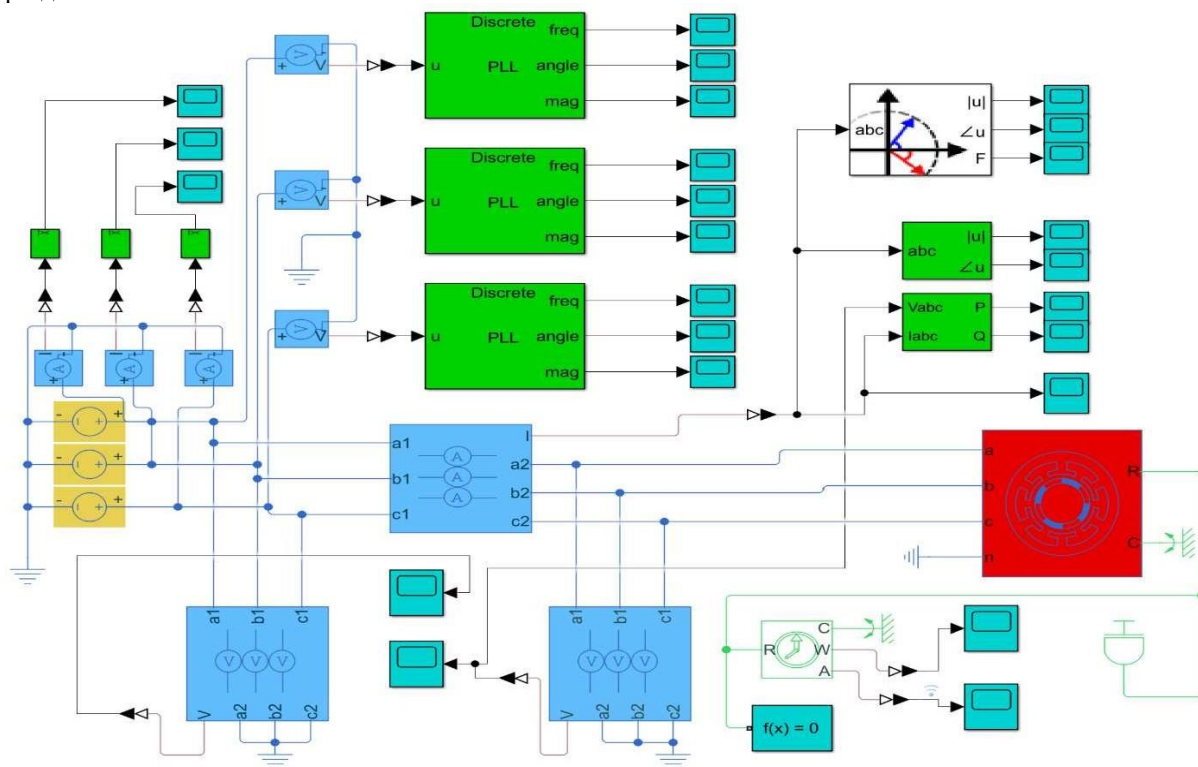
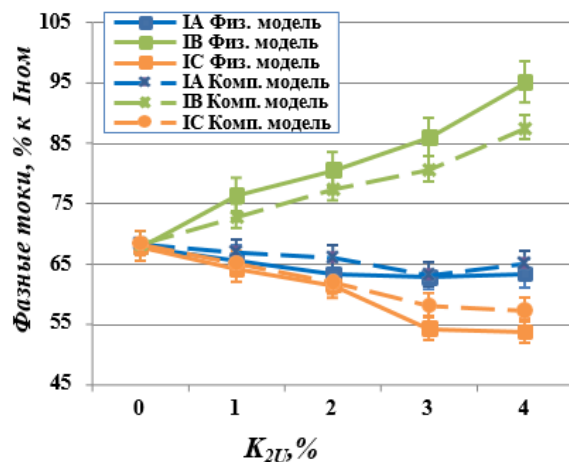


Рис. 1. – Модель работы АД при несимметричном питающем напряжении, сформированная в среде MATLAB/Simulink

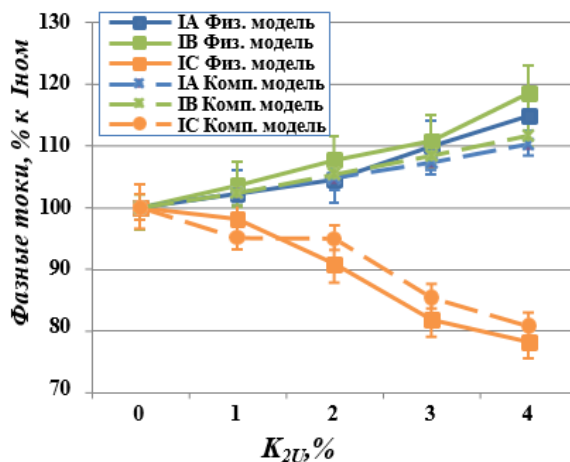
Компьютерная имитация режимов работы АД, с применением разработанной модели (рис.1), позволяет для каждой фазы АД проводить измерения следующих величин: фазных и линейных напряжений, фазных токов. Выполнив моделирование режимов работы АД, снимаем с блоков цифровых

дисплеев значения токов и напряжений электродвигателя.

Следует отметить, что разработанная модель исследования универсальна, изменяя исходные (входные) параметры моделирования, отслеживаем изменения основных параметров АД различных типоразмеров.



Эксперимент «Холостой ход» АД



Эксперимент «Полная нагрузка» АД

Рис.2. - Графическая интерпретация сравнения значений токов в фазах АД от параметра K_{2U}

С целью экспериментального исследования режимов работы АД, вместе с тем, в рамках верификации разработанной компьютерной модели реализована экспериментальная установка.

Эксперименты выполнены на основе компьютерной и физической моделях исследования при режиме «Холостой ход» и «Полная нагрузка» электродвигателя.

Проведение эксперимента позволило подтвердить достоверность и обоснованность сформированной компьютерной модели. Результат сравнения данных экспериментального исследования работы АД, полученных с использованием компьютерного и физического моделирования (рис.2), показал высокую корреляцию между данными компьютерной и физической моделями.

Оценка RMSE соответствует значению 3,15 % при эксперименте «Холостой ход» и 3% при эксперименте «Полной нагрузки» АД. Оценка MAE при эксперименте «Холостой ход» составила 2,39 %, при эксперименте «Полной нагрузки» АД 2,27 %.

Выводы

Разработана комплексная система методов исследования, направленная на оценку и увеличение срока службы АД, основана на использовании вероятностно-статистических методов исследования, так как они дают количественную оценку причин отказов, помимо этого, использование метода экспертных оценок, позволяет осуществить анализ причин и масштабов отказов АД с участием специалистов, количественное оценивание допустимых значений эксплуатационных параметров АД. Применение физико-статистических и математических методов исследования, необходимо для реализации математического аппарата, позволяющего выявить закономерности влияния воздействующих факторов на эксплуатацию АД, вместе с тем, разработку технических решений по ликвидации факторов,

негативно влияющих на АД ЭТК промышленных предприятий[8].

Таким образом, разработанный метод оценки воздействия эксплуатационных факторов (K_{2U} , K_3) на АД способствует решению задач экспериментального исследования физических процессов, протекающих в электродвигателях. В первую очередь, позволяет проводить анализ качества функционирования и работоспособности электродвигателей в различных режимах работы.

Список литературы:

1. А.В. Валянский, И. И. Карташев, Ю. В. Шапов. Методика оценки влияния качества электрической энергии на надёжность работы асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором // Электричество, 2015, № 6, С. 24 – 29.
2. Schemmel F., Bauer K., Kaufhold M. Reliability and statistical lifetime- prognosis of motor winding insulation in low-voltage power drive systems. IEEE Electrical Insulation Magazine. 2009, Vol. 25, №. 4, pp. 6 – 13. DOI: <https://doi.org/10.1109/MEI.2009.5191411>.
3. В.Ф. Худяков, В.А. Хабузов. Моделирование источников вторичного электропитания в среде MATLAB 7.x: учебное пособие. СПб.: ГУАП, 2008. 332 с.
4. Mohammed J.A-K., Al-Sakini S.R., Hussein A.A. Assessment of disturbed voltage supply effects on steady-state performance of an induction motor // International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE). 2020, Vol. 10, № 3, pp. 2259 –2270. DOI: <http://doi.org/10.11591/ijece.v10i3.pp2259-2270>.
5. Кашаев Р.С., Киен Н.Т., Тунг Ч.В., Козелков О.В. Экспресс-методы протонной магнитно-резонансной релаксометрии // Журнал прикладной спектроскопии. 2019. №5(86). С.807-812

6. Коверникова Л.И., Серков А.В., Шамонов Р.Г. Об управлении качеством электрической энергии в России в прошлом, настоящем и будущем // Энергетическая политика, 2018, №1, С. 75 – 85

7. Jayatunga U., Perera S., Ciufo P., Agalgaonkar A.P. Voltage Unbalance Emission Assessment in Interconnected Power Systems. IEEE Trans. Power Deliv, 2013, Vol. 28, pp.2383 – 2393