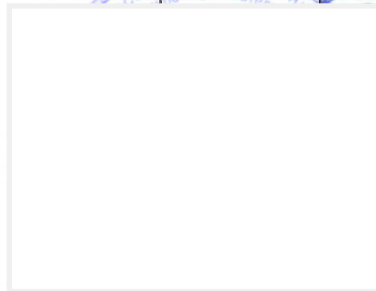


Проректор по науке

ФГАОУ ВО «Уральский
федеральный университет имени
первого Президента России Б.Н.



Германенко А. В.

 2021 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» на диссертацию **Лавренова Евгения Олеговича** на тему **«Методы и устройство обеспечения непрерывности производственного цикла при появлении электрической несимметрии в цепях крупных асинхронных двигателей»**, представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности **05.09.01 – «Электромеханика и электрические аппараты»**.

Диссертационная работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Новосибирский государственный технический университет».

Актуальность темы исследования

При эксплуатации электрических машин, работающих на ответственных участках технологического процесса с повышенными требованиями к надежности и устойчивости работы, важным условием обеспечения бесперебойной работы является своевременная диагностика нештатных режимов работы с соответствующим воздействием на систему электропитания для принятия мер по устранению или минимизации влияния негативных факторов.

В процессе работы электрических двигателей часто возникают неисправности, приводящие к появлению несимметрии фаз. Задача по исследованию несимметричных режимов работы вызвана необходимостью накопления статистической информации о поведении электрических машин в

подобных режимах. Полученные сведения могут быть использованы при проектировании принципиально новых способов организации автоматической защиты от несимметричных режимов работы в некоторых отраслях промышленности с непрерывным циклом производства.

Применяемые в настоящее время системы электропитания электромеханических систем оснащаются системой защиты, действующей в большинстве случаев на отключение двигателя в случае появления неисправностей, вызывающих превышение допустимого уровня фазных токов, или реагирующих на превышение допустимого уровня температуры обмоток. В некоторых отраслях (металлургия, цементная, химическая промышленность) с непрерывным циклом производства экстренное отключение двигателя может оказаться крайне нежелательным по экономическим причинам или причинам, связанным с вопросами безопасности.

В случае возникновения существенного сопутствующего ущерба при экстренной остановке двигателя возникает необходимость временного устранения негативных воздействий несимметрии, в частности, снижения электромагнитного момента. В этом случае необходима соответствующая организация системы поддержания эксплуатационного режима при появлении признаков электрической несимметрии до завершения производственной операции и осуществление контроля над состоянием неисправного электродвигателя.

С учетом вышесказанного, рассматриваемая в диссертационной работе проблема является актуальной и представляет интерес для исследования.

Анализ содержания диссертационной работы

Представленная работа состоит из введения, заключения и четырех глав, в которых в полной мере изложены теоретические положения, материалы и полученные результаты исследования. Работа написана грамотным техническим языком, качественно иллюстрирована. Основное содержание работы изложено на 126 страницах машинописного текста, включая список источников на 92 наименования.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цель и научные задачи работы; приведены основные положения, выносимые на защиту; показана научная новизна исследований и оценена их практическая значимость, отражены уровень апробации и личный вклад автора в решение научных задач; представлены структура и объём диссертационной работы, а также объём публикаций.

В первой главе описана проблематика задач расчета несимметричных асинхронных машин, проведен обзор выполненных по данной теме работ. Классифицированы основные типы несимметричных режимов асинхронного двигателя и причины их возникновения. Выполнен сравнительный анализ

основных методов расчета несимметричных режимов работы асинхронных двигателей. Проанализированы причины возникновения провала электромагнитного момента при появлении электрической несимметрии обмоток асинхронного двигателя.

Во второй главе получены модификации исходной математической модели асинхронного двигателя для исследования несимметричных режимов работы с учетом насыщения стали магнитопровода.

В третьей главе представлены результаты моделирования предельных случаев несимметрии сопротивлений обмотки ротора асинхронного двигателя – обрыв одной фазы и межвитковое короткое замыкание определенного числа витков фазы. В качестве объекта исследования выступают асинхронные двигатели с фазным ротором серий ФАЗМ и 4ФАЗ производства НПО «ЭЛСИБ» ПАО. Выполнен качественный и количественный анализ полученных результатов.

В четвёртой главе разработано устройство питания асинхронного двигателя, обеспечивающее поддержание эксплуатационного режима при возникновении несимметрии ротора асинхронного двигателя. На данное устройство оформлен патент на изобретение. Представлен алгоритм синтеза предложенного устройства, содержащий рекомендации по выбору элементной базы и последующей оптимизации системы применительно к конкретному электродвигателю. Представлены результаты реализации данного алгоритма для частного случая работы асинхронного двигателя при наличии несимметрии в роторной цепи. Сделан вывод об эффективном решении устройством задачи устранения провала электромагнитного момента при наличии электрической несимметрии обмотки ротора.

В заключении сформулированы основные научные и практические результаты работы.

В приложениях представлены акты внедрения результатов диссертационной работы, а также патент на разработанное устройство питания асинхронного двигателя.

Научная новизна диссертационной работы

Наиболее существенными результатами диссертационного исследования, обладающими признаками научной новизны, являются:

1. Модифицированная математическая модель асинхронного двигателя, отличающаяся от известных тем, что позволяет производить расчет несимметричных режимов в совокупности с учетом нелинейных свойств стали магнитопровода.

2. Метод устранения негативного влияния электрической несимметрии обмоток за счет подавления токов статора, вызванных появлением ЭДС, наведенной полем обратной последовательности ротора.

3. Принцип работы устройства, поддерживающего эксплуатационный режим при появлении электрической несимметрии в обмотке ротора.

Реализация и внедрение результатов работы

Результаты, полученные в диссертационной работе, используются на НПО «ЭЛСИБ» ПАО и ЗАО «Эрасиб».

Соответствие диссертации и автореферата паспорту специальности и установленным критериям Положения о присуждении ученых степеней

Исследования, проводимые в рамках диссертационной работы, соответствуют области исследования, приведенной в паспорте специальности 05.09.01 – «Электромеханика и электрические аппараты», так как в диссертации рассматривается проблематика совершенствования крупных асинхронных двигателей, исследования научно-технических, производственных и технологических проблем несимметрии сопротивлений их обмоток с целью повышения энергетической эффективности, технологичности и эксплуатационной безопасности предприятий, снижения сопутствующих эксплуатационных затрат. В частности, следующие пункты паспорта полностью соответствуют содержанию работы: пункт «Анализ и исследование физических явлений, лежащих в основе функционирования электрических, электромеханических преобразователей энергии и электрических аппаратов»; пункт «Разработка методов анализа и синтеза преобразователей электрической и механической энергии»; пункт «Разработка подходов, методов, алгоритмов и программ, обеспечивающих проектирование, надежность, контроль и диагностику функционирования электрических, электромеханических преобразователей и электрических аппаратов в процессе эксплуатации, в составе рабочих комплексов».

Диссертационная работа «Методы и устройство обеспечения непрерывности производственного цикла при появлении электрической несимметрии в цепях крупных асинхронных двигателей» соответствует п.9, п.10, п.11-14 «Положения о присуждении ученых степеней».

Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации и отражает основные результаты, полученные в процессе ее выполнения.

Научная и практическая значимость работы и рекомендации по использованию ее результатов

Научная значимость диссертационной работы заключается в разработке и исследовании методов и средств компенсации негативного влияния электрической несимметрии ротора на эксплуатационные характеристики асинхронных двигателей с фазным ротором. Предложена модификация математической модели для расчета несимметричных режимов работы асинхронного двигателя, отличающаяся возможностью учета нелинейных свойств стали магнитопровода. Автором разработан методологический подход к расчету несимметричных режимов асинхронных двигателей и реализующая его компьютерная программа. Автором предложено несколько приемов, пригодных для устранения негативного влияния несимметрии сопротивлений фаз обмоток электродвигателя на эксплуатационные характеристики машины. Один из этих методов использован в предложенном устройстве, позволяющем устранять провал в механической характеристике. Принцип его действия основан на поддержании постоянства действующих значений фазных токов обмотки статора и подавлении возникающих в обмотке статора токов, обусловленных наличием системы напряжений обратной последовательности в обмотке ротора вследствие несимметрии сопротивлений.

Научные и практические результаты диссертационной работы можно рекомендовать к использованию научно-исследовательским центрам, проектным организациям, занимающимся проблемами энергоэффективности асинхронных двигателей и электрических сетей, а также промышленным предприятиям энергетического машиностроения и электропривода.

Общие замечания по диссертации

1. В разделе 1.2 диссертации рассматриваются различные виды аварийных ситуаций, возникающих при эксплуатации асинхронных двигателей. Здесь приводятся сведения о последствиях несимметричных режимов работы асинхронных двигателей, вызванных авариями в питающей сети и различными повреждениями в статорной обмотке (обрыв, «слипание фаз», витковые замыкания и т.п.). Дальнейшая часть диссертации посвящена анализу работы двигателя и коррекции ненормального режима работы при повреждениях обмотки ротора. Какова статистика этих повреждений? Полезно было бы дать расширенный анализ влияния на работу двигателя этих режимов в обзорной части диссертации.
2. Не совсем понятно, почему в качестве объекта исследования выбран высоковольтный двигатель с фазным ротором. Следует пояснить, возможно ли применение предложенного автором решения для

- низковольтных асинхронных двигателей с короткозамкнутой обмоткой при повреждении обмотки ротора? Например, при обрыве стержней?
3. В работе приведено подробное описание математической модели асинхронного двигателя с поврежденной обмоткой ротора, учитывающей, в том числе, насыщение стали. Однако в работе не приводятся результаты верификации модели.
 4. В работе предлагается устройство для питания асинхронного двигателя с компенсацией провала механической характеристики, по сути, реализующее функции преобразователя частоты. Однако не приводится анализ соотношения затрат на реализацию такого устройства по сравнению с использованием серийного преобразователя частоты для соответствующей «подстройки» фазных токов.
 5. Из текста диссертации не понятно, способна ли предложенная система компенсации провала момента при несимметричных режимах отличить витковое замыкание в цепи ротора от виткового замыкания в цепи статора? Не будет ли повреждение обмотки статора более опасным для двигателя? Как будет работать система электропитания при повреждении статорной обмотки?
 6. В разделе 4.3 диссертации приведены результаты компьютерного моделирования работы предложенного автором устройства компенсации провала момента по структурной модели, изображенной на рис. 4.12, при повреждении в цепи ротора. Из текста раздела и приведенного рисунка не совсем понятно, для какого режима работы двигателя проведено это моделирование? Что реализуется в модели: разгон двигателя на холостом ходу с набросом нагрузки при выборке зазора в приводе, разгон под нагрузкой, как изменяются сопротивление пусковых реостатов в процессе разгона, или рассматривается установившийся режим работы и т.п.? В разделе следовало дать подробные пояснения.
 7. В тексте встречаются опечатки и местами пропущены слова. На части рисунков (рис. 3.5, 3.9 – 3.13, 3.14 – 3.18) очень мелкий текст на обозначениях осей.

Заключение

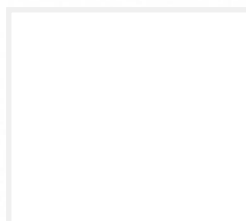
Сделанные замечания в большей степени носят дискуссионный характер, и, хотя несколько снижают качество работы, не уменьшают ее научной и практической ценности. Диссертация Лавренова Евгения Олеговича на соискание ученой степени кандидата технических наук является самостоятельной, законченной научно-квалификационной работой, обладающей признаками актуальности, новизны и внутреннего единства. Ее содержание соответствует паспорту специальности 05.09.01 – «Электромеханика и электрические аппараты» и отвечает требованиям к

кандидатским диссертациям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г.

На основании изложенного можно считать, что автор работы Лавренов Евгений Олегович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.01 – «Электромеханика и электрические аппараты».

Доклад по диссертационной работе был заслушан на научном семинаре 1 октября 2021 г. Диссертационная работа и отзыв обсуждены на расширенном заседании кафедры «Электротехника» ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого президента России Б.Н. Ельцина», протокол №3 от «21» октября 2021 года.

Заведующий кафедрой
«Электротехника»
ФГАОУ ВО «Уральский
федеральный университет
имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина»
д.т.н., доцент



Фризен
Василий Эдуардович

Сведения о ведущей организации: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»
Адрес: 620002, Уральский федеральный округ, Свердловская область, Екатеринбург, ул. Мира, 19.
Телефон: +7 (343) 375-47-51.
e-mail: 3754751@mail.ru

Отзыв получен 09.11.2021. М.П. / Дылко М.А.
С отзывом ознакомлен. 09.11.21. М.П. / Лавренов Е.О.