

ОТЗЫВ

официального оппонента Артюхова Ивана Ивановича
на диссертационную работу Старостиной Ярославы Константиновны
«Разработка и исследование унифицированного трансформаторно-транзисторного
модуля для построения ряда энергосберегающих асинхронных электроприводов»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности
05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы

1 АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

Асинхронный двигатель является самым распространенным преобразователем электрической энергии в механическую энергию. Простота конструкции, высокая надежность, неприхотливость работы в различных климатических условиях и другие положительные свойства делают привод на основе асинхронного двигателя незаменимым для широкого круга применений. Однако использование асинхронного привода при простейшей схеме подключения встречает определенные проблемы из-за того, что пусковой ток во много раз превышает номинальный ток. Это явление отрицательно влияет на изоляцию статорных обмоток, на механические передачи производственных механизмов, приводит к провалам напряжения в питающей сети.

Поэтому усилия многих исследователей различных стран направлены на решение задач, связанных с пуском асинхронного привода и регулированием частоты вращения вала. В этой связи актуальность работы Старостиной Я.К. не вызывает сомнение, так как выполненные в ней исследования направлены на создание унифицированного модуля для энергосберегающих асинхронных электроприводов, тем самым сократить финансовые и трудовые затраты при изготовлении электрооборудования.

2 ОЦЕНКА НОВИЗНЫ И ДОСТОВЕРНОСТИ ОСНОВНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИИ

В настоящее время сформировалось несколько направлений решения задач по обеспечению плавного пуска асинхронного привода и регулирования производительности механизмов. Наиболее часто используются преобразователи частоты с промежуточным звеном постоянного тока и инвертором напряжения. Эти устройства серийно изготавливаются многими предприятиями и отлично зарекомендовали себя в различных сферах применения. Альтернативным направлением является применение маловентильных приводов. Интерес к таким устройствам то угасает, то вспыхивает с новой силой, так как по сравнению с хорошо известными преобразователями частоты они имеют определенные преимущества. Однако есть и отрицательные моменты, которые сдерживают широкое распространение маловентильных приводов.

При решении этих проблем в диссертации получен ряд результатов, имеющих научную новизну:

- Разработана и исследована принципиально новая схема унифицированного трансформаторно-транзисторного модуля для построения ряда энергосберегающих асинхронных электроприводов средней мощности, конкурирующий с аналогами и ликвидирующего отрицательные качества существующих альтернативных технических решений в плане энергосбережения и сохранения качества потребляемой электроэнергии.

- Разработан и исследован способ амплитудного регулирования напряжения на статорных обмотках асинхронного двигателя, который реализован коммутацией единственного ключа в виде IGBT-транзистора и обеспечивает одновременное регулирование трехфазного напряжения во всех трёх фазах без образования пауз в форме кривой выходного напряжения.

Достоверность полученных научных результатов обеспечивается применением корректных математических методов исследования и сравнением результатов математического моделирования с результатами натурных экспериментов.

3 ПРАКТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИИ

Результаты диссертационной работы Старостиной Я.К. обладают также практической ценностью, так как направлены на решение задачи повышения энергетической эффективности асинхронных приводов. Это подтверждено соответствующими документами об использовании результатов работы на ряде предприятий г. Ульяновска при разработке и создании электропривода производственных механизмов различного назначения.

4 АНАЛИЗ И ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационная работа Старостиной Я.К. четко структурирована и состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка и приложения.

Диссертация представляет собой последовательное и аргументированное изложение решений поставленных автором задач. Решения, предложенные Старостиной Я.К. в диссертации, оценены по сравнению с другими известными решениями.

Диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствует о личном вкладе Я.К. Старостиной в науку.

Во введении обосновывается актуальность работы, оценивается разработанность проблемы, ставится цель и задачи исследования, отмечается научная новизна и практическая значимость полученных результатов.

В первой главе приведены результаты обзора устройств, которые предназначены для стабилизации и регулирования напряжения на статорных обмоток асинхронного двигателя. Сформулированы основные требования, предъявляемые к устройствам указанного назначения. Рассмотрены современные схемотехнические решения стабилизаторов переменного напряжения на базе вольтодобавочных трансформаторов. Приведено описание импульсно-дискретных трансформаторно-тиристорных устройств для регулирования напряжения

асинхронных двигателей средней мощности. Исследованы основные принципы широтно-импульсного регулирования напряжения в соответствии с нормативными требованиями к уровню электромагнитной совместимости электропривода с питающей сетью и нагрузкой.

Во второй главе выявлены принципы модульного построения для разработки унифицированного трансформаторно-транзисторного модуля на основе анализа современных регулирующих устройств модульного исполнения, выполненных на базе полупроводниковых моновентильных коммутирующих элементов, как средств унификации асинхронных электроприводов.

Исследован транзистор типа IGBT, как ключевой элемент моновентильного коммутирующего устройства. Проанализирован гармонический состав выходного напряжения модульного моновентильного коммутирующего устройства. Приведены и описаны основные принципы широтно-импульсного регулирования и стабилизации трёхфазного напряжения на статоре асинхронного двигателя.

Обосновано применение вольтодобавочного трансформатора в составе коммутирующего устройства в режиме равноинтегральных переключений. Рассмотрено применение энергетически эффективных цепей защиты регулятора от коммутационных перенапряжений.

В третьей главе изложена теория построения ряда энергосберегающих асинхронных электроприводов на основе унифицированного трансформаторно-транзисторного модуля. Разработаны и исследованы следующие схемы асинхронных электроприводов:

- 1) Одноквадрантный асинхронный электропривод на основе одновентильной схемы трансформаторно-транзисторного модуля.
- 2) Четырёхквадрантный асинхронный электропривод с импульсным регулированием статорного напряжения на базе двухвентильной схемы трансформаторно-транзисторного модуля.

Для исследования разработанных технических решений применено имитационное моделирование в среде MATLAB с пакетом расширения Simulink.

Четвертая глава отражает результаты экспериментальных исследований асинхронных электроприводов, построенных на базе унифицированного трансформаторно-транзисторного модуля.

В заключении отражены основные выводы по результатам исследований, полученных в ходе выполнения диссертационной работы. Приведены рекомендации по использованию результатов проведенного исследования и перспективы дальнейшей разработки темы.

5 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ ОПУБЛИКОВАННОСТИ, СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ АВТОРЕФЕРАТА ОСНОВНЫМ ЦЕЛЯМ И ВЫВОДАМ ДИССЕРТАЦИИ

По теме диссертации имеется 14 публикаций, из них 3 статьи в рецензируемых изданиях, входящих в перечень журналов, рекомендованных ВАК и 2 статьи, индексируемые в научнометрической базе Scopus. Новизна технических решений, предложенных автором, подтверждена 2 патентами РФ на изобретения.

В диссертации Старостиной Ярославы Константиновны отсутствует заимствованный материал без ссылки на авторов и источники заимствования.

Автореферат отражает основное содержание диссертации. Автореферат и диссертация оформлены в соответствии с требованиями ВАК РФ. Апробация диссертационной работы подтверждается участием ее автора в научно-технических конференциях различного уровня.

6 ЗАМЕЧАНИЯ ПО ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЕ

1. Первая глава, на мой взгляд, перегружена излишне подробным описанием схемотехнических решений для стабилизации и регулирования напряжений.
2. Топология схемных решений, предлагаемых в диссертации, предполагает минимизацию силовых полупроводниковых элементов, но при этом используются достаточно громоздкие и тяжелые электромагнитные аппараты, например, вольтодобавочный трансформатор. К сожалению, в диссертации не приведена количественная оценка разработанных решений по сравнению с широко известными решениями, такими, как преобразователи частоты с инвертором напряжения.

Очевидно, что всегда существуют ниши, где те или решения имеют преимущества по сравнению с другими решениями.

3. Еще больше вопросов о целесообразности построения асинхронного электропривода с применением трансформаторно-транзисторных модулей возникает при рассмотрении схемы, представленной на рисунке 3.18. На первый взгляд, эта схема гораздо сложнее, чем преобразователь частоты с инвертором напряжения на шести IGBT-транзисторах. При этом выходное напряжение содержит широкий спектр высших гармоник, отрицательно влияющих на работу асинхронного двигателя.

4. Для характеристики устройств, осуществляющих пуск и управление асинхронными двигателями, обычно используют удельные показатели, например, стоимость на кВт мощности двигателя. В частности, для преобразователей частоты, выпускаемых известными зарубежными фирмами такой показатель составляет 70 – 150 долларов США на кВт в зависимости от мощности привода, его функционала и других обстоятельств. Было бы интересно знать удельные показатели разработанного в диссертации электрооборудования.

5. В диссертации на странице 143 указано, что «оптимальная частота модуляции ШИМ составляет около 2 кГц. Дальнейшее повышение частоты ШИМ приводит к существенному уменьшению коэффициента ТНД, однако имеет свои отрицательные последствия». Возникает вопрос, о каких отрицательных последствиях идет речь?

7 ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЕ

В целом сделанные замечания не снижают ценности диссертации.

Диссертационная работа Старостиной Ярославы Константиновны на тему «Разработка и исследование унифицированного трансформаторно-транзисторного модуля для построения ряда энергосберегающих асинхронных электроприводов» является законченной научно-квалификационной работой, соответствует паспорту специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы, а также критериям действующего Положения о порядке присуждения ученых степеней,

предъявляемых к диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Старостина Ярослава Константиновна заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

Официальный оппонент,
доктор технических наук, профессор, профессор
кафедры «Электроэнергетика и электротехника»
ФГБОУ ВО «Саратовский государственный
технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Артюхов Иван Иванович

Тел. +7 (8452) 99-87-64,
e-mail: ivart54@mail.ru

– 28.01.2020

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Саратовский государственный технический
университет имени Гагарина Ю.А.», 410054, Саратов, ул. Политехническая, 77

Подпись д.т.н., профессора Артюхова И.И. заверяю
Ученый секретарь Ученого совета
ФГБОУ ВО «Саратовский государственный
технический университет имени Гагарина Ю.А.»,
к.ф-м.н., доцент

Салтыкова Ольга Александровна