



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«УЛЬЯНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(УлГТУ)

Северный Венец ул., д.32,
г.Ульяновск, 432027, Россия
Тел.: (8422) 43-06-43; факс (8422) 43-02-37
e-mail: rector@ulstu.ru <http://www.ulstu.ru>
ОКПО 02069378, ОГРН 1027301160226
ИНН/КПП 7325000052/732501001

29.09.2022 № 793/10-03
На _____ от _____

Ученому секретарю
диссертационного совета
Д 212.217.04
Стрижаковой Е.В.

443100, г. Самара,
ул. Молодогвардейская, 244,
главный корпус.
Самарский государственный
технический университет (СамГТУ)

Отзыв

официального оппонента Доманова Виктора Ивановича на диссертационную работу Беляевой Ольги Сергеевны «Повышение эффективности электропривода стабилизации скорости асинхронного двигателя со скалярным управлением», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы»

Актуальность темы диссертации

Тема рассматриваемой диссертационной работы актуальна, поскольку точное регулирование скорости механизмов с многодвигательными приводами, погружными двигателями, ленточными конвейерами обеспечивают электроприводы стабилизации скорости асинхронного двигателя со скалярным управлением. При этом повышение быстродействия таких электроприводов, а также снижение потерь энергии в частотных преобразователях и асинхронных двигателях таких установок, приводит к значительному повышению эффективности электроприводов стабилизации скорости.

Оценка содержания диссертации

Представленная к защите диссертация имеет классическую структуру и состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка и приложения. Основная часть работы изложена на 139 страницах машинописного текста, иллюстрирована 64 рисунками и 11 таблицами. Библиографический список содержит 95 наименований на 11 страницах.

Во введении приведено обоснование актуальности исследования, посвященного повышению эффективности электропривода стабилизации скорости асинхронного двигателя со скалярным управлением. Сформулированы цель и задачи исследования, изложена научная новизна и практическая значимость диссертации.

В первой главе автором произведен обзор известных способов коммутации силовых транзисторов в низковольтных частотных преобразователях. При этом проанализированы данные о гармоническом составе и максимальном действующем значении выходного фазного напряжения инвертора при указанных способах

коммутации. Произведен обзор известных математических модели асинхронного двигателя как при скалярном, так и при векторном управлении. Произведен также обзор известных принципов построения электроприводов стабилизации скорости асинхронных двигателей. При этом автор рассматривает систему подчиненного векторного регулирования и системы со скалярным управлением, а также методики синтеза регуляторов таких систем. Обзор существующих принципов построения электроприводов стабилизации скорости асинхронных двигателей с векторным и скалярным управлением позволил сделать вывод, что основные недостатки таких электроприводов обусловлены сложностью технической реализации и пульсациями скорости на нижнем пределе диапазона регулирования.

Вторая глава посвящена анализу способов коммутации силовых транзисторов частотного преобразователя, обеспечивающих синусоидальную широтно-импульсную модуляцию. Найдены аналитические зависимости для расчета коэффициентов высших гармоник и максимального действующего значения выходного напряжения частотного преобразователя. Показано, что введение «мертвого» времени на переключение транзисторов увеличивает суммарный коэффициент гармонических составляющих в 81 раз и снижает на 7 % действующее значение первой гармоники выходного напряжения. Разработан способ коммутации силовых транзисторов, обеспечивающий синусоидальную модуляцию и не требующий введения мертвого времени, который позволяет снизить суммарный коэффициент гармонических составляющих в 48,5 раз и повысить действующее значение первой гармоники выходного напряжения на 7,7 % по сравнению с инверторами с традиционной синусоидальной модуляцией, что подтверждается произведенным компьютерным моделированием. Достоинством рассматриваемой диссертации является разработанный цифровой модулятор, реализующий предложенный способ коммутации силовых транзисторов и обеспечивающий повышение энергетической эффективности частотного преобразователя.

В третьей главе произведена линеаризация уравнений движения асинхронного двигателя при скалярном частотном управлении. Автором найдены уточненные передаточные функции асинхронного двигателя по отношению к изменению частоты и амплитуды питающего напряжения и изменению момента нагрузки, которые являются одним из важных результатов диссертации. Компьютерное моделирование подтвердило адекватность полученных передаточных функций реальным процессам, протекающим в асинхронном двигателе при скалярном частотном управлении.

Четвертую главу автор посвятил одноконтурному электроприводу стабилизации скорости асинхронного двигателя со скалярным управлением, реализация которого возможна с помощью технологического пропорционально-интегрально-дифференциального регулятора. На основе анализа уточненных передаточных функций асинхронного двигателя разработана методика, которая позволяет производить корректный параметрический синтез регулятора одноконтурного электропривода. Компьютерное моделирование показало, что предлагаемый автором одноконтурный электропривод обладает простотой технической реализации, малой статической погрешностью и высоким быстродействием. Автором предложена организация наблюдателя скорости в электроприводе с бездатчиковым управлением асинхронным двигателем, отличающегося простотой вычислительных процедур при его реализации. Проведены натурные эксперименты для оценки адекватности проведенных теоретических исследований и проверки работоспособности предложенных технических решений. Результаты экспериментов показали, что коэффициент неравномерности вращения

ротора на нижнем пределе диапазона регулирования уменьшился в два раза по сравнению с традиционной системой векторного управления. Этот результат доказал эффективность разработанной методики синтеза регулятора одноконтурного электропривода стабилизации скорости.

Новизна проведенных исследований и полученных результатов

Приведенный выше анализ содержания рассматриваемой диссертации позволяет сделать вывод, что автором получены следующие новые научные результаты:

1. Предложен новый способ коммутации силовых транзисторов низковольтного частотного преобразователя, обеспечивающий синусоидальную широтно-импульсную модуляцию, который обеспечивает снижение коммутационных потерь и амплитуд высших гармоник в выходном напряжении частотного преобразователя.

2. Получено аналитическое выражение для определения гармонического состава выходного напряжения для предложенного способа коммутации силовых транзисторов частотного преобразователя с синусоидальной широтно-импульсной модуляцией.

3. Разработана уточненная линеаризованная математическая модель асинхронного двигателя при скалярном частотном управлении, в виде передаточных функций.

4. Разработана методика параметрического синтеза регулятора, отличающаяся учетом полюсов и нулей уточненной передаточной функции.

Практическая значимость диссертации

Полученные новые научные результаты имеют несомненную практическую значимость, поскольку автором разработаны:

- способ коммутации силовых транзисторов частотного преобразователя, обеспечивающий повышение энергетической эффективности электропривода стабилизации скорости асинхронного двигателя за счет снижения коммутационных потерь и коэффициентов высших гармоник при синусоидальной широтно-импульсной модуляции;

- методика расчета параметров регулятора, которая позволяет корректно производить настройку одноконтурного электропривода стабилизации скорости асинхронного двигателя со скалярным управлением и обеспечивает повышение эффективности функционирования электропривода на малых скоростях

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Выводы и рекомендации по решению поставленных в диссертации задач сформулированы в заключении на страницах 138 – 139 работы. Они получены на основе глубокого теоретического анализа, применения методов синтеза цифровых систем управления, компьютерного моделирования и натурных экспериментальных исследований.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, обеспечивается применением строгих математических методов исследований и сравнением результатов расчетов с данными натурных экспериментов.

Публикации и апробация диссертационной работы

По теме диссертации опубликованы 7 печатных работ общим объемом 4,12 п.л., в том числе 3 статьи в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях из перечня ВАК РФ и 1 патент на изобретение.

Основные положения и результаты работы докладывались и обсуждались на Всероссийской научно-практической конференции «Ашировские чтения» (г. Самара, 2019), Всероссийской научно-практической конференции «Ашировские чтения» (г. Самара, 2021) и Международной научной-технической конференции по промышленному инжинирингу и современным технологиям «FarEastCon-2021» (г. Владивосток, 2021).

Внедрение результатов диссертации

Основные результаты работы нашли применение в ЗАО «Стан-Самара» (г. Самара) при расчете амплитуд высших гармоник в выходных сигналах применяемых частотных преобразователей.

Соответствие диссертации установленным критериям

Диссертация Беляевой О.С. «Повышение эффективности электропривода стабилизации скорости асинхронного двигателя со скалярным управлением» соответствуют паспорту специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы».

Рассматриваемая диссертация полностью отвечает квалификационным признакам и принципам соответствия, которые установлены нормативным документом «Положение о порядке присуждения ученых степеней», утвержденном Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

Диссертация написана в хорошем научном стиле и содержит новые научные результаты, обладающие также и практической значимостью.

Результаты диссертационной работы отражены в достаточном количестве публикаций, в том числе и в рецензируемых научных журналах из Перечня, утвержденного ВАК.

Содержание автореферата полностью соответствует диссертации.

Замечания по работе

По рассматриваемой диссертационной работе имеются следующие замечания:

1. Форма фазного напряжения, приведенная на рисунке 2.12, соответствует включению обмоток асинхронного двигателя в «звезду». В связи с этим возникает вопрос о работоспособности предложенного способа коммутации силовых транзисторов частотного преобразователя при соединении обмоток двигателя в «треугольник».

2. В диссертации нет анализа влияния изменения во времени величины напряжения U_d в линии постоянного тока на амплитуды высших гармоник.

3. Разработанный автором цифровой модулятор, обеспечивающий новый способ коммутации силовых транзисторов требует на каждом периоде широтно-импульсной модуляции вычисления двух синусов и двух операций умножения, что не отражено на функциональных схемах, приведенных на рисунках 2.14 и 2.15. А это значительно усложняет техническую реализацию и требует сопряжения с микроконтроллером, обеспечивающим работу электропривода переменного тока.

4. Сложность полученных передаточных функций асинхронного электродвигателя при скалярном частотном управлении затрудняет их использование при нахождении дискретных передаточных функций электропривода переменного тока при цифровой технической реализации. И действительно, автор ограничился рассмотрением в диссертации только дискретной передаточной функции регулятора, используемой в дальнейшем при моделировании электропривода в программе Matlab Simulink с учетом дискретизации по времени и уровню.

5. Коэффициенты неравномерности вращения ротора асинхронного двигателя, полученные в ходе натурных экспериментов, превышают допустимые значения, определяемые ГОСТ 27803-91.

Заключение

Замечания не снижают научной и практической значимости работы. Все поставленные задачи автор довел до логического завершения. Диссертация представляет собой законченную научно-исследовательскую работу в решении важной проблемы – повышении эффективности электропривода стабилизации скорости асинхронного двигателя при частотном скалярном управлении.

Считаю, что представленная диссертационная работа полностью соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Беляева Ольга Сергеевна заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы».

Официальный оппонент,
заведующий кафедрой «Электропривод
и автоматизация промышленных установок»
ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный
технический университет»,
кандидат технических наук,
доцент

В.И. Доманов

Подпись Доманова В.И. заверяю



ор,
обной работе
Е.В.Суркова

Сведения об оппоненте:

Доманов Виктор Иванович,

К.т.н., спец. 05.09.03.

Доцент, заведующий кафедрой «Электропривод и автоматизация промышленных установок»,

ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет»,

432027, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, 32, тел. (8422)-77-81-04;

e-mail: eapu@ulstu.ru.