

ОТЗЫВ

официального оппонента Артюхова Ивана 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

1 АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

Электроприводы переменного тока являются неотъемлемыми элементами систем, в которых регулирование скорости осуществляется с требуемой точностью. При этом в многодвигательных приводах подъемно-спусковых механизмов, ленточных конвейеров, погружных центробежных насосов, осуществляющих механизированную добычу нефти необходимо скалярное управление асинхронным двигателем. Увеличение быстродействия электроприводов стабилизации скорости улучшает качество и эффективность работы таких установок. С другой стороны снижения коммутационных потерь в частотном преобразователе с синусоидальной широтно-импульсной модуляцией и снижение коэффициентов высших гармоник в выходном напряжении инвертора приводит к повышению энергетической эффективности его использования. В связи с этим повышение эффективности электропривода стабилизации скорости асинхронного двигателя со скалярным управлением является актуальной задачей.

2 ОЦЕНКА НОВИЗНЫ И ДОСТОВЕРНОСТИ ОСНОВНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИИ

В диссертации впервые получен ряд результатов, имеющих научную новизну:

- разработан способ коммутации силовых транзисторов низковольтного частотного преобразователя, обеспечивающий снижение коммутационных потерь и отличающийся последовательностью рабочих состояний транзисторов;

- получено аналитическое выражение для определения гармонического состава выходного напряжения частотного преобразователя при синусоидальной широтно-импульсной модуляции;
- разработана уточненная линеаризованная математическая модель асинхронного двигателя при скалярном частотном управлении, отличающаяся видом передаточных функций по управляющим и возмущающему воздействиям;
- разработана методика параметрического синтеза регулятора, обеспечивающая повышение быстродействия одноконтурного электропривода стабилизации скорости асинхронного двигателя со скалярным управлением.

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

3 ПРАКТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИИ

Результаты диссертационной работы Беляевой О.С. обладают также практической ценностью. Прежде всего, следует обратить внимание на методику параметрического синтеза регулятора, которая позволяет производить настройку одноконтурного электропривода стабилизации скорости со скалярным управлением, обеспечивающую высокое быстродействие. Кроме того, разработанный автором способ коммутации силовых транзисторов частотного преобразователя обеспечивает повышение энергетической эффективности электропривода стабилизации скорости асинхронного двигателя за счет снижения коммутационных потерь и коэффициентов высших гармоник.

4 АНАЛИЗ И ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационная работа Беляевой О.С. четко структурирована и состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка и приложения.

Диссертация представляет собой последовательное и аргументированное изложение решений поставленных автором задач.

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

В первой главе произведен обзор существующих способов коммутации силовых транзисторов низковольтных частотных преобразователей, изучен гармонический состав и максимальное действующее значение выходного напряжения инверторов, использующих рассмотренные способы коммутации. Рассмотрены известные линеаризованные математические модели асинхронного двигателя при скалярном и векторном управлении. Освещены принципы построения электроприводов стабилизации скорости асинхронных двигателей и известные методики синтеза регуляторов. Рассмотрены основные подходы к созданию бездатчиковых систем электроприводов, использующих наблюдатели и вычислители скорости вращения ротора асинхронных двигателей.

Во второй главе рассмотрен закон коммутации силовых транзисторов частотного преобразователя, обеспечивающий традиционную синусоидальную модуляцию. Разработан способ коммутации силовых транзисторов инвертора, обеспечивающий синусоидальную модуляцию и не требующий введения «мертвого» времени. Найдены аналитические зависимости, позволяющие определить амплитуды высших гармоник при традиционной синусоидальной модуляции, а также при разработанном способе коммутации силовых транзисторов. Методом компьютерного моделирования доказана адекватность полученных формул и показано, что предлагаемый способ коммутации позволяет снизить суммарный коэффициент гармонических составляющих в 48 раз и повысить действующее значение первой гармоники выходного напряжения сравнению с традиционной синусоидальной модуляцией. Разработан цифровой модулятор, реализующий предложенный способ коммутации силовых транзисторов инвертора.

В третьей главе рассмотрены нелинейные уравнения движения асинхронного двигателя при скалярном частотном управлении. Произведена линеаризация этих уравнений и найдены уточненные передаточные функции асинхронного двигателя по отношению к управляющим и возмущающему воздействиям, которые имеют характеристический полином пятнадцатого порядка. Найдены численные значения полученных передаточных функций для асинхронного двигателя 1LA7060-4AB10-Z для различных начальных условий. Приведены также расчетные модели и графики переходных процессов, построенные с помощью полученных передаточных функций и нелинейной модели, показывающие адекватность реальным процессам уточненных передаточных функций асинхронного двигателя при скалярном частотном управлении.

В четвертой главе рассмотрен одноконтурный электропривод стабилизации скорости асинхронного двигателя со скалярным управлением, который можно реализовать на любом современном частотном преобразователе с помощью технологического пропорционально-интегрально-дифференциального регулятора. На основе анализа полюсов и нулей уточненной передаточной функции асинхронного двигателя разработана методика расчета параметров настройки этого регулятора. Приведены результаты компьютерного моделирования, показывающие, что предлагаемый одноконтурный электропривод стабилизации наряду с простотой технической реализации обладает высоким быстродействием и малой статической погрешностью. Рассмотрен вопрос бездатчикового управления асинхронным двигателем с применением наблюдателя скорости. Приведены результаты натурных экспериментов, которые доказали адекватность проведенных теоретических исследований и позволили сделать вывод, что неравномерность вращения ротора асинхронного двигателя на малых скоростях в предлагаемом одноконтурном электроприводе со скалярным управлением в 2 раза меньше, чем в системе векторного управления.

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 опубликовано 7 печатных работ, из них 3 в рецензируемых изданиях, входящих в перечень журналов, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ. Новизна технических решений, предложенных автором, подтверждена 1 патентом РФ на изобретение.

Автореферат отражает основное содержание диссертации. Автореферат и диссертация оформлены в соответствии с требованиями ВАК РФ. Апробация диссертационной работы подтверждается участием ее автора в 1 международной научно-технической и в 2 всероссийских научно-практических конференциях.

6 ЗАМЕЧАНИЯ ПО ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЕ

1. Сравнение достигнутых результатов по уменьшению амплитуд высших гармоник в выходном напряжении касаются только частотных преобразователей с синусоидальной модуляцией. При этом отсутствует сравнение с более современными инверторами с векторной модуляцией.

2. На рисунке 2.14 диссертации приведена упрощенная функциональная схема разработанного автором цифрового модулятора, реализующего новый способ коммутации силовых транзисторов частотного преобразователя. При этом в состав модулятора входит двоично-шестеричный счетчик. Что это за элемент и как он работает нельзя найти в тексте диссертации.

3. Полученное автором для питающей трехфазной сети 380 В расчетное значение амплитуды первой гармоники при новом способе коммутации силовых транзисторов составляет 257 В, что соответствует действующему значению фазного напряжения 182 В. На мой взгляд, это - малая величина, и в частотных преобразователях, использующих, например, векторную модуляцию, достигаются более высокие значения.

4. В диссертации получена сложная линеаризованная математическая модель асинхронного двигателя при скалярном управлении, которая представлена тремя передаточными функциями с характеристическим полиномом пятнадцатого порядка. Возникает вопрос, где может быть использована такая модель?

5. Не понятно, за счет чего снизился коэффициент неравномерности вращения в одноконтурном электроприводе со скалярным управлением по сравнению с традиционным электроприводом с векторным управлением.

7 ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЕ

Диссертационная работа Беляевой Ольги Сергеевны на тему «Повышение эффективности электропривода стабилизации скорости асинхронного двигателя со скалярным управлением» является законченной научно-квалификационной работой, отвечает всем требованиям Высшей аттестационной комиссии РФ, предъявляемым к научным работам на соискание учёной степени кандидата технических наук, и соответствует специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

В целом сделанные замечания не снижают ценности диссертации, поэтому считаю, что Беляева Ольга Сергеевна 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»
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»



022 Артюхов Иван Иванович

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А.»,
410054, г. Саратов, ул. Политехническая, 77
Телефон: 8(8452)99-87-64,
E-mail: ivart54@mail.ru

Подпись д.т.н., профессора Артюхова И.И. заверяю

Ученый секретарь Ученого совета

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»,

доктор ку



Тищенко Наталья Викторовна