

О Т З Ы В

официального оппонента, *д.т.н., профессор Мещеряков Виктор Николаевич* на диссертацию *Нгуен Тхе Хиен* на тему: «Асинхронный электропривод с системой прямого управления и алгоритмом стохастической модуляции со стабилизированным диапазоном изменения частоты коммутации инвертора», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности **2.4.2 Электротехнические комплексы и системы.**

1. Актуальность темы диссертации

Актуальность темы диссертационного исследования определяется все более широким использованием регулируемых асинхронных электроприводов в различных отраслях производства и вызывает обоснованный интерес, что убедительно раскрыто в представленной работе.

Во-первых, автор правильно акцентирует внимание на стратегической задаче модернизации шахт и рудников Вьетнама, включая необходимость перехода на более экологически чистые и энергоэффективные виды электрооборудования. Указанные проблемы, такие как рост энергозатрат, дефицит топлива и прогнозируемое увеличение стоимости углеводородных ресурсов, обоснованно подчеркивают практическую значимость темы.

Во-вторых, выбор направления, связанного с развитием электрического транспортного оборудования, выглядит не только логичным, но и актуальным в свете общемировой тенденции на декарбонизацию промышленности. Акцент на автоматизированные электроприводы и улучшение их энергоэффективности соответствует современным научно-техническим вызовам.

Особую ценность представляет постановка задачи повышения эффективности модуляционных и двигательных систем управления, а также акцент на негативное воздействие на промышленную сеть высокочастотных гармоник, формируемых автономными инверторами преобразователей частоты. Это свидетельствует о глубоком понимании автором физических и технических аспектов проблемы.

В то же время, несмотря на широкую научную проработанность темы электроприводов, автор справедливо отмечает недостаточную исследованность вопросов, связанных с системой прямого управления моментом в асинхронных электроприводах с

ОТЗЫВ

ВХ. № 9-138 от 28.06.21
АУ УС

трехуровневыми инверторами. Это определяет научную новизну и обоснованность выбранного направления исследования.

2. Научная новизна диссертации

Представленные положения, раскрывающие научную новизну диссертационного исследования, подтверждают, что автором получены новые, теоретически и практически значимые результаты в области управления асинхронными электроприводами на базе трехуровневого инвертора с фиксированной нейтральной точкой (ТИсФНТ).

Первое положение, связанное с определением границ параметров алгоритма стохастической модуляции, является актуальным и значимым. Устранение высших гармонических составляющих в спектре напряжения и тока без ухудшения динамики и энергоэффективности – это существенный вклад в повышение качества управления асинхронными электроприводами. Данный результат расширяет возможности применения стохастических алгоритмов модуляции в промышленных системах.

Во втором положении обращает на себя внимание установление зависимостей базовых активных векторов выходного напряжения с регулируемыми переменными, что имеет значение для синтеза систем прямого управления на базе ТИсФНТ. Это позволяет снизить амплитуду высокочастотных колебаний момента и потокосцепления статора, что, в свою очередь, способствует увеличению КПД. Такое направление исследования решает важную задачу повышения энергетической эффективности электроприводов, что подтверждает научную новизну полученного результата.

Третье положение направлено на оптимизацию процесса коммутации в инверторе. Установление зависимостей, позволяющих снизить частоту переключения транзисторов, представляет не только теоретический интерес, но и значимую практическую ценность, так как это способствует увеличению надежности силовой части и снижению потерь на переключение. Особо стоит отметить привязку этих зависимостей к системе прямого управления на базе ТИсФНТ.

3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

Научные положения, выносимые на защиту, представляются достаточно обоснованными и достоверными, что подтверждается как содержанием диссертационного исследования, так и представленной экспериментально-теоретической базой.

Первое положение, касающееся применения алгоритма стохастической модуляции с контролируемой частотой коммутации, подтверждено как аналитическими расчетами, так и

результатами моделирования. Устранение гармонических составляющих без ухудшения динамических и энергетических характеристик асинхронного электропривода является сложной задачей, и представленные в работе материалы позволяют говорить о ее решении на качественном уровне. Достоверность результатов обеспечивается воспроизводимостью расчетов, корректным использованием математических моделей, а также сопоставлением с известными данными в рассматриваемой области электропривода.

Второе положение, связанное с применением алгоритма прямого управления моментом на базе ТИСФНТ и релейного регулятора, также подтверждается обоснованными расчетами и данными численного моделирования. Представленные графики, спектры и таблицы позволяют проследить снижение частоты переключений транзисторов и уменьшение пульсаций токов, что в совокупности указывает на улучшение КПД и повышение общей эффективности электропривода. Методологическая строгость в подходе к обоснованию этих результатов вызывает доверие к полученным выводам.

4. Научные результаты, их ценность

Результаты диссертационного исследования в достаточной степени освещены в 8 печатных работах, в том числе в 2 статьях - в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (далее – Перечень ВАК), в 2 статьях - в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования Scopus; получено 2 патента на изобретение

5. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации

Представленные результаты диссертационного исследования обладают высокой теоретической и практической значимостью, что делает вклад автора заметным как в развитие научной базы, так и в прикладную сферу электротехнических систем управления.

Теоретическая значимость проявляется в разработке математической модели алгоритма стохастической модуляции, реализованной средствами имитационного моделирования. Уточнение границ частоты коммутации инвертора для эффективного подавления высших гармоник в спектрах выходного напряжения и тока инвертора преобразователя частоты представляет собой ценный результат. Он расширяет существующие представления о совместимости трехуровневого инвертора с фиксированной нейтральной точкой с асинхронным двигателем в электроприводах, улучшает электромагнитную совместимость и способствует повышению энергоэффективности систем управления.

Практическая значимость подтверждается разработкой комплексной системы управления АЭП, включающей релейные регуляторы и ядро системы прямого управления. Предложенное техническое решение направлено на снижение коммутационных потерь в преобразователях частоты, что непосредственно влияет на их долговечность и надежность. Существенным подтверждением практической ценности является акт внедрения от 19 мая 2024 года в подразделении исследований и развития энергетических машин ПАО «Viettel» (Вьетнам), что демонстрирует востребованность результатов в промышленной среде.

6. Рекомендации по использованию результатов работы

Результаты диссертационной работы, обладающие выраженным прикладным характером, представляют значительный интерес для широкого круга предприятий и научных организаций, связанных с разработкой и эксплуатацией автоматизированных систем электропривода и преобразовательной техники.

Промышленное применение

Результаты работы целесообразно внедрять в проектно-эксплуатационную практику предприятий горнодобывающей и обрабатывающей промышленности, в первую очередь таких, как:

- ПАО «Viettel» (Вьетнам), подразделение исследований и развития энергетических машин, где уже получен положительный опыт внедрения разработанных алгоритмов и систем управления;
- горнодобывающие и машиностроительные предприятия Вьетнама и других стран Юго-Восточной Азии, где остро стоит задача повышения энергоэффективности и снижения экологической нагрузки на фоне перехода к электрическому транспортному и технологическому оборудованию;
- предприятия, специализирующиеся на производстве и внедрении преобразовательной техники, в частности – инверторных систем, таких как ABB, Schneider Electric, Siemens (региональные представительства).

Научные и инженерные организации

Рекомендуется продолжить и развить направления исследований, затронутые в диссертации, в научных коллективах:

- технических университетов, специализирующихся в области электротехники и автоматизации (например, Ханойский университет науки и технологий, СПбГЭТУ «ЛЭТИ»);
- научных лабораторий и институтов, работающих в области разработки алгоритмов управления электрическими машинами и электроприводами.

Образовательное применение

Материалы диссертации представляют ценность для подготовки специалистов и могут быть использованы:

- в курсах по теории автоматизированных электроприводов, силовой электронике, цифровых системах управления;
- при выполнении курсовых, дипломных и магистерских работ;
- как база для формирования новых тем кандидатских и докторских диссертаций в смежной научной области.

7. Замечания и вопросы по работе

Несмотря на высокую научную и практическую ценность диссертации, в процессе её анализа возникли некоторые замечания и вопросы, требующие уточнений или более глубокого раскрытия:

– в работе приводится математическая модель алгоритма стохастической модуляции, однако возникает вопрос по поводу предела эффективности применения этого алгоритма в системах с различными нагрузочными характеристиками. Может ли он привести к нежелательным эффектам, например, к неустойчивости при определенных изменениях параметров нагрузки или диапазона температур? Было бы полезно увидеть результаты моделирования в различных эксплуатационных условиях;

– в работе широко используется имитационное моделирование, однако необходимо уточнить, насколько высока точность расчетов, проведенных на моделях, особенно в условиях переменных факторов, таких как изменения напряжения в сети или длительные перегрузки в системе. Каковы были погрешности в результатах, полученных на моделях? Была ли проведена валидация модели на реальных физических установках?

– в работе описан шестипозиционный релейный регулятор момента, однако не совсем ясно, есть ли какие-либо ограничения или проблемы, связанные с использованием именно шестипозиционного регулятора? Не будет ли его использование приводить к ухудшению динамических характеристик в некоторых режимах работы?

– в результате работы заявляется улучшение динамических и энергетических характеристик асинхронного электропривода. Было бы полезно получить более подробные данные о реальных испытаниях на промышленных установках, а не только моделированиях. Как изменяется эффективность системы в условиях длительной эксплуатации? Какие дополнительные исследования или испытания планируется провести в этом направлении?

– в связи с предложенными решениями по повышению эффективности, следовало бы

рассмотреть экономическую сторону внедрения данных технологий. Например, как быстро могут окупиться инвестиции в новое оборудование и алгоритмы управления, какие затраты связаны с модернизацией существующих систем и какие выгоды можно ожидать от их применения в долгосрочной перспективе?

– в диссертации рассматривается применение разработанных решений в контексте горной промышленности Вьетнама. Однако, учитывая универсальность предложенных решений, интересно было бы узнать, какие перспективы для применения этого алгоритма в других отраслях, таких как энергетика, транспорт, или даже в электроавтомобилях. Какие адаптации и доработки будут необходимы для использования в таких отраслях?

8. Заключение по диссертации

Диссертация «Асинхронный электропривод с системой прямого управления и алгоритмом стохастической модуляции со стабилизированным диапазоном изменения частоты коммутации инвертора», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы полностью отвечает требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», утвержденного приказом ректора Санкт-Петербургского горного университета Екатерины II от 20.05.2021 № 953 адм, а ее автор Нгуен Тхе Хиен заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы.

Официальный оппонент

Заведующий кафедрой автоматизированного электропривода и робототехники ЛГТУ
д.т.н, профессор, специальность 05.09.03 Электротехнические комплексы и системы

Мещеряков Виктор Николаевич

Подпись ФИО оппонента заверяю
М.П.



Подпись удостоверяю

Е.С. Чумаков
16.05.2025

Сведения об официальном оппоненте:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Липецкий государственный технический университет»

Почтовый адрес: 398055, Россия, г. Липецк, ул. Московская, д. 30, к2-367

Официальный сайт в сети Интернет:

эл. почта: mesherek@yandex.ru

телефон: +7 (4742) 328-056

