

В диссертационный совет Д 212.173.04,
на базе ФГБОУ ВО «Новосибирский
государственный технический университет»
630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20

ОТЗЫВ

официального оппонента к.т.н., Плотникова Юрия Валерьевича на диссертационную работу Вислогузова Дениса Петровича «Алгоритмы управления частотно-регулируемыми электроприводами с функцией резервного электропитания от сети постоянного тока», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы

1. Структура и объем диссертации

Диссертационная работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Новосибирский государственный технический университет». Состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы и 4 приложений. Общий объем работы – 133 стр. основного текста, 79 рисунков, 5 таблиц и библиографический список из 68 наименований.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, отражено современное состояние проблемы, сформулированы цель диссертационной работы и задачи для ее достижения, определены объект и предмет исследования, сформулированы научная новизна и основные результаты, выносимые на защиту, указана практическая значимость результатов работы, приведена информация по апробации работы и публикациям.

Первая глава посвящена вопросам резервирования частотно-регулируемого электропривода (ЧРЭП) и его источников электропитания.

Рассмотрены основные способы резервирования ЧРЭП и способы оптимизации каждой из представленной систем с точки зрения энергетических или эксплуатационных затрат.

Представлены различные решения и функциональные схемы ЧРЭП двойного электропитания, работающие с различной степенью готовности резервного элемента. Сформулированы основные требования, предъявляемые к ЧРЭП с функцией резервного электропитания от сети постоянного тока, работающим на ответственных и автономных объектах.

Предложена функциональная схема ЧРЭП двойного электропитания, имеющая минимальные массогабаритные показатели. Разработанная схема ЧРЭП двойного электропитания имеет в своем составе промежуточный преобразователь постоянного тока (ППТ), который необходим для стабилизации напряжения звена постоянного тока ЧРЭП при питании от резервной сети, параметры которой варьируются в процессе работы.

Представлены решения по реализации ЧРЭП двойного электропитания, работающего по принципу «горячего» резервирования с применением двунаправленного гальванически развязанного ППТ и «теплого» резервирования с применением повышающего ППТ.

Вторая глава посвящена разработке и исследованию ЧРЭП с функцией питания от сети постоянного тока, работающего по принципу «горячего» резервирования с замещением.

Подробно рассмотрена силовая схема, описание и принципы работы двунаправленного гальванически развязанного ППТ. Приведено математическое описание и выражения регулировочных характеристик выходного тока и мощности ППТ, подробно представлен синтез его системы управления. Представлено описание разработанного макетного образца ЧРЭП двойного электропитания с двунаправленным гальванически развязанным ППТ.

Предложен алгоритм работы ЧРЭП двойного электропитания, работающего по принципу «горячего» резервирования. Приведен сравнительный анализ переходных процессов ЧРЭП двойного электропитания при переключениях источника питания, полученных в результате цифрового моделирования и натуральных экспериментов.

Глава третья посвящена разработке и исследованию ЧРЭП с функцией питания от сети постоянного тока, работающего по принципу «теплого» резервирования с замещением.

Представлена силовая схема и подробно описан принцип работы повышающего ППТ. Приведены выражения регулировочных характеристик выходного тока и мощности повышающего ППТ, а также представлены их эпюры при различных входных напряжениях.

Предложен безударный рекуперативный алгоритм работы ЧРЭП двойного электропитания, обеспечивающий принцип «теплого» резервирования с замещением. Проведен сравнительный анализ переходных процессов ЧРЭП двойного электропитания, полученных методом численного моделирования и натуральных экспериментов. Натурный эксперимент

проводился на макетном образце с помощью разработанного испытательного стенда, работа которого подробно описана в диссертации.

Глава четвертая посвящена вопросам устойчивости работы ППТ при изменении внутренних параметров резервной сети постоянного тока.

Представлена эквивалентная схема замещения, согласно которой были получены математические соотношения параметров, влияющих на устойчивость ППТ. Предложен алгоритм динамической коррекции, позволяющий скомпенсировать изменения внутренних параметров системы. Представлены переходные процессы работы алгоритма динамической коррекции, полученные с помощью цифровых моделей.

В заключении представлены основные результаты диссертационного исследования.

В приложениях приведены параметры, расчеты и схемы цифровых моделей, исследуемых ЧРЭП двойного электропитания. А также, содержатся акты внедрения результатов проделанной работы, как для учебного процесса ФГБОУ ВО «НГТУ», так и для промышленного предприятия.

По теме диссертационной работы опубликованы 14 печатных работ, 2 из которых – в центральных журналах, рекомендованных списком ВАК, 3 – в трудах научных конференций, индексируемых в наукометрических базах Web of Science, Scopus, IEEE, 9 – в материалах и трудах Всероссийских и международных научных конференций.

2. Актуальность темы диссертации и ее связь с общественными (государственными) программами

Применение преобразователей частоты во многих производственных процессах позволяет существенно сократить затраты на электроэнергию, благодаря чему снижается себестоимость производимой единицы продукции. Кроме того, большинство технологических процессов требуют параметрической регулировки, в частности, регулирования скорости вращения вала приводного электродвигателя.

Сегодня все больше государственных программ направлено на освоение территории крайнего севера, которая богата полезными природными ископаемыми. Основная проблема освоения данной территории – это отсутствие централизованного энергоснабжения. Как правило, в регионах крайнего севера питание промышленного оборудования организовано от собственных миниэлектростанций с помощью газопоршневых или дизельных генераторов, которые имеют низкую надежность и как следствие перебои в работе системы.

В последнее время наибольший общественный интерес направлен на освоение альтернативных источников энергии к которым относятся ветроэнергетика, гелиоэнергетика, альтернативная гидроэнергетика, геотермальная энергетика и др. Один из ключевых недостатков данных источников – это варьирование поступающей мощности в зависимости от времени суток или погодных условий. Как правило, для накопления электроэнергии от альтернативного источника используют аккумуляторные батареи.

Исходя из выше сказано, можно сделать вывод, что проблематика частотно-регулируемых электроприводов, устойчивых к кратковременным и длительным сбоям электропитания, является актуальной темой. Наибольший интерес вызывает возможность применения ЧРЭП на ответственных и автономных объектах.

3. Соответствие диссертации и автореферата паспорту специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы»

Материалы диссертации и автореферата соответствуют специальности 05.09.03 по техническим наукам.

4. Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации

Автореферат полностью отражает основное содержание диссертации.

5. Методология и методы исследования

Проведенные исследования основывались на общих положениях теории электропривода, силовой электроники, электрических машин, теории автоматического управления, численном моделировании, натурных экспериментах. Компьютерное моделирование осуществлялись с использованием комплекса программ Matlab/Simulink.

6. Степень обоснованности и достоверности полученных научных положений

Обоснованность и достоверность научных результатов, выводов и решений, полученных в диссертации, обусловлена корректным использованием фундаментальных положений теории электропривода, силовой электроники, теории автоматического управления, планированием и проведением экспериментов, корректностью принятых допущений при

постановке задач исследования. Подтверждена обсуждением результатов исследования на 3-х всероссийских и 9-ти международных научно-технических конференциях.

Достоверность, представленных в диссертационной работе научных положений выводов, подтверждается путем цифрового моделирования и экспериментального исследования разработанного ЧРЭП с функцией питания от сети постоянного тока. Степень обоснованности и достоверности высокая.

7. Уровень новизны научных положений, выводов и рекомендаций

На основе анализа, систематизации и обобщения научных достижений в таких областях как теория электропривода, теория автоматического управления, силовая и промышленная электроника предложен новый подход к построению частотно-регулируемого электропривода. Диссертационная работа характеризуется следующими основными научными результатами.

1. Разработано схемотехническое решение построения ЧРЭП с резервным электропитанием с применением промежуточного преобразователя постоянного тока в постоянный. Предложенное решение выбрано по критерию минимизации массогабаритных параметров.

2. Разработан алгоритм управления двунаправленным преобразователем постоянного тока в постоянный, который способен компенсировать влияние тока подмагничивания трансформатора на выходные характеристики электромеханической системы. Отличительной особенностью применения данного алгоритма, является возможность реализовать работу ЧРЭП двойного электропитания без существенной потери выходной производительности при переключениях источников питания.

3. Разработан безударный рекуперативный алгоритм управления ЧРЭП двойного электропитания с применением повышающего ППТ. Безударный рекуперативный алгоритм имеет в своей основе классический алгоритм векторного управления, однако отличается от него тем, что позволяет принудительно поддерживать магнитное состояние электродвигателя, совместно с его принудительным переводом в генераторный режим работы. Это позволяет не допускать остановок электродвигателя при переходе с основной сети на резервную и обратно.

4. Получены математические соотношения параметров источника резервного питания, определяющие границы устойчивости ЭП в целом. Разработан алгоритм динамической коррекции, который позволяет в текущем

режиме функционирования ЭП стабилизировать его работу при любых соотношениях параметров источника питания.

Следует отметить, что полученные результаты являются новыми.

8. Ценность результатов исследования для науки и практики

1. Разработанные математические модели ЧРЭП с функцией питания от сети постоянного тока могут быть использованы при исследовании динамических процессов, протекающих в силовых преобразователях и электродвигателях при нестабильности или исчезновении питающей сети, а также в учебном процессе для обучения студентов по направлению 13.04.02 – «Электроэнергетика и электротехника», по дисциплине «Автоматическое управление системами мехатроники».

2. Разработанные алгоритмы и функциональные схемы ЧРЭП двойного электропитания, которые существенно повышают надежность и обеспечивают переключение питающей сети без потери производительности или остановки механизма, могут быть применены в электроприводах, работающих на ответственных и автономных объектах.

Научный и практический уровень диссертации характеризуется как высокий.

9. Дискуссионные положения и замечания по диссертации и автореферату

По диссертации и автореферату имеются следующие вопросы и замечания:

1. В работе представлен подробный обзор принципов резервирования для частотно-регулируемого электропривода. Однако в диссертации отсутствует обзор литературы по вопросам построения систем автоматического управления DC-DC преобразователем, а также сравнение разработанной САУ с существующими решениями, что, безусловно, затрудняет обоснование научной новизны полученных алгоритмов управления. Известно, что много исследований, в особенности за рубежом, посвящено разработке и исследованию систем автоматического управления для DC-DC преобразователей различного типа. Среди известных зарубежных авторов можно выделить Marian K. Kazimierczuk, Petar J. Grbović и др. В чем преимущества и недостатки предложенной системы управления по сравнению с решениями других авторов?
2. Серийные преобразователи частоты известных зарубежных фирм имеют функцию, описание которой похоже на работу «рекуперативного» алгоритма, представленного в диссертации. Так, например, в

преобразователях частоты АВВ серии ACS800 реализована «функция поддержки управления при отключении питания», подобные решения присутствуют также и у других производителей. В связи с этим, необходимо пояснить, в чем заключаются отличия предложенного «рекуперативного» алгоритма от существующих решений?

3. При построении системы управления в работе не сформулированы требования к САУ, за исключением необходимого времени перехода с основной сети на резервную. Означает ли это, что другие требования по качеству и точности регулирования к системе управления двунаправленного DC-DC преобразователя не предъявляются?
4. Из автореферата и диссертации не ясно как выбираются значения отрицательного задания на ток i_{sq} и уставки времени t_{ref} при работе векторной системы управления в режиме «рекуперативного» алгоритма? Возможно ли подобрать такое значение задания на ток, чтобы напряжение в звене постоянного тока поддерживалось постоянным, что позволило бы исключить переключение с нулевого на отрицательное задание для снижения динамических нагрузок на механическую передачу?
5. Каким образом контролируется и ограничивается напряжение на аккумуляторной батарее при отсутствии соответствующего контура? И как определить уровень заряда и разряда аккумуляторной батареи (или блока конденсаторов), а также осуществлять ее предварительный заряд?
6. Исходя из каких соображений было выбрано номинальное напряжение аккумуляторной батареи и какое влияние оно оказывает на параметры элементов силовой части DC-DC преобразователя? И учитывалась ли стоимость DC-DC преобразователя при выборе рациональной схемы силовых цепей резервного источника питания?
7. В тексте диссертационной работы в некоторых случаях используется не стандартная терминология, например, «кратковременными пропажами питающей сети» стр. 8, 73, 78, что немного затрудняет восприятие работы. Вместо этого целесообразнее было бы использовать определения из ГОСТ 32144-2013 – «прерывание» или «провал» питающего напряжения.

1. Соответствие диссертации требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013г. №842

Диссертация является научно-квалификационной работой, написанной единолично, в которой содержится решение научно-технической задачи по

разработке частотно-регулируемого электропривода с функцией резервного электропитания от сети постоянного тока. В работе изложены авторские оригинальные схемотехнические и алгоритмические решения построения ЧРЭП двойного электропитания. Диссертационная работа содержит совокупность выносимых автором на защиту новых научных результатов и положений, имеющих существенное значение для развития страны. Основные научные результаты диссертации опубликованы в соответствии с требованиями ВАК РФ, доложены и обсуждались на конференциях всероссийского и международного уровня. Заимствованного материала без ссылок на автора и первоисточники не обнаружено.

Диссертация имеет внутреннее единство и свидетельствует о личном вкладе автора в науку. Диссертационная работа «Алгоритмы управления частотно-регулируемыми электроприводами с функцией резервного электропитания от сети постоянного тока» соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а именно пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденное Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 №842 (ред. от 01.10.2018).

2. Общее заключение

Представленная диссертационная работа Д.П. Вислогузова является самостоятельной, законченной научно-квалифицированной работой, обладающей признаками актуальности, новизны и практической значимости. В ней решена важная задача – разработаны и практически исследованы структуры частотно-регулируемых электроприводов с функцией резервного электропитания от сети постоянного тока, позволяющие повысить отказоустойчивость при их применении на автономных и ответственных объектах.

Содержание диссертации соответствует ее названию и поставленным задачам. Результаты исследований представлены в общепринятой для таких работ форме: графиков переходных процессов, осциллограмм и таблиц. Основные выводы и заключения сформулированы достаточно полно и отражают суть полученных результатов исследования.

Основные научные результаты диссертации достаточно широко опубликованы. По диссертации имеется 14 печатных работ, 2 из которых – в центральных журналах, рекомендованных списком ВАК. Результаты доложены и обсуждены на конференциях всероссийского и международного уровня и с этих позиций соответствуют требованиям ВАК, предъявляемым к

кандидатским диссертациям. Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации.

Диссертация полностью соответствует требованиям **«Положения о порядке присуждения ученых степеней»**, предъявляемым к квалификационным работам на соискание ученой степени кандидата наук.

Выполненные исследования оцениваются как высокие. Вислогузов Денис Петрович является сформировавшимся ученым и заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы».

Официальный оппонент:

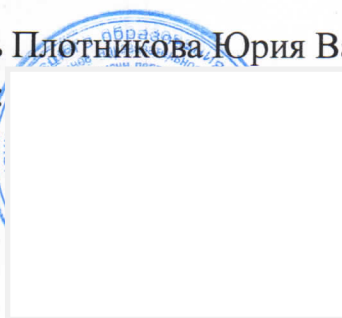
кандидат технических наук, доцент
кафедры «Электропривод и автоматизация
промышленных установок», ФГАОУ ВО
«Уральский федеральный университет
имени первого Президента
России Б.Н. Ельцина»,
тел. +7 (343) 375-46-46
Адрес: 620002, Екатеринбург,
ул. Мира, 19,
Аудитория: Э-205
E-mail: yu.v.plotnikov@urfu.ru

Плотников
Юрий Валерьевич





15.03.19

Подпись Плотникова Юрия Валерьевича
заверяю:



К
АБИНЕТ ПЕРСОНАЛА
ПЛОТНИКОВА

Отзыв получен 22.03.2019  / Давыдов М.А.

С отзывом ознакомлен 15.03.2019  / Вислогузов Д.П.