

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
ФГБОУ ВО «Омский государственный
технический университет»
кандидат

Б.Д. Женатов
« 26 » марта 2019 г.

О Т З Ы В

ведущей организации – Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Омский государственный технический университет» на диссертационную работу Вислогузова Дениса Петровича «Алгоритмы управления частотно-регулируемыми электроприводами с функцией резервного электропитания от сети постоянного тока», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы

1. Структура и объем диссертационной работы

Диссертационная работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» (НГТУ). Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка из 68 источников и приложений. Работа изложена на 133 страницах машинописного текста, который поясняется 79 рисунками и 5 таблицами. Автореферат отражает основное содержание диссертации.

2. Анализ содержания диссертационной работы

Во введении приведено обоснование актуальности темы диссертационной работы, рассмотрена проблематика электропитания автономных и ответственных объектов электротехники, сформулированы цель и задачи исследования, определены объект и предмет исследования, сформулированы научная новизна и практическая значимость диссертационной работы, представлены основные положения, выносимые на защиту, приведена информация по апробации работы и публикациям.

В первой главе приведены и проанализированы способы резервирования источников питания в электроприводах (ЭП) переменного тока. На основе анализа технико-экономических показателей существующих вариантов резервного электропитания, разработана силовая схема ЭП с функцией питания, как от основной сети переменного тока, так и от резервной сети постоянного тока с применением промежуточного преобразователя постоянного тока в постоянный (ППТ).

Во второй главе разработана и исследована структура ЭП с гальванически развязанным двунаправленным ППТ. Подобная структура ЭП позволяет реализовать принцип горячего резервирования с замещением. Представлено математическое описание двунаправленного ППТ, разработан метод структурно-параметрического синтеза его контуров регулирования. Представлены результаты цифрового моделирования и натурного эксперимента, подтверждающие как результаты синтеза, так и поставленные в диссертационной работе требования к системе ЭП.

В третьей главе разработана и исследована структура ЭП с повышающим ППТ. Подобная структура ЭП позволяет реализовать принцип теплого резервирования с замещением. Представлено математическое описание повышающего ППТ, приведен структурно-параметрический синтез его контуров регулирования. Разработан безударный рекуперативный алгоритм, позволяющий на время переключения источников электропитания максимально продлить работу технологического оборудования в составе автономного электротехнического комплекса. Представлены результаты цифрового моделирования и натурного эксперимента, подтверждающие как результаты синтеза, так и поставленные в диссертационной работе требования к системе ЭП.

В четвертой главе рассматриваются вопросы устойчивости системы ЭП с ППТ при вариациях параметров источника питания постоянного тока. Разработан и исследован алгоритм динамической коррекции электротехнического комплекса двой-

ного электропитания, обеспечивающий устойчивую работу ППТ при любых значениях, как входного напряжения, так и нагрузок на валу электродвигателя. Представленные результаты цифрового моделирования подтверждают принятые научно-технические решения.

В заключении сформулированы основные научные и практические результаты работы.

В приложении представлены расчет параметров систем управления ЭП, работающих по принципам горячего и теплого резервирования, структуры цифровых моделей разработанных алгоритмов управления ЭП переменного тока, акты внедрения результатов работы.

3. Актуальность темы диссертационной работы, ее соответствие паспорту специальности и ее связь с общественными (государственными) программами

Для автономных и ответственных электротехнических объектов актуальной является задача максимального продления их работы при возникновении аварийных и нештатных ситуаций. Одной из главных причин аварийной остановки электроприводов является сбой (нарушения) в их системе электропитания. Следовательно, для повышения надежности рассматриваемых электротехнических комплексов, необходимо применять подходы к резервированию системы их электроснабжения.

Наиболее рациональным выглядит способ резервирования сети переменного тока частотно-регулируемых электроприводов (ЧРЭП) за счет введения в силовую структуру аккумуляторных накопителей постоянного тока. Энергия постоянного тока может, при минимальных технико-экономических затратах, быть согласована с энергией запасенной в промежуточном звене постоянного тока преобразователя частоты (ПЧ). При этом такое согласование обязательно должно осуществляться с помощью отдельных преобразователей постоянного тока в постоянный.

На сегодняшний день, как в отечественной, так и зарубежной литературе не достаточно освещен вопрос синтеза систем управления электроприводами переменного тока с функцией питания от сети постоянного тока. Не приводятся структуры и расчетные соотношения для замкнутых контуров регулирования преобразователей постоянного тока в постоянный, не достаточно исследовано влияние режимов работы и параметров таких преобразователей на систему электропривода в целом.

Данная диссертационная работа, как раз и призвана устранить существующие пробелы в теоретических и практических вопросах построения систем управления электроприводами переменного тока с резервным электропитанием.

Материалы представленной диссертации и автореферата соответствуют специальности 05.09.03 по техническим наукам.

4. Реализация и внедрение результатов работы

Разработанные в ходе выполнения диссертационной работы алгоритмы управления электроприводами переменного тока с функцией резервного электропитания, приняты к внедрению в преобразователях частоты двойного электропитания (от сети переменного и постоянного тока) производства ЗАО «ЭРАСИБ» (г. Новосибирск).

Результаты исследований используются в учебном процессе НГТУ при подготовке студентов по направлению магистратуры 13.04.02 – «Электроэнергетика и электротехника» при изучении дисциплины «Автоматическое управление системами мехатроники».

5. Методы исследований

Для решения поставленных задач используются методы современной теории автоматического управления (метод разделения движений в многоконтурных САУ), положения теории ЭП, аналитические методы расчета, основанные на применении аппарата дифференциальных уравнений и передаточных функций. Проверка работоспособности разработанных алгоритмов осуществляется методами цифрового моделирования в прикладном пакете программ Matlab/Simulink и натурными экспериментами.

6. Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации

Автореферат полностью отражает основное содержание диссертации.

7. Научная новизна работы и достоверность выполненных исследований

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

1. Предложены силовые схемы ЧРЭП переменного тока с резервным электро-

питанием с применением промежуточных преобразователей постоянного тока в постоянный. Разработанные структуры ЧРЭП обеспечивают снижение массогабаритных показателей электромеханической системы в сравнении с известными.

2. Разработан алгоритм управления двунаправленным гальванически развязанным преобразователем постоянного тока в постоянный. Алгоритм, в сравнении с известными, обеспечивает переход нагрузки (электродвигателя) с основной сети на резервную и обратно за время, не превышающее одного периода питающей сети переменного тока (20 мс), а также, компенсирует влияние тока подмагничивания трансформатора на выходные характеристики ППТ.

3. Разработан новый алгоритм управления ЧРЭП переменного тока, в составе системы двойного электропитания с повышающим ППТ. Предложенный безударный рекуперативный алгоритм целенаправленно поддерживает магнитное состояние электрической машины, при исчезновении основной сети переменного тока, совместно с принудительным переводом двигателя в генераторный режим работы, что существенно отличает его от классического алгоритма векторного управления. Разработанный алгоритм реализует функцию безостановочной работы электродвигателя при переходе с основной сети на резервную и обратно.

4. Изучены вопросы устойчивости системы управления ППТ в зависимости от внутренних параметров источника питания постоянного тока. Получены соотношения параметров источника питания постоянного тока, определяющие границы устойчивости ЭП в целом. Разработан алгоритм динамической коррекции, обладающий новизной благодаря тому, что позволяет в текущем режиме функционирования ЭП стабилизировать его работу при любых соотношениях параметров источника питания.

8. Практическая значимость исследований

Разработанные в рамках диссертации алгоритмические и технические решения построения ЭП переменного тока двойного электропитания от сетей переменного и постоянного тока с промежуточными преобразователями позволят существенно повысить работоспособность систем, функционирующих на ответственных и автоном-

ных объектах, продлить время выполнения технологического процесса при нештатных ситуациях.

Разработанные алгоритмы управления ЭП на основе принципов горячего и теплового резервирования с замещением позволяют использовать современные ПЧ в технологических процессах, где необходимо обеспечить бесперебойную работу оборудования без существенной просадки производительности.

Предлагаемые решения построения ЭП двойного электропитания разработаны с учетом минимизации массогабаритных показателей, что существенно с технико-экономической точки зрения, а также является главным условием их применения на подвижных объектах. Разработанные алгоритмические решения и силовые схемы позволяют произвести адаптацию существующих ЭП переменного тока к работе в составе автономных и ответственных электротехнических комплексов.

9. Публикации и апробация результатов диссертационной работы

Основные результаты выполненного исследования полностью изложены в 14 научных работах, из них 2 в периодических изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 3 работы в изданиях, входящих в международные системы цитирования Scopus и Web of Science, 9 докладов на Всероссийских и Международных конференциях.

Материалы работы докладывались и обсуждались на:

1. Всероссийской научной конференции молодых ученых «Наука. Технологии. Инновации» (г. Новосибирск, 2012 г., 2013 г.);
2. Международной научной студенческой конференции МНСК (г. Новосибирск, 2013 г., 2014 г.);
3. Новосибирской межвузовской научной студенческой конференции «Интеллектуальный потенциал Сибири» (г. Новосибирск, 2013 г.);
4. Всероссийской научно-технической конференции «Энергетика: Эффективность, Надежность, Безопасность» (г. Томск, 2013 г.);
5. Научной студенческой конференции (итоги научной работы студентов за 2013-2014 гг.) (г. Новосибирск, 2014 г.);
6. Международной конференции молодых специалистов по микро/нанотехнологиям и электронным устройствам (EDM) (Алтай, 2014 г., 2018 г.);
7. IX Международной (XX Всероссийской) конференции по автоматизирован-

ному электроприводу (АЭП-2016) (г. Пермь, 2016 г.);

8. Международной научно-технической конференции «Электроприводы переменного тока» (ЭППТ) (г. Екатеринбург, 2018 г.)

10. Значимость полученных автором диссертации результатов для науки и производства

Значимость результатов исследований для науки заключается в том, что разработанные алгоритмы управления развивают теорию систем управления электроприводами специального назначения, позволяют проектировать новые эффективные структуры электроприводов с резервным электропитанием.

Практическая значимость состоит в создании нового класса частотно-регулируемых электроприводов, способных работать как от сети переменного тока, так и от сети постоянного тока. Что, несомненно, положительным образом скажется на надежности работы и сроке службы ответственных автономных технологических установок.

11. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы

Считаем целесообразным продолжить работу по проектированию новых эффективных алгоритмов управления ЭП для автономных ответственных механизмов и технологических процессов. В частности, перспективным направлением для исследования может стать функция автоматической подзарядки аккумуляторных батарей при работе ЭП от основной сети переменного тока. Разработанные алгоритмические решения, как нам видится, позволяют с минимальными экономическими затратами адаптироваться к существующим системам частотно-регулируемого ЭП. Полученные результаты и выводы диссертационной работы могут быть рекомендованы к использованию в ОАО «Научно-производственный центр «Полюс» (г. Томск), ПО «Полет» – филиал АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева» (г. Омск) и других предприятиях, занимающихся разработкой силового электрооборудования и систем автоматического управления для мобильных комплексов.

12. Общие замечания по диссертации и автореферату

1. В выводах по п. 2.2 говорится об обеспечении требуемой устойчивости и астатизма ППТ, хотя сами эти требования нигде в тексте диссертации не прописаны.

2. В диссертации не приводится диапазон регулирования рассматриваемого электропривода. Переходные процессы рассматриваются при начальной частоте вращения ротора близкой к номинальному значению, не ясно будет ли работоспособна система при регулировании частоты вращения вниз и до какого предела.

3. В разделе 2.4 приводятся исследования электропривода с СДПМ, а в разделе 3.2 рассматривается схема управления для АДКЗ, не понятна взаимосвязь проведенных исследований.

4. В диссертации не приводится энергетический анализ разрабатываемых электроприводов двойного электропитания, в частности каков КПД предложенных электромеханических систем?

5. Разработанные в диссертации алгоритмы управления электроприводами обладают научной новизной. На наш взгляд, автору следовало бы оформить заявки на патенты и свидетельства на объекты интеллектуальной собственности.

6. В диссертации не отражен экономический эффект от внедрения разработанных в работе алгоритмов управления.

13. Заключение

Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу на актуальную тему, в которой содержится решение задачи разработки и практического исследования алгоритмов и систем управления электроприводами переменного тока двойного электропитания (с возможностью питания, как от сети переменного тока, так и от сети постоянного тока). Новые научные результаты, полученные автором, имеют существенное значение для развития страны. Выводы и рекомендации достаточно обоснованы. Диссертационная работа «Алгоритмы управления частотно-регулируемыми электроприводами с функцией резервного электропитания от сети постоянного тока» выполнена на актуальную тему, имеет научную новизну и практическую значимость, 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).

Диссертация выполнена на высоком научном уровне. Вислогузов Денис Петрович является сформировавшимся ученым и заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы».

Отзыв составил заведующий кафедрой «Электрическая техника» ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет», д. т. н., профессор А.В. Бубнов.

Отзыв на диссертацию и автореферат обсужден и принят на заседании кафедры «Электрическая техника» ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет» 19 марта 2019 года, протокол № 10.

Заведующий кафедрой

Алексей Владимирович Бубнов

«Электрическая техника»

ФГБОУ ВО «Омский государственный
технический университет»,

доктор технических наук, профессор

тел. (3812) 65-31-65,

Адрес: 644050, г. Омск, пр. Мира, 11,

аудитории Г-133

E-mail: bubnov-av@bk.ru

Ученый секретарь кафедры

Лысенко Олег Александрович

«Электрическая техника»

ФГБОУ ВО «Омский государственный
технический университет»,

кандидат технических наук, доцент

тел. (3812) 65-31-65,

Адрес: 644050, г. Омск, пр. Мира, 11,

аудитории Г-134

E-mail: deolas@mail.ru

Под
Заве
Учен

Отзыв получен 26.03.2019 М.В. / Дыдыко М.И.

с отзывом ознакомлен 27.03.2019 В.В. / Вислогузов Д.П.