



С И Б И Р С К И Й
Ф Е Д Е Р А Л Ь Н Ы Й
У Н И В Е Р С И Т Е Т

S I B E R I A N
F E D E R A L
U N I V E R S I T Y

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский федеральный университет»

660041, Красноярский край,
г. Красноярск, проспект Свободный, д. 79
телефон: (391) 244-82-13, тел./факс: (391) 244-86-25
<http://www.sfu-kras.ru>, e-mail: office@sfu-kras.ru

ОКПО 02067876; ОГРН 1022402137460;
ИНН/КПП 2463011853/246301001

_____ № _____
на № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

ФГАОУ ВО «Сибирский

ситет»

_____ 2022 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу

Луфта Сергея Валерьевича «Система электропитания с повышенной энергетической эффективностью для гальванических производств», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы

1. Актуальность темы исследований

В современной промышленности гальванические покрытия используются повсеместно, так как они позволяют защитить обработанные детали от неблагоприятных внешних условий. Современные реалии предъявляют новые требования к гибкости и экологичности производства, из-за чего возрастают требования к системам электропитания гальванических установок, в частности, сегодня востребованы выпрямителя, параметры которых можно быстро адаптировать под текущие задачи. Точность задания выходных параметров системы электропитания способствует снижению выбросов вредных веществ, так как превышение оптимального значения тока в ванне увеличивает интенсивность выделения вредных веществ.

В связи с этим, растет спрос на энергоэффективные системы электропитания, позволяющие поддерживать высокое качество выходной электроэнергии в широком диапазоне нагрузок. В то же время высокий КПД системы позволяет снизить затраты электроэнергии на производство.

Диссертационная работа Луфта С.В. посвящена проблеме повышения энергетической эффективности выпрямителей для гальванических установок, построенных по модульному принципу, что, несомненно, является актуальной задачей.

2. Соответствие паспорту научной специальности.

Диссертационная работа соответствует следующим пунктам паспорта специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы»:

п.1 «Развитие общей теории электротехнических комплексов и систем, изучение системных свойств и связей, физическое, математическое, имитационное и компьютерное моделирование компонентов электротехнических комплексов и систем»;

п.3 «Разработка, структурный и параметрический синтез электротехнических комплексов и систем, их оптимизация, а также разработка алгоритмов эффективного управления»;

п.4 «Исследование работоспособности и качества функционирования электротехнических комплексов и систем в различных режимах, при разнообразных внешних воздействиях».

3. Структура и содержание диссертации

Структура и оформление диссертации и автореферата диссертации выполнены согласно требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений, списка из 132 использованных источников и двух приложений. Работа изложена на 141 странице машинописного текста, иллюстрируется 88 рисунками и двумя таблицами.

Во **введении** обоснована актуальность работы, сформулированы ее цель и задачи, новизна основных научных положений, а также представлена практическая значимость полученных результатов.

В **первой главе** проведен аналитический обзор структурных схем построения систем электропитания для гальванических производств, представленных в данный момент на рынке. Часть главы посвящена обзору способов равномерного распределения мощности между преобразователями напряжения. На основе аналитического обзора формируется концепция разрабатываемой системы электропитания.

Во **второй главе** описана работа преобразователя с фазовым управлением, методика расчета его параметров, а также синтез системы управления преобразователем и системой в целом. Предложенная методика комплексного расчета параметров преобразователя позволяет произвести расчет с учетом минимизации массы изделия. Разработанная математическая модель становится основой для программы расчета параметров преобразователя. Часть главы посвящена описанию особенностей использования цифрового интерфейса CAN для реализации равномерного распределения тока нагрузки между модулями в системе.

В **третьей главе** представлены результаты имитационного моделирования системы электропитания, а также выявлена ситуация с отклонением выходного напряжения после обрыва связи у одного из модулей. Далее предлагается расширить набор данных, передаваемых по шине CAN для решения возникшей проблемы.

В **четвертой главе** описывается физическая реализация модуля электропитания. Показано, что использование планарных магнитных элементов позволяет снизить габариты преобразователя, а также упростить отвод тепла от них. Для повышения энергоэффективности системы при малой выходной мощности предлагается реализовать алгоритм отключения части силовых модулей, для чего приводятся блок-схемы и описание работы системы электропитания при их реализации.

В заключении приведены основные выводы по результатам исследований.

4. Основные результаты и научная новизна

1) Предложена методика комплексного расчета основных параметров силовой схемы преобразователя с фазовым управлением для минимизации массы изделия за счёт снижения массы моточных элементов, и на ее основе написана программа для автоматизированного расчета;

2) Разработана система управления преобразователями, входящими в состав системы электропитания, позволяющая устранить статическую ошибку в выходном напряжении после аварийных режимов работы;

3) Предложен алгоритм управления системой электропитания, позволяющий повысить качество выходной энергии при малой выходной мощности.

4) Разработана ячейка электропитания для гальванической установки с улучшенными массогабаритными показателями.

5. Теоретическая и практическая значимость

Теоретическая значимость работы состоит в том, что для проверки корректности расчетных соотношений для различных конфигураций схем преобразователя с фазовым управлением синтезированы имитационные модели; разработан алгоритм управления системой электропитания гальванической установки, улучшающий энергетические показатели системы в области малой выходной мощности; предложена система управления преобразователем с нулевой статической ошибкой в выходном напряжении после выхода из аварийного режима работы.

Алгоритмы управления системой электропитания для гальванических установок на базе параллельного включения преобразователей напряжения, разработанные в ходе проведения диссертационного исследования дают теоретическую основу для проектирования систем электропитания повышенной энергетической эффективности и уже нашли применение в

опытно-конструкторских работах ООО «Интмаш», о чем свидетельствует акт о внедрении результатов работы, представленный в приложении к диссертации.

6. Замечания по диссертационной работе

1. Глава 1 выглядит излишне объёмной, при этом, несмотря на объёмность, она не содержит чётко сформулированных требований к системам электропитания гальванических производств, в частности, требований к равномерности распределения токовых нагрузок для систем с параллельным включением преобразователей напряжения. В связи с этим не ясно, насколько удовлетворительной является достигнутая точность распределения токовых нагрузок в 12%.

2. В названии и цели работы заявляется о повышенной энергетической эффективности разрабатываемых и исследуемых систем электропитания, однако в диссертации отсутствует сравнение энергетических показателей разрабатываемых и существующих систем электропитания.

3. В работе используется аппарат передаточных функций и логарифмических частотных характеристик, однако отсутствует обоснование корректности его применения для исследуемых систем, характер которых явно отличается от линейных непрерывных систем, на которые ориентирован данный математический аппарат.

4. На стр. 80 и 84 оценивается быстродействие синтезированных регуляторов, при этом время достижения установившегося режима оценивается по уровню выходной величины в 0,9 от установившегося значения, тогда как в теории автоматического регулирования принято считать, что время установления апериодического переходного процесса составляет 3-4 постоянных времени или достижения значения выходной величины 0,96-0,97 от установившегося значения.

5. В диссертации используются терминологически неточные выражения: «передаточные функции преобразователя от сигнала управления к выходному напряжению и от сигнала управления к току индуктивности», «регулятор по току, по напряжению» и др.

7. Заключение

Диссертация Луфта Сергея Валерьевича является завершенной научно-квалификационной работой, в которой на основании проведенных автором исследований представлено решение актуальной задачи по повышению энергетической эффективности систем электропитания гальванических установок.

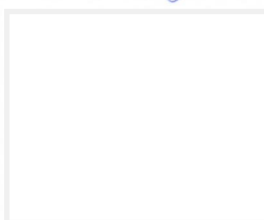
Содержание диссертационной работы отражает основные идеи работы, раскрывает ее научную и практическую значимость, достаточно полно опубликовано в 9 печатных работах, включая 2 публикации в ведущих журналах из Перечня ВАК, 7 публикаций в научных изданиях, индексируемых базами Scopus и/или Web of Science, а также получено 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Содержание автореферата соответствует основным положениям диссертации.

Диссертация Луфта Сергея Валерьевича «Система электропитания с повышенной энергетической эффективностью для гальванических производств» соответствует требованиям, предъявляемым п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842, а ее автор, Луфт Сергей Валерьевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы».

Отзыв на диссертацию и автореферат обсужден на заседании научного семинара кафедры «Электроэнергетика» 29 июня 2022 г. протокол № 10.

Заведующий кафедрой
«Электроэнергетика»
д-р техн. наук, профессор



Отзыв на диссертацию и автореферат
отзывом одобрен 11.08.2022
Луфт С.В.1

Василий Иванович Пантелеев