

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента к.т.н. Осипова Александра Владимировича 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 диссертационного исследования**

Активное применение гальванических покрытий в авиационной, радиотехнической, автомобильной, приборостроительной и электронной промышленности требует обратить внимание на проблему повышения энергоэффективности преобразователей, питающих гальванические ванны. В частности к преобразователям предъявляются требования уменьшения массы, пульсаций выходного тока, повышения КПД, обеспечения режимов мягкой коммутации транзисторов, равномерного распределения токов между параллельно включенными преобразователями напряжения. С этой точки зрения актуальность диссертационной работы С.В. Луфта, посвященной исследованию и разработке энергоэффективных многоканальных преобразователей для гальванических производств не вызывает сомнений.

### **2. Научная новизна диссертационной работы**

В процессе выполнения диссертационной работы автором получены следующие результаты, обладающие научной новизной:

- 1) методика комплексного расчета основных параметров силовой схемы преобразователя с фазовым управлением по критерию минимизации массымоточных элементов;
- 2) анализ аварийных режимов работы системы электропитания с позиций возникновения статической ошибки в выходном напряжении и способ ее устранения;
- 3) имитационные модели для верификации расчетных соотношений, полученных для преобразователя с фазовым управлением;
- 4) алгоритм управления системой электропитания гальванической установки, улучшающий энергетические показатели системы при малой выходной мощности.

### **3. Практическая ценность диссертационной работы**

Практическая ценность диссертационной работы состоит в следующем:

- 1) разработана программа комплексного расчета основных параметров преобразователя с фазовым управлением;
- 2) разработана система управления многоканальным преобразователем, позволяющая устранить статическую ошибку выходного напряжения в аварийных режимах работы;
- 3) разработана ячейка электропитания для гальванической установки с улучшенными массогабаритными показателями.

Результаты диссертационного исследования автора внедрены в проектную деятельность ООО «Интеллектуальные машины» и используются при реализации выпрямительного модуля системы электропитания гальванической установки, что подтверждается актом внедрения.

### **4. Степень обоснованности и достоверность научных результатов и выводов**

Достоверность полученных результатов подтверждается данными моделирования, физического эксперимента и согласуется с основными положениями и законами электротехники. Методы исследования соответствуют поставленным задачам. Анализ и расчет электрических параметров системы электропитания выполнен с применением разработанных автором математических моделей. Таким образом, представленные научные результаты обоснованы и не вызывают сомнений.

### **5. Объем и содержание диссертационной работы**

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 темы исследований, сформулированы цель и задачи диссертационной работы, показана научная новизна и практическая ценность, приведены сведения об апробации, публикациях, личном вкладе автора.

*В первой главе* приведен анализ структур построения систем электропитания для гальванических производств, который показал, что наиболее эффективным является мостовой преобразователь с фазовым управлением. При этом в большинстве случаев увеличение суммарной выходной мощности достигается путем параллельного включения нескольких модулей.

*Вторая глава* посвящена исследованию работы преобразователя с фазовым управлением и синтезу системы управления преобразователем. Предложен алгоритм комплексного расчета параметров преобразователя, который позволяет вычислить значения его элементов, обеспечивающие минимизацию общей массы. Предложена реализация системы управления параллельно включенными преобразователями, которая позволяет добиться высокой точности распределения токов между модулями и стабильности выходного напряжения при переходных процессах.

*В третьей главе* представлены результаты имитационного моделирования многоканальной системы электропитания на основе преобразователей с фазовым регулированием, которая подтверждает эффективность предложенных алгоритмов и рассчитанных контуров обратной связи. Проведено имитационное моделирование аварийных режимов, показано возникновение статической ошибки в выходном напряжении при обрыве связи одного из модулей системы, предложен способ устранения статической ошибки, основанный на введении коррекции в интегральную составляющую регулятора распределения тока.

*В четвертой главе* представлены результаты практической реализации экспериментального образца модуля электропитания для гальванической установки. Предложен алгоритм управления, основанный на отключении ячеек при малой выходной мощности системы, что позволяет повысить КПД преобразования. Реализованный модуль электропитания позволяет построить систему, обладающую лучшими энергетическими показателями.

*В заключении* приводятся основные выводы и результаты, полученные в диссертационной работе.

Автореферат диссертации соответствует ее содержанию, отражает выносимые на защиту положения, актуальность, научную новизну, содержит основные результаты работы.

## **6. Публикации и апробация результатов работы**

Основные результаты исследования представлены в 10 публикациях, среди которых: 2 статьи в журналах, рекомендованных ВАК, 1 свидетельство о государственной регистрации программы, результаты обсуждались на 7 международных конференциях, индексируемых в базе Scopus.

## **7. Замечания по диссертационной работе**

По диссертации необходимо сделать несколько замечаний:

1) Недостаточно исследована нагрузка и, соответственно не в полном объеме сформулированы требования, предъявляемые технологическим процессом к преобразователю. В частности, не ясен диапазон изменения нагрузки и режим, который должен обеспечить преобразователь (стабилизация тока, стабилизация напряжения и т.д.)

2) Показано, что фактическая скважность выходного напряжения отличается от скважности, задаваемой импульсами управления, см. стр. 59. Как это учитывается при синтезе системы управления? В частности, в предлагаемых моделях и алгоритмах?

3) Очевидно, выходной выпрямитель существенно влияет на КПД преобразователя, однако в работе не сказано, каким образом формируется управление транзисторами синхронного выпрямителя?

4) Ряд некорректных выражений, например: «период резонанса», «момент достижения первого пика напряжения» (стр. 69)

5) В описании функционирования схемы преобразователя напряжения с фазовым сдвигом допущены ошибки в обозначении интервалов работы на рисунке 2.1.

Указанные замечания не снижают высокий уровень диссертационной работы и значимость полученных результатов.

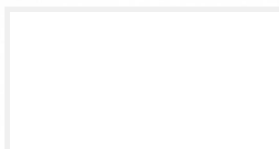
## **8. Заключение по диссертационной работе**

Диссертация Луфта С.В. «Система электропитания с повышенной энергетической эффективностью для гальванических производств» является законченной научно-квалификационной работой, содержащей решение актуальной задачи – повышения энергоэффективности источников питания для гальванических производств. По своей актуальности, научной новизне,

объему выполненных исследований, практической и теоретической значимости диссертационная работа соответствует требованиям, предъявляемым п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор Луфт Сергей Валерьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы».

Официальный оппонент,

Доцент кафедры промышленной электроники  
Федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Томский государственный университет систем  
управления и радиоэлектроники», кандидат  
технических наук (специальность - 05.09.12)

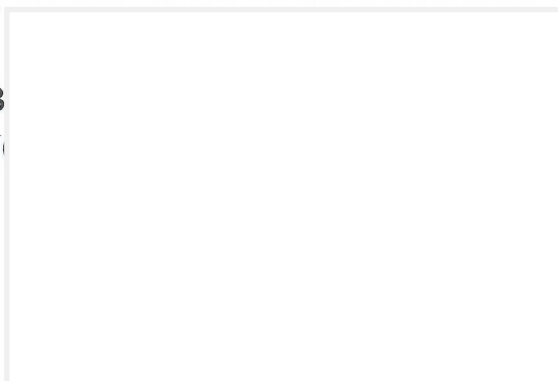


Осипов Александр Владимирович

« 1 » 07 2022 г.

Адрес: Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 40  
ФГБОУ ВО «Томский государственный университет систем  
управления и радиоэлектроники»  
Тел.: +7 (3822) 51-05-30, +7 (3822) 41-44-59  
E-mail: ossan@mail.ru

Подпись Осипова А.В.  
Ученый секретарь ТУ



\_\_\_ / Е.В. Прокопчук /

\_\_\_ 07 2022 г.

Отзыв получен 22.07.2022 Мухоморов М.А.  
С отзывом ознакомлен 22.07.2022 Луфт Сергей Валерьевич