



Федеральное государственное  
бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский  
университет «МЭИ» (ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»)  
111250, г. Москва,  
вн.тер.г. муниципальный округ Лефортово,  
ул. Красноказарменная, д. 14, стр. 1  
Тел.: (495) 362-75-60, факс: (495) 362-89-38  
E-mail: universe@mpei.ac.ru  
http://www.mpei.ru

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе федерального  
государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский универ-  
ситет «МЭИ», (ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»),  
доктор технических наук, профессор



В. К. Драгунов

№ 462/020

«22» 03 2022 г.

## ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Рощупкина Георгия Вячеславовича «Высокоэффективное зарядное устройство с функцией корректора коэффициента мощности для литий-ионных аккумуляторов» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы»

### Актуальность для науки и практики

В настоящее время литий-ионные аккумуляторные батареи (АБ) являются одним из самых распространенных видов накопителей электроэнергии, применяемых в системах автономного электропитания. Периодический их заряд обеспечивают зарядные устройства (ЗУ). Между тем в технической литературе отсутствует систематизированная информация, в объеме информационно-методического обеспечения для проектирования этих устройств, которая необходима для грамотного (с учётом современного уровня развития) сопряжения его как с сетью, так и с АБ.

В связи с этим, актуальность диссертационной работы Рощупкина Георгия Вячеславовича, которая посвящена решению этой задачи (в области теории и практики электротехнических комплексов и систем автономного электропитания), сомнений не вызывает.

### Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, списка используемых источников и 5 приложений. Основная часть работы содержит 172 машинописных страницы, в том числе 124 рисунка и 10 таблиц. Список используемых источников включает 81 наименование. Общий объем работы - 177 страниц.

Отдел документационного  
обеспечения МАИ

## Научная новизна

результатов диссертации заключается в следующем:

- на основе обзора и систематизации технических решений зарядных устройств (ЗУ) для литий-ионных аккумуляторов на базе однофазного выпрямителя (ОВ) с корректором коэффициент мощности (ККМ) предложена и исследована новая топология формирователя низкоэнергетической траектории переключения силового транзисторного ключа (СТК), позволяющая повысить его энергоэффективность (и КПД ЗУ в целом на 1,2%);
- предложена методика расчета дроссель-трансформатора для двухтактных обратно-прямоходовых силовых преобразователей постоянного напряжения в постоянное (ППН) заданного уровня, включающая в себя электрический, энергетический и тепловой расчеты;
- систематизированы основные критерии выбора значения емкости буферного конденсатора между силовыми звеньями ЗУ, а также получена (на основе компьютерного моделирования – ИКМ) графическая зависимость значения емкости от мощности ЗУ;
- предложен способ уменьшения мощности динамических потерь в мостовом двухтактном обратно-прямоходовом преобразователе (ППН) путём использования широтного (или частотного) регулирования (который неоправданно назван в работе фазной ШИМ). Характерным для него является режим мягкой коммутации СТК в широком диапазоне изменения выходного тока.

## Практическая значимость результатов работы

- с целью упрощения решения задачи выбора топологии ЗУ и алгоритма его работы (на ранних этапах разработки ЗУ) при конкретно поставленных требованиях ТЗ, представлены результаты анализа алгоритмов управления различными топологиями силовых звеньев однофазных выпрямителей с ККМ (ОВККМ) по ряду критериев (по: коэффициенту мощности, по коэффициент гармоник, по коэффициент искажения тока, по коэффициенту его формы, по коэффициент амплитуды);
- показано, что в ОВККМ с двухполярным выходным напряжением (на основе использования двухканального варианта ППН) при несимметричной нагрузке их работоспособность может быть обеспечена применением способа симметрирования выходного напряжения каналов, как по принципу «независимой их стабилизации», так и по принципу «ведущий - ведомый»;
- для управления мостовыми и полумостовыми каскадами двухтактных обратно-прямоходовых ППН предложена аппаратная реализация системы управления (посредством широтного регулирования) с подчиненным регулированием по току, обеспечивающая симметричный режим работы силовых звеньев;
- разработана схемотехническая реализация универсального синхронного сетевого выпрямителя, обладающая меньшим значением мощности потерь по сравнению с диодным сетевым выпрямителем, а также имеющая возможность реализации

на отечественной компонентной базе. Оригинальность заключается в предложенном способе управления силовыми транзисторами таким образом, что не требуется применять оптопары, микросхемы драйверов, а также использовать источник питания.

- получены графические зависимости допустимого согласно ГОСТ входного коэффициента мощности ОВККМ и коэффициента гармоник его входного тока от потребляемой мощности (позволяющее при конкретном ТЗ выполнить требования к качеству потребляемой энергии);

- разработан макетный образец однофазного ЗУ (с выходным напряжением от 24 В до 32 В), выполненного: 1) на основе ОВККМ с однополярным выходным напряжением и дросселем постоянного тока; 2) и на основе ППН, построенного по мостовой двухтактной обратно прямоходовой структуре,.

### **Достоверность.**

Достоверность полученных результатов подтверждена:

- корректным использованием математического аппарата (при принятых допущениях);

- подтверждением физических процессов в исследуемых объектах на соответствие их проектному замыслу (на основе использования возможностей имитационного компьютерного моделирования – ИКМ);

- результатами исследования созданного соискателем экспериментального образца ЗУ;

- апробацией результатов исследований в научных изданиях, включая рекомендованные ВАК.

Содержание диссертации объективно отражено в автореферате.

### **Рекомендации по практическому использованию результатов и выводов диссертационной работы**

Результаты диссертационной работы могут быть использованы на практике при проектировании однофазных зарядных устройств (ЗУ) для литий-ионных аккумуляторов, а также в качестве учебных материалов для студентов и аспирантов электротехнических специальностей.

### **Замечания**

Представленная работа является одной из первых в этом направлении (в классе ЗУ) и поэтому не свободна от замечаний. По оформлению и содержанию работы они следующие:

1. По используемой соискателем терминологии.

«Точное логическое определение понятий – главнейшее условие истинного знания» (Сократ – древнегреческий философ, 469–399 г.г. до н.э.). Ещё на эту же тему: легенда говорит, что Вавилонскую башню не удалось построить по причине разноязычия строителей.

Эти ссылки на исторические факты должны убедить представителей науки в том, что термины – это очень часто понятие временное. По мере развития они, как правило, видоизменяются, приобретая всё более адекватный и обобщающий смысл. Это естественная диалектика становления наук.

Эти соображения (в форме замечания) пришлось привести, прежде всего, по части двух неудачных терминов, используемых соискателем – ККМ (на самом деле это выпрямитель с ККМ) и «фазовая ШИМ» (на самом деле это «фазовое управление» или «широтное регулирование»). На полученные соискателем результаты, это замечание, разумеется, никак не влияет, Но за адекватностью технического языка представляется разумным следить каждому исследователю и при необходимости вводить коррективы.

2. Снова о терминах: на рис.6 автореферата в общепринятом понимании показана всё-таки принципиальная электрическая схема, а не её модель (или, по крайней мере, её графическая модель).

3. Теперь замечание, по сути. Вопрос касается системного проектирования исследуемого электротехнического комплекса (ЗУ). В частности, нам не удалось обнаружить в работе: а) результаты исследования характеристик вход-выход однофазного выпрямителя с ККМ (ОВККМ) в функции его параметров: индуктивности, тактовой частоты и ёмкости выходного конденсатора; б) а также, соответственно, их взаимосвязей с выходными параметрами ЗУ.

4. Не понятно, как практически использовать модель под номером (2) в автореферате. Каков диапазон численных значений этого показателя, и к чему следует стремиться? Чем не устраивает общепринятый показатель «входной коэффициент мощности»? Известно, что его предельно достижимое (идеальное значение) равно 1. В этом показателе тоже заложен коэффициент, характеризующий искажения входного тока, хотя и в несколько иной форме, но, однако, которую несложно перевести в форму коэффициента гармоник тока. Введённое новое понятие коэффициента мощности представляется необоснованным и избыточным.

5. Относительно проектирования трансформатора на частоте 80 кГц. При используемом значении индукции 0,8 Тл в магнитопроводе (даже из нанокристаллической или аморфной стали) он обязан перегреваться (из-за повышенных значений удельных потерь), что естественно, приводит к снижению КПД и к необходимости введения принудительного охлаждения. В итоге, это может противоречить желанию соискателя уменьшить массу ЗУ в целом. Кроме того, введение принудительного охлаждения понижает надёжность ЗУ. Выигрыш по массе трансформатора может не дать выигрыша по массе ЗУ в целом из-за необходимости введения средств охлаждения. По крайней мере, в работе доказательство результирующего эффекта (по массе) нам обнаружить не удалось.

6. Не понятен изначальный замысел введения двух дроссель-трансформаторов в схеме по рис.16 автореферата (и соответственно в дис.-и).

При всём этом нужно заметить, что, в конечном счёте, сделанные замечания по диссертационной работе не ставят под сомнение основные, полученные соискателем при разработке ЗУ научные и практические результаты. Это, скорее всего, свидетельство того, что в исследуемом соискателем направлении на сегодня решены пока ещё не все проблемы.

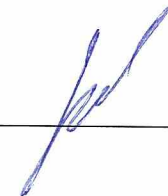
### Заключение

Диссертационная работа Рошупкина Георгия Вячеславовича представляет собой завершённую поисковую научно-исследовательскую работу, содержащую решение актуальной задачи в области проектирования полупроводниковых преобразователей достаточно нового класса – ЗУ. В ней представлены результаты создания 1-й версии информационно-методического обеспечения, которое необходимо для последующего этапа системного проектирования ЗУ. Она соответствует специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы».

На основании вышеизложенного считаем, что диссертационная работа «Высокоэффективное зарядное устройство с функцией корректора коэффициента мощности для литий-ионных аккумуляторов» по своему содержанию и полученным результатам удовлетворяет требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а ее автор Рошупкин Г.В. заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы».

Отзыв рассмотрен на заседании НТС кафедры «Электротехнические комплексы автономных объектов и электрического транспорта» НИУ «МЭИ» 17.03.2022г., протокол № 04/12.


Зав. кафедрой ЭКАО и ЭТ  
к.т.н. (специальность 05.09.03  
«Электротехнические комплексы и  
системы») с.н.с.

  
\_\_\_\_\_ М. Ю. Румянцев

Профессор кафедры ЭКАО и ЭТ  
д.т.н. (специальность 05.09.03  
«Электротехнические комплексы и  
системы» и 05.09.12 «Силовая Элек-  
троника»), профессор

  
\_\_\_\_\_ Г.С.Мыщык

Ученый секретарь кафедры ЭКАО и  
ЭТ к.т.н., доцент

  
\_\_\_\_\_ С. Ю.Останин

*С отзывом ознакомлен 31.03.2022*

*Рошупкин Г.В. Е*