



ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ММП-Ирбис»

Общество с ограниченной ответственностью
«ММП-Ирбис»
(ООО «ММП-Ирбис»)

Золоторожский Вал ул., д. 11, стр. 26,
этаж 3, пом. Б 14/1, Москва, 111033
Почтовый адрес: а/я 55, Москва, 109202
Тел./факс: (495) 927-10-16 (многоканальный)
e-mail: main@mmp-irbis.ru; <http://www.mmp-irbis.ru>
ОКПО 34804939, ОГРН 1187746990474,
ИНН 7722469891 КПП 772201001

27.11.2025 № 457

на № _____ от _____

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Лукошина Ильи Владимировича на тему «Полумостовой преобразователь постоянного повышенного напряжения с фазовым регулированием», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2. «Электротехнические комплексы и системы»

Актуальность темы диссертационной работы:

Одним из наиболее перспективных способов оптимизировать массу и габариты бортовых электроэнергетических систем, уже реализованным на ряде современных самолётов, становится переход на системы электроснабжения с постоянным повышенным напряжением порядка ± 270 В. Такой шаг позволяет заметно повысить общую энергоэффективность и одновременно уменьшить вес кабелей и приводных электромеханических устройств. При этом внедрение высоковольтных сетей постоянного тока требует использования значительно большего числа силовых преобразовательных модулей — конвертеров и инверторов, которые обеспечивают согласование между низковольтными и высоковольтными участками. Однако подобная архитектура даёт заметно больше

ОТДЕЛ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ
И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ
ДОКУМЕНТОВ МАИ

«1» 12 2025 г.

возможностей для гибкого управления потоками энергии и построения оптимальной схемы её распределения. Ключевым фактором, влияющим на общий КПД такой системы, становится эффективность самих преобразователей, что делает исследования в области их совершенствования особенно актуальными.

Исходя из этого, разработка и изучение принципов создания высоковольтных и при этом лёгких, высокоэффективных преобразователей представляется важной научно-технической задачей.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка используемых источников и 3-х приложений. Основная часть работы содержит 137 машинописных страницы, в том числе 83 рисунка и 4 таблицы. Список используемых источников включает 113 наименований. Общий объем работы – 140 страниц.

В первой главе рассмотрены достоинства и недостатки известных полумостовых каскадов преобразователей постоянного напряжения (ППН). Перечислены основные проблемы использования различных структур силовых транзисторов, проведено сравнение их достоинств и недостатков.

Разработана авторская структура полумостового четырехключевого силового каскада, имеющая относительно низкое напряжение на запертых ключах. Приведены алгоритмы управления разработанным силовым каскадом, позволяющие добиться малых динамических потерь.

Во второй главе выявлены принципиальные проблемы существующих контроллеров с фазовой ШИМ. Изложены принципы построения и схемотехнические решения распределителя импульсов на основе двух D- триггеров с перекрёстными обратными связями.

Приведены функциональная и принципиальная схемы ШИМ контроллера с фазовой ШИМ, с возможностью формирования задержки управляющих сигналов на включение, без задержки на выключение.

В третьей главе рассмотрены методы обеспечения безопасной работы ППН в аварийных и переходных режимах.

Установлено и доказано, что тактовая неустойчивость в преобразователях с подчиненным регулированием по току возникает при коэффициенте заполнения

больше 0,5, в режиме безразрывных токов. Предложен метод исключения тактовой неустойчивости, за счет введения корректирующего пилообразного напряжения.

Предложена методика расчета корректирующего пилообразного напряжения, а также приведены дополнительные аналитические соотношения, обеспечивающие устойчивость преобразователя.

Установлено, что технологический разброс элементов, паразитные параметры схемы и динамика системы вносят неравномерность в распределение импульсов на верхнем и нижнем ключах, что приводит к разбалансу напряжений на входных конденсаторах. Выявлено, что в любом двухтактном преобразователе существует необходимость симметрирования режима перемагничивания сердечника силового трансформатора.

Разработано и проверено с помощью имитационного компьютерного моделирования схемотехническое решение, которое позволяет получить как симметрирование напряжений на конденсаторном делителе, так и симметрирование режима перемагничивания сердечника трансформатора.

Рассмотрена проблема возникновения неконтролируемого роста тока первичной стороны при коротком замыкании нагрузки, а также приведены и проанализированы возможные методы исключения данной проблемы.

В четвертой главе отмечено, что основной проблемой проектирование драйверов, предназначенных для управления высоковольтными транзисторами, как одиночными, так и в составе мостовых и полумостовых схем, является исключение негативного влияния паразитных параметров ТГР и воздействия эффекта du/dt .

Предложены схемотехнические решения трех разновидностей драйверов с ТГР для фазовой ШИМ, дано их подробное описание, перечислены достоинства и недостатки, а также целесообразные области их применения.

С помощью ИКМ проверена и подтверждена работоспособность и эффективность узлов подавления негативного влияния паразитных параметров ТГР и эффекта du/dt в составе драйвера. Приведены результаты моделирования, подтверждающие работоспособность предложенных схемотехнических решений драйверов во всех допустимых режимах, и их устойчивость к воздействию du/dt .

В пятой главе приводятся фотографии разработанного экспериментального макетного образца высоковольтного ППН, а также испытательного стенда для проведения экспериментального исследования.

Приведены основные технические характеристики и параметры макетного образца ППН, полученные в результате экспериментальных исследований.

К достоинствам представленной работы следует отнести оригинальный метод исключения тактовой неустойчивости, за счет введения корректирующего пилообразного напряжения. Другим несомненным достоинством работы является предложенная авторская схема полумостового силового каскада, позволяющая использовать низковольтные МДП транзисторы. Стоит отметить и предложенные схемотехнические решения драйверов с ТГР, позволяющие управлять силовым транзистором, без дополнительного канала подпитки вторичной стороны.

По диссертации можно сделать следующие замечания:

1. В первой главе выбор структуры ППН сделан недостаточно аргументированно (один абзац на стр22). Для обоснования выбора структуры ППН среди возможных вариантов следовало бы провести хотя бы качественное сравнение по энергетическим, массо-габаритным, надежности и стоимостным характеристикам.

2. Целью работы названа «...разработка и исследование алгоритмов построения полумостового преобразователя постоянного повышенного напряжения...». Однако в работе не приведено энергетического расчета силовой части и, особенно, элементов, обеспечивающих режим переключения при нуле напряжения. Если используются известные соотношения, то необходимо указать ссылки.

3. При введении дополнительных контуров управления для обеспечения тактовой стабильности, симметричного режима перемагничивания силового трансформатора и выравнивания напряжений на емкостном делителе, ничего не сказано, как это повлияет на точностные характеристики, устойчивость и динамику системы в целом.

4. В работе вскользь упомянуто об использовании процессоров в контуре управления ППН. Современные процессоры обладают высоким быстродействием,

что могло бы позволить использовать один процессор для обеспечения регулировочных и всех защитных функций ППН. Было бы неплохо сформулировать задачу для дальнейших исследований.

Сделанные замечания по диссертационной работе не ставят под сомнение основные, полученные соискателем научные и практические результаты по проектированию преобразователей постоянного напряжения.

Основное содержание диссертационной работы правильно отражено в автореферате.

Три патента на изобретения, полученные соискателем в соавторстве, и акты о внедрении результатов проведенных исследований подтверждают научную и практическую полезность работы.

Заключение по диссертационной работе:

Несмотря на указанные замечания, диссертационная работа Лукошина Ильи Владимировича представляет собой завершённую научно-исследовательскую работу, содержащую решение актуальных задач в области проектирования высоковольтных полумостовых преобразователей постоянного напряжения. Данная работа соответствует специальности 2.4.2. — «Электротехнические комплексы и системы».

Диссертационная работа по своему содержанию и полученным результатам удовлетворяет требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а ее автор, Лукошин И.В., заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2. — «Электротехнические комплексы и системы»

Официальный оппонент

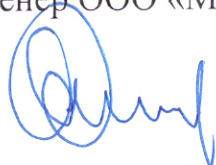
д.т.н., профессор, ген. директор ООО «ММП-Ирбис»



Лукин Анатолий Владимирович

Подпись Лукина Анатолия Владимировича заверяю

главный инженер ООО «ММП-Ирбис», к.т.н.



Кастров М.Ю.



С отзывом ознакомлен

01.12.2025

 Лукошин И.В.

Контактная информация

Фактический адрес: 111033, г. Москва, ул. Золоторожский вал, д.11, стр. 26,
пом. Б14/1

Почтовый адрес: 109202, г. Москва, а/я 55

Тел.: +7 (495) 927-10-16 (факс)

Эл. почта: main@mmp-irbis.ru, mmp-irbis@bk.ru

Сайт организации: <http://www.mmp-irbis.ru/>