



# 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](mailto:main@mmp-irbis.ru); <http://www.mmp-irbis.ru>  
ОКПО 34804939, ОГРН 1187746990474,  
ИНН 7722469891 КПП 772201001

27.11.2025 № 456

на № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Алексеева Алексея Олеговича на тему «Трехфазный корректор коэффициента мощности с двуполярным выходным напряжением для перспективных авиационных систем электроснабжения», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2. «Электротехнические комплексы и системы»

### Актуальность темы диссертационной работы

В настоящее время одним из направлений развития систем электроснабжения (СЭС) самолетов и вертолетов является внедрение систем постоянного повышенного напряжения  $\pm 270$  В. Достоинством при внедрении таких систем является возможность достижения высокой удельной мощности и эффективности. Однако, переход от традиционно используемых СЭС переменного тока на системы постоянного тока с повышенным напряжением требует разработки специализированных полупроводниковых преобразователей электроэнергии, выполняющих следующие функции:

ОТДЕЛ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ  
И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ  
ДОКУМЕНТОВ МАИ

«1» 12 2025 г.

1. Преобразование трехфазного напряжения переменного тока в напряжение постоянного тока.

2. Обеспечение двуполярного выходного напряжения.

3. Повышение уровня выходного напряжения.

4. Стабилизация выходного напряжения.

5. Обеспечение коэффициента мощности, близкого единице.

6. Обеспечение требуемого качества потребляемой электроэнергии.

Для выполнения указанных функций и всех предъявляемых к авиационным СЭС требований, в качестве таких преобразователей электроэнергии должны использоваться трехфазные корректоры коэффициента мощности (ККМ) с двуполярным выходным напряжением.

В этой связи разработка и исследование трехфазных ККМ на уровне детальной проработки способов построения функциональных узлов и принципиальных электрических схем является актуальной научно-технической задачей в рамках создания такого электротехнического комплекса, как перспективная авиационная СЭС.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованных источников и 3-х приложений. Основная часть работы содержит 129 машинописных страницы, в том числе 65 рисунков и 6 таблиц. Список используемых источников включает 137 наименований. Общий объем работы – 132 страницы.

**В первой главе** проведен сопоставительный анализ различных известных структур силовых преобразовательных каскадов трехфазных ККМ с двуполярным выходным напряжением. Рассмотрены достоинства и недостатки структур силовых каскадов, реализованных как при помощи совместно-фазового, так и отдельно-фазового управления.

Приведены зависимости показателей качества потребляемой электроэнергии от выходной мощности, обеспечиваемые ККМ с каждой рассмотренной структурой силового каскада.

**Во второй главе** предложены способы совместно-фазового и отдельно-фазового управления трехфазными ККМ. Приведены структурная и

схемотехническая реализация данных способов управления. При помощи имитационного компьютерного моделирования получены формы потребляемого фазного тока и вычислены показатели качества электроэнергии, обеспечиваемые трехфазными ККМ с тем или иным способом управления.

**В третьей главе** рассмотрены предложенные способы обеспечения симметричного двуполярного выходного напряжения  $\pm 270$  В при несимметричной нагрузке трехфазных ККМ. Первый предложенный способ заключается в использовании дополнительного симметрирующего силового каскада на выходе основного каскада трехфазного ККМ. Второй предложенный способ заключается во введении дополнительной обратной связи по несимметрии выходного напряжения и суммирования этого сигнала с сигналами датчиков фазных токов, либо в вычитании его из опорных сигналов по фазным напряжениям.

Проведено исследование влияния несимметрии нагрузки трехфазных ККМ на увеличение тока нейтрали и показано, что предложенные способы позволяют снизить ток нейтрали, что в конечном счете улучшает электромагнитную совместимость трехфазного ККМ.

Выполнено исследование уровня несимметрии двуполярного выходного напряжения от уровня несимметрии нагрузки, в результате которого продемонстрирована работоспособность предложенных способов обеспечения симметричного двуполярного выходного напряжения в широком диапазоне несимметрии нагрузки.

**В четвертой главе** приведены структурные и схемотехнические решения функциональных узлов, обеспечивающих работоспособность трехфазных ККМ.

Предложены двухключевая и четырехключевая схемы активных формирователей низкоэнергетической траектории переключения силовых транзисторных ключей, входящих в состав силового каскада трехфазного ККМ. При помощи имитационного компьютерного моделирования показано многократное снижение динамических потерь при переключении силовых транзисторных ключей с использованием предложенных схем. Показано, что предложенные решения позволяют обеспечить низкоэнергетическую траекторию переключения и

безопасное функционирование силовых транзисторных ключей в составе трехфазного ККМ.

Предложены и исследованы способы формирования опорного трехфазного синусоидального напряжения для трехфазных ККМ с отдельно-фазовым управлением. Показаны возможные варианты схемотехнической реализации предложенных способов – за счет апериодического звена второго порядка и за счет генератора управляемого напряжением и фазовой автоподстройки частоты. Приведены временные диаграммы процессов, полученные при помощи имитационного компьютерного моделирования, демонстрирующие работоспособность предложенных способов.

**В пятой главе** описаны результаты проведённых экспериментальных исследований разработанного макетного образца трехфазного ККМ. Приведены параметры разработанного образца трехфазного ККМ, стенда для проведения исследований, а также использованного измерительного оборудования.

Выполнен сравнительный анализ параметров, полученных при проведении экспериментальных исследований и при проведении имитационного компьютерного моделирования. Приведены экспериментально полученные зависимости показателей качества потребляемой электроэнергии от выходной мощности трехфазного ККМ.

**К достоинствам** представленной работы следует отнести подробно раскрытые структурные и схемотехнические реализации способов совместно-фазового и отдельно-фазового управления трехфазными ККМ. Стоит отметить и предложенные схемы активных формирователей траектории переключения силовых транзисторных ключей. Сильной стороной работы является наличие экспериментальных результатов, позволивших верифицировать предложенные теоретические и аналитические заключения.

**По диссертации можно сделать следующие замечания:**

1. При проведении оценки потерь в силовых полупроводниковых приборах, совершенно непонятно происхождение формул 1.6 и 1.7. Кроме того не упомянута

составляющая динамических потерь, связанная с разрядом емкости перехода IGBT транзистора ( $CU^2/2 \cdot f$ )

2. Показана работоспособность и эффективность предложенных схем активных формирователей траектории переключения силовых транзисторных ключей, однако не приведено их сравнение с существующими аналогичными решениями.

3. В работе не рассмотрена возможность применения в ККМ микропроцессоров, хотя в современных моделях они выполняют функции создания опорного синусоидального сигнала, защит от перенапряжений, перегрузок по току, перегрева; обеспечивают плавный пуск, симметрирование напряжений на нагрузке, параллельную работу ККМ, дистанционное управление и др.

4. В диссертации не представлено сравнение удельных массо-энергетических характеристик трехфазных ККМ с совместным и отдельным управлением.

Сделанные замечания по диссертационной работе не ставят под сомнение основные полученные соискателем научные и практические результаты по проектированию трехфазных корректоров коэффициента мощности.

Основное содержание диссертационной работы правильно отражено в автореферате.

Патенты 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 Алексеева Алексея Олеговича представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, содержащую решение актуальных задач в области проектирования трехфазных корректоров коэффициента мощности с двуполярным выходным напряжением. 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, Алексеев А.О., 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.

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](mailto:main@mmp-irbis.ru), [mmp-irbis@bk.ru](mailto:mmp-irbis@bk.ru)

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

С отзывом ознакомлен.

01.12.2025

Алексеев А.О.