

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЕ И НАУКИ РФ  
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

SIBIRIAN  
FEDERAL  
UNIVERSITY



СИБИРСКИЙ  
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

660041, Россия, Красноярск, проспект Свободный, 79  
телефон (391) 244-82-13, факс (391) 244-86-25  
http://www.sfu-kras.ru e-mail: office@sfu-kras.ru

14.11.2016 № 36/ИП-4150

на № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

«УТВЕРЖДАЮ»



Ректор ФГАОУ ВО «Сибирский  
федеральный университет»

д-р биол.наук,

профессор, академик РАН

Евгений Александрович Ваганов

«14» ноября 2016 г.

## ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу  
**Панфилова Дмитрия Валерьевича «Трехфазный трехуровневый  
квази-импедансный инвертор для автономных систем  
электропитания»,** представленную на соискание ученой степени  
кандидата технических наук по специальности  
**05.09.12 – Силовая электроника**

### Актуальность для науки и практики

Актуальность темы определяется растущей долей систем электропитания на базе возобновляемых источников электроэнергии с использованием накопителей электроэнергии.

Для согласования напряжений источников постоянного напряжения и требуемого выходного напряжения автономных систем электропитания (АСЭ) требуются надёжные и экономичные преобразователи. В литературе предложено много топологий преобразователей для работы АСЭ в различных режимах. К ним относятся автономные инверторы напряжения (АИН) с различными топологиями импульсных  $dc-dc$  преобразователей и импедансные преобразователи. Из последних в АСЭ наиболее распространены квази-импедансные преобразователи ввиду обеспечения ими повышенной по сравнению с традиционными АИН надёжностью однократного преобразования ЭЭ, а также необходимых режимов работы источников постоянного напряжения.

Новый тип преобразователей, разработанный с участием автора для таких систем электропитания (квази-импедансные преобразователи) недо-

статочно подробно изучен в трехуровневых модификациях, в частности, для них недостаточно проработаны вопросы математического моделирования и анализа электрических процессов.

Особое внимание в работе уделено сравнению трехфазного трехуровневого квази-импедансного инвертора (КИИ) с трехфазным трехуровневым традиционным инвертором напряжения с повышающим преобразователем, а также проблеме работы в режимах малой нагрузки и холостого хода. Для решения данной проблемы предложена модификация топологии трехфазного трехуровневого квази-импедансного инвертора.

### **Основные научные результаты и их значимость для науки и производства**

Основные научные результаты, полученные автором:

1. Разработана математическая модель трехфазного трехуровневого КИИ, позволяющая рассчитать значения напряжений и токов во всех компонентах и узлах исследуемой схемы спектральным методом без решения дифференциальных уравнений.

2. Получены численные результаты теоретического и экспериментального сравнения традиционного трехфазного трехуровневого АИН с *dc-dc* преобразователем и КИИ по критериям величин пассивных компонентов, загрузки пассивных и активных компонентов и их массогабаритных показателей, позволяющие определить оптимальную область применения КИИ в АСЭ.

3. Разработаны топологии двух- и трехуровневого трехфазного КИИ, позволяющая преобразователю работать в режимах малой нагрузки и холостого хода.

**Значимость для науки** результатов исследований заключается в том, что полученные математические модели позволяют проводить комплексный анализ электромагнитных процессов, получать мгновенные значения токов и напряжений в любых ветвях и узлах трехфазного трехуровневого квази-импедансного инвертора. Результаты сравнения трехфазного трехуровневого АИН с *dc-dc* преобразователем и КИИ и полученные по результатам зависимости позволяют оценить эффективность применения нового класса преобразователей (КИИ) в зависимости от особенностей приложения. Кроме этого предложена модификация топологии КИИ, позволяющая преобразователю работать в режиме малой нагрузки и холостого хода, что значительно повышает функциональную надежность.

**Практическое значение** результатов работы определяется тем, что по полученным соотношениям можно с инженерной точностью рассчитать параметры компонентов трехфазного трехуровневого КИИ и модифицированного КИИ. Полученные характеристики позволяют выбрать оптимальные области применения и режимы работы КИИ. Полученные научные результаты могут использоваться при подготовке специалистов, магистрантов и аспирантов по курсам основы силовой электроники и спец. главы энергетической электроники.

#### **Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации**

Считаем целесообразным продолжить работу по разработке и практическому применению трехфазных трехуровневых КИИ. В частности, трехфазные трехуровневые КИИ могут быть использованы в автономных системах электроснабжения малой и средней мощности (1 – 15 кВт). Актуально также использование данных преобразователей в рамках программы импортозамещения с использованием отечественной элементной базы. Интересными для промышленного применения являются предложенные в диссертационной работе схемы модифицированного трехфазного двух- и трехуровневого КИИ. Они позволяют повысить функциональную надежность при использовании в составе автономных систем электроснабжения с возможностью рекуперации энергии.

Полученные автором результаты целесообразно использовать в организациях, разрабатывающих и выпускающих источники генерации для автономных систем электроснабжения.

#### **Общие замечания**

1. В работе нет ориентированности на конкретные применения исследуемых преобразователей: в начале речь идёт об автономных системах электроснабжения на базе дизель-генераторов и возобновляемых источников энергии, а затем – об электрификации авиационных и космических объектов.

2. В работе весьма мало внимания уделено исследованию энергетических характеристик, хотя в цели диссертационной работы заявлено исследование электромагнитных процессов и энергетических характеристик трехфазного трехуровневого КИИ.

3. В предложенных автором математических моделях не рассматривается вопрос аналитического расчета потерь в преобразователях.


4. Недостаточно проработан вопрос использования режима рекуперации при работе в составе электропривода.

5. Было бы целесообразно сравнение КИИ с традиционным АИН с *dc-dc* преобразователем при работе на разные типы нагрузок, что не нашло отражения в работе.

### **Заключение**

Диссертация Панфилова Дмитрия Валерьевича на соискание ученой степени кандидата технических наук является завершённой научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи анализа и модификации топологии трехфазного трехуровневого квази-импедансного инвертора, имеющей существенное значение для развития методов теоретического анализа и экспериментальных исследований процессов преобразования в устройствах силовой электроники с целью улучшения их технико-экономических и эксплуатационных характеристик. Диссертация соответствует требованиям п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней для ученой степени кандидата наук, а ее автор, Панфилов Дмитрий Валерьевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.12 – Силовая электроника.

Отзыв на диссертацию обсужден на научно-техническом семинаре кафедры «Электротехнические комплексы и системы» 3 ноября 2016 г., протокол №3(85).

Председатель семинара, директор Политехнического института СФУ,  
заведующий кафедрой «Электротехнические комплексы и системы»  
д-р техн. наук, профессор  Василий Иванович Пантелеев

Адрес: 660074, г. Красноярск,  
ул. акад. Киренского, 26  
Телефон: 8 (391) 2912908  
e-mail: vpanteleev@sfu-kras.ru