

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационный совет: Д 212.125.07

Соискатель: Дякин Сергей Валерьевич

Тема диссертации: Повышение эффективности статического преобразователя в электроэнергетических системах с солнечными фотоэлектрическими установками.

Специальность: 05.09.03 - «Электротехнические комплексы и системы»

Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:

На заседании 28 декабря 2016 года диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует паспорту специальности 05.09.03 «Электротехнические комплексы и системы» и удовлетворяет критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, и принял решение присудить Дякину Сергею Валерьевичу ученую степень кандидата технических наук.

Присутствовали: *председатель диссертационного совета* Пенкин В.Т., *ученый секретарь диссертационного совета* Кривилев А.В., члены диссертационного совета: Ковалев К.Л., Самсонович С.Л., Вильданов К.Я., Вольский С.И., Вышков Ю.Д., Глуценко М.Д., Ермаков С.А., Зечихин Б.С., Кириллов В.Ю., Копылов С.И., Лалабеков В.И., Лохнин В.В., Машуков Е.В., Мельников В.Е., Оболенский Ю.Г., Парафесь С.Г., Резников С.Б., Шевцов Д.А.

Ученый секретарь диссертационного

совета Д 212.125.07



Кривилев А.В.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.125.07 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)» ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета № 12 от 28.12.2016

О присуждении Дякину Сергею Валерьевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Повышение эффективности статического преобразователя в электроэнергетических системах с солнечными фотоэлектрическими установками» в виде рукописи по специальности 05.09.03 «Электротехнические комплексы и системы» принята к защите 28 октября 2016 года, протокол № 8, диссертационным советом Д 212.125.07 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ), 125993, Российская Федерация, г. Москва, А-80, ГСП-3, Волоколамское шоссе, д. 4, утвержден приказом Минобрнауки России № 105/нк от 11.04.2012.

Соискатель Дякин Сергей¹ Валерьевич, 1989 года рождения, гражданин Российской Федерации, в 2013 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» по специальности «Управляющие, пилотажно-навигационные и электроэнергетические комплексы летательных аппаратов».

Диссертация выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» на кафедре 310

«Электроэнергетические, электромеханические и биотехнические системы». В период подготовки диссертации соискатель обучался в очной аспирантуре федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» по вышеназванной кафедре, окончил обучение в очной аспирантуре в 2016 году.

Научный руководитель – доктор технических наук **Вольский Сергей Иосифович**, профессор, профессор кафедры 310 «Электроэнергетические, электромеханические и биотехнические системы» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Официальные оппоненты:

1. **Гречишников Виктор Александрович**, гражданин Российской Федерации, доктор технических наук, доцент, первый заместитель директора – начальник учебного отдела Института транспортной техники и систем управления (ИТТСУ), профессор кафедры «Электроэнергетика транспорта» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет путей сообщения Императора Николая II»;

2. **Коняхин Сергей Федорович**, гражданин Российской Федерации, кандидат технических наук, главный конструктор систем преобразования электроэнергии – заместитель главного конструктора акционерного общества «Аэроэлектромаш»;

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» в своем положительном отзыве

(заседание кафедры «Электротехнические комплексы автономных объектов и электрический транспорт (ЭКАО и ЭТ)» НИУ «МЭИ» от 29.11.2016, протокол №13/16), составленном кандидатом технических наук, старшим научным сотрудником, заведующим кафедры ЭКАО и ЭТ Румянцевым Михаилом Юрьевичем, доктором технических наук, профессором, профессором кафедры ЭКАО и ЭТ Мыщыком Геннадием Сергеевичем, кандидатом технических наук, доцентом, ученым секретарем кафедры ЭКАО и ЭТ Останиным Сергеем Юрьевичем, и утвержденном доктором технических наук, профессором, проректором по научной работе Драгуновым Виктором Карповичем, указала, что диссертационная работа «Повышение эффективности статического преобразователя в электроэнергетических системах с солнечными фотоэлектрическими установками» по своему содержанию и полученным результатам удовлетворяет требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а ее автор, Дякин С.В. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы».

Соискатель имеет 11 опубликованных работ по теме диссертации общим объемом 2,5 авторских листа. Из них 3 статьи опубликованы в журналах, входящих в утвержденный ВАК РФ перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертации. Из 11 работ 8 опубликовано в соавторстве. В этих работах результаты получены либо автором лично, либо при непосредственном участии автора диссертационной работы. Подана заявка и получено решение о выдаче патента на полезную модель, получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Дякин С.В. Проблемы синхронизации инвертора с сетью / *С.В. Дякин, Д.А. Ниткин, С.И. Вольский* // Практическая силовая электроника. – 2015. – №60. – С. 17-21.

2. Дякин С.В. Способы построения солнечных установок / *С.В. Дякин*, Д.А. Ниткин, С.И. Вольский // Новое в российской электроэнергетике. – 2016. – №8. – С. 39-47.

3. Дякин С.В. Преобразователь энергии в многоагентной системе электроснабжения космического летательного аппарата / *С.В. Дякин*, Н.В. Дякин, С.И. Вольский // Вестник Московского авиационного института. – М.: Московский авиационный институт. –2016. – Т. 23, №1. – С. 210-217.

4. Преобразователь электрической энергии / *С.В. Дякин*, С.И. Вольский, Д.А. Ниткин, Ю.Ю. Скороход, Д.А. Сорокин. Заявка на полезную модель №2016129030 от 15.07.2016. Получено решение о выдаче патента на полезную модель.

5. Программа двухканальной системы регулирования инвертора, обеспечивающая синхронизацию с линией переменного тока / *С.В. Дякин*, Д.А. Ниткин. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2016660668 от 20.09.2016.

Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и представлялись на следующих конференциях и выставках:

– 18-я международная научно-технической конференции студентов и аспирантов «Радиоэлектроника, электротехника и электроэнергетика» (г. Москва, 2012 г.);

– международная конференция Power Conversion and Intelligent Motion Europe (Германия, г. Нюрнберг, 2012 г.);

– международная конференция Power Conversion and Intelligent Motion Europe (Германия, г. Нюрнберг, 2013 г.);

– всероссийская научно-техническая конференция «XI научные чтения по авиации, посвященные памяти Н.Е. Жуковского» (г. Москва, 2014 г.);

– 42-я международная конференция «Гагаринские чтения – 2016» (г. Москва, 2016 г.).

На автореферат и диссертацию поступило 13 отзывов (все отзывы положительные):

Отзыв официального оппонента Гречишникова Виктора Александровича, гражданина Российской Федерации, доктора технических наук, доцента, первого заместителя директора – начальника учебного отдела Института транспортной техники и систем управления (ИТТСУ), профессора кафедры «Электроэнергетика транспорта» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет путей сообщения Императора Николая II» (127994, ГСП-4, г. Москва, ул. Образцова, д. 9, стр. 9). Отзыв положительный. Замечания следующие:

1. В работе в недостаточной мере раскрыты режимы функционирования солнечной фотоэлектрической установки (СФУ) и область ее применения с учетом разработанной силовой схемы статического преобразователя (СП) и синхронизации установки с магистральной сетью переменного тока.

2. При описании принципа функционирования разработанной силовой схемы СП не приведены эпюры управляющих сигналов на полупроводниковые ключи, токов и напряжений в схеме, что усложняет анализ протекающих процессов в схеме.

3. При подключении солнечной батареи отсутствует возможность ограничения тока заряда конденсаторов $C1$ и $C2$ промежуточного звена постоянного тока СП.

4. На осциллограмме рис. 4.4 затруднительно оценить значения тока и напряжения, так как параметры настройки осциллографа не читаемы.

5. В работе обнаружены незначительные терминологические и стилистические поправки.

6. На странице 21 в последнем абзаце пропущена запятая между словами «что если». На странице 71 в первом абзаце отсутствует пробел «сигналав».

7. По тексту диссертации нет ссылок на указанные в списке литературы источники 45, 46, 48-52, 127, 130.

8. В диссертации не приведена информация о накопителе энергии, его параметрах, кривых заряда/разряда и т.д. Данный элемент является важной

составляющей разработанной схемы, а его функционирование будет определять работу всей схемы в отсутствии света. Нелинейные параметры при разряде могут серьезно сказаться и на схемотехнике всей схемы, и на питаемых от нее объектах.

9. Выбор элементной базы с указанием номиналов элементов для разработанной схемы – важный и правильный инженерный этап. Однако стоило бы рассмотреть вопрос влияния разброса параметров элементной базы на работоспособность схемы. Так, например, конденсаторы могут изготавливаться с 20% погрешностью по ёмкости.

10. Достаточно подробно описаны электротехнические расчёты схемы в межкоммутационные периоды, однако не совсем полно описана методика расчёта электрических процессов в части учёта переходных процессов при коммутациях полупроводниковых приборов.

Отзыв официального оппонента Коняхина Сергея Федоровича, гражданина Российской Федерации, кандидата технических наук, главного конструктора систем преобразования электроэнергии – заместителя главного конструктора акционерного общества «Аэроэлектромаш» (127015, г. Москва, ул. Большая Новодмитровская, д. 12). Отзыв положительный. Замечания следующие:

1. В первой главе автор упоминает метод под названием «отслеживание точки максимальной мощности» (ОТММ), однако не полностью раскрывает его суть.

2. Во второй главе автором не дано подробных пояснений к используемому термину – «коэффициент мощности», а также мало уделено внимания принципу достижения «коэффициента мощности» СП равному единице.

3. В работе не нашли отражения вопросы функционирования и защиты предложенной силовой схемы СП в аварийных режимах.

4. Диссертационная работа не свободна от недочетов в оформлении графических материалов и стилистических ошибок.

Отзыв ведущей организации федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ», составленный кандидатом технических наук, старшим научным сотрудником, заведующим кафедры ЭКАО и ЭТ Румянцевым Михаилом Юрьевичем, доктором технических наук, профессором, профессором кафедры ЭКАО и ЭТ Мыцыком Геннадием Сергеевичем, кандидатом технических наук, доцентом, ученым секретарем кафедры ЭКАО и ЭТ Останиным Сергеем Юрьевичем, и утвержденный доктором технических наук, профессором, проректором по научной работе Драгуновым Виктором Карповичем (111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, д. 14). Отзыв положительный. Замечания следующие:

1. Во введении и первой главе не полностью раскрыта область применения СФУ и не указан уровень выходной мощности, на которую разрабатывается СП. Кроме того, не раскрыты в полной мере источники появления токов утечки в установке и их количественная оценка.

2. В третьей главе не приведено описание принципа формирования ШИМ выходного напряжения СП, а также ее эюры.

3. Недостаточно уделено внимания работе СП в аварийных режимах.

4. В работе не приведено обоснование выбора силовых полупроводниковых приборов, что усложняет анализ полученных результатов.

5. Не приведены результаты расчета массогабаритных параметров СП.

Отзыв на автореферат федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (190031, г. Санкт-Петербург, Московский пр., д. 9), составленный кандидатом технических наук, доцентом кафедры «Электрическая тяга» Иващенко Валерием Олеговичем. Отзыв положительный. Замечания следующие:

1. Из автореферата не понятно, может ли разработанный статический преобразователь функционировать в автономном режиме без подключения к магистральной сети переменного тока.

2. Не представлены допущения, которые принимались автором при создании математической и компьютерной моделях разработанной силовой схемы статического преобразователя.

3. В автореферате не указаны параметры созданного макетного образца статического преобразователя, что затрудняет оценку приведенных в таблице 3 на стр. 20 результатов экспериментальных исследований.

Отзыв на автореферат публичного акционерного общества «Научно-производственное объединение «Алмаз» имени академика А.А. Расплетина» (125190, г. Москва, Ленинградский проспект, д. 80, корп. 16), составленный доктором технических наук, профессором, заместителем начальника научно-образовательного центра ПАО «НПО «Алмаз» Алдошиным Владимиром Михайловичем и утвержденный кандидатом технических наук, первым заместителем генерального директора – генеральным конструктором ПАО «НПО «Алмаз» Ненартовичем Николаем Эдуардовичем. Отзыв положительный. Замечания следующие:

1. Одним из наиболее важных полученных научных результатов автора является алгоритм проектирования силовой части статического преобразователя, в то же время в тексте автореферата (глава 4) данный алгоритм подробно не описан.

2. К сожалению, в заключении автореферата не приведены рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы.

Отзыв на автореферат федерального государственного унитарного предприятия «Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем» (125319, г. Москва, ул. Викторенко, д. 7), составленный доктором технических наук, доцентом, руководителем аналитического центра

поддержки программ развития авиационной техники ФГУП «ГосНИИАС» Сельвесюком Николаем Ивановичем и доктором технических наук, профессором, главным научным сотрудником ФГУП «ГосНИИАС» Киселевым Михаилом Анатольевичем, рассмотренный и одобренный на заседании научно-технического совета отделения 2100, протокол №15 от 09.12.2016. Отзыв положительный. Замечание следующее:

1. В качестве замечания необходимо отметить то, что разработка новой элементной базы не входило в задачи работы. В тоже время, в п. 2 заключения достигнутая величина снижения мощности потерь указана как эффект от реализации разработанного схмотехнического решения и новой элементной базы. Представляется корректной оценка влияния только выносимых на защиту мероприятий на величину снижения мощности потерь.

Отзыв на автореферат федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (634050, г. Томск, пр. Ленина, д. 30), составленный почетным работником высшего профессионального образования РФ, доктором Ph.D., кандидатом технических наук, доцентом, заведующим кафедрой электропривода и электрооборудования Дементьевым Юрием Николаевичем. Отзыв положительный. Замечания следующие:

1. К сожалению, из автореферата, непонятно, что означает максимально возможная мощность передачи электрической энергии? Какова ее величина абсолютная или относительная от полной мощности?

2. Какие допущения приняты автором в математической модели силовой схемы СП, предложенной автором?

3. Введение повышающего конвертера в схему СП, вероятно, добавляет дополнительные элементы в функциональную схему, и приводит к удорожанию СФУ в целом. На сколько увеличивается стоимость СП, предложенного автором, по сравнению с существующими техническими решениями?

4. Каковы значения величин (количественно) массы, КПД, стоимости СП, выбранные автором в качестве базовых при проектировании силовой части СП, предложенной автором в диссертации?

Отзыв на автореферат федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича» (193232, г. Санкт-Петербург, проспект Большевиков, д. 22, корп. 1), составленный заслуженным деятелем науки РФ, доктором технических наук, профессором кафедры теории электрических цепей и связей Дмитриковым Владимиром Федоровичем. Отзыв положительный. Замечания следующие:

1. В автореферате не приведены исходные параметры проектируемого статического преобразователя для понимания его области применения в электроэнергетических системах с применением солнечных фотоэлектрических установок.

2. Не раскрыт метод отыскания точки максимальной мощности солнечной батареи, что возможно обусловлено ограниченностью объема автореферата.

3. Из автореферата не ясна схемотехническая реализация двунаправленного конвертера (А1), схематично изображенного на рисунке 3 (Разработанная силовая схема СП).

Отзыв на автореферат закрытого акционерного общества «ММП-Ирбис» (111024, г. Москва, ул. Андроновское шоссе, д. 26), составленный доктором технических наук, профессором, генеральным директором Лукиным Анатолием Владимировичем. Отзыв положительный. Замечание следующее:

1. К недостаткам автореферата можно отнести отсутствие описания силовой схемы статического преобразователя в аварийных режимах и недостаточно полное описание макетного образца: следовало бы дать основную информацию по применяемой элементной полупроводниковой базе.

Отзыв на автореферат федерального государственного бюджетного учреждения «Центральный научно-исследовательский испытательный институт инженерных войск» (ФГБУ «ЦНИИИ ИВ») Министерства обороны Российской Федерации (143432, Московская обл., Красногорский район, пос. Нахабино, ул. Карбышева, д. 2), составленный кандидатом технических наук, заместителем начальника управления – начальником отдела Гуришкиным Олегом Павловичем, доктором технических наук, профессором, главным научным сотрудником управления, действительным членом Академии военных наук Хмелюком Петром Сергеевичем, начальником отдела Яценко Сергеем Николаевичем, и утвержденный кандидатом технических наук, доцентом, заместителем начальника ФГБУ «ЦНИИИ ИВ» Минобороны России по научной работе Широковым Александром Валерьевичем. Отзыв положительный. Замечания следующие:

1. При описании разработанной системы регулирования инвертора СП не даны пояснения, каким образом реализуется метод отыскания максимальной мощности и синхронизации СП с магистральной сетью переменного тока.

2. При описании разработанной силовой схемы СП (рисунок 3), следовало показать эпюры процессов, происходящих в схеме, что позволило, упростить анализ предложенной схемы.

3. В автореферате отсутствуют технические характеристики разработанного макетного образца.

Отзыв на автореферат закрытого акционерного общества «Связь инжиниринг» (115404, г. Москва, ул. 6-я Радиальная, д. 9), составленный кандидатом технических наук, 1-ым заместителем генерального директора Овчинниковым Денисом Александровичем. Отзыв положительный. Замечание следующее:

1. Вместе с тем, недостатком представленного в автореферате материала является недостаточно полное описание функционирования предложенной

силовой схемы статического преобразователя и системы регулирования выходного инвертора.

Отзыв на автореферат открытого акционерного общества «Всероссийский научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт электровозостроения» (ОАО «ВЭлНИИ») (346413, г. Новочеркасск Ростовской обл., ул. Машиностроителей, д. 3), составленный кандидатом технических наук, руководителем испытательного центра ОАО «ВЭлНИИ» Демченко Игорем Петровичем. Отзыв положительный. Замечания следующие:

1. При описании схемы (стр. 17 автореферата), с которой проводится сравнение предложенной в диссертационной работе силовой схемы, не достаточно полно раскрыто схемотехническая реализация повышающего конвертора.

2. В автореферате отсутствуют результаты компьютерного моделирования, которые позволили бы подтвердить заявление автора о том, что в разработанной силовой схеме потери мощности в инверторе ниже на 16-18% по сравнению с выбранной в качестве аналога схемой, что возможно обусловлено ограничением по объему автореферата.

Отзыв на автореферат федерального государственного унитарного предприятия «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения (ФГУП ЦНИИмаш)» (141070, Московская обл., г. Королёв, ул. Пионерская, д. 4), составленный доктором технических наук, профессором, главным научным сотрудником Мельниковым Виталием Михайловичем и начальником отдела 1204 Морозовым Евгением Павловичем. Отзыв положительный. Замечаний нет.

В дискуссии приняли участие:

Главный научный сотрудник ФГУП «ЦНИИмаш», д.т.н. Мельников Виталий Михайлович, член диссертационного совета, д.т.н. Резников Станислав Борисович.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что они являются компетентными учеными в области диссертационного исследования, что подтверждается их научными публикациями. **Выбор ведущей организации обуславливается** широкой известностью ее научных достижений по теме диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

— **разработан** СП с использованием двухконтурной системы управления, отличающийся от известных (А.Е. Усков, М.А. Дыбко, М.В. Гельман, С.В. Брованов, А.А. Мартынов, S. Anwar, Z. Zhao, O. Lopez, D. Perreault, J.M. Carrasco, L.G. Franquelo, A. Trubitsyn, B. Pierquet, M. Calais, P. Mehta, J.R. Dreher) тем, что **позволяет** с меньшими потерями передавать электрическую энергию от солнечной батареи (СБ) в магистральную сеть переменного тока;

— **предложена** новая классификация СФУ, отличающиеся от известных (Б.В. Лукутин, С.Г. Обухов, А.Е. Усков, M.R. Pater, A. Khaligh, A.W. Bett, O.C. Onar, O. Lopez, Z. Zhao) использованием новой совокупности признаков (способы соединения фотоэлектрических модулей, устранения токов утечки, подключения накопителей энергии), а также предложены критерии сравнения по каждому из классификационных признаков, что **позволит** разработчикам СФУ на этапе проектирования предусмотреть структурные, схемотехнические и конструктивные особенности данного класса устройств;

— **разработана** двухконтурная система регулирования инвертора СП с блоком синхронизации на основе ФАПЧ, отличающееся от известных (В.Г. Щукин, Л. Маттейн, Ю.К. Розанов, М.В. Рябчинский, А.А. Кваснюк, R.W. Wall, J. Zaragoza, Y. Wang, Y. Li) использованием сигнала напряжения промежуточного звена постоянного тока СП для внутреннего контура и сигнала выходного тока инвертора СП для внешнего контура, что **позволяет** более эффективно осуществлять преобразование электрической энергии, вырабатываемой СБ;

— **предложена**, отличающаяся от известных (S. Anwar, Z. Zhao, O. Lopez, D. Perreault, J.M. Carrasco, L.G. Franquelo, A. Trubitsyn, B. Pierquet, M. Calais, P. Mehta, J.R. Dreher), структура силового каскада СП СФУ на основе повышающего конвертора и инвертора с выходным синусоидальным током на IGBT транзисторах с обратной запирающей способностью, что **позволяет** уменьшить индуктивность дросселя конвертора, снизить уровень реактивного тока, обеспечить балансировку напряжений на конденсаторах промежуточного звена постоянного тока СП и снизить уровень токов утечки;

— **разработаны** математическая и компьютерная имитационная модели СП, что **позволяет** исследовать электромагнитные процессы в силовом каскаде СП при различных режимах работы и подтвердить работоспособность предложенной двухконтурной системы регулирования инвертора СП;

— **создан** лабораторный макет СП, на котором проведены экспериментальные исследования, подтвердившие работоспособность и справедливость полученных теоретических положений диссертации;

— **предложена** методика проектирования силовой части СП, позволяющая рационально выбирать частоту преобразования электрической энергии и параметры силовых компонентов СП в зависимости от требований, предъявляемых к устройству.

Теоретическая значимость работы заключается в том, что:

— **проведен** анализ существующих способов построения СФУ, который позволил сформулировать новую совокупность классификационных признаков и предложить новые критерии сравнения по каждому из них, что **способствует** обоснованному выбору структуры СФУ;

— **предложен** способ двухконтурного регулирования инвертора СП, **позволяющий** более эффективно обеспечить преобразование электрической энергии от СБ и ее передачу в магистральную сеть переменного тока.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

— **разработана** компьютерная модель с интегрированным программным модулем, реализующим предложенную систему регулирования инвертора СП, что **позволяет** проводить имитационное компьютерное моделирование СП в диапазоне исходных данных, прописанном в техническом задании на разработку полупроводниковых преобразователей **с целью** выбора рациональных параметров системы управления и элементной базы СП;

— **показана** с помощью компьютерного моделирования и экспериментальных исследований макетного образца работоспособность предложенной двухконтурной системы регулирования инвертора СП, а также энергетическая эффективность структуры силового каскада СП, позволяющая снизить потери мощности на 15-20% по сравнению с выбранным прототипом;

— **предложена** методика проектирования силового каскада СП, позволяющая осуществлять рациональный выбор частоты преобразования электрической энергии в СП, полупроводниковых и реактивных элементов силового каскада СП в зависимости от требований, предъявляемых к СП;

— **осуществлено внедрение** результатов диссертационной работы в учебный процесс МАИ (НИУ) по кафедре 310 «Электроэнергетические, электромеханические и биотехнические системы»;

— **выполнено внедрение** двухконтурной системы регулирования СП на предприятии ООО «ЭМКОМ» при разработке стендовых преобразователей типов ПС120 УХЛ** и ПС70-02 УХЛ4.

Оценка достоверности результатов

Достоверность полученных научных результатов, отраженных в диссертационной работе, **подтверждается** корректным использованием методов теоретической электротехники, методов математического анализа, методов теории автоматического управления и регулирования, использованием сертифицированных программных пакетов PSIM, Mathcad, а также хорошим

совпадением результатов имитационного компьютерного моделирования с результатами экспериментальных исследований макетного образца.

Личный вклад соискателя состоит в следующем:

- предложены классификация СФУ по новой совокупности признаков и критерии сравнения по каждому из классификационных признаков;
- разработана двухконтурная система регулирования инвертора СП с внутренним контуром по сигналу напряжения промежуточного звена постоянного тока СП и внешним контуром по сигналу выходного тока инвертора СП;
- разработана программа на языке Си для реализации в программном продукте PSIM двухконтурной системы регулирования инвертора СП;
- предложена структура силового каскада СП и разработана ее компьютерная модель для программного продукта PSIM;
- проведено компьютерное имитационное моделирование предложенного силового каскада СП и двухконтурной системы регулирования инвертора СП, подтверждающее их работоспособность;
- предложена методика проектирования силового каскада СП, позволяющая осуществлять рациональный выбор частоты преобразования электрической энергии в СП;
- участие в создании макетного образца СП и проведении его экспериментальных исследований;
- проведено сопоставление результатов компьютерного имитационного моделирования с результатами экспериментальных исследований макетного образца.

Полученные соискателем результаты исследований обладают научной новизной и практической значимостью, соответствуют поставленной цели.

Автореферат полностью отражает основное содержание диссертационной работы.

В диссертационной работе разработаны научно-обоснованные этапы проектирования статического преобразователя в составе солнечной фотоэлектрической установки с целью повышения его эффективности, внедрение которых вносит существенный вклад в развитие альтернативной энергетики Российской Федерации.

На заседании 28 декабря 2016 года из 26 членов диссертационного совета Д 212.125.07 присутствовало 20 членов, из них 6 по специальности 05.09.03. При проведении тайного голосования: роздано бюллетеней - 20, в урне оказалось - 20, за присуждение ученой степени - 20, против присуждения ученой степени - 0, недействительных бюллетеней - 0.

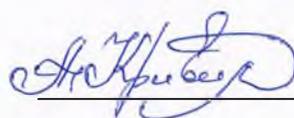
Диссертационный совет Д 212.125.07 на основании результатов тайного голосования пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, и принял решение присудить Дякину Сергею Валерьевичу ученую степень кандидата технических наук по специальности 05.09.03 «Электротехнические комплексы и системы».

Председатель диссертационного
совета Д 212.125.07, д.т.н.



В.Т. Пенкин

Ученый секретарь диссертационного
совета Д 212.125.07, д.т.н.



А.В. Кривилев

28.12.2016