

## ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, доцента  
Гречишникова Виктора Александровича на диссертационную работу  
Дякина Сергея Валерьевича «Повышение эффективности статического  
преобразователя в электроэнергетических системах с солнечными  
фотоэлектрическими установками», представленную на соискание учёной  
степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 –  
«Электротехнические комплексы и системы»

### Актуальность темы диссертации

С каждым годом солнечные батареи в качестве источника энергии находят все новые области применения в промышленности, сельском и жилищно-коммунальном хозяйстве, космической отрасли и т.д.

В настоящее время перед разработчиками солнечных фотоэлектрических установок (в составе: солнечных батарей, накопителей энергии, полупроводниковых статических преобразователей электрической энергии) стоят задачи по повышению коэффициента полезного действия полупроводниковых статических преобразователей (СП), а также передачи электрической энергии в магистральную сеть переменного тока с минимальными потерями. Диссертационная работа Дякина С.В. позволяет решить основные задачи, возникающие при разработке солнечных фотоэлектрических установок (СФУ). В этой связи тема рассматриваемой работы является актуальной и представляет научный и практический интерес.

Диссертационная работа Дякина С.В. состоит из 165 страниц, включая 58 рисунков и 20 таблиц, структурно разделена на: введение, четыре главы, заключение, список литературы из 152 наименований и четыре приложения.

Во **введении** дается обоснование актуальности темы диссертационной работы, определены цели и задачи, представлены сведения о научной новизне и практической ценности работы, положениях, выносимых на защиту, реализации результатов работы, об апробации и публикациях.



**В первой главе** проведен анализ литературы. Рассмотрены различные способы построения СФУ, схемотехнические решения инверторов и конверторов, входящих в состав СП. Впервые автором дана обобщенная классификация СФУ по различным признакам:

- по способу соединения фотоэлектрических модулей;
- по способу устранения токов утечки;
- по способу подключения накопителя энергии.

Автором предложены критерии по каждому классификационному признаку СФУ, что позволяют упростить процесс выбора структуры СФУ и разработки силовой схемы СП.

**Вторая глава** посвящена анализу способов синхронизации инвертора СП с магистральной сетью переменного тока. Предложен принцип двухконтурной системы регулирования (ДСР) инвертора СП с целью его синхронизации с магистральной сетью переменного тока и передачи максимально возможной электрической энергии от солнечной батареи в сеть переменного тока, исключая реактивную составляющую.

**В третьей главе** представлена разработанная силовая схема СП, работающего совместно с солнечной батареей, а также математическая и компьютерная (в программной среде *PSIM*) модели разработанной силовой схемы СП. К основным особенностям предложенной силовой схемы СП автор относит: снижение токов утечки и мощности потерь в схеме по сравнению с аналогом, балансировку напряжения конденсаторов в промежуточном звене постоянного тока СП. В ходе компьютерного моделирования автором проводится исследование: зависимостей токов через реактивные элементы конвертора СП, потерь мощности в СП от величины входного напряжения, выходной мощности и частоты коммутации полупроводниковых приборов. Кроме того, автор по результатам компьютерного моделирования подтверждает:

- работоспособность разработанной силовой схемы и предложенного принципа ДСР инвертора СП при синхронизации с магистральной сетью переменного тока (с помощью написанного на языке Си дополнительного программного модуля);

- снижение потерь мощности в предложенной силовой схеме на 15-20% по сравнению с одним из существующих аналогов.

**В четвертой главе** приведен алгоритм проектирования силовой части СП, описано экспериментальное исследование на макетном образце и дана сравнительная оценка экспериментальных и теоретических данных, полученных в ходе компьютерного моделирования. В результате автор делает заключение о том, что в дальнейшем при разработке СП на основе разработанной силовой схемы и принципа регулирования инвертора СП целесообразно применять предложенную компьютерную модель.

**В заключении** кратко формулируются основные результаты диссертационной работы.

**Автореферат диссертации** соответствует основному тексту работы.

**Новизна исследований, основные научные результаты и их практическая значимость.**

**Научная новизна** рассматриваемой диссертационной работы заключается в следующем:

- Новая классификация СФУ на основе выбранных автором признаков (по способам соединения фотоэлектрических модулей, устранения токов утечки, подключения накопителя энергии, а также схемотехнических решений СП). Представлены критерии для сравнения по каждому их признаков, которые позволяют осуществлять рациональный выбор структуры СФУ и синтез силовой схемы СП в зависимости от области применения.
- Способ передачи электрической энергии от солнечной батареи в магистральную сеть переменного тока с возможностью исключения реактивной составляющей и синхронизации СП с магистральной сетью переменного тока с помощью разработанной двухконтурной системы регулирования инвертора СП.
- Математическая и компьютерная модели разработанной силовой схемы СП. Компьютерная модель позволяет проводить анализ и исследование переходных и установившихся процессов в схеме СП в широком диапазоне исходных данных.

– Алгоритм проектирования силовой части СП, позволяющий с использованием разработанной компьютерной модели определять частоту преобразования электрической энергии и параметры силовых компонентов СП в зависимости от требований к массе, коэффициенту полезного действия или стоимости СП.

**К практической значимости** диссертации следует отнести:

– Разработанную автором силовую схему СП, на которую получен положительный результат формальной экспертизы Федерального института промышленной собственности (ФИПС) от 14.10.16 на предложенную силовую схему СП (заявка №2016129030 на патент РФ от 15.07.2016).

– Двухконтурную систему регулирования инвертора СП и её программную реализацию. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2016660668 от 20.09.2016.

– Разработанную компьютерную модель предложенной силовой схемы СП в программной среде PSIM.

– Алгоритм проектирования силовой части СП с целью выбора рациональной частоты преобразования электрической энергии и полупроводниковых и реактивных элементов в зависимости от требований минимума массы, максимума коэффициента полезного действия или минимума стоимости устройства.

– Макетный образец СП, с помощью которого экспериментально показана работоспособность разработанной силовой схемы и предложенной двухконтурной системы регулирования инвертора СП, а также подтверждена справедливость полученных результатов компьютерного моделирования.

**Достоверность** полученных результатов подтверждена экспериментальными исследованиями и их сравнением с имитационным компьютерным моделированием.

Диссертационная работа Дякина С.В. прошла апробацию в ходе всероссийских и международных научно-технических и научно-практических конференций. Автором опубликовано 11 научно-технических статей, из которых 3 статьи в журналах, рекомендованных ВАК РФ. Подана заявка №2016129030 от 15.07.2016 на патент РФ (положительный результат

формальной экспертизы ФИПС от 14.10.16) и получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2016660668 от 20.09.2016.

К недостаткам диссертации можно отнести следующее:

– В работе в недостаточной мере раскрыты режимы функционирования СФУ и область ее применения с учетом разработанной силовой схемы СП и синхронизации установки с магистральной сетью переменного тока.

– 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.

– При подключении солнечной батареи отсутствует возможности ограничение тока заряда конденсаторов С1 и С2 промежуточного звена постоянного тока СП.

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

– В работе обнаружены незначительные терминологические и стилистические поправки.

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

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

– 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 отсутствие света. Нелинейные параметры при разряде могут серьезно сказаться и на схемотехнике всей схемы, и на питаемых от нее объектах.

– 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.

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

Указанные замечания имеют рекомендательный характер и не могут повлиять на общую положительную оценку диссертационной работы. Отмеченные недостатки не влияют на достигнутые цели теоретических и практических исследований, заявленные в диссертации.

### **Заключение**

Проведенный анализ материалов исследования указывает, что по актуальности, содержанию и значимости основных результатов, диссертация Дякина Сергея Валерьевича является законченной научно-квалификационной работой, выполненной автором самостоятельно на современном научном уровне, в которой изложены научно-обоснованные технологические разработки и рекомендации, обеспечивающие решение задачи повышения энергоэффективности передачи электрической энергии от солнечной батареи в магистральную сеть переменного тока с возможностью исключения реактивной составляющей и синхронизации СП с магистральной сетью переменного тока с помощью разработанной двухконтурной системы регулирования инвертора СП, что соответствует п. 1 паспорта специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы».

Полученные результаты содержат научную новизну и полностью отражены в публикациях. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации. Полученные автором результаты прошли необходимую апробацию.

Таким образом, можно сделать вывод, что диссертационная работа Дякина Сергея Валерьевича «Повышение эффективности статического преобразователя в электроэнергетических системах с солнечными фотоэлектрическими установками» соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 в редакции Постановления Правительства РФ от 21.04.2016 г. № 335, которым должны отвечать диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук и заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы».

**Официальный оппонент,**

Гречишников Виктор Александрович

гражданин Российской Федерации,

первый заместитель директора – начальник учебного отдела

Института транспортной техники и систем управления,

профессор кафедры «Электроэнергетика транспорта»

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения

высшего образования «Московский государственный университет путей

сообщения Императора Николая II»

доктор технических наук (05.09.03 –

Электротехнические комплексы и системы),

доцент

В. А. Гречишников

Почтовый адрес: 127994, ГСП-4, Москва, ул. Образцова, д. 9, стр. 9

Тел.:(495) 684-21-57, (495) 600-63-20.

E-mail: [tu@miit.ru](mailto:tu@miit.ru), [victor\\_gre@mail.ru](mailto:victor_gre@mail.ru)

Подпись официального оппонента В.А. Гречишникова заверяю.

