

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу
Габдерахмановой Татьяны Сергеевны «Исследование энергетической и экономической эффективности фотоэлектрических систем микрогенерации в условиях Российской Федерации» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.01 – энергетические системы и комплексы

1. Актуальность темы диссертации:

Важным направлением развития мировой солнечной энергетики является массовый запуск в эксплуатацию небольших (микрогенерирующих) фотоэлектрических станций с установленной мощностью до 10-20 кВт, локальное потребление электроэнергии от которых комбинируется с продажей ее избытков в сеть, а недостающая часть этого потребления при необходимости закупается из сети. Важными являются оценки эффективности использования таких станций, их социально-экономической привлекательности с учетом государственной политики их поддержки, а также обоснование районов их размещения и оптимизация технических решений.

Тема диссертационной работы соответствует современным требованиям развития фотоэлектрических систем микрогенерации в условиях Российской Федерации и в мире. Она, безусловно, содержит совокупность актуальных научно-технических задач.

2. Структура и объём диссертации.

Диссертация состоит из введения, четырех глав основного текста, заключения и списка литературы. Работа изложена на 152 страницах, содержит 41 рисунок, 1 приложение и список литературы из 138 наименований.

Во введении соискатель обосновывает актуальность исследования и формулирует цель и задачи, а также научную новизну и практическую значимость работы, приведены основные защищаемые положения, описана структура работы.

В первой главе описаны результаты анализа состояния разработок и практического использования технологий фотоэлектрической микрогенерации в мире и РФ. Сделаны выводы об эффективности накопителей тепловой и электрической энергии в составе систем микрогенерации, в частности, отмечается, что во многих случаях структура систем не оптимальна, не учитывает специфические климатические, тарифные и другие условия. Они не приспособлены к условиям эксплуатации в РФ, к длительным периодам низких инсоляций и низких температур. Экономическая привлекательность снижается в связи с необходимостью значительных вложений в накопители электрической энергии.

Вторая глава посвящена вопросам экспериментальной эксплуатации

автономной фотоэлектрической установки (ФЭУ) аккумуляторного типа в условиях Московского региона и ее имитационного моделирования. Показано, что для уменьшения разбаланса напряжений необходимо использовать балансировочное устройство, которое контролирует каждый элемент и перераспределяет энергию между ними. Разработанная математическая модель хорошо описывает ситуации для величин среднесуточных мощностей солнечного излучения более 100 Вт/м^2 (погрешность при этом не превышает 13-15%).

Третья глава посвящена моделированию производительности ФЭС микрогенерации в регионах РФ, а также анализу чувствительности работы систем к энергетическим, мощностным характеристикам оборудования ФЭС и суточному графику электропотребления. Исследования выполнены для 5 географических местоположений, характеризующихся высокими солнечными ресурсами (более $1,3 \text{ МВт}\cdot\text{ч/м}^2\cdot\text{год}$) и относящихся к различным тарифным зонам РФ. В качестве базового объекта рассмотрен индивидуальный жилой дом с суммарной годовым потреблением $5,5 \text{ МВт}\cdot\text{ч}$ электроэнергии. В частности, для климатических условий Якутска и Волгограда в ходе параметрических исследований выявлены энергетические и мощностные параметры систем, при которых достигаются наилучшие энергетические характеристики ФЭС.

В четвертой главе проведены экономические оценки различных моделей ФЭС микрогенерации, необходимые для окончательного выбора их конфигураций и учитывающие зависимости от климатических и эксплуатационных условий. Разработан новый подход на основе использования стоимости энергии для потребителя p_{cons} , отражающий среднюю за 20 лет стоимость электроэнергии, суммарно потребленной хозяйством, включая его потребления из сети и от собственной ФЭС. Показано, что в сетевых зонах главными параметрами экономической эффективности ФЭС микрогенерации являются розничный и сбытовой тарифы на электроэнергию.

По итогам исследования в диссертации сформулированы выводы о достижении заявленной цели и решении поставленных задач.

Диссертационная работа написана технически грамотным языком и хорошо оформлена. Содержание автореферата отражает основные положения и идеи диссертации, о чем свидетельствует наличие основных выводов по главам и заключение по работе. Работа содержательна, имеются ссылки на заимствованные источники, а также материалы работ, выполненные диссертантом самостоятельно и в соавторстве.

3. Научная новизна проведённых исследований и полученных результатов заключается в следующем:

1. Проведен комплекс экспериментальных и расчетно-теоретических исследований конфигураций ФЭС микрогенерации впервые в широком спектре климатических, технических, экономических условий, включая учет различных тарифов рынка электроэнергии в регионах России (сетевые зоны и

отдаленные от них), с целью определения их экономической привлекательности для индивидуальных потребителей (хозяйств).

2. Исследованы условия разбалансировки свинцово-кислотной аккумуляторной батареи и сформулированы требования, которые необходимо выполнять при проектировании ФЭС для предотвращения преждевременного выхода накопителей электроэнергии из строя.

3. На основе оптимизационных исследований впервые определены регионы РФ, в которых использование ФЭП микрогенерация является экономически выгодным: хозяйства в Якутии и на юге Дальнего Востока. При снижении стоимости оборудования ФЭС экономически привлекательными могут быть районы с неценовыми зонами оптового рынка и высокими потенциалами солнечной энергии.

4. Впервые разработаны схемы ФЭС микрогенерации с использованием избытков генерируемой энергии на горячее водоснабжения, которые при замещении традиционных электрических водонагревателей позволяют повысить экономическую привлекательность таких систем.

4. Значимость полученных в диссертации практических результатов.

Практическая значимость результатов выполненного исследования содержится в научно-техническом и экономическом обосновании Государственной программы развития микрогенерации на основе ВИЭ, в достижении ее целевых энергетических и мощностных параметров планируемых к использованию ФЭС микрогенерации на территории РФ и в аналогичных климатических условиях в мире.

5. **Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций,** приведенных в диссертационной работе Габдерахмановой Татьяны Сергеевны, не вызывает сомнений. Обоснованность результатов исследований подтверждается корректностью заявленных целей и научно-прикладной направленностью поставленных задач, проведением подробных экспериментальных и теоретических исследований, использованием статистических методов обработки данных. Достоверность полученных результатов исследований подтверждается наличием различных и независимых способов проверки полученных результатов, оценки их погрешности.

6. Апробация результатов исследования и полнота публикаций

Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались на 12 научно-практических международных и российских конференциях. По материалам диссертации опубликовано 15 печатных работ, в том числе 6 статей в журналах, рекомендованных ВАК РФ, 2 статьи в журналах, входящих в реферативную базу данных Scopus. Опубликованные научные труды полностью отражают содержание диссертационного исследования.

7. **Личный вклад автора** в решение проблемы сомнений не вызывает, заключается в выполнении экспериментальных исследований автономной фотоэлектрической установки, в разработке алгоритмов анализа энергетической и экономической эффективности ФЭС микрогенерации, в проведении моделирования соединенных с сетью ФЭС микрогенерации и анализу зависимости их энергетических характеристик от климатических особенностей регионов России и графиков нагрузки.

8. Замечания и вопросы по диссертационной работе

1. В диссертации использована программная среда TRNSYS и кратко описаны программы MATLAB (Simulink), HOMER Pro, PVSyst. Желательно было бы более подробно аргументировать выбор программной среды для моделирования среди ПО, обладающих аналогичным функционалом, и сравнить их преимущества и недостатки.

2. Чем аргументируется выбранная величина годового потребления электрической энергии 5,5 МВт·ч, использованная в моделировании?

3. Какова погрешность измерения характеристик солнечного излучения при проведении экспериментальных исследований?

4. Некоторые принятые в экономическом расчете допущения вызывают сомнения. В частности, линейный характер изменения стоимости оборудования ФЭС пропорционально изменению размерных (мощностных и емкостных) характеристик, но с увеличением размера экономическая составляющая контактов, корпуса и других элементов в структуре цены уменьшается. Кроме того, срок службы свинцово-кислотных накопителей энергии, принятый равным 10 годам, по моему мнению, несколько завышен, его следовало бы принять равным не более 6 лет.

5. При выборе подхода, использованного для экономического анализа, следовало бы более подробно рассмотреть использующиеся в мировой практике традиционные подходы, и, возможно, частично их использовать. Так, по моему мнению, при сравнении экономической эффективности аккумуляторов предпочтительнее использовать понятие нормированной стоимости хранения (Levelized Cost of Storage, LCOS).

Сделанные замечания не снижают общей положительной оценки проведенных исследований.

9. Заключение

Считаю, что по своей актуальности, новизне, научной и практической значимости диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует всем критериям, установленным п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней № 842

от 24.09.2013г., а ее автор Габдерахманова Татьяна Сергеевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.01 – энергетические системы и комплексы.

Официальный оппонент

Доктор физико-математических наук, профессор,
ведущий научный сотрудник «Лаборатории Физико-химических
свойств полупроводников» ФТИ им. А.Ф. Иоффе
194021, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 26
т.р. (812) 2477173, т.м. 9213480649
e-mail bobyl@theory.ioffe.ru

Бобыль А.В.

Ученый секретарь ФТИ им. А.Ф. Иоффе
д.ф.-м.н., профессор



Шергин А.П.

20 мая 2019 года

194021, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 26, (812) 297-22-45
A.Shergin@mail.ioffe.ru

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук (ФТИ им. А.Ф. Иоффе).

194021, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 26, (812) 297-2245,
post@mail.ioffe.ru