

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук, доцента Велькина Владимира Ивановича
на диссертационную работу Ускова Алексея Юрьевича
«Адаптивная система управления энергосберегающими процессами здания
с возобновляемыми источниками энергии»
по специальности 2.4.5. Энергетические системы и комплексы,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
в диссертационный совет УрФУ 2.4.07.17

Актуальность темы диссертации

Системы управления энергосберегающими процессами здания в настоящее время получают все большее распространение в России. Повышение энергетической эффективности объектов является одним из приоритетов в развитии страны. При этом существует проблема «пиковых» нагрузок, которая особенно актуальна в загородных жилых комплексах, где темпы развития инфраструктуры питающих сетей отстают от темпов прироста энергопотребления. Возможным решением проблемы является использование возобновляемых источников энергии, в частности – солнечной энергии, что рассматривалось автором в диссертационной работе.

Использование возобновляемых источников энергии снижает нагрузку на центральные линии электроснабжения жилого комплекса, а применение систем управления энергосберегающими процессами повышает эффективность использования энергетических ресурсов.

Комплексный подход к решению задачи – построение адаптивной системы управления энергосберегающими процессами – является актуальной задачей в настоящее время. Ежегодный рост рынка систем «Умный дом» в России подтверждает это. А в Европе, где стоимость энергетических ресурсов существенно выше, системы Умного дома для энергосбережения применяются уже повсеместно. Актуальность темы диссертационной работы также подтверждается результатами исследования патентного ландшафта в мировом масштабе, приведенными в первой главе диссертации.

Научная новизна

Научная новизна результатов работы определяется тем, что А.Ю. Усковым в его диссертации:

1 исследована эффективность использования солнечной энергии в качестве возобновляемого источника энергии для электроснабжения потребителей в условиях загородных жилых комплексов Челябинской области;

2 предложен способ коммутации электрических нагрузок зданий, обладающий повышенной надежностью и увеличенным сроком службы коммутирующего элемента, отличающийся снижением искрообразования на контактах коммутирующего элемента;

3 разработаны принципы и средства управления, а также алгоритмы эффективного управления устройствами коммутации электрической нагрузки зданий, повышающие безопасность и эффективность эксплуатации систем;

4 разработана экспериментальная исследовательская установка и методика испытаний устройств коммутации для оценки срока службы их коммутирующих элементов при работе на нагрузки различных типов.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается применением в диссертации известных положений электротехники, электроники, теории автоматического управления и подтверждаются совпадением теоретических и экспериментальных результатов.

Научная и практическая значимость полученных результатов

Научная значимость работы определяется тем, что А.Ю. Усковым в его диссертации:

1 на основе сравнительного анализа существующих способов коммутации электрических нагрузок в зданиях предложен способ, обладающий повышенной надежностью и увеличенным сроком службы коммутирующего элемента;

2 на основе сравнительного анализа существующих способов построения беспроводных сетей в зданиях для передачи управляющих команд и электротехнической информации от объекта управления разработаны принципы и средства управления, а также алгоритмы эффективного управления устройствами коммутации, повышающие безопасность и эффективность эксплуатации систем.

Практическая значимость работы определяется тем, что А.Ю. Усковым в его диссертации:

1 уточнена методика расчета с учетом снижения выбросов CO₂ и выбраны параметры солнечной энергоустановки для питания части электропотребителей загородного жилого комплекса «Твоя Привилегия» в Челябинской области;

2 разработана адаптивная система управления энергосберегающими процессами здания, которая позволяет осуществлять удаленное управление электроприборами, автоматическую работу по заданным сценариям, обладает увеличенным сроком службы, надежным каналом беспроводной связи, а также малыми габаритными размерами;

3 разработана и изготовлена универсальная экспериментальная исследовательская установка, управляющее программное обеспечение и методика испытаний устройств коммутации, позволяющие оценить срок службы коммутирующего элемента при работе на нагрузки различных типов.

Все теоретические положения диссертационной работы подтверждены данными экспериментов. При этом в рамках выполнения работы А.Ю. Усковым были не только изготовлены прототипы беспроводных коммутаторов электрической нагрузки, но разработана и изготовлена экспериментальная исследовательская установка и методика проведения экспериментов. Экспериментальная исследовательская установка имеет особую практическую значимость для применения в дальнейших исследованиях систем коммутации различных типов.

Работа А.Ю. Ускова поддержана Инновационным центром «Сколково» и «Фондом содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере» (в рамках программы СТАРТ-1).

Результаты диссертационной работы внедрены на 3 предприятиях Челябинской области, в рамках опытной эксплуатации системы в здании в поселке Западный Сосновского района Челябинской области а также в учебный процесс в дисциплине «Энергосбережение в социальной сфере» магистерской программы «Комплексное использование возобновляемых источников энергии» по направлению 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника» на очном отделении Политехнического института ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)».

Публикации и апробация работы

Основные результаты диссертации отражены в 21 научной работе, в том числе 7 статей в изданиях, определенных ВАК РФ и Аттестационным советом УрФУ, из них 2 статьи в журналах, индексируемых в международной базе Scopus, 2 патентах РФ на изобретение, 1 патенте РФ на полезную модель, 1 свидетельстве о государственной регистрации программы для ЭВМ, 1 международной РСТ заявке «Беспроводное устройство коммутации электрической нагрузки». Апробация диссертационной работы проводилась на всероссийских и международных научных конференциях

Анализ содержания диссертации

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, перечня сокращений и условных обозначений, списка литературы из 161 наименования (отечественных и зарубежных авторов) и 2 приложений. Общий объем диссертационной работы составляет 148 страниц машинописного текста, в том числе 128 страниц основного текста, включающего в себя 65 рисунков, 12 таблиц и 20 страниц приложений.

Во **введении** обоснована актуальность темы диссертационной работы, степень разработанности темы исследования, сформулированы цель и задачи исследования, отражена научная новизна, теоретическая и практическая зна-

чимости результатов исследования. Определены методы исследования, представлены основные научные положения, выносимые на защиту, а также представлены сведения о степени достоверности и апробации результатов диссертационной работы, и публикациях по теме исследования.

В первой главе представлено исследование патентного ландшафта, подтверждающее актуальность темы диссертации, а также исследована эффективность использования ВИЭ в электроснабжении потребителей в условиях загородных жилых комплексов Челябинской области.

Во второй главе автором предложен усовершенствованный способ коммутации электрических нагрузок, который увеличивает срок службы коммутирующего элемента устройства управления и повышает надежность функционирования всей системы в целом, за счет исключения искрообразования на контактах коммутирующего элемента.

В третьей главе автором предложен усовершенствованный способ обмена электротехнической информацией – построения беспроводной сети с самоорганизующейся топологией без центральных элементов (на базе широко распространённого стандарта Wi-Fi), повышающих уязвимость систем. При этом осуществляется синтез беспроводного устройства коммутации электрической нагрузки.

Разработанное устройство позволяет не только осуществлять удаленное управление процессом коммутации электрических нагрузок и мониторинг текущего состояния параметров сети, но и работать в автоматическом режиме по заранее созданным сценариям, что существенно расширяет его функциональные возможности и сферу применения.

В четвертой главе проводятся экспериментальные исследования. В **первой части четвертой главы** приводится описание разработанной экспериментальной исследовательской установки, при помощи которой проводятся сравнительные испытания способов коммутации электрических нагрузок различных типов и оценка срока службы коммутирующих элементов устройств

коммутации методом наработки «на отказ». Результаты проведенных экспериментальных исследований полностью подтверждают теоретические положения диссертационной работы.

Во второй части четвертой главы приводится описание разработанной методики для проведения испытаний отказоустойчивости MESH-сети на основе стандарта Wi-Fi. Результаты проведенных испытаний также полностью подтвердили теоретические положения диссертационной работы

В пятой главе был произведен расчет и экспериментальное подтверждение (в рамках пилотного внедрения на объекте) не только энергетического и экономического эффекта от внедрения разработанной адаптивной системы управления энергосберегающими процессами здания с возобновляемыми источниками энергии, но также и положительного влияния на углеродный след, что является особо актуальным направлением развития энергетики в настоящее время. При этом отдельно был обозначен вклад возобновляемых источников энергии в повышение энергоэффективности объекта и всего загородного поселка в целом (методом экстраполяции).

В заключении приведены выводы по диссертационной работе, которые полностью соответствуют поставленным во введении к работе задачам, имеют теоретическое обоснование и практическое подтверждение. Работа выполнена грамотно, изложение материала последовательно, выводы полностью обоснованы и подтверждены.

Соответствие паспорту специальности

Исследования, проводимые в рамках диссертационной работы, полностью соответствуют направлениям исследований (п. 4-5), приведенным в паспорте специальности 2.4.5. Энергетические системы и комплексы.

Замечания

По диссертационной работе А.Ю. Ускова имеются следующие дискуссионные положения:

1. На странице 90 диссертации на рисунке 4.5 нет пояснения к схеме подключения измерительного прибора. Необходимо пояснить функциональное назначение каждого элемента цепи.
2. В работе не учитывалась стоимость установки и эксплуатации ВИЭ, поэтому экономическая эффективность использования ВИЭ, расчет которой произведен в 5 главе, завышена.
3. На странице 73 диссертации на рисунке 3.7 приведена широко распространенная отладочная плата на базе используемого в работе модуля ESP32. Почему для прототипирования проектировались и изготавливались устройства, а не использовались отладочные платы?
4. Почему для повышения срока службы коммутирующего элемента не рассматривался вариант применения реле с увеличенным значением коммутируемого тока (например, 20 А)? В работе указано, что данный подход является рекомендуемым, например, компанией Keysight Technologies.
5. Схема построения MESH-сети известна. В чем заключается новизна и эффективность предлагаемого в работе решения? И чем оно отличается от существующих решений, например, на основе стандарта ZigBee?
6. На странице 99 диссертации на рисунке 4.13 приведена фотография электронного блока разработанного устройства коммутации. Позиция 2 – симистор, корпус которого соприкасается с корпусом устройства. При этом указано, что корпус устройства выполнен из пластика. Но, таким образом, не обеспечивается теплоотвод. Прошу пояснить данное конструктивное решение.

Заключение

Приведенные дискуссионные положения не снижают научной и практической ценностей работы. Диссертационная работа А.Ю. Ускова является законченной работой и удовлетворяет требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ, предъявляемым к диссертациям на соискание

ученой степени кандидата технических наук, а ее автор – Усков Алексей Юрьевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.5. Энергетические системы и комплексы.

Профессор кафедры атомных станций
и возобновляемых источников энергии
ФГАОУ ВО «Уральский федеральный
университет им. первого Президента
России Б.Н. Ельцина»
д.т.н., доцент



Велькин Владимир Иванович

620002, г. Екатеринбург,
ул. Мира, д. 19,
Тел. р. +7 (343) 375-47-78
E-mail: v.i.velkin@urfu.ru

16.05.2023 г.

Подпись Велькина В.И. заверяю:

УЧЁНЫЙ СЕКРЕТАРЬ
УРФУ
МОРОЗОВА В.А.

