Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

На правах рукописи

Алексеева Елена Викторовна

Разработка системы энергоснабжения на основе микроГЭС

Направление подготовки
27.04.04 «Управления в технических системах»

АВТОРЕФЕРАТ

МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ

2020

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

Научный руководитель — кандидат технических наук, профессор кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок» Суздорф Виктор Иванович

Рецензент — кандидат технических наук, менеджер по поддержке производства филиал АО «Талес Авионикс» Круговой Роман Николаевич

Защита состоится «___» июня 2020 года в ___ часов ____ мин на заседании государственной экзаменационной комиссии по направлению подготовки 27.04.04 «Управления в технических системах» в Комсомольском-на-Амуре государственном университете по адресу: 681913, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27, ауд. _____.

Автореферат разослан ___ июня 2020 г.

Секретарь ГЭК А.В. Бузикаева

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. По сей день сохраняется проблема обеспечения электроэнергией потребителей, отдалённых от централизованной системы энергоснабжения, обусловленная значительной удалённостью, труднодоступностью и изолированностью данных потребителей. При этом в энергетическом обеспечении отдалённых и труднодоступных регионов России большая роль принадлежит малой энергетике, которая обеспечивает электрической и тепловой энергией 70 % территории страны.

Основу локальной энергетики России составляют дизельные электростанции, которые обладают высокой мощностью и КПД, высокой безопасностью и надёжностью, а также легки в эксплуатации.

Однако, учитывая дефицитность, трудность поставки и высокую стоимость топлива для ДЭС, а также большой его расход на выработку одного кВт·ч электроэнергии, важнейшей задачей становится повышение эффективности использования топлива объектами малой энергетики.

Таким образом, внедрение новых технологий в малой энергетике, направленных на повышение эффективности работы оборудования, экономии топлива, обеспечения надёжности и качества электроснабжения является важной и актуальной задачей, решение которой позволяет привести к улучшению качества работы системы электроснабжения по экономическим, техническим и функциональным критериям.

Поскольку децентрализованным потребителям электроэнергии необходим гарантированный источник питания, наиболее перспективным вариантом построения изолированных энергетических систем являются комбинированные автономные системы электроснабжения, которые включают в себя энергетические установки возобновляемой энергетики и ДЭС.

В виду того, что большинство сельскохозяйственных потребителей Хабаровского края располагается вблизи рек, появляется возможность реализации гибридной системы «ДЭС-микроГЭС». Помимо этого

преимуществом применения гидроэнергии по отношению к другим возобновляемым источникам энергии является её высокая энергетическая плотность, относительно стабильный временной режим, а также широкие возможности регулирования энергии потоков воды.

При разработке системы энергоснабжения должны учитываться следующие требования:

- простота и надёжность конструкции;
- высокое качество выходных электрических параметров в статических и динамических режимах;
- соответствие вырабатываемого электрического тока требованиям ГОСТ по частоте и напряжению;
- полностью автоматизированный режим работы;
- экологическая безопасность принятых проектных решений.

Основной технической проблемой, возникающей при практическом использовании установок возобновляемой энергетики в составе изолированных энергосистем, является необходимость согласования режимов производства и потребления электроэнергии. Помимо этого соизмеримость мощностей генерирующих установок и потребителей в автономных системах электроснабжения приводит к ухудшению качества выходного напряжения в периоды пиков электрической нагрузки, неэффективному использованию возобновляемой энергии, а также снижает общий уровень надёжности электроснабжения потребителей.

Однако среди достаточно большого количества работ по проблемам возобновляемых источников энергии мало внимания уделяется совместной работе различного типа генераторов, применяемых в дизельных станциях и возобновляемых источниках (в нашем случае – микроГЭС), поэтому перед нами встала задача разработки схемы согласования данных агрегатов. При этом необходимо было учесть ограниченную мощность каждого из источников и значительное совместное влияние их друг на друга.

Объект и предмет исследования. В качестве объекта исследования в данной работе выступает комбинированная система энергоснабжения на

основе микроГЭС. Предметом исследования являются энергетические параметры и режимы работы генерирующих установок локальной энергосистемы.

Цель работы. Целью данной работы является разработка и исследование гибридной системы автономного энергообеспечения на базе микроГЭС для равнинных рек на примере реки Амур для повышения энергоэффективности систем электроснабжения коттеджных посёлков Хабаровского края.

Идея работы заключается в создании гибридной системы энергоснабжения, обеспечивающей возможность рационального объединения в составе изолированной энергосистемы разнотипных электрических станций и формирование эффективных режимов их совместной работы.

Для достижения поставленной цели в ходе диссертационной работы необходимо решить следующие **задачи**:

- произвести анализ различных способов построения микроГЭС и систем стабилизации её выходных параметров, определить их положительные и отрицательные стороны;
- разработать функциональную схему управления выходными параметрами микроГЭС, произвести выбор элементов данной энергосистемы и расчёт их параметров;
- разработать схему комбинированной системы энергоснабжения «ДЭС-микроГЭС»;
- создать имитационную модель гибридной системы энергоснабжения «ДЭС-микроГЭС» и проанализировать её работу;
- обобщить полученные данные.

Методы исследований. Исследование разработанной гибридной системы энергоснабжения производилось с использованием аналитических и численных методов решения алгебраических уравнений, методов исследования электрических машин и их проектирования, а также при помощи имитационного компьютерного моделирования. Все исследования

системы проводилисьс использованием современного программного обеспечения.

Научная новизна работы включает следующие положения:

1. Разработана модель гибридной системы электроснабжения, включающая в себя дизельную электростанцию и микроГЭС.

2. Получены новые результаты исследований динамического поведения в сложной системе электроснабжения ДЭС-микроГЭС.

Достоверность научных положений подтверждена сопоставлением с результатами других аналогичных исследований, соответствием результатов имитационного компьютерного моделирования установившихся и динамических режимов комбинированных систем электроснабжения с возобновляемыми источниками энергии.

Практическая ценность. Практическая значимость диссертационной работы заключается в разработке рекомендаций по проектированию автономных систем электроснабжения в протяжённых сетях на основе ДЭС.

Личный вклад автора. Диссертация является результатом самостоятельных исследований автора, которые проводились с непосредственным его участием. Все научные положения и результаты, определяющие научную новизну и практическую значимость исследования, получены лично автором. Личное участие автора подтверждено публикациями и выступлениями на научно-практических конференциях.

Апробация результатов. Результаты исследований, включённые в работу, докладывались на 47-й научно-технической конференции студентов и аспирантов (г. Комсомольск-на-Амуре, 2017 г.) и на 48-й научно-технической конференции студентов и аспирантов (г. Комсомольск-на-Амуре, 2018 г.). На III Всероссийском конкурсе научно-исследовательских работ студентов и аспирантов вузов и научных академических институтов России по естественным, техническим и гуманитарным наукам **«шаг в науку»,** доклад отмечен дипломом.

Публикации. По результатам исследования имеются четыре публикации:

1 Галамага, К. В. Усовершенствование автобалластной системы стабилизации выходных параметров микроГЭС / К. В. Галамага, В. И. Суздорф. // Инновационные технологии в науке и образовании: материалы IXМеждунар. науч.-практ. конф., Чебоксары, 15 янв. 2017 г. / редкол.: О. Н. Широков [и др.]. – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2017. – № 1 (9). – С. 20-24.

2 Галамага, К. В. МикроГЭС как элемент вольтодобавки в электрических сетях / К. В. Галамага, В. И. Суздорф. // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов: материалы 47 науч.-техн. конф. студентов и аспирантов, Комсомольск-на-Амуре, 10-21 апр. 2017 г. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГТУ», 2017. – С. 248-250.

3 Susdorf, V. I. Control correlation when adjusting parameters of microhydroelectric power plant at variable load / V. I. Susdorf, R. V. Kuzmin, K. V. Galamaga // Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICI-EAM): International Conference, St. Petersburg, 16-19 May 2017. - St. Petersburg: IEEE, 2017.

4 Галамага, К. В. Гибридная система энергоснабжения «ДЭС-микро-ГЭС» /К. В. Галамага, В. И. Суздорф // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов: материалы 48 науч.-техн. конф. студентов и аспирантов, Комсомольск-на-Амуре, 9-20 апр. 2018 г. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2018. – С. 250-254.

5 Галамага, К. В. МикроГЭС для низкопотенциальных потоков// Студенческая наука XXI века : материалы VII Междунар. студенч. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 15 нояб. 2015 г.) / редкол.: О. Н. Широков [и др.]. – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2015. – № 4 (7). – С. 200–203.

6 Галамага, К. В. Разработка системы энергоснабжения на основе микроГЭС// В сб.: Научно-техническое творчество аспирантов и студентов: материалы 46-й научно-технической конференции студентов и аспирантов, Комсомольск-на-Амуре, 1-15 апреля 2016 / редкол.: Э.А. Дмитриев

(отв. ред.) и [и др.]. Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО "КнАГТУ", 2016. – С. 118-119.

Внедрение результатов. Методику проектирования автономных систем электроснабжения в протяженных сетях на основе ДЭС предполагается внедрить в учебный процесс по дисциплине «Современные проблемы электроэнергетики и электротехники».

Структура и объём работы. Диссертация состоит из списка обозначений и сокращений, введения, шести глав, заключения и списка использованных источников из 27 наименований. Работа изложена на 83страницах, содержит 41 рисунок и 2 таблицы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность выбранной темы диссертационного исследования, определяются цели и задачи, которые необходимо решить в ходе данной работы, а также производится определение объекта и предмета данного исследования. Помимо этого раскрывается проблематика, требующая решения в работе, и определяются методы исследования, благодаря которым удаётся решить поставленные задачи.

В первой главе произведён обзор современного состояния системы энергоснабжения отдалённых сельских районов Хабаровского края. Выявлены существующие проблемы, возникающие в децентрализованных системах энергоснабжения, а также представлены тенденции и особенности развития данной энергосистемы и методы повышения её энергоэффективности.

На основании произведённого обзора состояния локальных энергосистем Хабаровского края и анализа тенденций развития, данных энергосистем, были поставлены задачи, которые необходимо решить в ходе диссертационной работы для повышения энергоэффективности децентрализованной системы энергоснабжения.

Во второй главе произведён аналитический обзор такой системы электроснабжения как микроГЭС. Были рассмотрены варианты конструкционного исполнения микроГЭС и проанализированы достоинства и недостатки данных конструкционных решений, а также произведён анализ известных на сегодняшний день методов стабилизации выходных параметров данной электростанции.

Представленный аналитический обзор позволил разработать функциональную схему наиболее перспективной на наш взгляд системы энергоснабжения на основе микроГЭС, которая отвечает всем заданным требованиям.

В третьей главе произведён выбор элементов, составляющих микроГЭС и обеспечивающих надежную работу данной электростанции при её максимальном сроке службы. Также был произведён расчёт параметров энергетического оборудования разработанной электростанции, исходя из требований, предъявляемых к качеству вырабатываемой электроэнергии.

В четвёртой главе производится анализ существующих на сегодняшний день способов сопряжения разнотипных энергетических установок в одну энергосистему, благодаря которым осуществляется повышение энергоэффективности локальных энергосистем.

Произведённый анализ позволил выявить наиболее перспективный вариант построения гибридной системы энергоснабжения, включающей в себя дизельную электростанцию и микроГЭС, который отвечает заданным требованиям качества и исполнения.

В пятой главе представлены математические модели элементов разрабатываемой энергосистемы сих точным математическим описанием, которые могут быть реализованы при использовании специализированного программного обеспечения – программы MatLab и входящей в неё прикладной программы Simulinkс библиотекой пакетов SimPowerSystems для моделирования электротехнических устройств и систем.

В шестой главе производится имитационное компьютерное моделирование комбинированной системы энергоснабжения

«ДЭС-микроГЭС» при помощи программы MatLab и входящей в неё прикладной программы Simulink, а также отдельное моделирование дизельной и микрогидроэлектростанций, составляющих данную гибридную энергосистему, для сравнительного анализа их раздельной и совместной работы при заданных условиях.

В результате данного исследования было выявлено, что применение ДЭС и микроГЭС в составе единой гибридной энергосистемы позволяет повысить энергоэффективность станции в целом, улучшить её выходные параметры, а также исключить провалы напряжения в протяжённых сетях на основе ДЭС.

В заключении производится подробный анализ результатов выполненного диссертационного исследования.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

В результате проведённого исследования можно сформулировать следующие основные результаты и выводы проделанной работы:

1. Проведён обзор современного состояния систем энергоснабжения отдалённых сельских районов Хабаровского края и рассмотрены существующие способы повышения энергоэффективности локальных энергосистем. Определены положительные и отрицательные стороны каждого из способов и выявлен наиболее перспективный вариант повышения энергоэффективности – применение микроГЭС в комплексе с имеющимися дизель-генераторными установками;

2. Произведён анализ различных способов построения микроГЭС и систем стабилизации её выходных параметров. В результате чего была разработана система энергоснабжения на основе свободнопоточной микроГЭС со статическим преобразователем частоты выпрямительно-инверторного типа, которая отвечает всем заданным требованиям;

3. Произведён выбор основных элементов, составляющих микроГЭС, и рассчитаны их параметры исходя из требований, предъявляемых к качеству вырабатываемой электроэнергии;

4. Произведён аналитический обзор способов сопряжения разнотипных энергетических установок в одну энергосистему, рассмотрены их преимущества и недостатки, и выбран наиболее перспективный на наш взгляд способ сопряжения ДЭС и микроГЭС – сопряжение через шину постоянного тока;

5. В среде MatLab разработана имитационная компьютерная модель гибридной системы энергоснабжения на основе дизельной электростанции и микроГЭС при их параллельном подключении через шину постоянного тока, а также модели ДЭС и микроГЭС для сравнительного анализа их раздельной и совместной работы. При этом моделирование исследуемых объектов производилось в виде стандартных блоков библиотеки SimPowerSystems, что позволяет с достаточной для практики точностью исследовать статические режимы работы данных электростанций при их работе на полезную нагрузку. В результате их исследования была обоснована целесообразность применения гибридной энергосистемы «ДЭС-микроГЭС» в протяжённых сетях на основе ДЭС.

В результате исследований, проведённых в настоящей диссертационной работе, было установлено, что применение гибридной системы энергоснабжения «ДЭС-микроГЭС» имеет следующие преимущества по сравнению с дизельной электростанцией:

– Улучшение качества электроснабжения и исключение просадок напряжения в протяжённых сетях на основе ДЭС;

– повышение надёжности электроснабжения и обеспечение бесперебойной работы энергосистемы за счёт использования микроГЭС в качестве аварийного источника энергии в случае выхода из строя дизельной электростанции;

– повышение коэффициента использования установленной мощности разработанной энергосистемы при покрытии пиковой нагрузки потребителя

благодаря применению буферного накопителя электроэнергии (аккумуляторной батареи), который производит распределение и управление потоками энергии в рассматриваемой энергосистеме, и осуществляет отбор мощности в сам накопитель в моменты её избытка и её отдачу при нехватке мощности в энергосистеме;

– сокращение потребления органического топлива на выработку кВт·ч энергии и тем самым снижение себестоимости вырабатываемой электроэнергии;

– уменьшение выбросов вредных веществ в атмосферу.

Таким образом, полученные результаты способствуют повышению энергоэффективности локальных децентрализованных энергетических систем на основе ДЭС и улучшению качества выходных параметров данных энергосистем благодаря применению гибридной системы энергоснабжения на основе дизельной электростанции и микроГЭС при их параллельном подключении через шину постоянного тока.