

ОТЗЫВ
официального оппонента доктора технических наук , доцента
Зубкова Юрия Валентиновича
на диссертационную работу Аминова Дилшода Сайдовича
**«Теоретические основы разработки водопогружных гидрогенераторов,
используемых в качестве возобновляемых источников электроэнергии
малых и средних рек»,**
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности
05.09.01 — Электромеханика и электрические аппараты

Диссертационная работа Аминова Д.С. направлена на освоение энергетических ресурсов малых и средних рек. Стремление к повышению единичной мощности гидроэлектростанций привело к ситуации, когда крупная гидроэнергетика уже освоена и эксплуатируется в течение долгого времени, а малая и средняя гидроэнергетика практически не используется. При этом, по оценке экспертов энергетический потенциал малых и средних рек в несколько раз превышает этот показатель для крупной гидроэнергетики. Решение поставленных в работе задач позволит решить ряд экономических проблем, особенно в труднодоступных и удаленных районах.

Актуальность темы

Истощение запасов углеводородного топлива заставляет искать другие источники пополнения энергобаланса развитых стран. Существенное ограничение в этот процесс вносят жесткие требования к экологии. Достаточно трудно найти источники электроэнергии, которые бы не влияли на окружающую среду своим вредным воздействием или неприглядным эстетическим видом. В диссертации Аминова предпринята такая попытка. Водопогружные мини-ГЭС при правильном их монтаже и эксплуатации практически не влияют на естественные водотоки с точки зрения экологии и не нарушают своим внешним видом окружающий ландшафт. По названным причинам следует признать представленные к защите научные исследования и их результаты важными и актуальными.

Представленная к защите диссертация четко структурирована, материал изложен последовательно в соответствии с поставленными задачами. Работа содержит введение, 5 глав, заключение, список литературы, приложения.

Во введении и первой главе проведен анализ существующих научных заделов по теме диссертации, дана оценка энергетического потенциала малых и средних рек России и ближнего зарубежья, сделан вывод об экономической целесообразности его освоения. В качестве основного типа мини-ГЭС принята водопогружная конструкция. Она содержит водопогружной гидрогенератор, выпрямитель, накопитель электроэнергии в виде аккумуляторных батарей, инвертор. Стабилизация напряжения при изменении нагрузки, водяного напора и поддержание стандартных параметров генерируемой энергии обеспечивается

системой управления станцией. В качестве источника электроэнергии выбран тихоходный водопогружной маслонаполненный синхронный генератор комбинированного возбуждения с встроенным выпрямителем. Выбор этого типа электрической машины существенно упрощает систему управления, одной из функций которой является стабилизация выходного напряжения. В данном случае регулирование осуществляется по цепи электромагнитного возбуждения. По результатам анализа сделан вывод о необходимости разработки проектной системы для реализации поставленной задачи проектирования индивидуальной мини-ГЭС под конкретные требования технического задания, обусловленные характеристиками водостока.

Во второй главе разработана математическая модель электрической машины комбинированного возбуждения, защищенная патентом РФ. В машинах магнитоэлектрического и комбинированного возбуждения точность определения характеристик генератора зависит от методики учета свойств постоянных магнитов при изменении теплового и нагрузочного режимов его работы. Особенность расчета высококоэрцитивных магнитов в предложенной конструкции генератора заключается в том, что торцевая поверхность их практически замкнута на корпус. В этом случае традиционные графоаналитические методы, использующие кривую возврата, не работают. В диссертации применен оригинальный подход, в основу которого положен метод конечных элементов, причем их количество остается неизменным для всякой, конструктивно отличающейся магнитной системы генератора. Меняются только размеры конечных элементов. Это позволило получить на предварительном этапе систему уравнений, которые и составили основу математической модели расчета постоянного магнита. Так как посредством указанных уравнений решается вариационная задача, точность расчета параметров магнитного поля достаточно высокая. На основе данного подхода разработана математическая модель генератора с использованием схем замещения. Модель отличается относительной простотой и адаптирована к решению задач поиска оптимального варианта генератора при большом количестве оптимизационных циклов и объемах просматриваемых областей пространства параметров.

Третья глава описывает систему оптимального проектирования генератора. Основное ее достоинство - применимость к различным проектным ситуациям, которые могут возникать на практике. С этой целью классическая задача однокритериальной оптимизации разбита на уровни. Каждый уровень формализован, имеет свою систему констант, ограничений, независимых переменных и показателей качества, которые фиксируются для данного проекта. Такой подход к процессу оптимизации позволяет создавать индивидуальные мини-ГЭС для конкретного места установки.

В четвертой главе предложена система анализа электромагнитного и теплового состояния варианта генератора, полученного в результате оптимального поиска. Она содержит современные CAD продукты, реализующие метод конечных элементов, которые объединены в единую

оболочку. Это во многом упрощает анализ и позволяет решить связанные электромагнитную и тепловую задачи. Система подробного анализа достаточно важна, так как позволяет существенно уменьшить риски для гибкого производства при изготовлении прототипа.

В пятой главе дана характеристика разработанной проектной системы в целом. Для подтверждения ее работоспособности приведены результаты реализации конкретного проекта по разработке мини-ГЭС для одной из малых рек Таджикистана. По результатам расчетов спроектирован гидрогенератор, масштабная модель которого изготовлена по технологии 3D принтера.

В заключении подведены итоги проведенного исследования по созданию системы проектирования мини-ГЭС, приведены основные выводы и результаты, намечены направления дальнейших исследований.

Научная новизна

В работе исследуется новый подход к проектированию мини-ГЭС. Суть его заключается в отказе от создания серийных установок, составляющих номенклатурный ряд изделий и переход к проектированию индивидуальных мини-ГЭС для конкретного места установки. Такой подход ориентирован на современные гибкие производства и требует разработки новой проектной системы для создания агрегатов указанного типа.

К новизне следует отнести:

- разработку метода расчета магнитных цепей с радиально намагниченными высококоэрцитивными постоянными магнитами, который может быть применен для решения задач теплопроводности и прочности;
- решение связанной задачи для генератора новой конструкции.

Теоретическая и практическая значимость результатов работы

Методики оптимизации и анализа электромагнитных и тепловых процессов вентильного генератора комбинированного возбуждения являются дальнейшим развитием теории электрических машин. Заслуживают внимания методы многоуровневой оптимизации электрических машин комбинированного возбуждения, решения связанной электромагнитной и тепловой задач, попытка создания цифрового двойника генератора с целью актуализации теоретических положений.

К практическому результату следует отнести разработку проектной системы. Ее использование позволило добиться хороших результатов при реализации конкретных проектов. При доработке системы проектирования с точки зрения удобства интерфейса она может представлять полезный инженерный инструмент создания гидрогенераторов для микро ГЭС.

Рекомендации по использованию результатов работы

Разработанную проектную систему можно рекомендовать к внедрению в конструкторские бюро по проектированию гидрогенераторов микро ГЭС.

Система имеет блочную структуру, позволяющую использовать отдельные ее части для инженерного анализа, например, расчета постоянного магнита, тепловой расчета, анализа статических и динамических режимов работы вентильных генераторов.

Методы расчета постоянного магнита, многоуровневой оптимизации, решения связанной задачи, анализа статических и динамических режимов могут быть использованы в учебном процессе при подготовке специалистов профиля «Электромеханика».

Достоверность результатов работы

Использованные известные методы анализа электрических машин и корректное их применение позволяют доверять итоговым результатам. Полученные значения параметров и характеристики соответствуют известным из практики зависимостям. Достоверность подтверждается тем фактом, что при проектировании получены достаточно близкие результаты при использовании разных методов. Например, при расчете основных характеристик, полученных методами схем замещения и конечных элементов, температурного состояния машины, определяемого на основе тепловых схем замещения и при использовании программ конечно-элементного моделирования.

Положительной оценки заслуживает факт использования соискателем перспективной технологии создания макета с применением 3D принтера для проверки правильности принятия конструкторских решений.

Апробация диссертации и публикации автора

Одним из требований, предъявляемых к диссертациям, является представление научному сообществу и техническим экспертам всех основных результатов. Диссертант выполнил это требование. Он достаточно активно участвовал в Международных конференциях, имеет достаточное количество статей в журналах, входящих в базы РИНЦ, Scopus и Web of Science. Одна статья опубликована в высокорейтинговом журнале квартиля Q2, что подтверждает высокий уровень проведенных исследований.

Соответствие паспорту специальности. Диссертация соответствует паспорту специальности 05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты в пп. 2 «Разработка научных основ создания и совершенствования электромеханических преобразователей...», 3 – «Разработка методов анализа и синтеза преобразователей механической энергии», 5 – «Разработка подходов, методов, алгоритмов и программ, обеспечивающих проектирование электромеханических преобразователей в составе рабочих комплексов».

Автореферат по структуре и логике изложения отвечает всем требованиям, содержит постановку задач, основные выводы, результаты и позволяет в целом оценить уровень проведенных исследований.

Вопросы и замечания по работе

По работе имеется ряд вопросов и замечаний, по которым необходимо дать комментарии и пояснения.

1. Мощности гидроагрегатов, рассматриваемых в работе, не позволяют отнести их к классу мини ГЭС. По устоявшейся классификации генераторы в 3-15 кВт устанавливаются в проточных микро ГЭС.

2. Диссертация перегружена параграфами, зачастую не имеющими самостоятельного значения, которые вполне могли бы быть включены в более общие разделы.

3. В параграфе 2.3. к независимым переменным при разработке модели электромагнитного расчета отнесены геометрические размеры якоря и индуктора, которые являются производными электрических и магнитных нагрузок, в действительности являющихся таковыми. Там же величина зазора, коэффициент формы ЭДС, параметры постоянных магнитов приняты за константы, хотя при дальнейшем использовании модели в оптимизационных расчетах величины указанных переменных являются функциями режима работы и теплового состояния генератора.

4. В число критериев качества включено значение коэффициента мощности, что имеет мало смысла для генератора постоянного тока (работа на выпрямительную нагрузку).

5. Не обоснован выбор в качестве главного критерия при решении оптимизационной задачи активной массы генератора, поскольку микроГЭС не относится к мобильным объектам, для которых этот критерий имеет первостепенное значение. Более правильным, на мой взгляд, было бы оптимизировать генератор по минимуму стоимости или максимуму энергоэффективности.

6. Автор в тексте употребляет термин «параметризованная модель». Что имеется ввиду под такой моделью?

7. В диссертации достаточно много материала посвящено анализу и описанию методов оптимального поиска, однако отсутствует математическая формулировка задачи оптимизации.

8. В главе 4 на рисунке, представляющем зависимость электромагнитного момента от времени, полученную средствами конечно-элементного моделирования, присутствуют существенные пульсации момента. В этой связи возникают 2 вопроса: 1-ый – чем обусловлен такой уровень пульсаций, 2-ой – возможна ли устойчивая работа электромеханического преобразователя в этих условиях?

9. Отсутствует сопоставление характеристик спроектированного генератора с показателями аналогов, что затрудняет оценку эффективности представленных исследований в плане энергоэффективности и надежности.

Решение данных вопросов и устранение замечаний могло бы способствовать повышению теоретической значимости и практической ценности проведенных исследований.

Заключение по диссертации

Диссертационная работа на тему: «Теоретические основы разработки водопогружных гидрогенераторов, используемых в качестве возобновляемых источников электроэнергии малых и средних рек» является законченной научно-квалификационной работой, в которой представлено решение актуальной задачи по освоению неиспользованных гидроресурсов.

Диссертационное исследование соответствует следующим пунктам паспорта специальности 05.09.01- «Электромеханика и электрические аппараты» (отрасль наук - технические): пп. 2 «Разработка научных основ создания и совершенствования электрических, электромеханических преобразователей и электрических аппаратов», пп. 3 «Разработка методов анализа и синтеза преобразователей электрической и механической энергии», пп. 5 «Разработка подходов, методов, алгоритмов и программ, обеспечивающих проектирование, надежность, контроль и диагностику функционирования электрических, электромеханических преобразователей и электрических аппаратов в процессе эксплуатации, в составе рабочих комплексов».

Диссертация соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней УрФУ.

Аминов Дилшод Сайдович заслуживает присвоения ученой степени **кандидата технических наук** по специальности 05.09.01- «Электромеханика и электрические аппараты».

Официальный оппонент, доктор технических наук (05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты), профессор кафедры электромеханики и автомобильного электрооборудования Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет»

Зубков Юрий Валентинович

22.10.2020

г. Самара, ул. Первомайская, 18, каб. 134,

Тел.: +7(846) 242-37-90

e-mail: zub577@mail.ru

Я, Зубков Юрий Валентинович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку

Подпись Зубкова Ю.В. заверяю:

Ученый секретарь ФГБОУ ВО

«Самарский государственный технический университет»



Ю.А. Малиновская