

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, профессора

Пластуна Анатолия Трофимовича

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

Диссертация Аминова Д.С. направлена на развитие гидроэнергетики за счет освоения ресурсов малых и средних рек. Этот энергетический потенциал имеется практически во всех странах. Запасы углеводородного топлива постепенно истощаются, поэтому своевременное освоение этих гидроресурсов позволит сохранить и увеличить объем генерации электроэнергии без нарушения требований к экологии. Решение этих задач создаст условия для устойчивого экономического развития России и стран ближнего зарубежья.

Актуальность темы

Все ведущие развитые страны постоянно увеличивают производство электроэнергии для развития своих отраслей. Не смотря на развитии государственных программ по энергоэффективности и энергосбережению, эта тенденция сохраняется. Альтернативные источники играют ключевую роль в этом процессе. Их доля в балансе генерации постоянно растет. При этом следует отметить, что энергетический потенциал малых и средних рек использован не в полной мере. Это связано с тем, что гидроэнергетика развивалась в направлении освоения ресурса крупных рек. На сегодняшний день, когда он практически исчерпан, внимание ученых и промышленности обратилось к энергопотенциалу малых и средних рек, который по оценке экспертов в несколько раз больше этого показателя для крупных рек. Диссертация Аминова Д.С. посвящена решению этих вопросов, поэтому полученные в работе результаты следует признать важными и актуальными.

Представленная к защите диссертация по своей структуре содержит введение, 5 глав, заключение, список литературы, приложения.

В первой главе дается оценка энергетического потенциала малых рек России и ближнего зарубежья, делается вывод о том, что его освоение является вполне рентабельным для малой распределенной генерации. В качестве основного выбирается вариант водопогружной мини-ГЭС, как удовлетворяющий требованиям экологии и эстетики для окружающей среды. Структурно для мини-ГЭС выбирается гидрогенератор, выпрямитель, накопитель электроэнергии и инвертор. На основе анализа из нескольких вариантов для генератора выбирается электрическая машина комбинированного возбуждения. Основной вывод главы заключается в том, что для эффективности работы мини-ГЭС, ее надо каждый раз проектировать для конкретного места установки, поскольку все реки разнообразны по скорости течения, рельефу и глубине. Именно в этом случае от нее можно получить максимальную отдачу. Для решения этой задачи необходимо разрабатывать комплекс программ, которые включали бы в себя оптимизацию геометрии и анализ полученных основных параметров и характеристик

Во второй главе описывается методика расчета генератора комбинированного возбуждения. Основу ее составляет расчет постоянного магнита. Для этого применен оригинальный подход. Основу методики составляет метод конечных элементов, но количество элементов определено заранее и для разных магнитных систем не меняется, меняются только размеры элементов. Это позволило сформировать фиксированное количество уравнений для методики и включить их в общую математическую модель расчета генератора, которая используется для итерационных циклов оптимизации.

Третья глава посвящена разработке системы оптимального проектирования генератора комбинированного возбуждения. Задача однокритериальной оптимизации представлена в классической постановке, но для гибкости системы она разбита на уровни. Уровни определяются количеством фиксированных независимых переменных. Это позволяет системе реализовывать различные технические задания в зависимости от места установки гидрогенератора. Все уровни оптимизации formalизованы, для них определены константы, ограничения, независимые переменные и показатели качества проектируемого варианта. Такой подход позволяет реализовывать достаточно большой круг оптимизационных задач.

В четвертой главе представлена система анализа полученных после оптимизации вариантов. Анализ построен на использовании известных программных средств по электромагнитным и тепловым расчетам, но все они объединены в одну программную оболочку. Это позволило решить связанные задачи оптимизации, электромагнитного и теплового расчета.

Пятая глава описывает общую структуру разработанной проектной системы, включая синтез генератора на основе оптимальных многоуровневых расчетов и анализ полученных параметров и характеристик. Для проверки работоспособности проектной системы приводятся результаты конкретного проекта по разработке мини-ГЭС, состоящей из 4 каскадов, для одной из рек Таджикистана. Изготовлена масштабная модель спроектированного гидрогенератора по технологии 3Dпринтера для отработки конструкции и проверки технических решений.

В заключении приведены основные выводы и результаты по созданию проектной системы, определены направления дальнейших исследований.

Научная новизна представленной к защите работы заключается в постановке и решении самой задачи проектирования. Для создания мини-ГЭС проектируется не ряд серийных агрегатов, а проектируется мини-ГЭС для конкретного места установки. Это позволяет работать ей в режиме максимально возможной отдачи с максимальным КПД. При этом повышенная стоимость изделия при производстве окупается эффективной работой при эксплуатации.

Научную новизну представляет собой методика расчета постоянного магнита. Она основана на методе конечных элементов, но количество уравнений определяется количеством заранее выбранных элементов и все они написаны вручную. Этот подход можно рекомендовать для тепловых расчетов и для расчетов других сложных магнитных систем.

К научной новизне следует отнести расчетную модель генератора смешанного возбуждения. Конструкция генератора уникальна и на нее имеется патент.

Система анализа решает связанную электродинамическую и термодинамическую задачи. Такой подход для анализа все чаще применяется при проектировании электрических машин, но для генератора комбинированного возбуждения он сделан впервые.

Саму разработку проектной системы для генератора комбинированного возбуждения следует считать дальнейшим развитием теории в электромашиностроении.

Теоретическая и практическая значимость результатов работы

Представленные исследования являются дальнейшим развитием теории вентильных машин комбинированного возбуждения. Это редкий класс электрических машин, но его применение постоянно расширяется в области электротрансмиссий транспортных средств, ветроэнергетике, в системах автономного бесперебойного питания.

Основным практическим результатом проведенных исследований является создание гибкой проектной системы, которая позволяет, в зависимости от требования заказчика, спроектировать гидрогенератор с оптимальной геометрией и наилучшими массоэнергетическими параметрами для конкретного места установки. Данные исследования являются основой для разработки системы автоматизированного проектирования для гибкого производства мини-ГЭС. Массовое производство мини-ГЭС позволит освоить гидропотенциал малых и средних рек, который по экспертным оценкам в несколько раз превосходит этот показатель для больших рек.

Разработанный метод расчета магнитной системы доведен до инженерной практики и может быть использован для расчета плоских прямоугольных постоянных магнитов для различных магнитных систем.

Рекомендации по использованию результатов работы

Созданную проектную систему можно использовать для обеспечения гибких производств по созданию мини-ГЭС. В перспективе она может составить сквозную систему проектирования этих устройств при добавлении к ней системы разработки конструкторской документации в электронном формате.

Расчет постоянного магнита представляет собой отдельный блок. Он доведен до инженерной методики расчета в программе Mathcad и может быть использован в инженерной практике.

Следует рекомендовать использование основных теоретических выводов и построение проектной системы в учебном процессе при подготовке инженеров электромехаников.

Достоверность результатов работы

В работе проводится анализ уникальной конструкции вентильного генератора комбинированного возбуждения, но методики анализа являются традиционными и хорошо проверенными на практике. Это метод схем замещения, метод конечных элементов, методы оптимизации, методы имитации электронных схем. Корректное их использование позволяет сделать вывод о достоверности полученных результатов и выводов. В работе широко представлена визуализация результатов в виде кривых и картин магнитных и тепловых полей. Эти результаты вполне соответствуют с лабораторными испытаниями машин этого класса. Создание масштабного прототипа по технологии 3D принтера подтверждает правильность конструкторских решений.

Апробация диссертации и публикации автора

Все основные результаты диссертации опубликованы и представлены на конференциях с международным участием для анализа и обсуждения в среде специалистов по этому профилю. Публикация статьи в научном журнале квартиля Q2 подтверждает уровень полученных научных результатов.

Соответствие паспорту специальности. Диссертация соответствует специальности 05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты и может быть рассмотрена в диссертационном совете УрФУ 05.01.02.

Автореферат содержит все необходимую информацию для анализа представленной концепции научной работы и ее основных результатов. Он имеет хорошую структуру и логику изложения, соответствует всем предъявляемым к нему требованиям.

Вопросы и замечания по работе

1. В работе рассматривается обращенная конструкция генератора, когда ротор находится снаружи, а статор внутри. Это осложняет технологию изготовления генератора, уменьшает сечение для проходящего сквозь него водяного потока, усложняет конструкцию турбины. Нормальная конструкция генератора лишена этих проблем. Чем определен выбор обращенной конструкции генератора?
2. Для предотвращения попадания внутрь генератора воды он наполнен маслом с компенсаторами давления. При больших скоростях вращения масло может всениться и не выполнить гидрозащитную функцию. Почему выбрано это техническое решение для гидроизоляции?
3. Для расчета постоянного магнита применяется плоская постановка решения задачи. В реальности магнит имеет объем, при этом торцевое рассеяние может быть значительным. Как упрощение расчетной задачи влияет на точность при определении магнитного потока?
4. Почему было принято решение использовать генератор комбинированного возбуждения? Можно было бы существенно упростить конструкцию, оставив только обмотку

возбуждения, или только постоянные магниты. Частота вращения ротора генератора в месте установки достаточно стабильная, под эту частоту вращения можно спроектировать генератор со стабильным выходным выпрямленным напряжением.

- Почему в проектную систему не включена методика расчета гидротурбины? Это делает проектную систему незавершенной.
 - Какова точность расчетной модели в системе оптимизации? Почему возникает необходимость делать повторный анализ результатов с применением сложных программ на основе метода конечных элементов? Если расчетная модель оптимизации недостаточно точна, то тогда теряется смысл в самой оптимизации.

Решение этих вопросов во многом усилило бы значимость полученных результатов.

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 решена задача проектирования мини-ГЭС для освоения ресурсов альтернативных источников.

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 Дишпод Саидович 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 электротехники Уральского энергетического института Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

Пластун Анатолий Трофимович

28.10.2020

620002 Екатеринбург,
ул. Софьи Ковалевской, 5,
+7 (4932) 269-706,
a.t.plastun@urfu.ru

Я, Пластун Анатолий Трофимович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку

Подпись Пластуна А.Т. заверяю:

ФИО

