

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный
технический университет»

На правах рукописи

НИКИТИНА ЖАННА АЛЕКСАНДРОВНА
РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАН-
НОГО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ НА БАЗЕ МИКРОГЭС

АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ

на соискание академической степени магистра техники и
технологии

Направление 13.04.02 – «Электроэнергетика и электротехника»

Профиль «Электроснабжение»

Комсомольск – на – Амуре



2016

Работа выполнена на кафедре «Электромеханика» Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (КНАГТУ).

Научный руководитель :

Кандидат технических наук, доцент Кузьмин Роман Вячеславович

Рецензент:

Кандидат технических наук, заместитель директора УПК, Филиал ПАО «Компании Сухой» «КнААЗ им.Гагарина» Киница Олег Игоревич

С диссертацией можно ознакомиться на кафедре «Электромеханика»

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В настоящее время существует проблема обеспечения энергией потребителей, удаленных от централизованной энергосистемы. Подключение автономных потребителей к централизованной системе энергообеспечения во многих случаях нецелесообразно. Это объясняется их сильной удаленностью, рассредоточенностью и труднодоступностью населенных объектов, нуждающихся в обеспечении энергией. Особенно остро эта проблема проявляется в Дальневосточном регионе.

В этом случае целесообразным является применение автономных систем энергообеспечения. В настоящее время данные системы обладают большим разнообразием и их исследованию посвящено большое количество работ. Наибольшим распространением среди этих систем получили автономные энергоустановки на базе дизель-генераторов. Подобные системы обладают рядом очевидных недостатков, главным из которых является их дороговизна и необходимость постоянных поставок топлива к труднодоступным объектам.

Альтернативой дизель-генераторам могут служить системы, использующие энергию возобновляемых природных источников. Примером таких систем являются установки использующие энергию потоков воды и ветра. Подобные системы широко исследуются и находят все большее применение. В Дальневосточном регионе актуальной является задача разработки и внедрения энергоустановок на базе микроГЭС, использующих энергию низкопотенциальных потоков равнинных рек.

Энергетический кризис, связанный с сокращением запасов энергетического топлива, а также возрастающие вопросы экологии определяют все больший интерес к использованию природных возобновляемых энергоресурсов. В связи с тяжелой ситуацией, сложившейся в энергетическом секторе экономики России, одним из перспективных направлений политики энергосбережения является использование нетрадиционных источников. Среди них весьма существенное место по запасам и масштабам использования занимает энергия пото-

ков воды. Гидроэлектростанции могут устанавливаться практически на любых водотоках: от небольших ручьев до крупных рек. Относительная стабильность потока воды и широкие возможности по регулированию его энергии позволяют использовать простые и дешевые системы генерирования и стабилизации параметров производимой энергии.

Целью работы разработка и исследование системы децентрализованного энергоснабжения на базе микроГЭС для равнинных рек.

Методика выполнения работы базировалась на применении математического моделирования и расчетов на основе теории электротехники, электромеханики, электроники и систем управления. В теоретических исследованиях применялись аналитические и численные методы расчёта. Постановка и обработка численных экспериментов велась с применением ЭВМ.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- Разработана конструкция индукторного дугостаторного генератора для микроГЭС, позволяющая значительно повысить потребительские свойства автономной системы энергообеспечения;
- Разработана математическая модель индукторного дугостаторного генератора предложенной конструкции;
- Созданы и реализованы модели процессов в объекте исследования и в системе децентрализованного электроснабжения в целом.

Практическая ценность работы:

- Предложенная конструкция генератора позволяет полностью отказаться от процесса штамповки пазов и изготавливать генератор на предприятиях, не обладающих технологиями производства вращающихся электрических машин;
- Конструкция микроГЭС на базе предложенного индукторного генератора, не критична к осевым и радиальным перемещениям рабочего колеса гидротурбины;

– Выработаны алгоритмы и рекомендации к изготовлению системы стабилизации микроГЭС;

- Разработанная математическая модель позволяет проводить численные эксперимент и получать результаты прогнозирующие работу и эффективность предложенной системы.

Апробация работы. Основное содержание работы докладывалось и получило одобрение на:

– двух научно-практических конференциях аспирантов и студентов Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета с 2014 по 2016 гг. По результатам конференции подготовлены тезисы докладов для публикации в сборник «Тезисы докладов 45-й научно-технической конференции аспирантов и студентов» (2015г.) и «Тезисы докладов 46-й научно-технической конференции аспирантов и студентов» (2016г.)

– Международной научно-практической конференции «Молодежный форум: технические и математические науки » 2015 г. По результатам конференции подготовлены тезисы докладов для публикации в сборник «научных трудов международной заочной научно-практической конференции» (2015г.)

РИНЦ

Публикации. По результатам исследований, отражённых в диссертационной работе написаны научно-исследовательские статьи в сборник «Тезисы докладов 45-й и 46-й научно-технической конференции аспирантов и студентов» (2015-2016 гг). Общее количество публикаций – 2.

Объем и структура работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех разделов, заключения и списка использованных источников из 25 наименования, содержит 111 страниц машинописного текста, 35 рисунков, 13 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, приводится краткое изложение цели работы, намечен круг решаемых задач.

Первая глава содержит анализ использования водных ресурсов равнинных рек, способы использования, возможности, предложения по использованию микроГЭС, обзор генераторов и мини – электростанций и обзор децентрализованных систем электропитания стабильной частоты. Среди систем электропитания стабильной частоты могут быть выделены четыре основные группы: установки с регулируемыми турбинами (рис. 1а), установки с приводом постоянной скорости (рис. 1б), установки на базе машино-вентильных систем (рис. 1в) и установки с регулированием величины нагрузки генератора (рис. 1г).

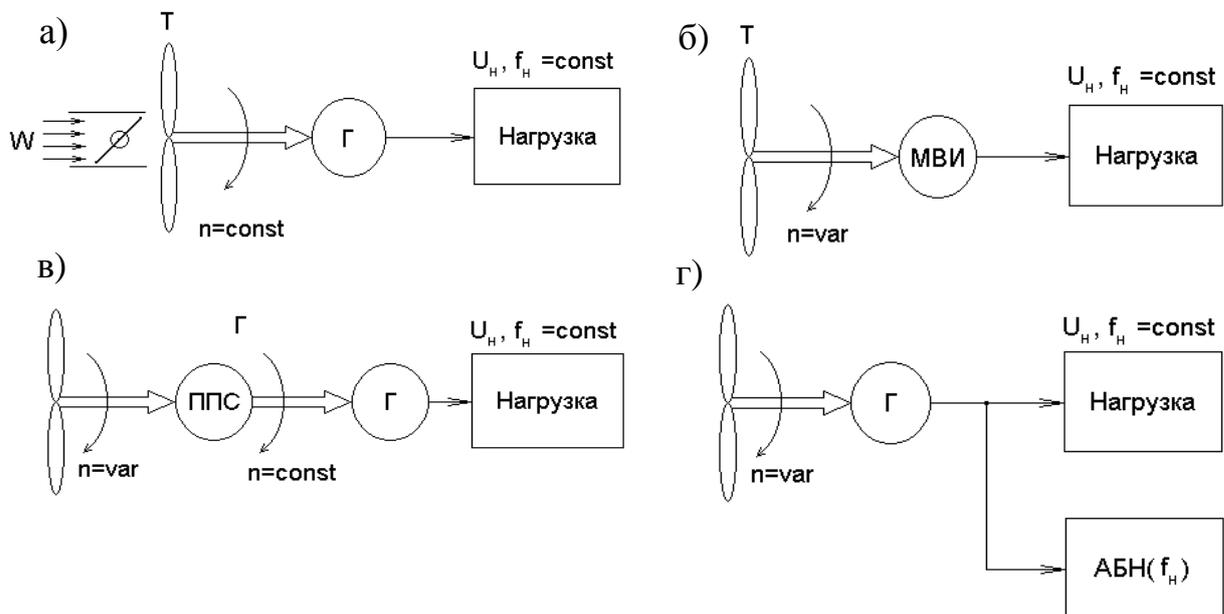


Рисунок 1 – Структурные схемы систем стабилизации выходных параметров:

а – установка с регулируемыми турбинами; б – установка с ППС; в – установка на базе МВС; г – установка с автобалластной нагрузкой

Последние характеризуются наибольшей простотой, дешевизной и быстродействием. Их недостаток – необходимость балластной нагрузки. Однако балластной нагрузкой могут являться любые потребители электроэнергии не

критичные к изменению величины напряжения (например: нагревательные элементы, которые присутствуют в каждом доме), поэтому этот недостаток, в большинстве случаев, не являются определяющими факторами.

Вторая глава посвящена особенностям электромагнитного расчета дуго-статорного индукторного генератора, турбины и основных элементов системы. Безредукторные варианты построения микроГЭС обладают многими преимуществами перед микроГЭС с редуцированием частоты вращения гидротурбины: упрощение конструктивной схемы, надежность, минимизация затрат на изготовление, отсутствие дополнительных трущихся частей, исключение механизмов смазки и муфт, снижение затрат на экспл.. Наиболее перспективным техническим решением является безредукторная установка с использованием дугового статора. Выполнение статора генератора в виде дуги на такую же мощность приводит к экономии материалов и позволяет уменьшить величину технологически выполнимого воздушного зазора. Устройство генератора показано на рисунке 2.

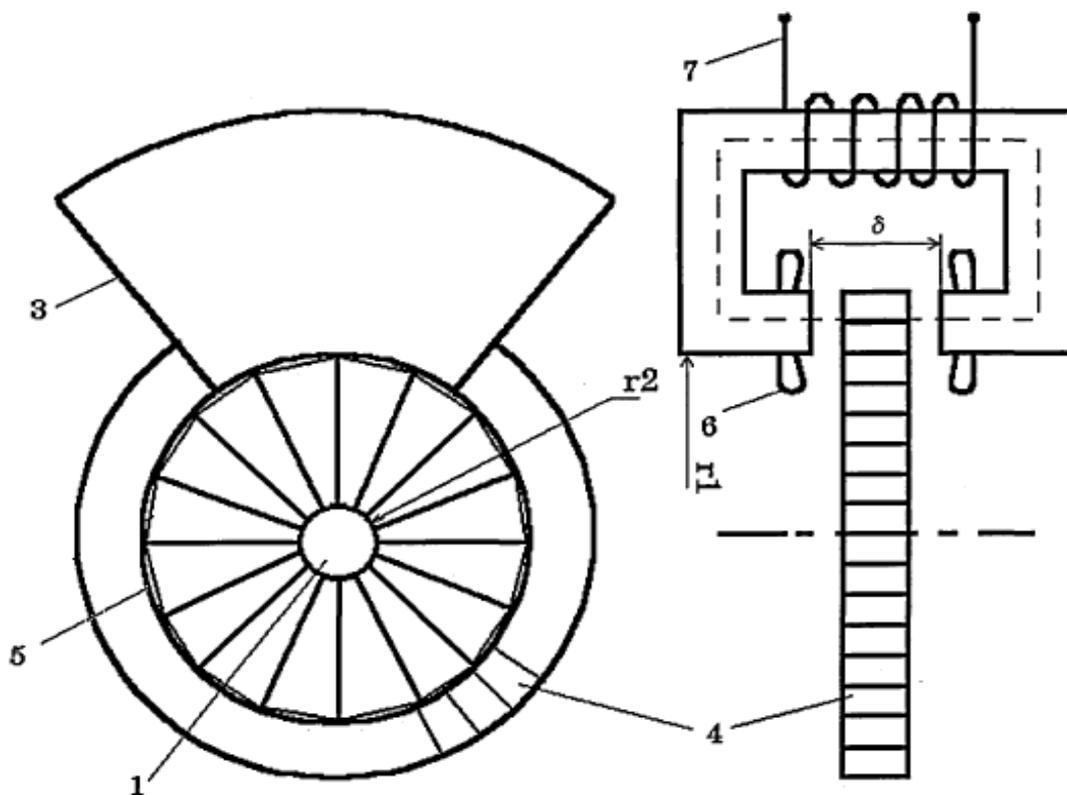


Рисунок 2 – Индукторный дугостаторный генератор.

Осевая гидротурбина 1 (рис. 2) конструктивно объединена с электрическим дугостаторным генератором (геометрические пропорции на рисунке для наглядности искажены). Ротор генератора выполнен в виде сегментных элементов 2, закрепленных на внешнем ободе гидротурбины 3. Обмотка возбуждения 4 создает постоянный магнитный поток в магнитопроводе 5, замыкающийся через воздушный зазор δ и пересекающий сегментные элементы ротора. При вращении гидротурбины, сегментные элементы, проходя через воздушный зазор, пересекают магнитный поток. При этом возникают пульсации магнитного потока в воздушном зазоре. Переменный магнитный поток индуцирует ЭДС в обмотке якоря 6. При подключении к обмотке якоря нагрузки, в нагрузке и в обмотке якоря протекает электрический ток.

Из-за специфики конструкции генератора, была предложена новая методика расчёта таких машин. Также была составлена математическая модель гидротурбины, выявляющая зависимости мощности гидротурбины от скорости течения реки и диаметра рабочего колеса.

Третья глава посвящена разработке и исследованию математической модели индукторного генератора и системы электроснабжения в целом. В качестве системы регулирования была выбрана двухконтурная система стабилизации напряжения и частоты. Параллельно нагрузке генератора подключаются два тиристорных моста с выводами на автобалластную нагрузку и обмотку возбуждения. Изменение величины угла открытия тиристорного моста автобалластной нагрузки позволяет регулировать частоту вырабатываемого напряжения в широких пределах, тогда как изменение величины угла открытия моста обмотки возбуждения позволяет изменять амплитуду выходного напряжения. Предложенная модель системы (рис. 3) была смоделирована в программной среде MATLAB при разных режимах. Анализ полученных результатов показал, что параметры выходного напряжения соответствуют государственному стандарту.

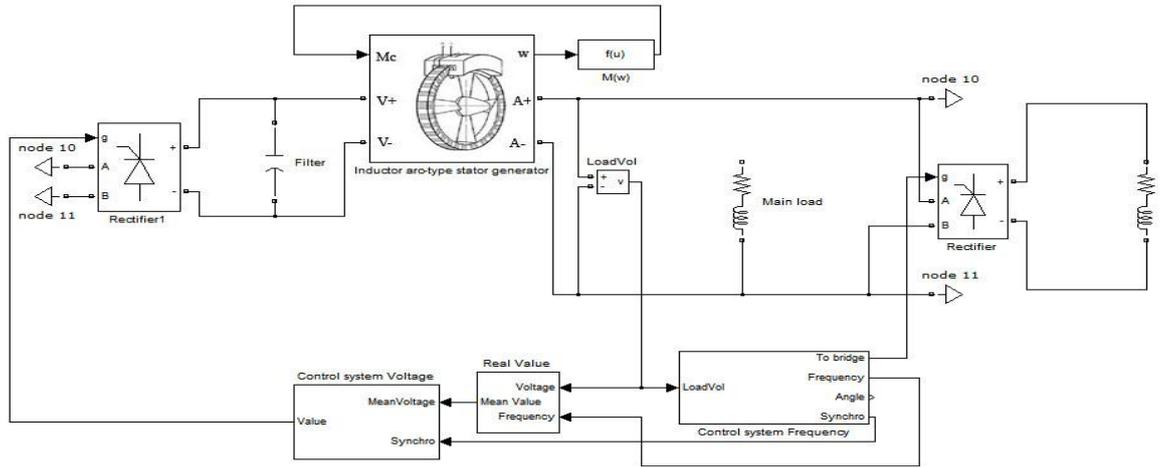


Рисунок 3 – Структурная схема микроГЭС

Результаты проведенных опытов:

Опыт 1: Используем DC voltage source (постоянный источник напряжения)

$U=24V$.

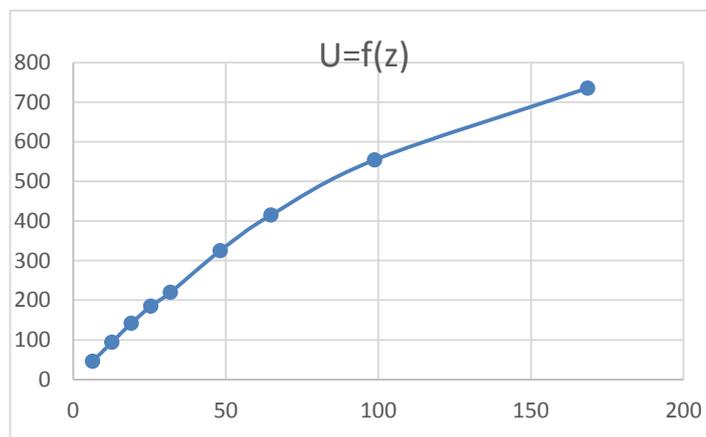


Рисунок 4 – Динамическая характеристика напряжения генератора при изменении нагрузки.

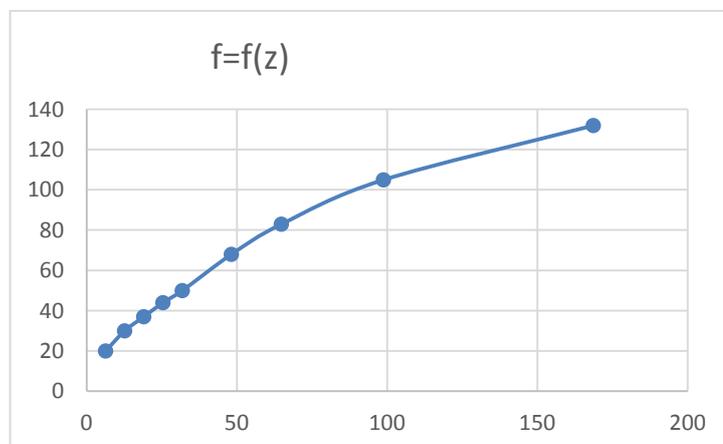


Рисунок 5 – Динамическая характеристика частоты генератора при изменении нагрузки.

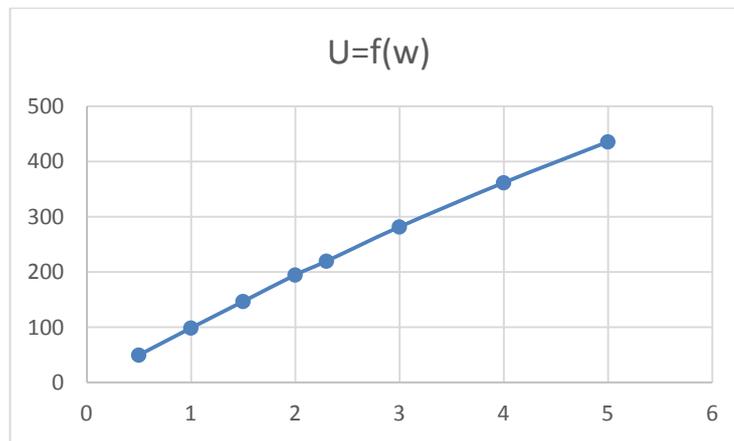


Рисунок 6 - Динамическая характеристика напряжения генератора при изменении скорости вращения генератора.

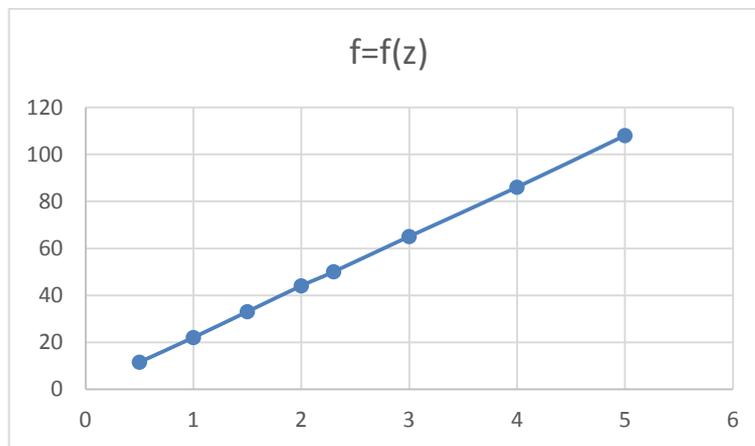


Рисунок 7 - Динамическая характеристика частоты генератора при изменении скорости вращения генератора.

Опыт 2: Используем Controlled voltage source (управляемый источник напряжения).

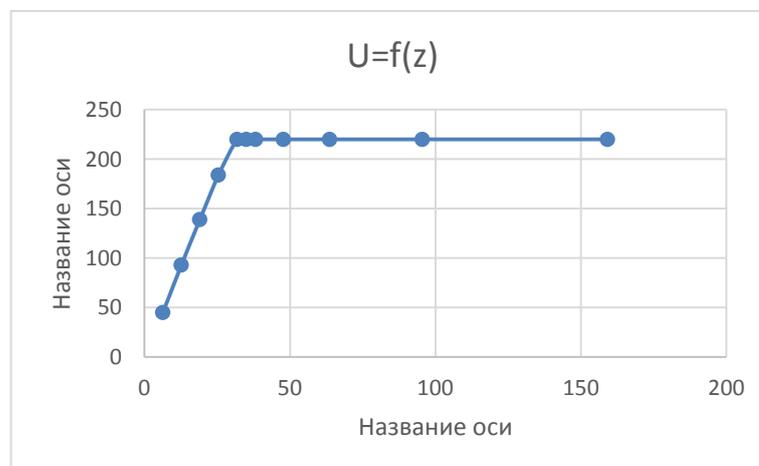


Рисунок 8 - Динамическая характеристика напряжения генератора при изменении нагрузки.

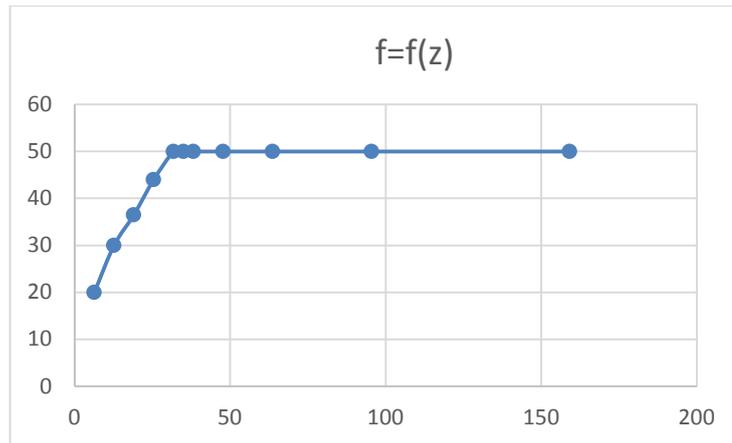


Рисунок 9 - Динамическая характеристика частоты генератора при изменении нагрузки.

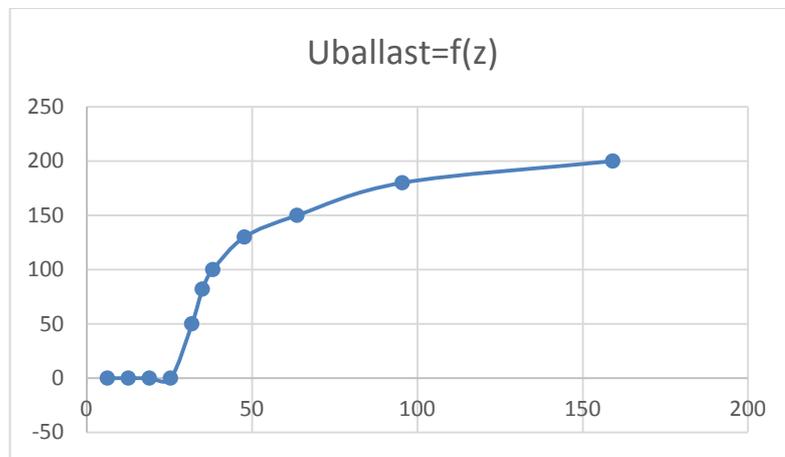


Рисунок 10 - Динамическая характеристика напряжения балластной нагрузки при изменении нагрузки генератора.

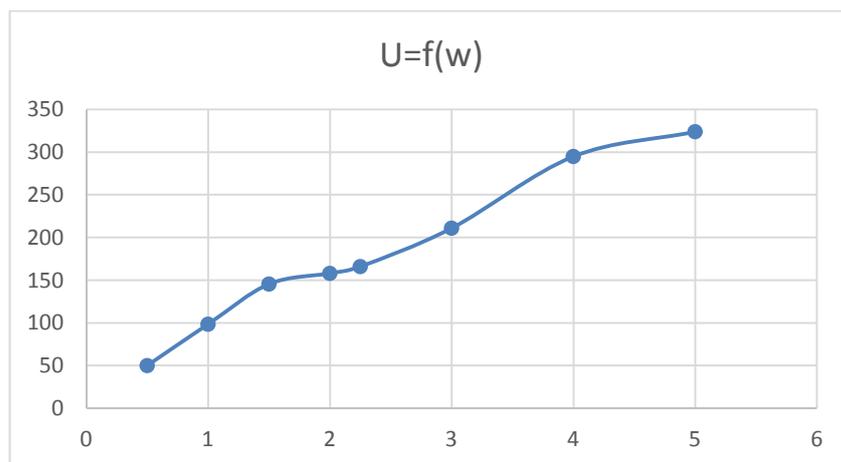


Рисунок 11 - Динамическая характеристика напряжения генератора при изменении скорости вращения генератора.

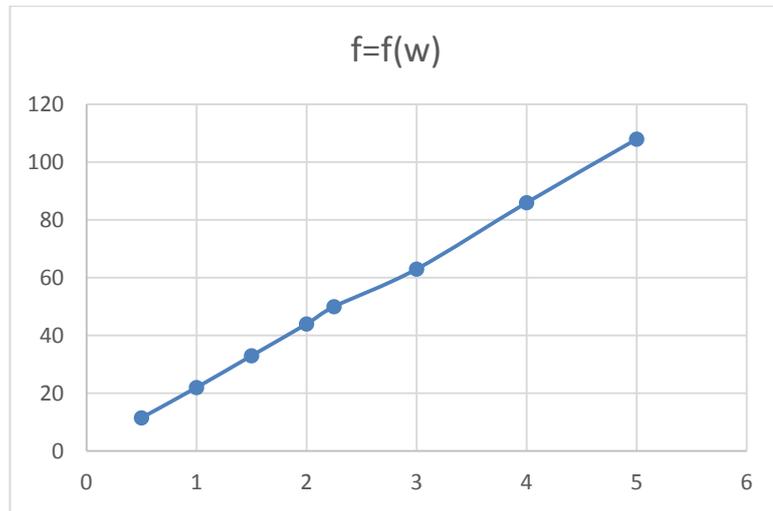


Рисунок 12 - Динамическая характеристика частоты генератора при изменении скорости вращения генератора.

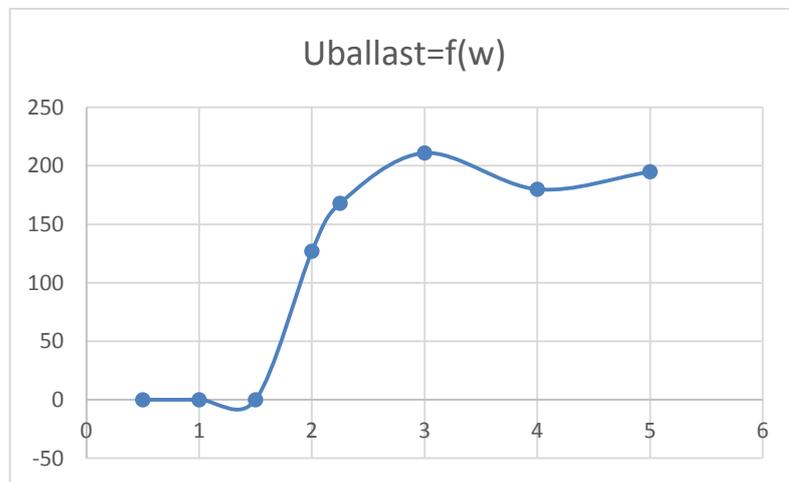


Рисунок 13 – Динамическая характеристика напряжения балластной нагрузки при изменении скорости вращения генератора.

Четвертая глава посвящена экономическому обоснованию проектируемой системы, определяет производственные затраты и экономический эффект производства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проведен анализ известных технических решений. В результате проведенного критического анализа нами предлагается бесплотинная микроГЭС на основе индукторного дугостаторного генератора на постоянных магнитах.
2. Обоснована эффективность замены децентрализованных систем энергообеспечения на базе дизель-генераторов (автономные системы), использующие энергию возобновляемых природных ресурсов, в частности низкопотенциальную энергию равнинных рек.
3. Предложенная конструкция генератора для микроГЭС позволяет создавать безредукторные установки и значительно повышать потребительские свойства системы энергоснабжения.
4. Разработаны и исследованы математические модели осевой гидротурбины пропеллерного типа и индукторного дугостаторного генератора.
5. Разработана структурная схема системы управления. Математическое моделирование в среде MATLAB позволило смоделировать работу системы управления в нескольких режимах.
6. Экономический расчет показал, что спроектированная система имеет ряд значительных преимуществ перед существующими аналогами, что значительно увеличивает ее конкурентоспособность по сравнению с другими системами, представленными на рынке.

Основное содержание диссертации опубликовано в работах:

1. Никитина, Ж.А. Система децентрализованного энергоснабжения на базе микрогэс. / Ж.А.Никитина, Р.В. Кузьмин // Тезисы докладов 45-й научно-технической конференции аспирантов и студентов – Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет. – 2015. – 589с., с. 368-369

2. Никитина, Ж.А. Система децентрализованного энергообеспечения на базе микрогэс. / Никитина Ж.А., Кузьмин Р.В.//Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф.Морозова. - 2015. Т. 3. № 7-2 (18-2)., с. 285-289.