

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**

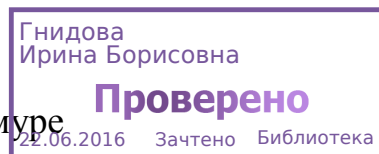
**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ**

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).

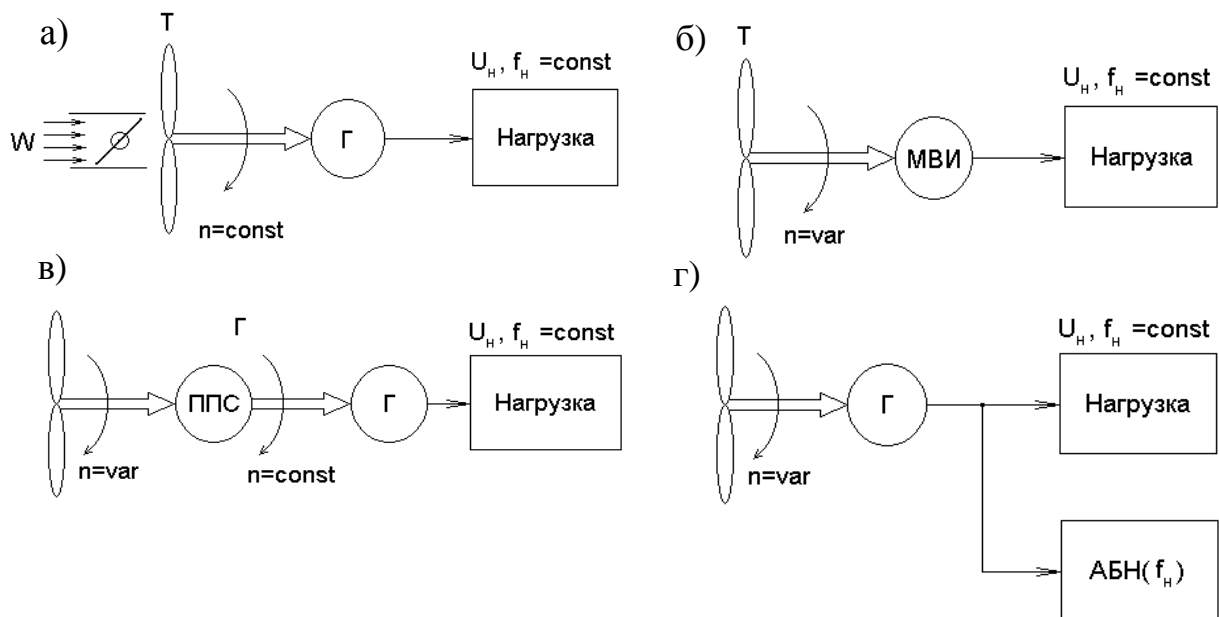


Рисунок 1 – Структурные схемы систем стабилизации выходных параметров:

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 экпл.. 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.

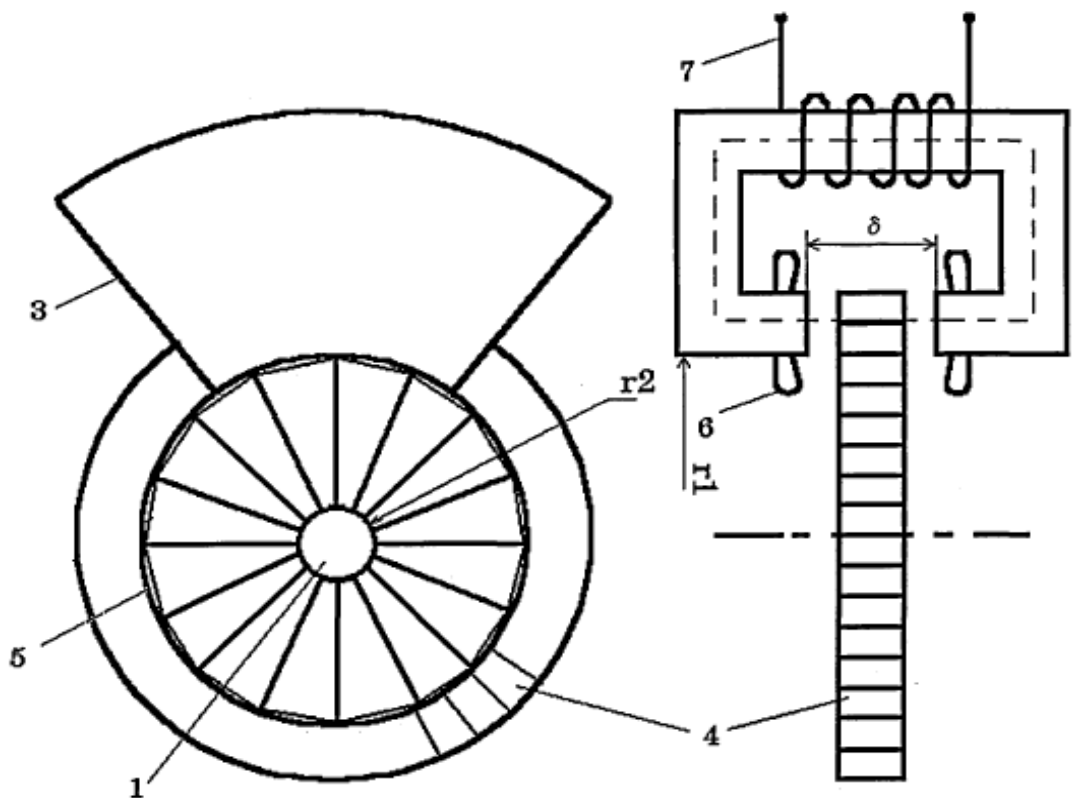


Рисунок 2 – Индукторный дугостаторный генератор.

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  $\delta$  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.



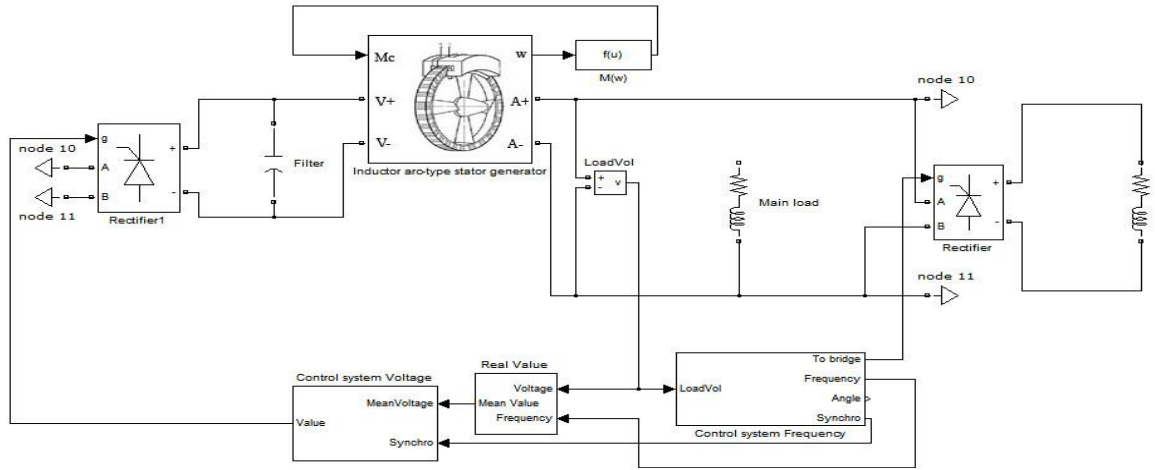


Рисунок 3 – Структурная схема микроГЭС

Результаты проведенных опытов:

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

$U=24V$ .

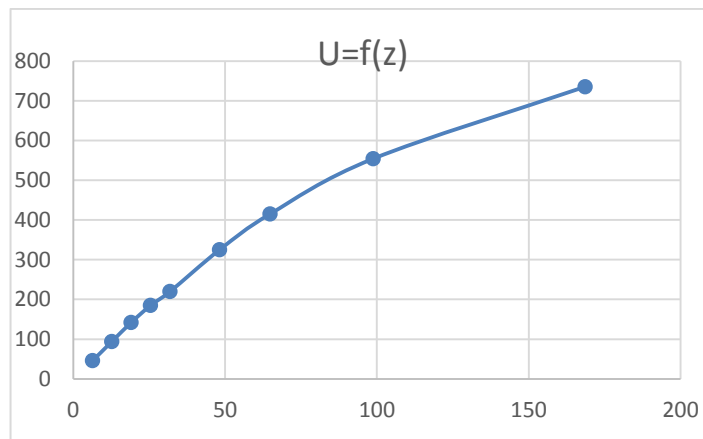


Рисунок 4 – Динамическая характеристика напряжения генератора при изменении нагрузки.

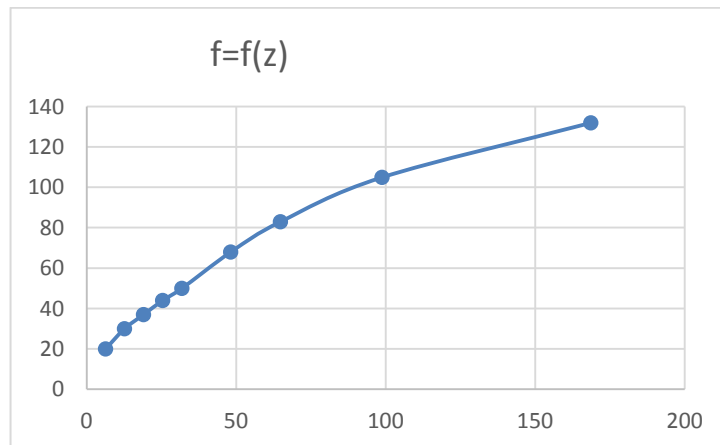


Рисунок 5 – Динамическая характеристика частоты генератора при изменении нагрузки.

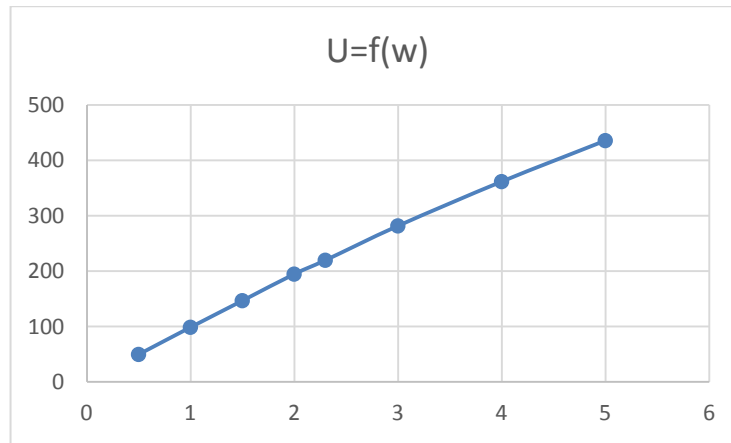


Рисунок 6 - Динамическая характеристика напряжения генератора при изменении скорости вращения генератора.

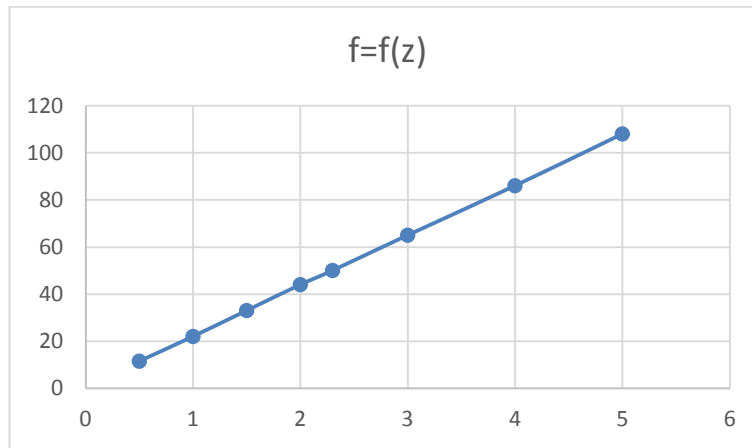


Рисунок 7 - Динамическая характеристика частоты генератора при изменении скорости вращения генератора.

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

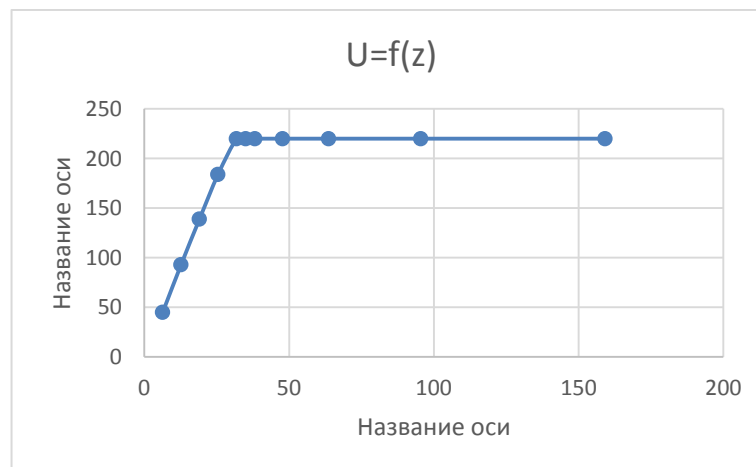


Рисунок 8 - Динамическая характеристика напряжения генератора при изменении нагрузки.

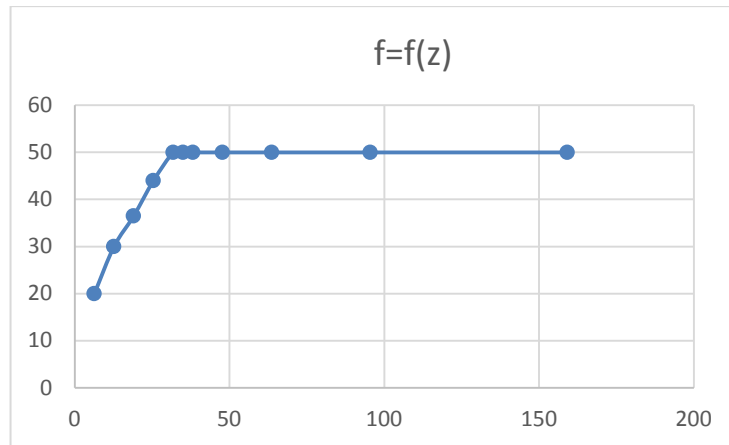


Рисунок 9 - Динамическая характеристика частоты генератора при изменении нагрузки.

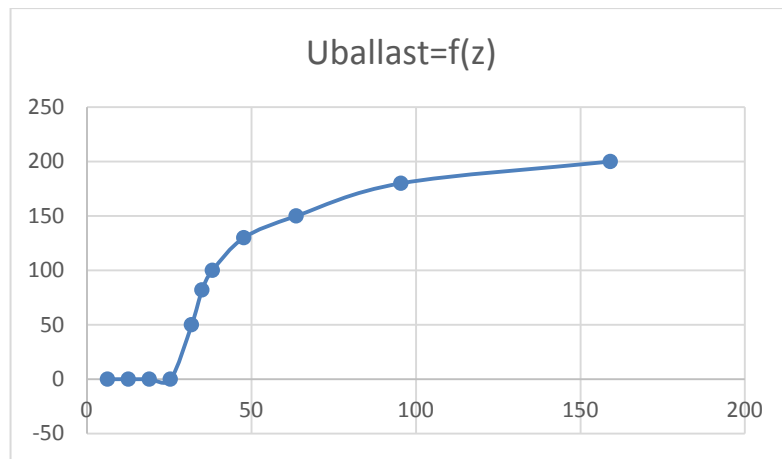


Рисунок 10 - Динамическая характеристика напряжения балластной нагрузки при изменении нагрузки генератора.

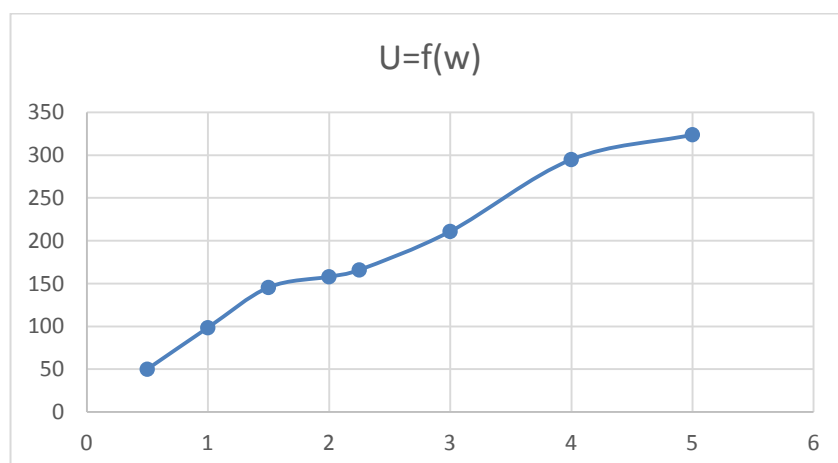


Рисунок 11 - Динамическая характеристика напряжения генератора при изменении скорости вращения генератора.

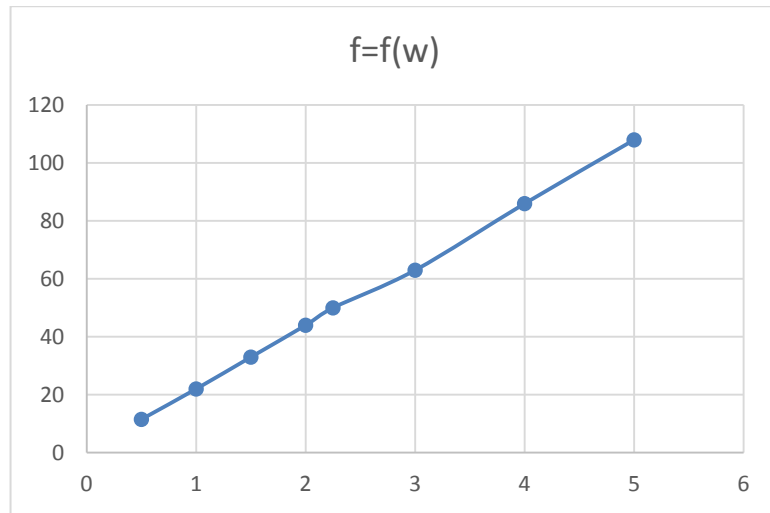


Рисунок 12 - Динамическая характеристика частоты генератора при изменении скорости вращения генератора.

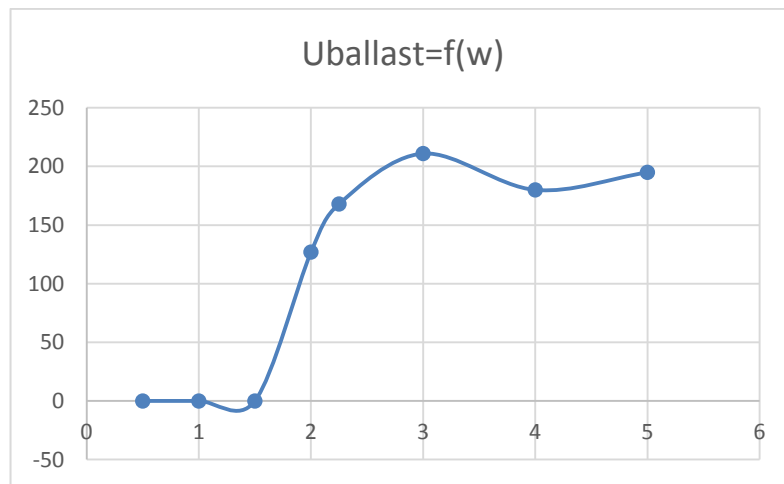


Рисунок 13 – Динамическая характеристика напряжения балластной нагрузки при изменении скорости вращения генератора.

**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.