

Министерство образования и науки Российской Федерации

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

На правах рукописи

АФАНАСЬЕВ ДЕНИС ИГОРЕВИЧ

**РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОНОМНОЙ
СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ
ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

Направление 13.04.02 – «Электроэнергетика и электротехника»

Профиль «Электроснабжение»

**АВТОРЕФЕРАТ
МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ**

Середнева
Татьяна Ивановна

Проверено

21.06.2018 Зачтено Библиотека

Комсомольск – на – Амуре

2018

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

Научный руководитель :

Кандидат технических наук, доцент

Кузьмин Роман Вячеславович

Рецензент: директор учебно-производственного центра КГА ПОУ «Губернаторский авиастроительный колледж г. Комсомольска-на-Амуре (Межрегиональный центр компетенций)» Киница Олег Игоревич

Защита состоится «20» июня 2018 года в 09 часов 00 мин на заседании государственной экзаменационной комиссии по направлению подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника» в Комсомольском-на-Амуре государственном университете по адресу: 681913, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27, ауд. 114/3.

Автореферат разослан __ июня 2018 г

Секретарь ГЭК

Н.Н. Мельникова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. В данный момент – остаются проблемы, по обеспечению электроэнергией потребителей, которые удалены от основной системы центрального энергоснабжения. Цены на добычу ископаемых природных ресурсов и электроэнергию каждый год поднимаются, целесообразнее использовать альтернативные – возобновляемые источники электроэнергии (ВИЭ).

ВИЭ на сегодня является наиболее успешно развивающимся направлением в электро и теплоэнергетике. Особо значимы возобновляемые ресурсы в децентрализованных системах электроснабжения, характерных для значительных территорий России и других стран.

Современное развитие энергетики в России характеризуется ростом стоимости производства энергии. Наибольшее повышение стоимости за электроэнергию наблюдается в удаленных районах Сибири и Дальнего Востока, Камчатки, Курильских островов, где используются децентрализованные системы электроснабжения на базе дизельных электростанций, которые работают на привозном топливе.

Себестоимость производства энергии на Дальнем Востоке – одна из самых высоких в стране: 1 кВт/ч обходится от 20 до 100 р. (в удаленных районах). Но конечные потребители этого не замечают: самый большой тариф на электричество для населения (на Чукотке) составляет 9 рублей за кВт/ч – разницу доплачивают из местных бюджетов.

Причин этому несколько. Одна из них – изолированность системы Дальнего Востока от единой энергосистемы страны. Вторая причина – топливо, которое используется для производства тепла и электричества.

Малая гидроэнергетика – это на сегодняшний день наиболее экономичное решение энергетических проблем для территорий, относящихся к зонам децентрализованного электроснабжения, которые составляют более 70% территории России. В большинстве случаев именно микроГЭС используются для электроснабжения мелких изолированных потребителей, удаленных от сетей централизованного электроснабжения. МикроГЭС не требует сооружать плотину.

Так как использовать энергию малых водоемов с помощью микроГЭС – самое эффективное направление развития альтернативных источников энергии в нашем регионе, то такой альтернативой может послужить напорная микроГЭС.

Напорная микроГЭС обладает такими преимуществами как: Значительно уменьшает зависимость от центрального энергообеспечения любого предприятия.

Имеет хороший потенциал по выработке электроэнергии и низкую стоимость затрат на монтаж сооружения электростанции.

Наиболее полезна: в местах дачных поселков, на фермах, предприятий и малых производств, в труднодоступных районах.

Найдёт применение в объектах водоснабжения, системах подачи воды, станций очистки сточных вод, которые требуют большого количества электроэнергии.

Источником могут послужить: небольшие реки, ручьи; напор на сбросах воды и системы водоочисток, плотины; промышленный и канализационный сброс воды; водоподготовки и различных трубопроводов предназначенных для перелива разных видов жидкости.

Одним из критериев актуальности данной тематики может служить активность в области научно-исследовательских и опытно–конструкторских работ по применению новых разработок.

Принцип действия микроГЭС достаточно прост: необходимый напор воды поступает на лопасти гидротурбины, которая приводит в действие генератор, вырабатывающий электроэнергию, далее с помощью преобразователя – преобразуется в 220В на нагрузку для потребителя. Так же можно подключить аккумулятор, например для питания инвертора.

Цель работы: разработка и исследование системы децентрализованного электроснабжения на базе напорной микроГЭС.

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 полномасштабном моделировании системы с учетом всех основных входящих в нее элементов, таких как гидротурбина, асинхронный генератор, система автоматического управления.

– Разработана математическая модель асинхронной машины для работы в генераторном режиме;

– Созданы и реализованы модели электромеханических процессов в объекте исследования системы децентрализованного электроснабжения.

Практическая ценность работы: снижение потребления той электроэнергии, заменой которой будет служить энергия выделяемая системой гидротурбины и генератора.

– Выработаны алгоритмы и рекомендации к изготовлению системы стабилизации микроГЭС;

– Разработанная математическая модель позволяет проводить численные эксперименты и получать результаты прогнозирующие работу и эффективность предложенной системы.

Апробация работы.

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.).

Публикации. По результатам исследований имеются четыре публикации:

1 Афанасьев, Д. И. Система электроснабжения на базе напорной микроГЭС / Д. И. Афанасьев, Р. В. Кузьмин // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов: материалы 47-й научно-технической конференции студентов и аспирантов (59-61 стр.), Комсомольск-на-Амуре, 10-21 апреля 2017 г. / редкол.: Э.А. Дмитриева (отв. Ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГТУ», 2017. – 1292 с.

2 Афанасьев, Д. И. Анализ направлений развития систем электроснабжения / Д. И. Афанасьев, А. В. Дьячков, И. В. Санников // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. Науки о природе и технике. – 2017. – № IV - 1(32). – С. 4-10.

3 Афанасьев, Д.И. Разработка модели асинхронного генератора / Д. И. Афанасьев, Р. В. Кузьмин // 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.

4 Афанасьев, Д.И. Моделирование процессов микроГЭС на базе асинхронного генератора/ Д. И. Афанасьев, Р. В. Кузьмин // 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.

Объем и структура работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех разделов, заключения и списка использованных источников. Из 26 наименований, содержит 91 страницу машинописного текста, 40 рисунков, 9 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность выбранной темы диссертационного исследования, определяются цели и задачи, намечен круг решаемых задач, 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.

Первая глава посвящена истории развития гидроэнергетики в России и мире, создание первых мини и микроГЭС, перспективы их использования, разновидности изобретений создателей. А так же проведен патентный поиск изобретений связанных с микроГЭС. Проведенный анализ данных патентов дал понять, в каком направлении развивается малая гидроэнергетика.

Во второй главе были проанализированы различные типы гидротурбин, выявлены их плюсы и минусы для использования в среде микроГЭС. Представлены все основные методы стабилизации выходных параметров системы.

Для рукавной напорной микроГЭС подобрана осевая поворотно-лопастная пропеллерная гидротурбина мощностью 5 кВт, с напором 3 – 7 м, с расходом 100 – 150 л/с и частотой вращения 750 об/мин, рассчитаны её параметры и характеристики.

Третья глава содержит разработку математической модели, созданная модель послужила для исследования автономной системы электроснабжения на базе асинхронного генератора, позволила визуально исследовать выходные электрические параметры генератора, преобразователя, переменных входящих в состав модели. Приведены дифференциальные уравнения модели.

Схема модели асинхронной машины, выполненная в программе Matlab R2014a/Simulink, представлена на рисунке 1

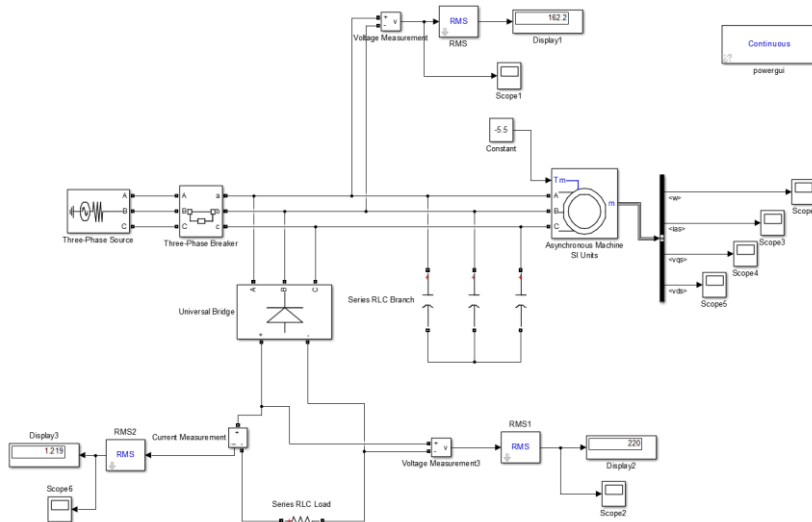


Рисунок 1 – Модель генерирования на базе асинхронной машины

Объектно–ориентированное моделирование позволяет исследовать модель при различных параметрах скорости потока, величины и характера нагрузки, источников реактивной энергии, режимов работы преобразователя на стороне нагрузки.

Для того, что бы добиться необходимых результатов, произведены исследования различных параметров математической модели асинхронной машины работающей в генераторном режиме.

Результаты проведенных опытов:

Первый опыт: проводится без блока [Universal Bridge], отрицательный момент $\text{const} = -9$. В период работы от трехфазного источника тока ($0 \leq T \leq 1$) амплитуда напряжения возрастает. После отключения источника, генератор начинает работать автономно, и напряжение на нагрузке падает до номинального значения 380 В.

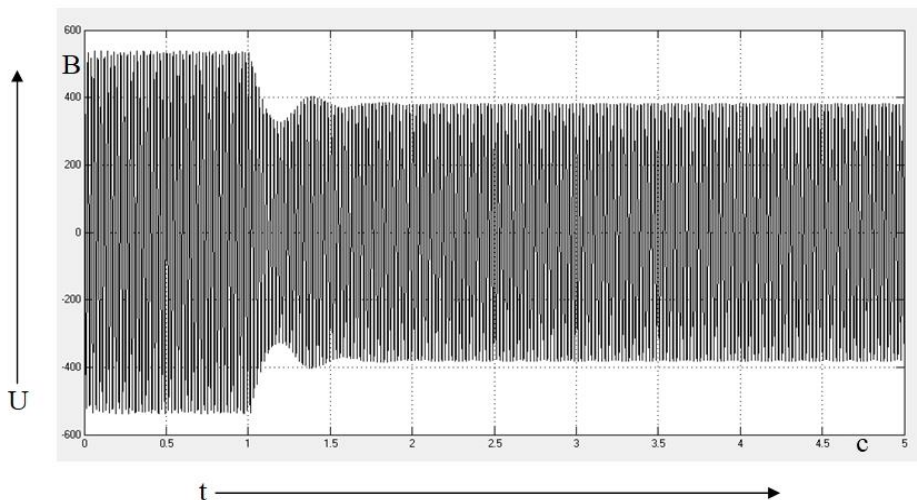


Рисунок 2 – Осциллограмма напряжения без выпрямителя

Второй опыт: проводится с применением блока [Universal Bridge].

В момент отключения от источника напряжения, следует переходный процесс длительностью 2,5с. После этого напряжение достигает номинального значения 220В.

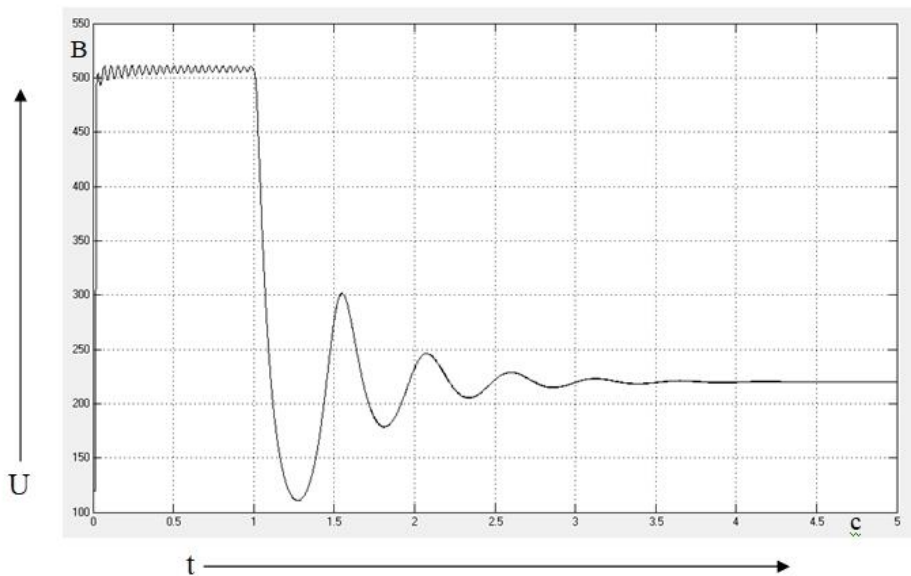


Рисунок 3 – Осциллограмма выпрямленного напряжения на нагрузке

Третий опыт: проводился с набросом нагрузки, Вт

$$P_1=800, P_2= 200, P_3= 200$$

К схеме добавляется дополнительная активная нагрузка и ключи, разомкнутые в изначальном состоянии, время закрытия ключей – четвёртая и шестая секунда, рисунок 4

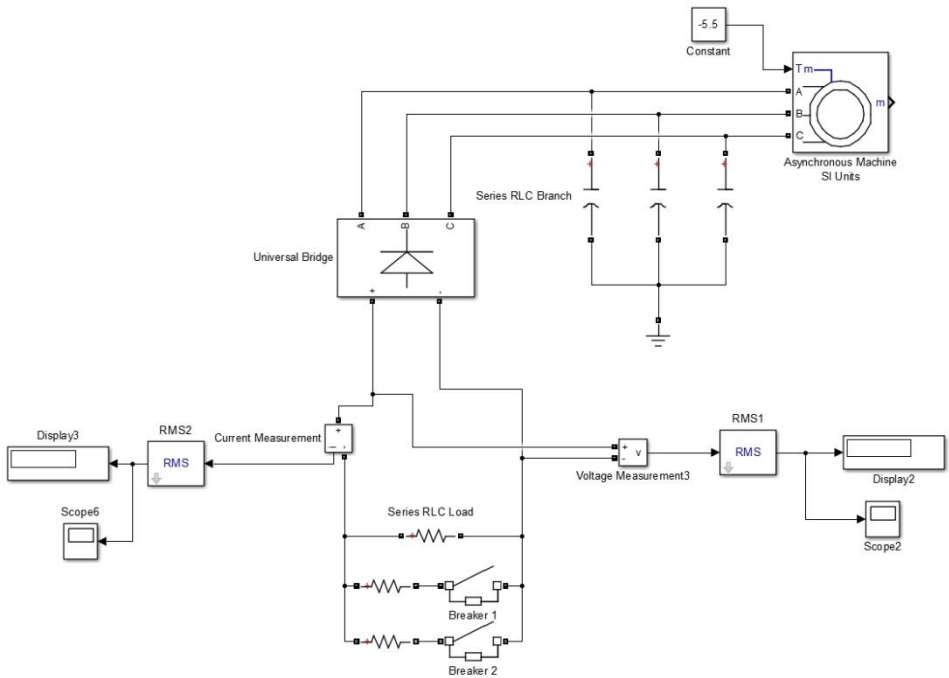


Рисунок 4 – Схема модели с добавлением дополнительной нагрузки

Использовался блок [RMS] для показа действующего значения. Как показано на рисунке 5 видно, что при росте активной нагрузки, напряжение падает, что является нормальным явлением.

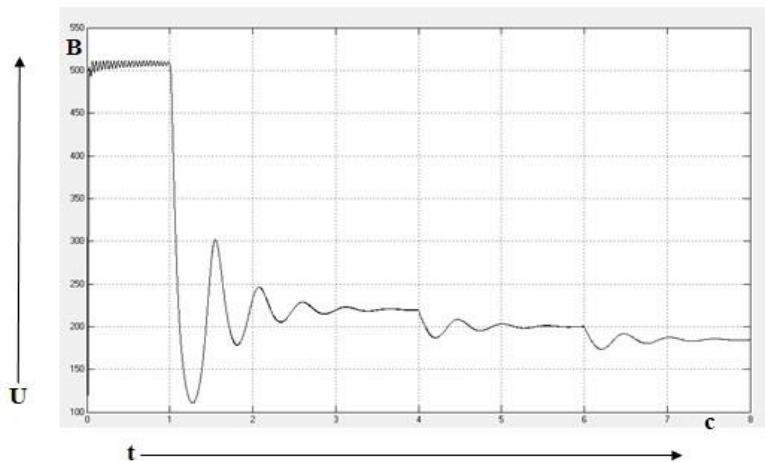


Рисунок 5 – Осциллограмма выпрямленного напряжения с набросом нагрузок

В четвертом опыте: изменяем величину активной мощности на нагрузке, в диапазоне изменения от $\pm 50\%$ от номинальной мощности $P = 800$ (Вт), $Q_L = 0$ (вар), $\cos\varphi = 1$.

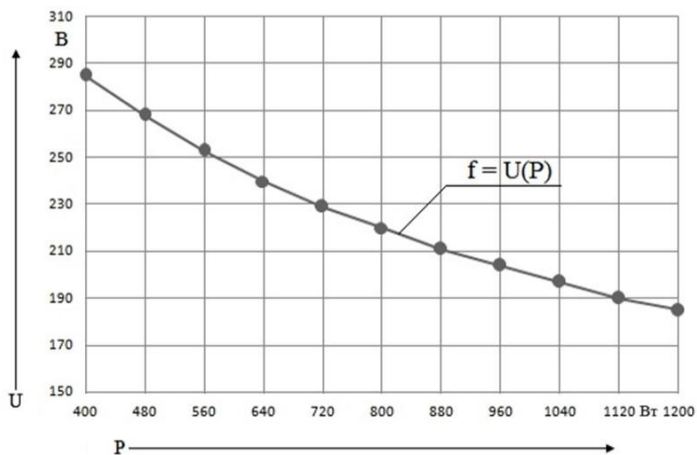


Рисунок 6 – График зависимости напряжения от активной нагрузки $f = U(P)$

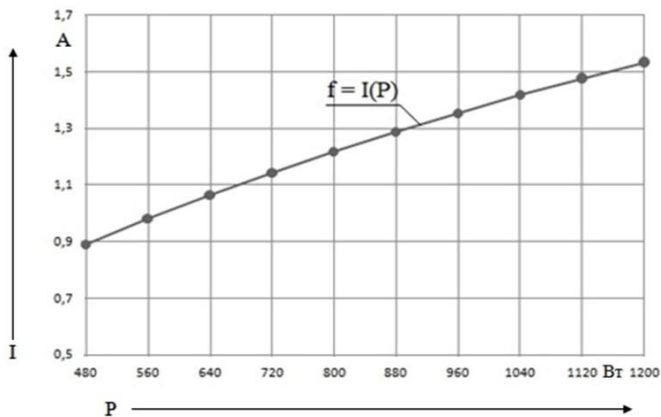


Рисунок 7 – График зависимости тока от активной нагрузки $f = I(P)$

В пятом опыте: к величине активной мощности, добавляем реактивную нагрузку, рисунок 8

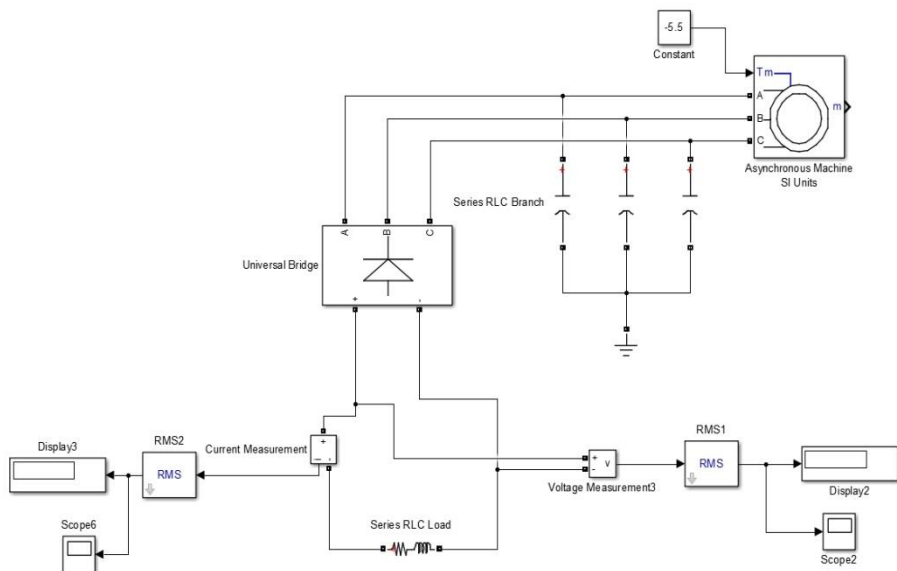


Рисунок 8 – Схема модели с добавлением реактивной нагрузки

На данном этапе модель позволяет проводить расчёты до значения коэффициента мощности не менее $\cos\phi = 0,5$. Предположительно это может быть связано с работой выпрямителя со стороны нагрузки.

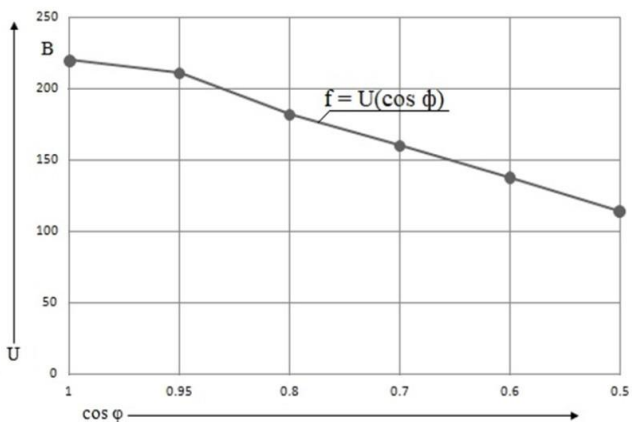


Рисунок 9 – График зависимости напряжения от коэффициента мощности $f = U(\cos \phi)$

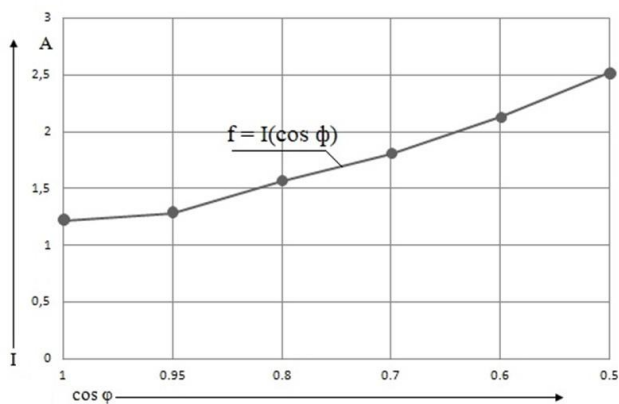


Рисунок 10 – График зависимости тока от коэффициента мощности $f = I(\cos \phi)$

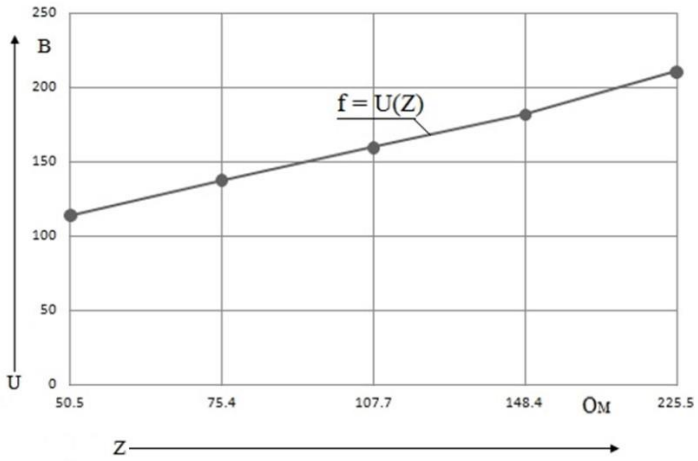


Рисунок 11 – График зависимости напряжения от величины полного сопротивления $f = U(Z)$

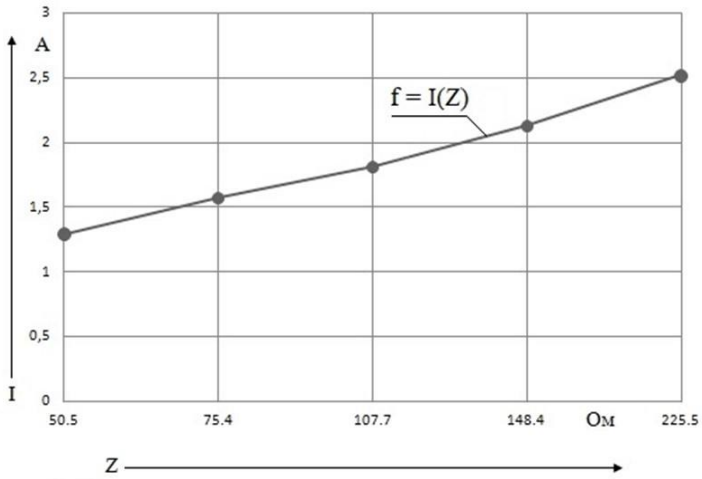


Рисунок 12 – График зависимости тока от величины полного сопротивления $f = I(Z)$

В шестом опыте: изменяем момент вращения, поданный на асинхронную машину, в диапазоне $\pm 50\%$ от номинального значения

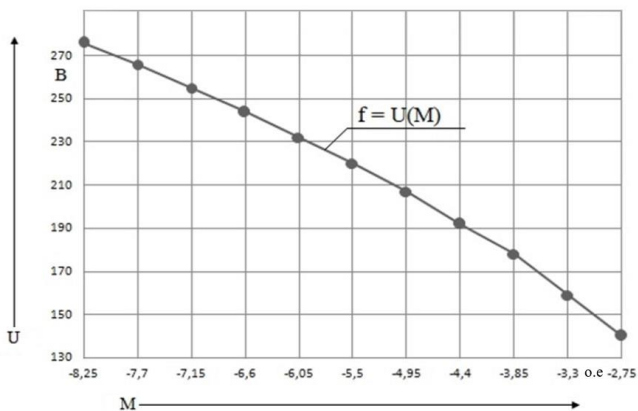


Рисунок 13 – График зависимости напряжения от величины момента вращения $f = U(M)$

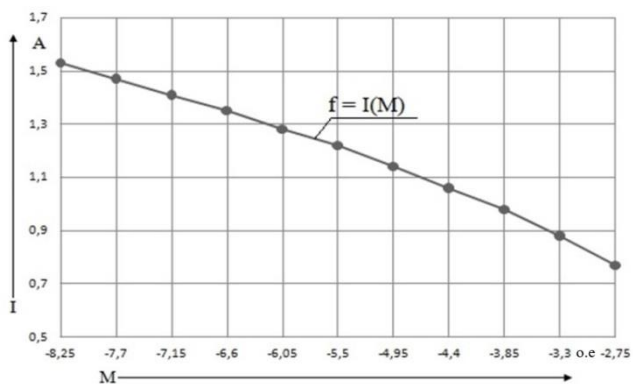


Рисунок 14 – График зависимости тока от величины момента вращения $f = I(M)$

Из результатов опытов можно сделать вывод, что данная математическая модель работает, и может служить для исследования автономной системы электроснабжения на базе асинхронного генератора.

В том числе модель позволяет исследовать выходные электрические параметры генератора, преобразователя, переменных входящих в состав модели.

Процессы моделирования показали, что выходные параметры напряжения и тока на нагрузке регулируются. Изменяя в модели различные параметры активной и реактивной мощности, момента, полного сопротивления можно добиться желаемого результата и построить графики зависимости этих величин.

При увеличении активной мощности – действующее напряжение на нагрузке уменьшается, а ток возрастает. Аналогичная ситуация при добавлении реактивной мощности и уменьшении полного сопротивления цепи. Увеличивая отрицательный момент вращения – напряжение и ток возрастают. Так же, данная модель может быть улучшена путем добавления блоков регулирования напряжения и частоты.

В модели асинхронной машины были проведены эксперименты по замене способа её возбуждения. На место конденсаторов в качестве источника реактивной мощности можно использовать полупроводниковый преобразователь – инвертор.

Ниже приведены схемы моделей инверторов, выполненных в программе Matlab R2014a/Simulink, представлены на рисунках 15, 16

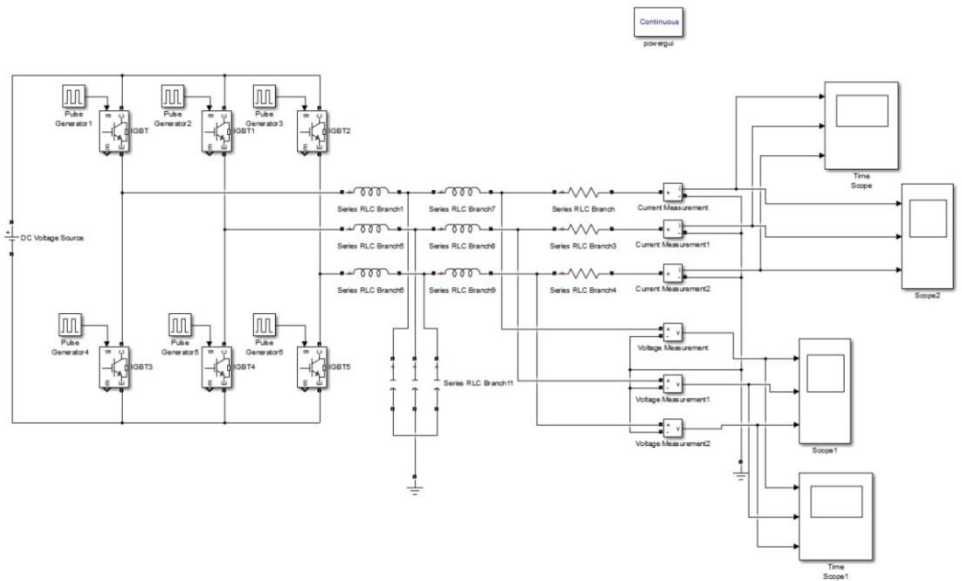


Рисунок 15 – Схема модели трёхфазного инвертора с фильтром

Трёхфазный инвертор с широтно-импульсной модуляцией представлен на рисунке 16

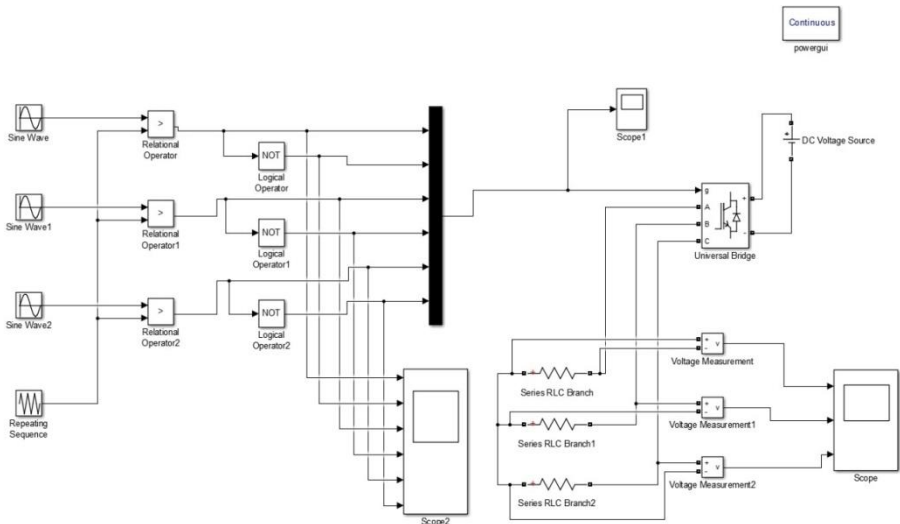


Рисунок 16 – Схема модели трёхфазного инвертора с ШИМ

Изменяя значения угла управления [Phase Delay] на 10 электрических градусов каждого из блоков [Pulse Generator] в диапазоне от 0 до 60, замеряем значения напряжения и тока на одной фазе и строим графики этих зависимостей.

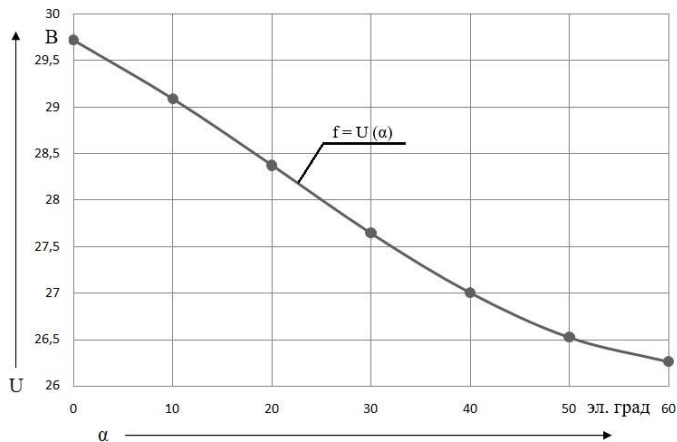


Рисунок 17 – График зависимости амплитуд напряжения от величины угла управления $f = U(\alpha)$

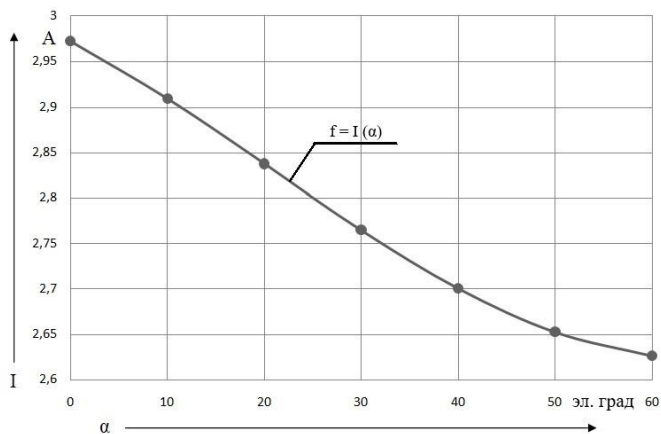
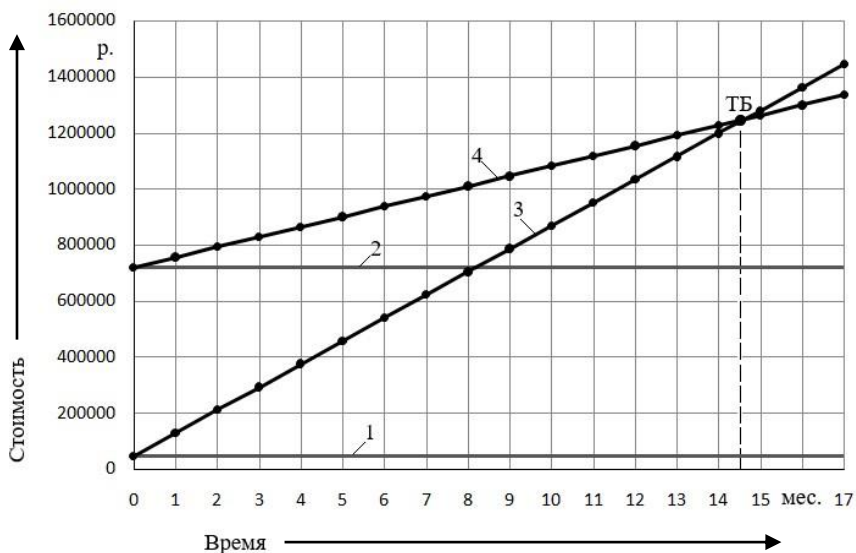


Рисунок 18 – График зависимости амплитуд тока от величины угла управления $f = I(\alpha)$

Результаты моделирования показывают, что математическая модель инвертора работает, и может послужить для замены конденсаторного способа возбуждения автономной системы электроснабжения на базе асинхронного генератора, путем добавления блоков модели инвертора в подсистему.

В четвертой главе экономически обоснована целесообразность использования напорной микроГЭС в качестве альтернативного источника электроэнергии относительно дизельной электростанции.



ТБ – точка безубыточности;

1 – суммарные капитальные затраты на ДЭС;

2 – суммарные капитальные затраты микроГЭС;

3 – полные затраты на ДЭС; 4 – полные затраты на микроГЭС.

Рисунок 19 – График срока окупаемости микроГЭС

С помощью экономического расчета определена полная себестоимость установки, она составила 1 153 458 рублей, и срок окупаемости, взяв для сравнения дизельный генератор. Он составил 14,5 месяцев.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование возобновляемых источников электроэнергии (ВИЭ) является высокоперспективным направлением развития человечества, которое имеет массу достоинств. Особенно важно, что такие способы получения электроэнергии экологичны и не расходуют топливные ресурсы планеты, а недостатки, снижающие их использование – каждый год исчезают благодаря новым инновациям в производстве для повсеместного использования в качестве не только резервных, но и основных источников энергии.

Именно микроГЭС является ранним видом ГЭС в истории развития гидроэнергетики. МикроГЭС была прообразом крупных гидроэлектростанций, и зачастую играла роль для моделей крупных гидротурбин.

Срок окупаемости напорной микроГЭС довольно быстр, меньше чем за 15 месяцев данная установка окупает свои суммарные вложения и приносит экономию, что должно позитивно сказываться на перспективе использования возобновляемых источников энергии, учитывая быстрый срок окупаемости и несение меньших затрат связанных с горюче-смазочными материалами.

Чего не скажешь о дизельных установках. Затраты на дизельное топливо с каждым годом увеличиваются, что должно подталкивать людей использовать другие источники автономной электроэнергии.