

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт электронного обучения

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Кафедра Электрические сети и электротехника

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы	
РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ГОРОДСКИХ СЕТЯХ Г. АЛМАЛЫК	

УДК 621.311.019:621.311.1(575.1)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5A14	Маткаримов Ахёржон Саидкарим угли		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры электрических сетей и электротехники	Заповодников Константин Иванович	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Коршунова Лидия Афанасьевна	к.т.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности	Бородин Юрий Викторович	к.т.н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Электрические сети и электротехника	Прохоров Антон Викторович	к.т.н., доцент		

Томск – 2016 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт электронного обучения
Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Кафедра Электрические сети и электротехника

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой ЭСиЭ

(Подпись) _____ А.В. Прохоров
(Дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской выпускной квалификационной работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-5A14	Маткаримов Ахёржон Саидкарим угли

Тема работы:

Анализ проблемы качества электроэнергии в городских электрических сетях

Утверждена приказом

Дата

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объектом исследования является городская электрическая сеть г. Алмалык 4-й микрорайон
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	а) Анализ проблемы качества электроэнергии и эффективности низковольтной сети; б) Оценка влияния нагрузок на качество электроэнергии в городской сети; в) Повышение качества с помощью фильтрокомпенсирующих устройств; г) Социальная ответственность; д) Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	Поопорная схема ВЛ-0,4 кВ от ТП-694
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Коршунова Лидия Афанасьевна
Социальная ответственность	Бородин Юрий Викторович
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
На русском языке: Анализ проблемы качества электроэнергии и эффективности низковольтной сети, оценка влияния нагрузок на качество электроэнергии в городской сети, повышение качества с помощью фильтрокомпенсирующих устройств, социальная ответственность, финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры электрических сетей и электротехники	Заподовников Константин Иванович	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5A14	Маткаримов Ахёржон Саидкарим угли		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа		ФИО	
3-5A14		Маткаримов Ахёржон Саидкарим угли	
Институт	ИнЭО	Кафедра	Электрические сети и электротехника
Уровень образования	бакалавр	Направление	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Стоимость материалов и оборудования</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Нормы амортизации</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Отчисления в социальные фонды</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Оценка научного уровня</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <u>Оценка конкурентоспособности технических решений</u>
2. <u>Матрица SWOT</u>
3. <u>Альтернативы проведения НИ</u>
4. <u>График проведения и бюджет НИ</u>
5. <u>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</u>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.06.2016
---	-------------------

6

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Коршунова Лидия Афанасьевна	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5A14	Маткаримов Ахёржон Саидкарим угли		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-5A14	Маткаримов Ахёржон Саидкарим угли

Институт	ИнЭО	Кафедра	Электрические сети и электротехника
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

–	Предметом исследования является ПС. – Вредные проявления (сильные электромагнитные поля, локальная недостаточная освещенность рабочей зоны, вибрация, повышенный уровень шума на рабочем месте; повышенная температура воздуха на рабочем месте; – Опасные проявления (опасные уровни напряжения в электрических цепях, замыкание которых может пройти через тело человека; наличие агрессивных и легковоспламеняющихся жидкостей). Возможность воспламенения трансформаторного масла. – Негативное воздействие на окружающую природную среду (негативное влияние электромагнитных полей на организм человека, гибель птиц в открытых распределительных устройствах подстанций). В процессе эксплуатации электроустановок возможно загрязнение окружающей среды вредными веществами. Это может быть: электролит, трансформаторное масло и другие нефтепродукты, бытовые отходы и другие вредные вещества. – Чрезвычайные ситуации: пожар, взрыв, стихийное бедствие.
	СНиП 3.05.06-85, ГОСТ 12.0.003-74, СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
	Вибрация приводит к уменьшению работоспособности и появлению «вибрационной болезни». Шум создает значительную нагрузку на нервную систему человека, оказывая на него психологическое воздействие. При воздействии постоянного электромагнитного поля на рабочего, со

	временем будет наблюдаться нарушение сердечно-сосудистого ритма и замедление частоты биения сердца, изменения состава крови. Повышенная температура воздуха на рабочем месте приводит к утомляемости, головокружению, снижения концентрации.
	– Электробезопасность (трансформаторы, токоведущие части, и другое электрооборудование). Средства защиты – диэлектрические перчатки, резиновые коврики, указатели напряжения, диэлектрические галоши и т.д. – Пожаровзрывобезопасность (возгорание и взрыв масла в трансформаторах). Средства защиты – огнетушители, песок, войлок, пожарные топоры, ведра и т.д.
	Подстанции в нормальном режиме эксплуатации слабо загрязняют окружающую природную среду.
	При аварии на подстанции возможны: – Возникновение пожара; – Взрыв трансформатора; – Поражение электрическим током. – Стихийное бедствие (ураган, землетрясение). При авариях должны отключаться элементы электроснабжения во избежание поломки и расстройства технологического оборудования.
	СНиП 3.05.06-85, ГОСТ 12.0.003-74, СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03
Перечень графического материала:	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности	Бородин Юрий Викторович	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5A14	Маткаримов Ахёржон Саидкарим угли		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 78 с., 47 рис., 10 табл., 17 источников, 1 прил.

Ключевые слова: качество электроэнергии, несимметричная нагрузка, синусоидальность, инверторная нагрузка, фильтрокомпенсирующие устройства

Объектом исследования является (ются) сеть 0.4 кВ

Цель работы – исследовать существующую сеть 0.4 кВ в условиях повышенных мощностей однофазных нагрузок и их нелинейного характера, оценить качество электроэнергии в сложившихся условиях

В процессе исследования проводились построения динамических моделей сетевых и современных нагрузочных элементов, изучение требований к качеству электроэнергии и разработка инструментария автоматизации получения показателей качества по экспериментальным данным, анализ результатов

В результате исследования разработан фильтр высших гармоник, позволяющий устранить негативное влияние нелинейных нагрузок

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: для нелинейной нагрузки 5 кВт размеры фильтра на основе конденсаторов МБГЧ и дросселя с индуктивностью 1 мГн составят приблизительно 300х300х400 мм

Степень внедрения: _____

Область применения: сельские сети с воздушными линиями

Экономическая эффективность/значимость работы _____

В будущем планируется собрать и установить три опытных образца в многоквартирном доме

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Направление ООП: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль: Электроэнергетические системы и сети

Кафедра, институт: кафедра «Электрические сети и электротехника»,
Электронного обучения

Результат обучения
Профессиональные компетенции
Р 1 Применять соответствующие гуманитарные, социально-экономические, математические, естественно-научные и инженерные знания, компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа электрических устройств, объектов и систем.
Р 2 Уметь формулировать задачи в области электроэнергетики и электротехники, анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.
Р 3 Уметь проектировать электроэнергетические и электротехнические системы и их компоненты.
Р 4 Уметь планировать и проводить необходимые экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния электрооборудования, объектов и систем электроэнергетики и электротехники, интерпретировать данные и делать выводы.
Р 5 Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области электроэнергетики и электротехники.
Р 6 Иметь практические знания принципов и технологий электроэнергетической и электротехнической отраслей, связанных с особенностью проблем, объектов и видов профессиональной деятельности профиля подготовки на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях.
Универсальные компетенции
Р 7 Использовать знания в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью в области электроэнергетики и электротехники
Р 8 Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в областях электроэнергетики и электротехники.
Р 9 Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, в области электроэнергетики и электротехники.
Р 10 Проявлять личную ответственность и приверженность нормам профессиональной этики и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.
Р 11 Осуществлять комплексную инженерную деятельность в области электроэнергетики и электротехники с учетом правовых и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.
Р 12 Быть заинтересованным в непрерывном обучении и совершенствовании своих знаний и качеств в области электроэнергетики и электротехники.

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт электронного обучения

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Уровень образования бакалавриат

Кафедра Электрические сети и электротехника

Период выполнения _____ весенний семестр 2015/2016 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская выпускная квалификационная работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела/ вид работы	Максимальный балл раздела
	Анализ проблемы качества электроэнергии и эффективности низковольтной сети	
	Оценка влияния нагрузок на качество электроэнергии в городской сети	...
	Повышение качества с помощью фильтрокомпенсирующих устройств	
	Социальная ответственность	
	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры электрических сетей и электротехники	Заподовников Константин Иванович	к.т.н., доцент		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Электрические сети и электротехника	Прохоров Антон Викторович	к.т.н.		

Определения

Электрическая сеть – электроустановки, которые предназначены для передачи и распределения электрической энергии, состоящая из подстанций, распределительных устройств, токопроводов, воздушных и кабельных линий электропередачи, работающих на определенной территории.

Подстанция – электроустановка, предназначенная для приема, преобразования и распределения электрической энергии, состоящая из трансформаторного оборудования или других преобразователей энергии, устройств распределения, управления и вспомогательных устройств.

Воздушная линия электропередачи – электроустановка, предназначенная для передачи электроэнергии по проводам, расположенных на открытом воздухе и прикрепленные при помощи изолированных конструкций и арматуры к опорам, несущим конструкциям, кронштейнам и стойкам на инженерных сооружениях.

Несимметричный режим – режим работы, в котором фазные напряжения или токи не образуют симметричных многофазных систем.

Обозначения и сокращения

ЭС – энергетическая система;

ЛЭП – линия электропередачи;

ВЛ – воздушная линия;

ПС – подстанция;

Оглавление

Введение.....	14
1 Анализ проблемы качества электроэнергии и эффективности низковольтной сети.....	16
1.1 Обзор основных показателей качества, влияние на потребителей.....	16
1.2 Влияние линии электропередачи на качество электроэнергии распределительных сетей 0,4 кВ	24
1.3 Влияние нагрузки на качество электроэнергии распределительных сетей 0,4 кВ	27
2 Оценка влияния нагрузок на качество электроэнергии в городской сети г. Алматы	33
2.1 Разработка модели фрагмента городской сети	33
2.2 Моделирование режимов работы сети с нагрузками различных типов.	36
3 Повышение качества с помощью фильтрокомпенсирующих устройств..	47
4 Социальная ответственность	58
4.1 Выявление факторов рабочего места, характеризующих процесс взаимодействия трудящихся с окружающей производственной средой	58
4.2 Защита человека от вредных факторов рабочего места, характеризующих процесс взаимодействия трудящихся с окружающей производственной средой.....	60
4.3 Влияние подстанции на окружающую среду.....	62
4.4 Социальная ответственность администрации и персонала в части охраны окружающей среды и охраны труда.....	62
4.5 Организационные мероприятия обеспечения безопасности	63
4.6 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	64
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	66
5.1 Оценка научного уровня	66
5.2 Организация и планирование научно-исследовательских работ.....	67

5.3 Определение трудоемкости выполнения работ.....	69
5.4 Расчет затрат на проведение работы.....	71
Заключение	76
Список использованных источников	77
Приложение А	79

Введение

Качество электроэнергии – соответствие параметров электроэнергии установленным значениям. Параметр электрической энергии – величина, которая количественно характеризует какое-либо свойство электроэнергии. Параметрами электрической энергии являются напряжение, частота, форма кривой электрического тока. Качество электрической энергии является основой электромагнитной совместимости, характеризующей электромагнитную среду.

Качество электроэнергии зависит от изменения погодных и климатических условий, времени суток, изменения нагрузки энергосистемы, возникновения аварийных режимов в сети и т.д.

Снижение качества электроэнергии приводит к существенным изменениям режимов работы электроприёмников и в результате снижению производительности составляющих рабочих механизмов, снижению качества продукции, уменьшению срока службы электрооборудования, увеличению вероятности аварий.

В Республики Узбекистан нормы качества электроэнергии в электрических сетях систем электроснабжения переменного трёхфазного и однофазного тока частотой 50 Гц в точках, к которым присоединяются электрические сети или электроустановки потребителей устанавливаются ГОСТ Р 54149-2010 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения».

С развитием рыночных отношений в электроэнергетике электроэнергию следует рассматривать не только как физическое явление, но и как продукт, который должен соответствовать определённым нормам и требованиям рынка. Государственной закон «Об электроэнергетике» определяет ответственность энергосбытовых организаций и поставщиков

электроэнергии перед потребителями за надёжность обеспечения их электрической энергией и её качество в соответствии с техническими регламентами и иными обязательными требованиями.

1 Анализ проблемы качества электроэнергии и эффективности низковольтной сети

1.1 Обзор основных показателей качества, влияние на потребителей

Качество электроэнергии – комплексное свойство электроэнергии, характеризующее способность обеспечивать нормальное функционирование электроприемников.[6]

ГОСТ Р 54149-2010 распространяется на напряжение и определяет свойства, их характеристики и контрольные нормативы. К свойствам по напряжению ГОСТ Р 54149-2010 относит:

- Колебания напряжения;
- Отклонение напряжения;
- Импульс напряжения;
- Несимметрию трёхфазной системы напряжения;
- Временное перенапряжение;
- Провал напряжения;
- Отклонение частоты;
- Несинусоидальность напряжения.

Во всей совокупности показатели качества определяют комплексное свойство-качество электроэнергии. Качество электроэнергии определяется степенью соответствия показателей качества электроэнергии их установленным контрольным требованиям (ГОСТ Р 54149-2010).

Электроприёмники предназначены для работы при определенных показателях качества электрической энергии (номинальных): номинальном напряжении, номинальной частоте, номинальном токе и т.п.

Отклонение напряжения от номинального значения. Значение отклонения напряжения определяется как разность значения напряжения в данной точке системы электроснабжения в рассматриваемый момент времени и его номинальным или базовым значением[6]

Отклонение напряжения от номинального значения происходит вследствие суточных, сезонных и технологических изменений электрической нагрузки потребителей, изменения мощности компенсирующих устройств, регулирования напряжения на выводах генераторов электростанций и трансформаторов на подстанциях энергосистем, а также изменения схем и параметров электрических сетей.

В соответствии с ГОСТ Р 54149-2010 устанавливаются нормально и предельно допустимое отклонение напряжения на выводах приемников электрической энергии, которое составляет $\pm 10\%$ номинального значения напряжения.

В первую очередь на потребителях отражается установившееся отклонение напряжения. При понижении напряжения по отношению к его номинальному значению происходит уменьшение светового потока от ламп накаливания, снижается освещенность в помещении, на рабочих местах. Так, понижение напряжения на 10% приводит к уменьшению освещенности рабочей поверхности в среднем на 40% , что вызывает снижение производительности труда, повышенную утомляемость персонала. Повышение напряжения для ламп накаливания также на 10% приводит к сокращению их срока службы и вызывает избыточное освещение рабочих поверхностей, что неблагоприятно сказывается на восприятии информации с мониторов и цифровых приборов.

Газоразрядные люминесцентные лампы при указанном диапазоне изменения напряжения не столь существенно изменяют светотдачу, но

увеличение напряжения на 10-15 % приводит к резкому снижению их срока службы, а понижение напряжения на 20 % вызывает отказы зажигания ламп.

Отклонение напряжения от номинального значения приводит к изменению технических показателей электропривода. Снижение напряжения на входе асинхронных двигателей способствует изменению таких механических характеристик, как электромагнитный момент, частота вращения (скольжение). При этом уменьшается производительность механизма, а при понижении напряжения до уровня, когда механический момент на валу двигателя превышает электромагнитный, запуск двигателя становится невозможным. Установлено, что при понижении напряжения на 15 % номинального значения электромагнитный момент асинхронного двигателя снижается до 72 %, а при провалах напряжения двигатель вообще может остановиться. При понижении напряжения на входе электродвигателя при той же потребляемой мощности увеличивается потребляемый ток и происходит дополнительный нагрев обмоток двигателя, что приводит к сокращению срока его службы. При работе двигателя на напряжении 0,9 номинального значения срок его службы сокращается практически вдвое.

Повышение напряжения на входе электродвигателя вызывает увеличение потребления реактивной мощности.

Использование электрической энергии в электротермических установках с отклонениями напряжения изменяет технологический процесс и себестоимость производимой продукции. Выделение теплоты в электротермических системах пропорционально приложенному напряжению во второй степени, поэтому при отклонении напряжения даже на 5 % производительность может измениться на 10-20 %.

Работа электролизных установок при пониженном напряжении связана со снижением их производительности, дополнительным расходом

электродных систем, повышением удельного расхода электроэнергии и себестоимости продукции, получаемой в процессе электролиза.

Понижение напряжения на 5 % номинального значения приводит, например, к снижению выпуска продукции при производстве хлора и каустической соды на 8 %. Повышение напряжения более $1,05U_{\text{ном}}$ вызывает недопустимый перегрев ванн электролизера.

Колебания напряжения. Колебания напряжения происходят вследствие резкого переменного изменения нагрузки на участке электрической сети, например, из-за включения асинхронного двигателя с большой кратностью пускового тока, технологических установок с быстропеременным режимом работы, сопровождающимся скачками активной и реактивной мощностей, таких как привод реверсивных прокатных станов, дуговые сталеплавильные печи, сварочные аппараты и т.п.

Колебания напряжения часто отражаются на источниках света. Человеческий глаз начинает воспринимать колебания светового потока, вызванные колебаниями напряжения. Колебания напряжения сети отрицательно сказываются на зрительном восприятии объектов, графической и текстовой информации. От пределов изменения напряжения и частоты колебаний в этом случае зависит возникновение фликкер-эффектов (мерцание света), что связано с ухудшением условий труда, понижением его производительности и утомляемостью работников.

Колебания напряжения отрицательно сказываются на работе высокочастотных преобразователей, синхронных двигателей, на качестве работы индукционных нагревательных устройств. При изменении напряжения в сети может выпускаться бракованная продукция в текстильной и бумажной промышленности. Колебания частоты двигателей намоточных и протяжных устройств приводят к обрывам нитей и бумаги, к выпуску продукции разной толщины.

Колебания напряжения могут привести к неправильной работе защитных и автоматических управляющих систем. При изменении напряжения и его колебаниях свыше 15 % возможно отключение магнитных пускателей.

Отклонение частоты переменного напряжения сети от номинального значения. Одним из важнейших параметров электрической системы, обеспечивающей генерацию и потребление электроэнергии переменного тока, является стабильность частоты сети. Частота переменного напряжения в электрической системе определяется частотой вращения генераторов на электростанциях. В случае отсутствия баланса по выработке и потреблению электроэнергии генераторы начинают вращаться с другой частотой, что отражается на частоте сети. Таким образом, отклонение частоты сети является общесистемным показателем, характеризующим баланс мощности в системе. Для компенсации изменения частоты и напряжения в узлах сети система должна иметь резерв активной и реактивной мощностей, а также устройства регулирования, которые позволяют поддерживать отклонения режимных параметров в пределах нормированных значений. Отклонение частоты сети часто служит сигналом для увеличения выработки электроэнергии генерирующими станциями и для отключения части нагрузки во время перегрузок и при авариях с короткими замыканиями в системе. Нормализации частоты можно добиться в результате строгого соблюдения баланса генерируемой и потребляемой мощностей, исключением аварийных ситуаций и несанкционированных коммутаций на электрических станциях и подстанциях.

При изменении частоты меняется мощность металлорежущих станков, вентиляторов, центробежных насосов. Снижение частоты часто приводит к изменению производительности оборудования, а зачастую и к ухудшению качества выпускаемой продукции.

Несимметрия напряжений в трехфазной системе при неравномерном распределении нагрузки по фазам. Несимметрия напряжений обусловлена наличием мощных однофазных нагрузок, неравномерным распределением нагрузки между фазами, обрывом одного из фазных проводов.

Неодинаковые значения напряжения и тока в фазах обычно свидетельствуют о неравномерном распределении нагрузок у потребителя по отдельным фазам.

Несимметричные значения фазных напряжений приводят к тому, что в электрических сетях появляются дополнительные потери мощности. При этом существенно сокращается срок службы асинхронных двигателей вследствие дополнительного теплового нагрева ротора и статора, вследствие того, что ток обратной последовательности накладывается на ток прямой последовательности. При этом целесообразно выбирать двигатели большей номинальной мощности, чем требуемая.

Несимметрия фазных напряжений в электрических машинах переменного тока равнозначна появлению магнитных полей, векторы магнитной индукции которых вращаются в противоположном направлении с удвоенной синхронной частотой, что может нарушить технологические процессы.

При несимметрии напряжений сети, посредством которой питаются синхронные двигатели, могут дополнительно возникать опасные вибрации. При значительной несимметрии фазного напряжения вибрации могут оказаться столь существенными, что возникает опасность разрушения фундаментов, на которых устанавливаются двигатели, и нарушения сварных соединений.

Несимметрия фазных напряжений оказывает заметное влияние на работу силовых трансформаторов, вызывая сокращение срока их службы.

Анализ работы трехфазных силовых трансформаторов показал, что при номинальной нагрузке и коэффициенте несимметрии токов, равном 10%, срок службы изоляции трансформаторов сокращается на 16 %.

Несимметрия напряжений характеризуется показателями:

- Коэффициентом несимметрии напряжений по обратной последовательности K_{2U} :

$$K_{2U} = \frac{U_{2(1)}}{U_1} \cdot 100\%,$$

где $U_{2(1)}$ —действующее значение напряжения обратной последовательности основной частоты трехфазной системы напряжений; U_1 —напряжение прямой последовательности.

- Коэффициентом несимметрии напряжений по нулевой последовательности K_{0U} :

$$K_{0U} = \frac{U_{0(1)}}{U_1} \cdot 100\%,$$

где $U_{0(1)}$ —действующее значение напряжения нулевой последовательности основной частоты трехфазной системы напряжений; U_1 —напряжение прямой последовательности.

Несинусоидальность кривой напряжения при нелинейной нагрузке. Несинусоидальность кривой напряжения равнозначна возникновению высших гармонических составляющих в питающем напряжении. Чаще всего появление высших гармоник связано с подключением оборудования с нелинейной зависимостью сопротивления нагрузки. К такому оборудованию можно отнести преобразовательные устройства (выпрямители, преобразователи, стабилизаторы), газоразрядные

приборы (люминесцентные лампы), установки с прерыванием тока в технологическом процессе (электросварка, дуговые печи и др.).

Несинусоидальность кривой напряжения влияет на все группы потребителей. Высшие гармоники вызывают дополнительные потери мощности в двигателях, трансформаторах, а также тепловые потери в изоляции, силовых кабелях и системах, в которых используются электрические конденсаторы, ухудшают условия работы батарей конденсаторов устройств компенсации реактивной мощности. При несинусоидальной кривой напряжения происходит ускоренное старение изоляции электрических машин, трансформаторов, конденсаторов и кабелей в результате необратимых физико-химических процессов, протекающих под воздействием высокочастотных полей, повышенного нагрева токоведущих частей сердечников и изоляции.

Показатели определяют по формулам:

- Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения

$$K_u = \frac{\sqrt{\sum U_{(n)}^2}}{U_{(1)}} \cdot 100\%,$$

где $U_{(n)}$ - напряжение n -ой гармоники с $n \geq 2$; $U_{(1)}$ - напряжение основной (первой) гармоники;

- Коэффициент n -ой гармонической составляющей напряжения

$$K_{u(n)} = \frac{U_{(n)}}{U_{(1)}} \cdot 100\%,$$

где $U_{(n)}$ - напряжение n -ой гармоники с $n \geq 2$; $U_{(1)}$ - напряжение основной (первой) гармоники.

Показатели качества электроэнергии могут быть определены с помощью специальных приборов на базе микропроцессоров, в которых реализованы алгоритмы определения перечисленных выше показателей. В результате анализа показаний этих приборов в ряде случаев можно определить и виновников ухудшения качества электроэнергии.

Снижение качества электроэнергии приводит к ухудшению условий труда, уменьшению объемов производства, потерям ресурсов из-за ухудшения качества продукции и снижению срока службы оборудования, а также к дополнительным затратам электрической энергии.

В настоящее время существуют устройства для улучшения качества электроэнергии. Уменьшить влияние высших гармоник на питающее напряжение удастся благодаря специальным фильтрам, которые подавляют высшие гармоники. Для равномерного распределения нагрузки применяют симметрирующие устройства, включающие в себя емкостные и индуктивные элементы.

Показатели качества электрической энергии связаны не только с напряжениями, но и с токами, а также с условиями обеспечения нагрузок в трехфазной сети и должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 54149-2010.

1.2 Влияние линии электропередачи на качество электроэнергии распределительных сетей 0,4 кВ

Потребители электрической энергии работают нормально, когда на их зажимы подается то напряжение, на которое рассчитаны электроприемники. Поскольку передача электроэнергии от генерирующих источников до потребителей осуществляется по линиям электропередач, исследуем влияние линии на качество электроэнергии. Напряжение у потребителя зависит от величины потери напряжения в линии, которая в свою очередь зависит от сопротивления линий электропередач, величины и формы токов нагрузки.

Рассмотрим векторную диаграмму линии, схема замещения которой, приведена на рисунке 1.1

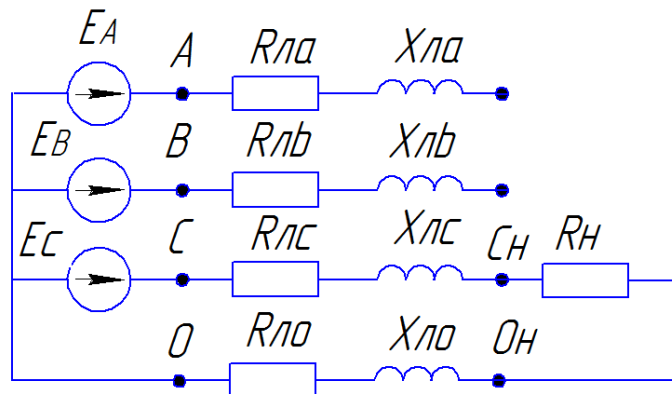


Рисунок 1.1–Схема замещения линии с несимметричной нагрузкой

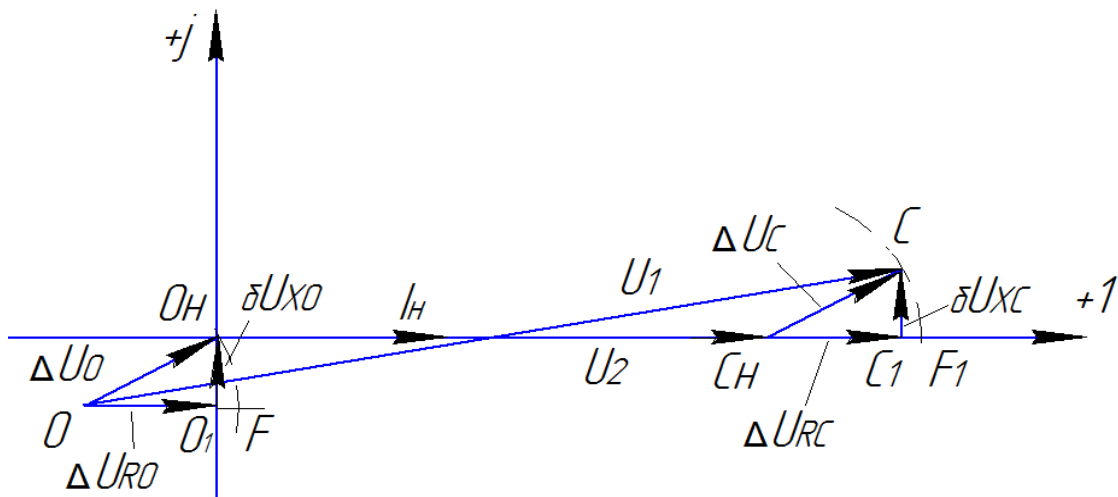


Рисунок 1.2–Векторная диаграмма

Полное падение напряжения равно сумме векторов CC_H и OO_H , которые численно равны $I \cdot Z_{\text{л}}$. CC_H и OO_H , в свою очередь, состоят из действительной части $C_H C_1$ и OO_1 соответственно (продольная составляющая падения напряжения, $\Delta U_R = \Delta U_{R0} + \Delta U_{RC}$), и мнимой части CC_1 и $O_H O_1$ соответственно (поперечная составляющая падения напряжения, $\delta U_X = \delta U_{X0} + \delta U_{XC}$).

$$\Delta U = \Delta U_R + j\delta U_X$$

Потерей напряжения называется алгебраическая разность напряжений в начале и конце линии: $U_1 - U_2 = C_1 F_1 + O_1 F$.

Рассмотрим изменения падения напряжения от параметров линии.

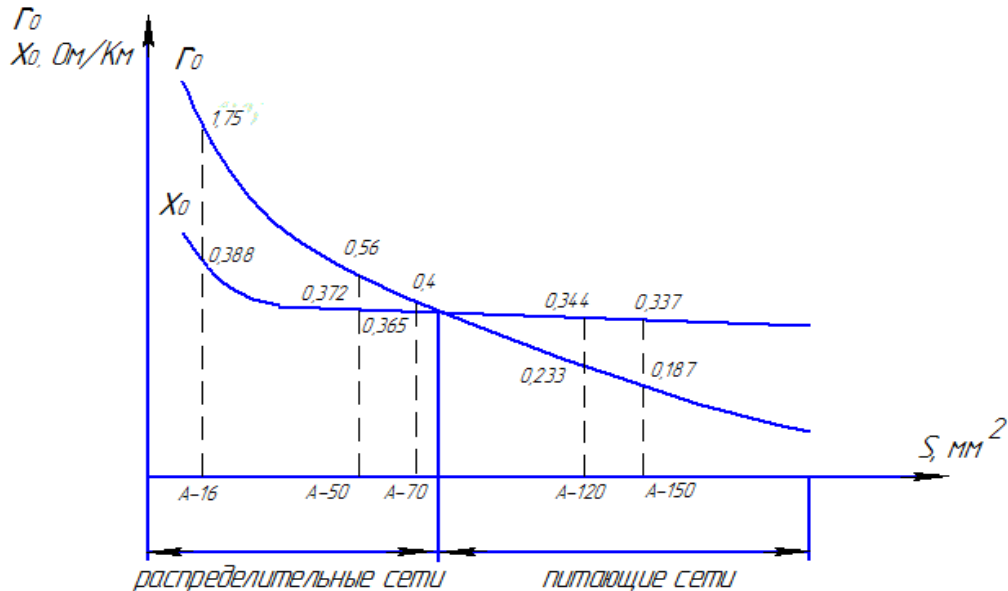


Рисунок 1.3 – Зависимость сопротивлений сети от сечения провода

$$\dot{I} \underline{Z}_л = \dot{I} R_л + j \dot{I} X_л$$

На рисунке 1.3 показан характер зависимости сопротивления от сечения проводов. Из графика видно, что соотношение активного и реактивного сопротивлений для распределительных и питающих сетей различно. В распределительных сетях активное сопротивление больше реактивного, т. е. $r_0 > x_0$. Из этого можно сделать вывод, что в распределительных сетях поперечная составляющая падения напряжения мала, а потеря напряжения равна продольной составляющей падения напряжения.

Таким образом, в распределительных сетях при расчетах режимов можно пренебречь поперечной составляющей падения напряжения (рисунок 1.2), а продольную составляющую считать равной потере напряжения и расчет выполнять по потере напряжения.

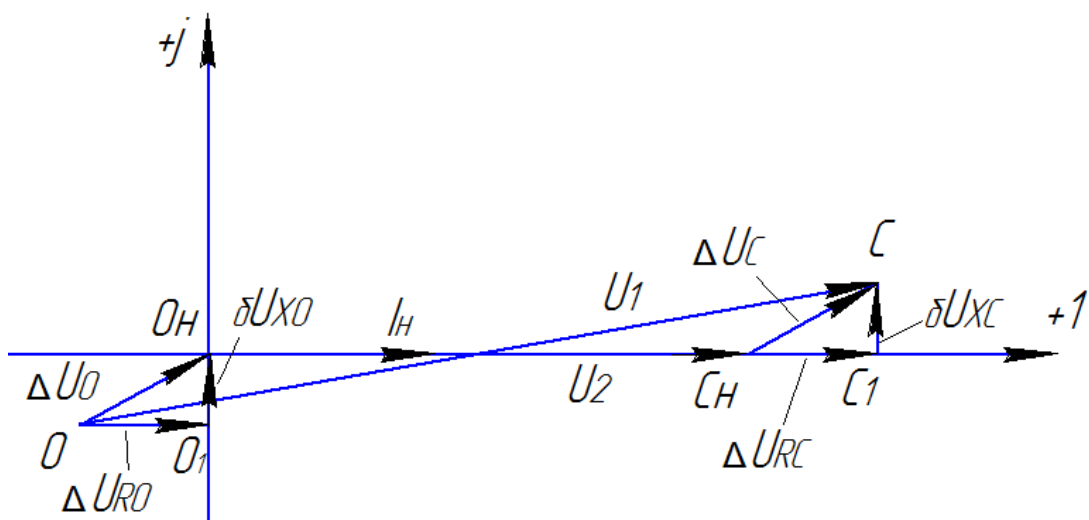


Рисунок 1.4–Векторная диаграмма

Формула для нахождения потери напряжения:

$$\Delta U_{R0} + \Delta U_{RC} = U_1 - U_2$$

Снижение потерь напряжения достигается:

- Уменьшением сопротивлений элементов сети;
- Изменением коэф. трансформации трансформаторов, регулируемых под нагрузкой или без нагрузки, повышающих напряжение.

1.3 Влияние нагрузки на качество электроэнергии распределительных сетей 0,4 кВ

В процессе работы электроприемников характер нагрузки в сети может оставаться неизменным, изменяться в отдельных или всех фазах, сопровождаться появлением высших гармоник тока или напряжения. В связи с этим нагрузку в сети можно разделить на линейную, нелинейную, симметричную и несимметричную. Рассмотрим подробнее каждый тип нагрузки.

Линейные нагрузки:

При подключении к источнику переменного напряжения резистора, мгновенное значение тока в цепи будет пропорционально мгновенному

значению напряжения. Следовательно, ток в цепи будет синусоидальным, причем ток будет совпадать по фазе с напряжением.

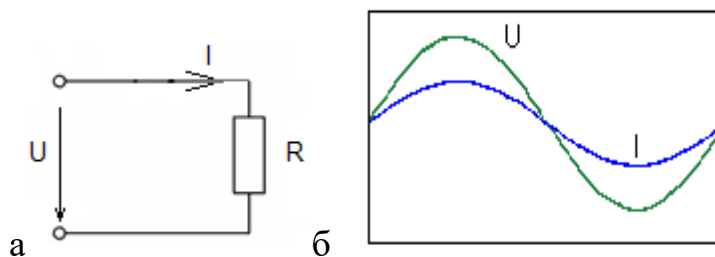


Рисунок 1.5—Схема подключения резистивной нагрузки (а) и кривые (осциллограммы) напряжения и тока (б)

При подключении емкостной или индуктивной нагрузки, ток в цепи по-прежнему будет синусоидальным. Однако максимумы тока будут отставать или опережать максимумы напряжения. При емкостной нагрузке ток будет опережать напряжение, а при индуктивной отставать.

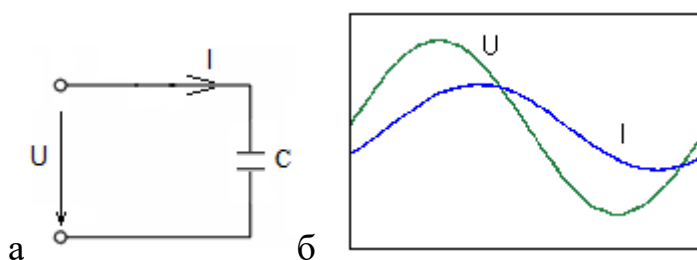


Рисунок 1.6—Схема подключения емкостной нагрузки (а) и кривые (осциллограммы) напряжения и тока (б)

В совокупности все эти нагрузки с синусоидальным током потребления называются линейными.

Нелинейные нагрузки:

Нелинейная нагрузка возникает электроприемниками с нелинейной вольт–амперной характеристикой. Нагрузки с нелинейной вольт–амперной характеристикой потребляют ток, форма кривой которого не является синусоидальной. При протекании такого тока по элементам электрической

сети создаёт на них падение напряжения, отличное от синусоидального, это и является причиной искажения синусоидальной формы кривой напряжения. К нелинейным электроприемникам относятся электронные выпрямители тока, спиральные нагрузки люминесцентные и газоразрядные лампы, электродуговые печи и сварочные установки.

Гармоники кратные трем, определяющие высокое значение коэффициента амплитуды и создаваемые однофазными нагрузками, имеют специфическое результирующее действие в трехфазных системах. В сбалансированной (симметричной) трехфазной системе гармонические (синусоидальные) токи во всех трех фазах сдвинуты на 120 градусов по отношению друг к другу, и в результате сумма токов в нейтральном проводнике равна нулю.

Это утверждение справедливо для большинства гармоник. Однако некоторые из них имеют направление вращения вектора тока в ту же сторону, что и основная гармоника (первая, "основная", т.е. 50 Гц), то есть они имеют прямую последовательность. Другие вращаются в противоположном направлении и, таким образом, образуют обратную последовательность. Это не относится к гармоникам, кратным трем.

В трехфазных цепях, нечетные гармоники, кратные третьей сдвинуты на 360 градусов друг к другу, совпадают по фазе и образуют нулевую последовательность и суммируются в проводнике нейтрали.

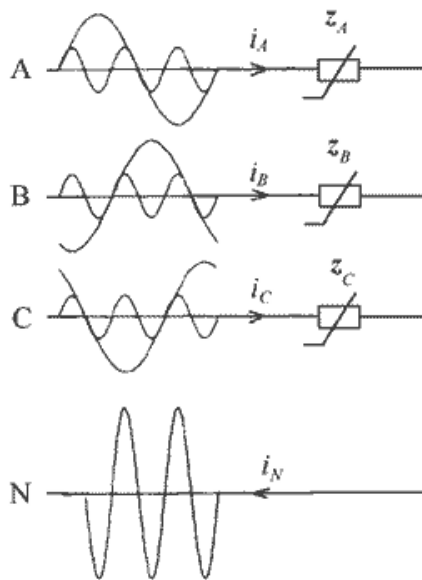


Рисунок 1.7–Процесс формирования тока нейтрали при нелинейной нагрузке

Ниже приведена схема, поясняющая возникновение несинусоидальности в сети.

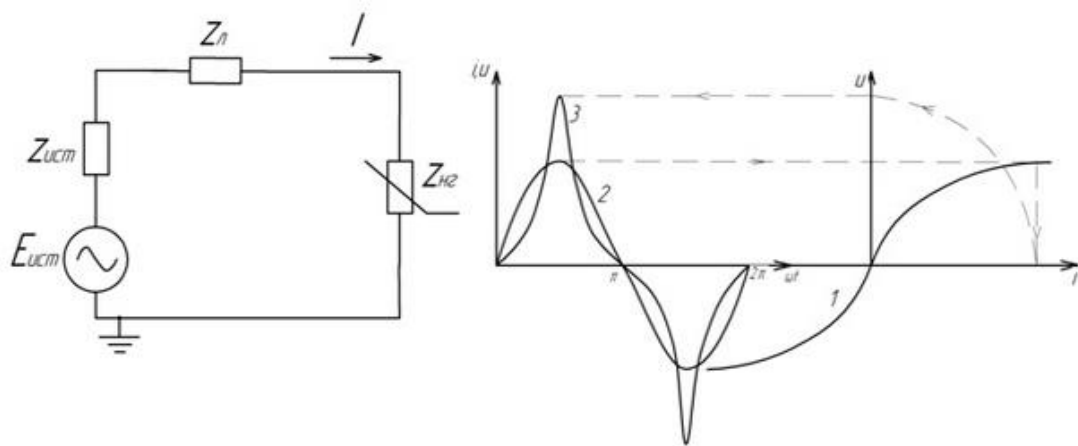


Рисунок 1.8–Схема, поясняющая возникновение несинусоидальности в сети

Под цифрой 1 приведена вольт–амперная характеристика нелинейного сопротивления; 2-синусоидальное напряжение на нем; 3-ток через нелинейное сопротивление.

Несимметричная и симметричная нагрузки:

В трёхфазной сети, к которой подключаются электроприемники, могут наблюдаться симметричные и несимметричные режимы. Симметричные

режимы характеризуются равенством между фазными и фазными напряжениями. Фазные напряжения $\dot{U}_A, \dot{U}_B, \dot{U}_C$ сдвинуты по отношению друг к другу на 120° . Линейные напряжения $\dot{U}_{AB}, \dot{U}_{BC}, \dot{U}_{CA}$ также сдвинуты по отношению друг к другу на угол 120° .

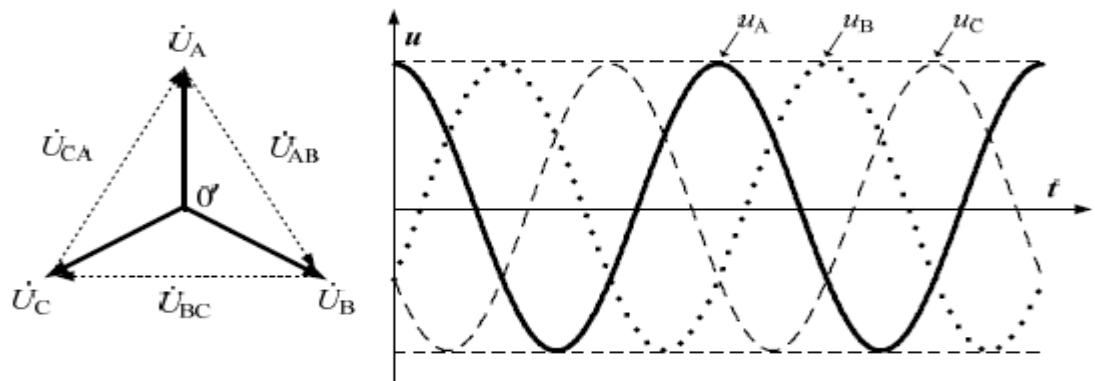


Рисунок 1.9–Векторная диаграмма фазных и линейных напряжений и волновая диаграмма фазных напряжений в симметричном режиме

Несимметричный режим – режим работы, в котором фазные напряжения или токи не образуют симметричных многофазных систем.[6]

В электрических сетях с несимметричным потреблением мощности по фазам, возникает несимметрия напряжения. Под несимметрией напряжения понимается неравенство линейных или фазных напряжений по амплитудам и углам сдвига фаз между ними.

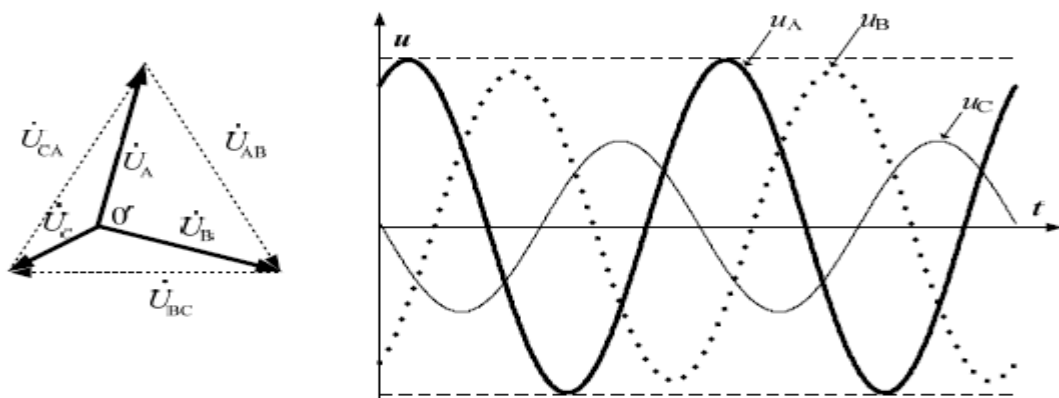


Рисунок 1.10–Векторная диаграмма фазных и линейных напряжений и волновая диаграмма фазных напряжений в несимметричном режиме

Несимметрия напряжений и токов, обусловленная несимметрией элементов электрической сети, называется продольной. Продольная

несимметрия возникает при неполнофазных режимах ВЛ(обрыв проводов), при несимметричных сопротивлениях элементов сети(ЭС с разным сечением проводов).

Несимметрия напряжений и токов, которая вызвана подключением к ЭС трёхфазных и однофазных несимметричных нагрузок, называется поперечной. Поперечная несимметрия возникает при подключении к сети ЭП с различными сопротивлениями фаз (осветительные установки, дуговые печи)

2 Оценка влияния нагрузок на качество электроэнергии в городской сети г. Алмалык

2.1 Разработка модели фрагмента городской сети

Для оценки влияния на качество электроэнергии различных нагрузок в различных режимах будет разработана модель питающей линии, на приемном конце которой будут подключаться нагрузки. Так как наиболее тяжелый с точки зрения влияния на качество электроэнергии режим работы сети возникает при несимметричной нагрузке, то проведем исследования именно в этом режиме.

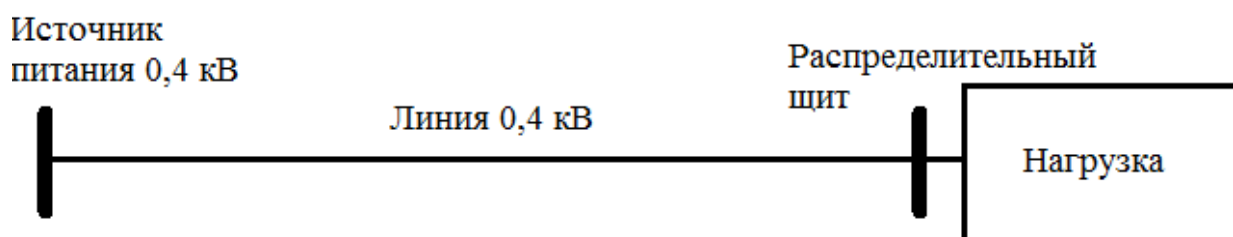


Рисунок 2.1–Схема сети для проведения экспериментов

Трехфазный источник питания 0,4 кВ представим идеальным, т.е. его внутреннее сопротивление принято нулевым. Линия выполнена проводом А-35. Длина линии 500 метров (соответствует линии 1-20 Приложения А). Подвеска проводов выполнена на одностоечной столбовой опоре типа УП-1 с вертикальным расположением штыревых изоляторов, расстояние между которыми равно 0,6 м.

Расчет параметров модели линии:

Активное сопротивление провода находим по формуле:

$$R_{л} = \frac{\rho_a \cdot l}{S}$$

где $\rho_a = 28$ – удельное активное сопротивление алюминиевого провода, Ом · мм² / км[1]; l – длина линии, км; S – площадь сечения, мм².

$$R_{\text{л}} = \frac{\rho_{\text{ал}} \cdot l}{S_1} = \frac{28 \cdot 0,5}{35} = 0,4, \text{ Ом.}$$

Параметром, являющимся основой для определения реактивного сопротивления проводника является его собственная индуктивность – способность накапливать электромагнитную энергию, и создавать вокруг себя при движении тока электромагнитное поле.

Собственная индуктивность провода рассчитывается по формуле:

$$L_{\text{собс}} = \frac{l \cdot \mu_0}{2\pi} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot l}{R} - 1 \right) + \frac{l \cdot \mu}{8\pi},$$

где R – радиус сечения провода, м; μ_0 - абсолютная магнитная проницаемость вакуума; μ - абсолютная магнитная проницаемость среды, для алюминиевых проводов принимают $\mu = \mu_0$; l - длина провода, м.

$$\begin{aligned} L_{\text{собс}} &= \frac{l \cdot \mu_0}{2\pi} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot l}{R} - 1 \right) + \frac{l \cdot \mu}{8\pi} = \\ &= \frac{500 \cdot 1,2566 \cdot 10^{-6}}{2\pi} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 500}{3,5 \cdot 10^{-3}} - 1 \right) + \frac{500 \cdot 1,2566 \cdot 10^{-6}}{8\pi} = \\ &= 1,181 \cdot 10^{-3} \text{ Гн} \end{aligned}$$

В каждом проводе наводится так же ЭДС взаимной индукции, обусловленная переменным током в других фазах линии.

Взаимная индуктивность трехфазной линии рассчитывается по следующей формуле[1]:

$$M = \frac{l \cdot \mu_0}{2\pi} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot l}{D} - 1 \right),$$

где D – среднегеометрическое расстояние между проводами.

Среднегеометрическое расстояние определяется по формуле:

$$D = \sqrt[3]{D_{12} \cdot D_{13} \cdot D_{23}},$$

где D_{ij} - расстояние между проводами соответствующих фаз.

Расстояние между проводами:

$$D_{12} = D_{23} = 0,4 \text{ м};$$

$$D_{13} = D_{12} + D_{23} = 0,4 + 0,4 = 0,8 \text{ м};$$

Среднегеометрическое расстояние между фазами:

$$D = \sqrt[3]{D_{12} + D_{13} + D_{23}} = \sqrt[3]{0,6 + 0,6 + 1,2} = 1,34 \text{ м};$$

Взаимная индуктивность трехфазной линии:

$$M = \frac{l \cdot \mu_0}{2\pi} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot l}{D} - 1 \right) = \frac{500 \cdot 1,2566 \cdot 10^{-6}}{2\pi} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 500}{1,34} - 1 \right) =$$

$$= 0,56 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$$

Степень индуктивной связи двух элементов цепи характеризуется коэффициентом связи K :

$$K = \frac{M}{\sqrt{L_1 \cdot L_2}} = \frac{0,56 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{1,181 \cdot 10^{-3} \cdot 1,181 \cdot 10^{-3}}} = 0,474$$

Модель линии в наиболее тяжелый с точки зрения влияния на качество электроэнергии режим работы сети при несимметричной нагрузке будет представлять двухпроводную схему:

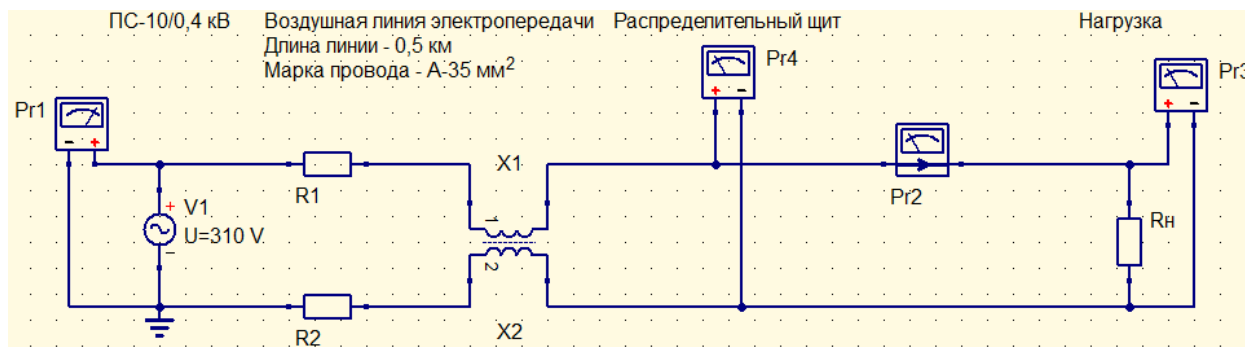


Рисунок 2.2 – Схема линии в тестовом режиме

$$R_1=R_2=0,4 \text{ Ом}; L_1=L_2=0,621 \text{ мГн}, X_L(50 \text{ Гц})=0,195 \text{ Ом}$$

2.2 Моделирование режимов работы сети с нагрузками различных типов

Исследуем влияние параметров нагрузки на такой параметр качества электрической энергии, как несинусоидальность.

Несинусоидальность кривой напряжения равнозначна возникновению высших гармонических составляющих в питающем напряжении. Чаще всего появление высших гармоник связано с подключением оборудования с нелинейной зависимостью сопротивления нагрузки. К такому оборудованию можно отнести преобразовательные устройства (выпрямители, преобразователи, стабилизаторы), газоразрядные приборы (люминесцентные лампы), установки с прерыванием тока в технологическом процессе (электросварка, дуговые печи и др.). Несинусоидальность кривой напряжения влияет на все группы потребителей.

Несимметрия напряжений обусловлена наличием мощных однофазных нагрузок, неравномерным распределением нагрузки между фазами, обрывом одного из фазных проводов. Неодинаковые значения напряжения и тока в фазах обычно свидетельствуют о неравномерном распределении нагрузок у потребителя по отдельным фазам. В большинстве случаев потребители электрической энергии имеют нелинейную вольт-амперную характеристику.

Перечисленных мероприятия так как в городских сетях происходит в г.Алмалике 4-й микрорайоне указано приложения А.

1. Исследование модели сети с воздушной линией и с инверторной нагрузкой мощностью 1 кВт (люминесцентные лампы) с сопротивлением нагрузки 48,4 Ом

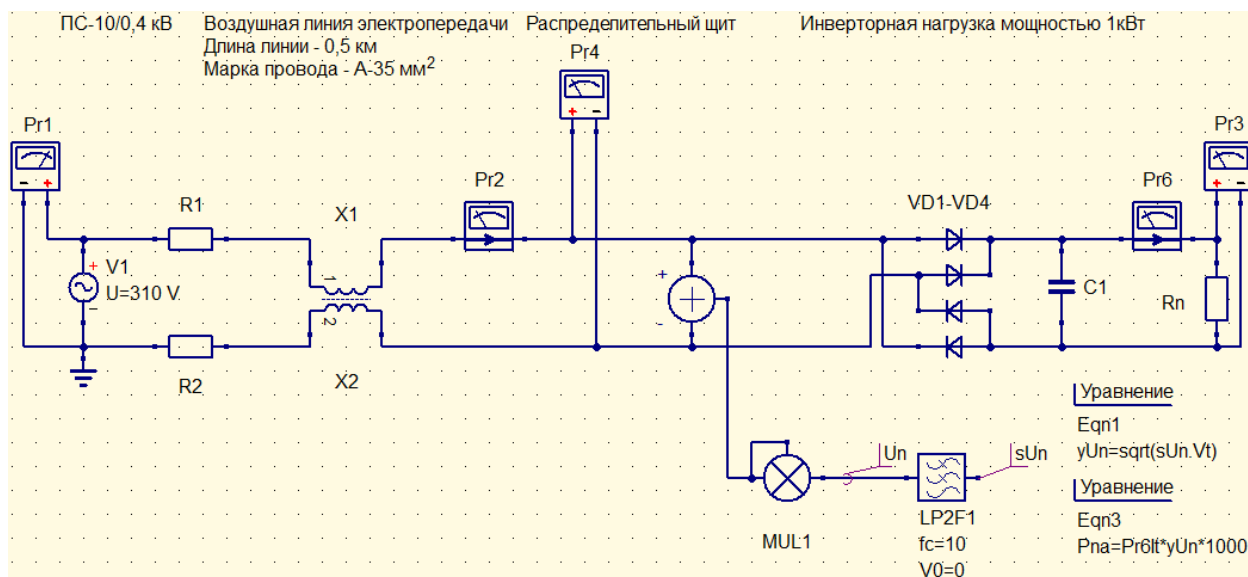


Рисунок 2.3 – Схема испытания сети с инверторной нагрузкой, мощностью 1 кВт

Получившиеся осциллограммы представлены ниже:

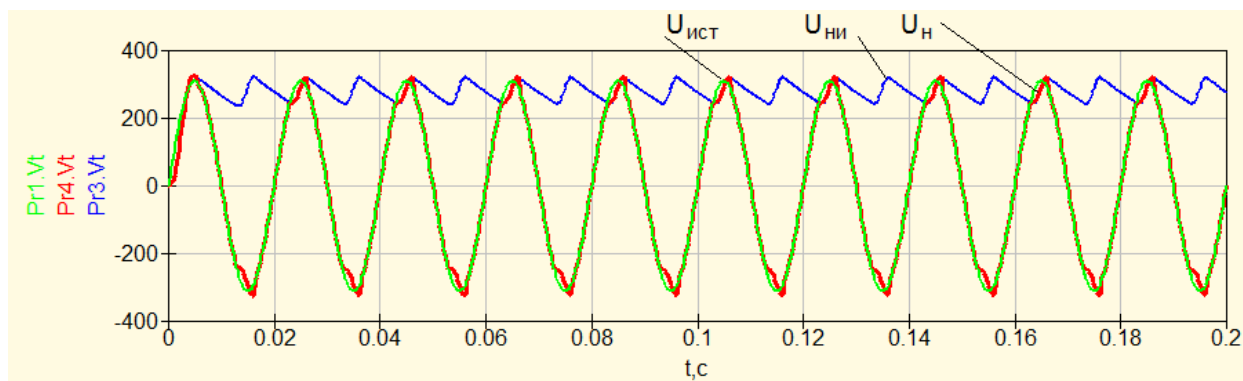


Рисунок 2.2 – Осциллограмма напряжения в узле нагрузки

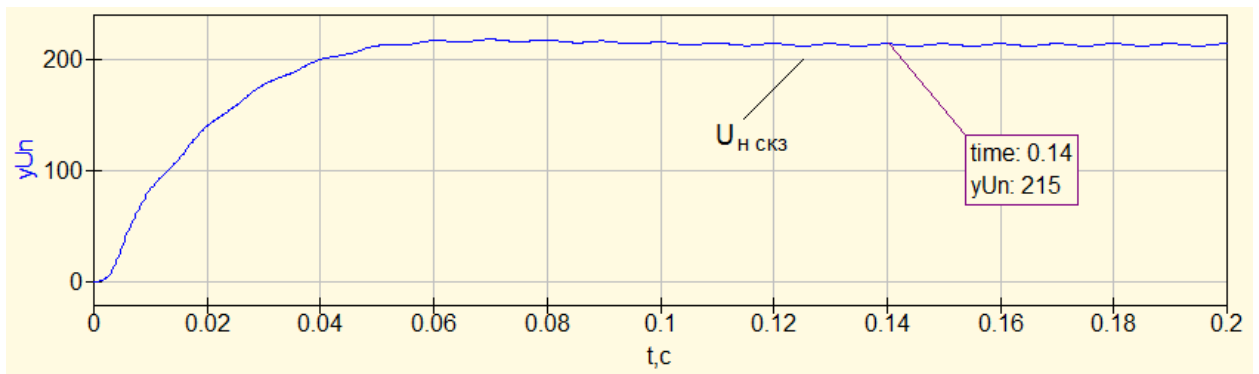


Рисунок 2.3 – Действующее напряжение в узле нагрузки

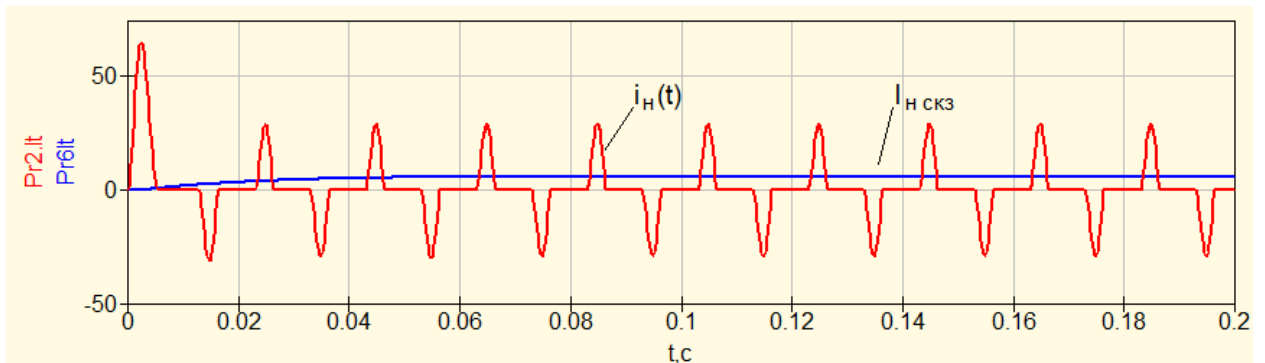


Рисунок 2.4 – Осциллограмма тока

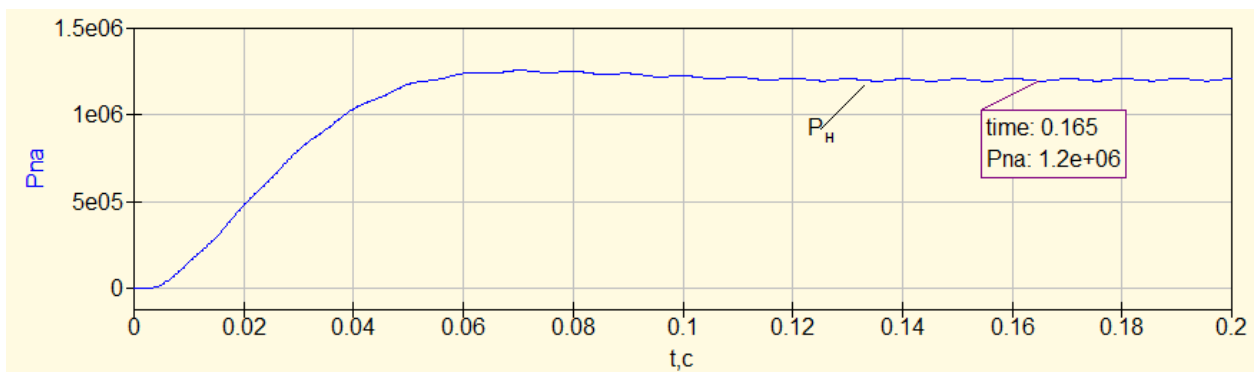


Рисунок 2.5 – Осциллограмма потребляемой нагрузкой активной мощности, полученной по регистрирующему ваттметру

По полученным осциллограммам можно сделать вывод, что напряжение в сети отличается от синусоидальной формы, из этого следует что инверторная нагрузка отрицательно влияет на качество электроэнергии.

Далее рассмотрим нагрузки с другой мощностью, вычислим коэффициенты несинусоидальности и занесем все результаты в таблицу.

2. Исследование модели сети с воздушной линией и с инверторной нагрузкой мощностью 2.5 кВт (микроволновая печь) с сопротивлением нагрузки 19,4 Ом

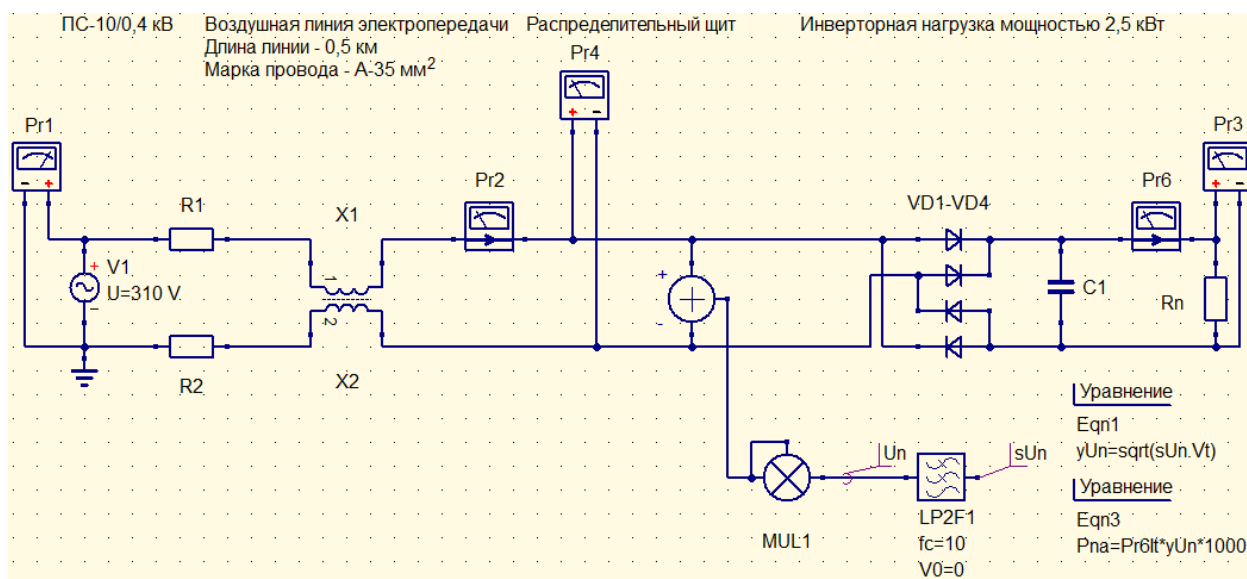


Рисунок 2.6 – Схема испытания сети с инверторной нагрузкой мощностью 2.5 кВт

Получившиеся осциллограммы представлены ниже:

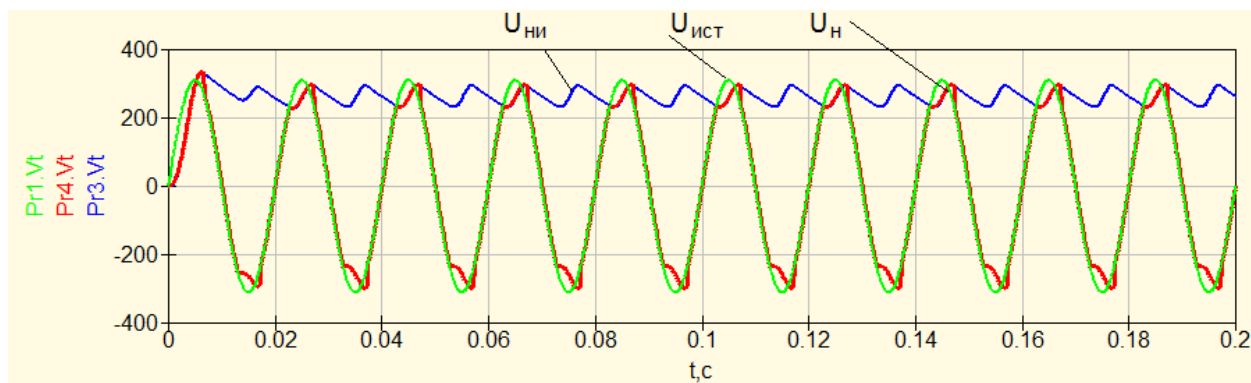


Рисунок 2.7 – Осциллограмма напряжения в узле нагрузки

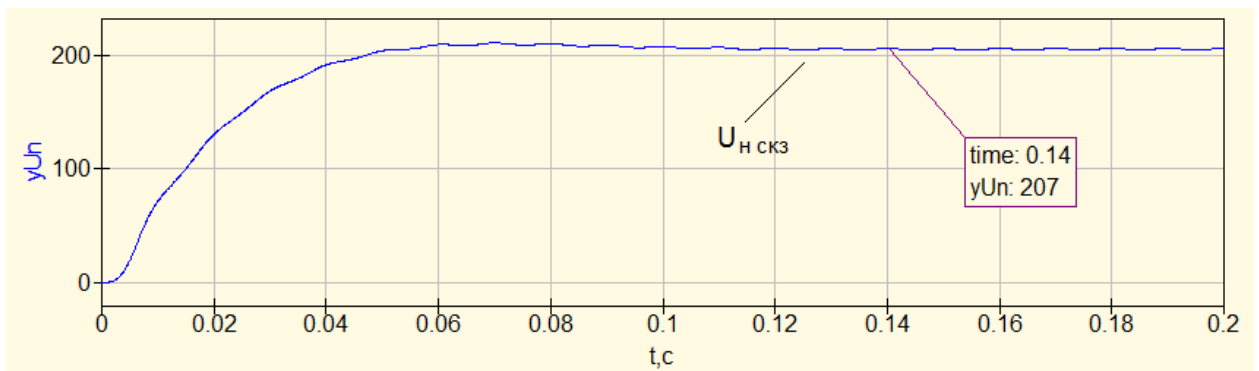


Рисунок 2.8 – Действующее напряжение в узле нагрузки

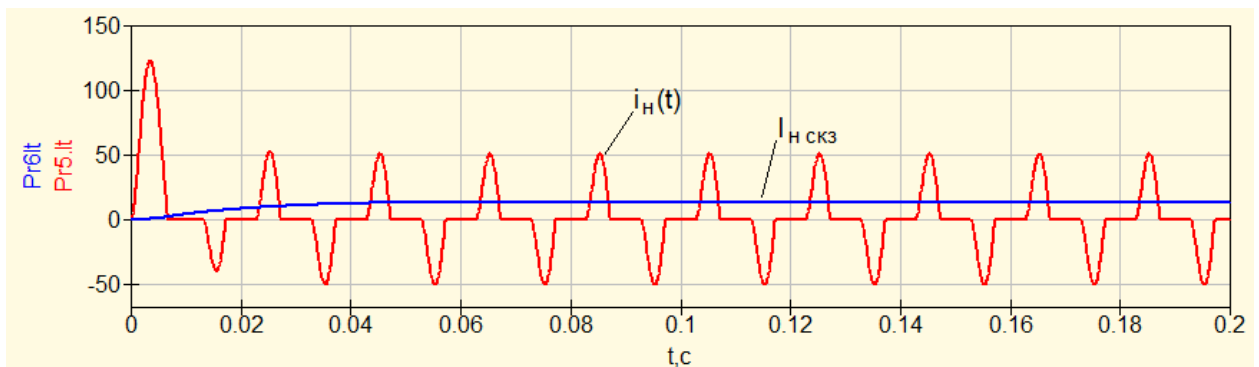


Рисунок 2.9 – Осциллограмма тока

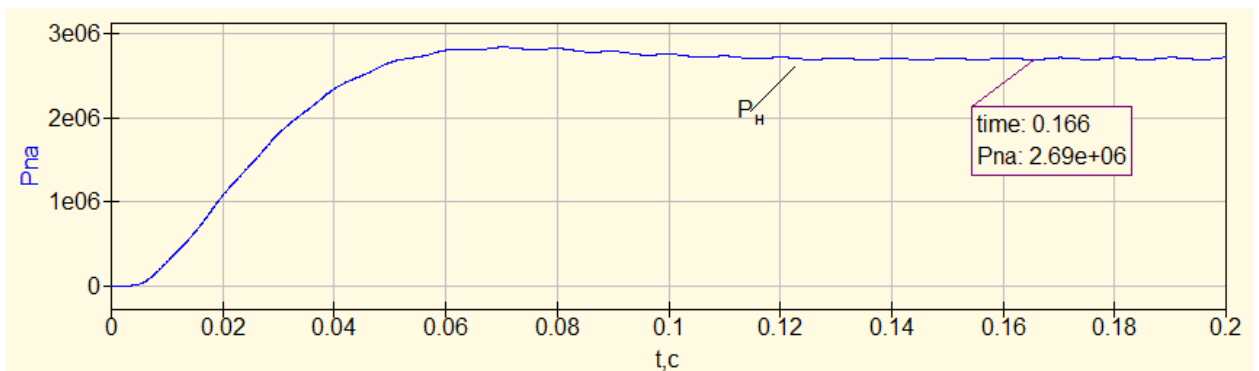


Рисунок 2.10 – Осциллограмма потребляемой нагрузкой активной мощности

3. Исследование модели сети с воздушной линией и с инверторной нагрузкой мощностью 5 кВт (кухонная плита) с сопротивлением нагрузки 9,7 Ом

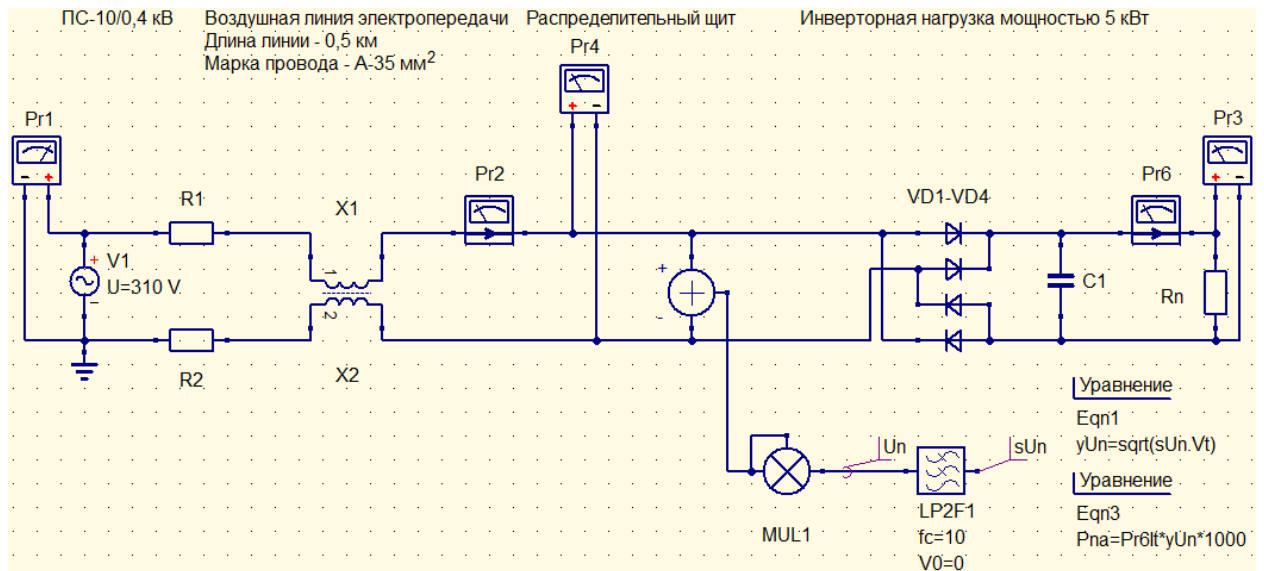


Рисунок 2.11 – Схема испытания сети с инверторной нагрузкой мощностью 5 кВт

Получившиеся осциллограммы представлены ниже:

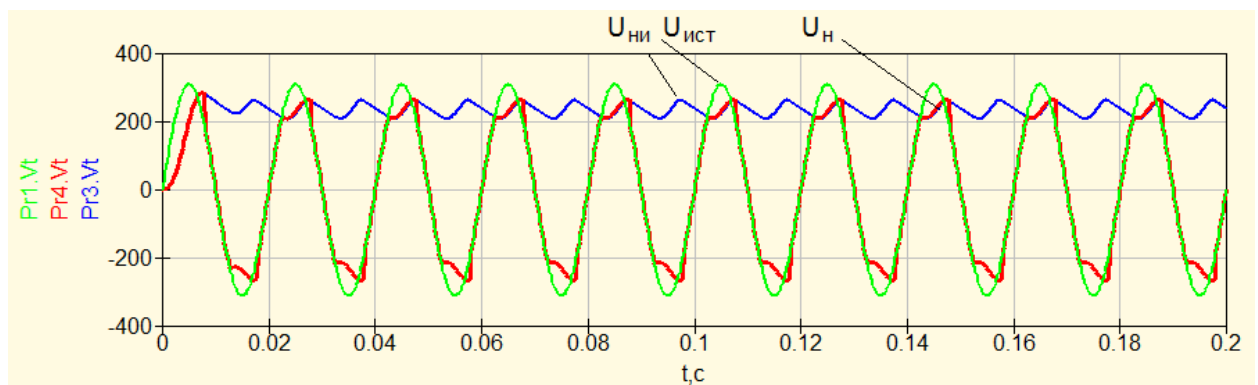


Рисунок 2.12 – Осциллограмма напряжения в узле нагрузки

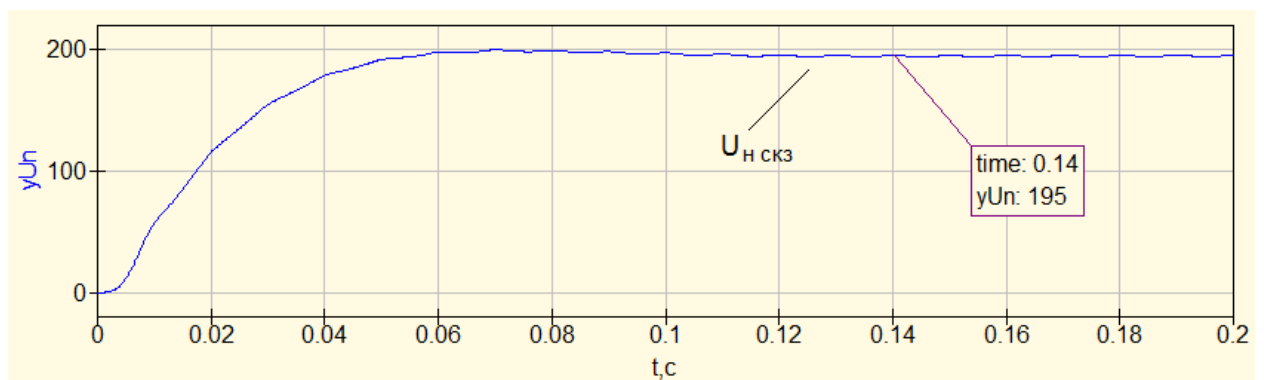


Рисунок 2.13 – Действующее напряжения в узле нагрузки

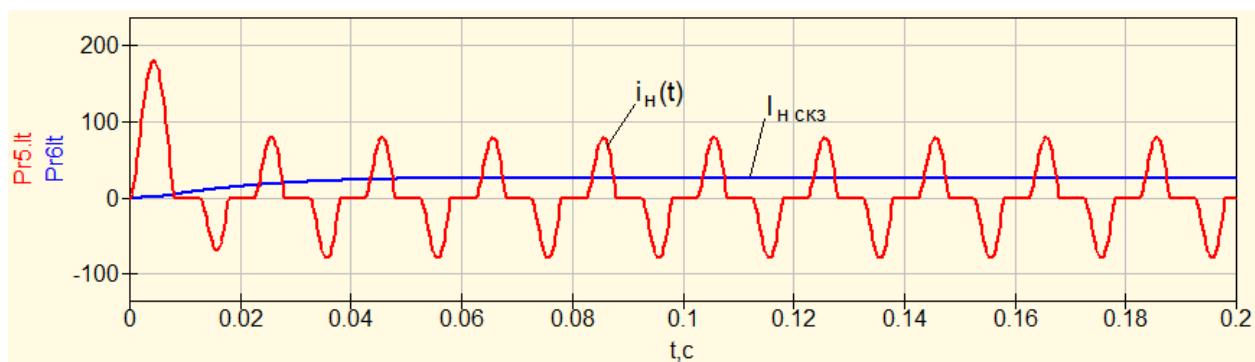


Рисунок 2.14 – Осциллограмма тока

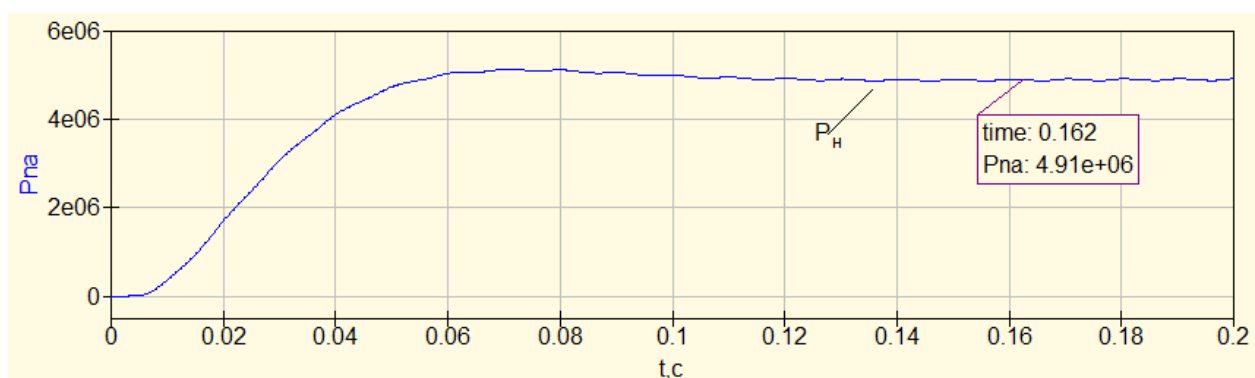


Рисунок 2.15 – Осциллограмма потребляемой нагрузкой активной мощности

Расчет коэффициентов несинусоидальности требует определения спектрального состава токов и напряжений, для чего выполнено разложение кривой напряжения в ряд Фурье.

В результате разложения были вычислены коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения K_u и коэффициенты гармонических составляющих напряжения $K_u(n)$, представленные ниже в виде таблиц.

Таблица 2.1 – Значения коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения K_u

При нагрузке 1 кВт, %	При нагрузке 2,5 кВт, %	При нагрузке 5 кВт, %	Нормально допустимое значение при $U_H=0,4$ кВ (ГОСТ

			Р 54149-2010),%
7,4	12,5	16,1	8

Таблица 2.2 – Значения коэффициентов n-й гармонической составляющей напряжения $K_u(n)$

Номер гармонической составляющей	При нагрузке 1 кВт, %	При нагрузке 2,5 кВт, %	При нагрузке 5 кВт, %	Нормально допустимое значение при $U_n=0,4$ кВ (ГОСТ Р 54149-2010), %
2	0,0012	0,0001	0,00001	2
3	4,373	9,77	11,91	5
4	0,0012	0,0009	0,00005	1
5	4,407	7,1	5,34	6
6	0,0043	0,0061	0,005	0,5
7	3,631	1,935	1,72	5
8	0,072	0,114	0,105	0,5
9	0,359	0,003	0,004	1,5
10	0,0002	0,000004	0,000005	0,5
11	1,56	2,895	2,47	3,5

12	0,0722	0,114	0,105	0,2
13	0,0445	0,0291	0,0327	3
14	0,0043	0,0045	0,0048	0,2
15	0,01	0,015	0,017	0,3

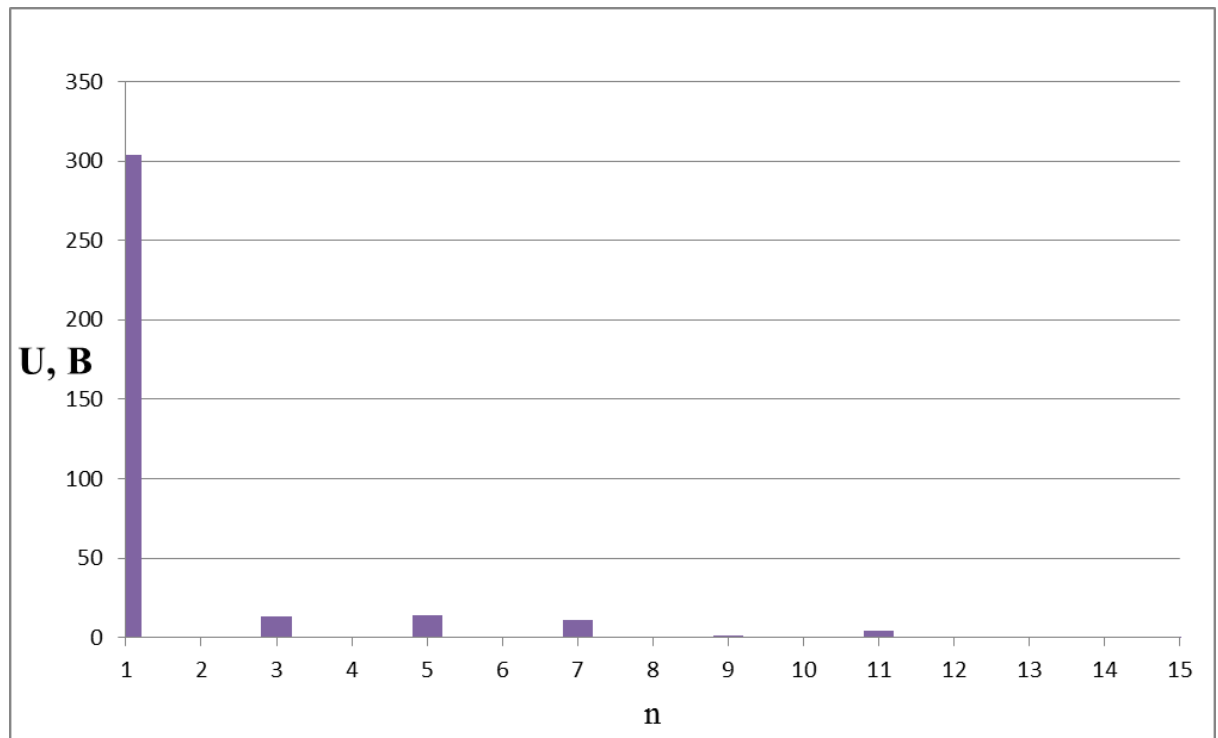


Рисунок 2.16 – Спектрограмма напряжения в узле нагрузки (для нагрузки мощностью 1 кВт)

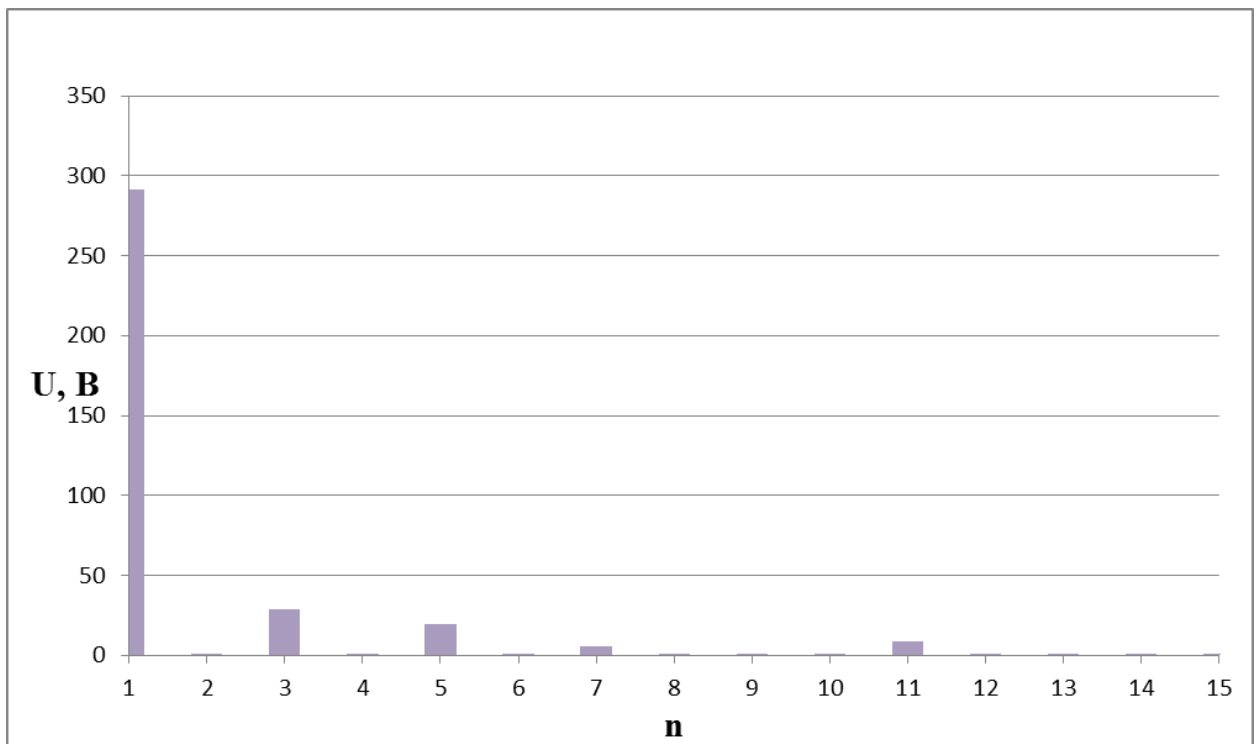


Рисунок 2.17 – Спектрограмма напряжения в узле нагрузки (для нагрузки мощностью 2,5 кВт)

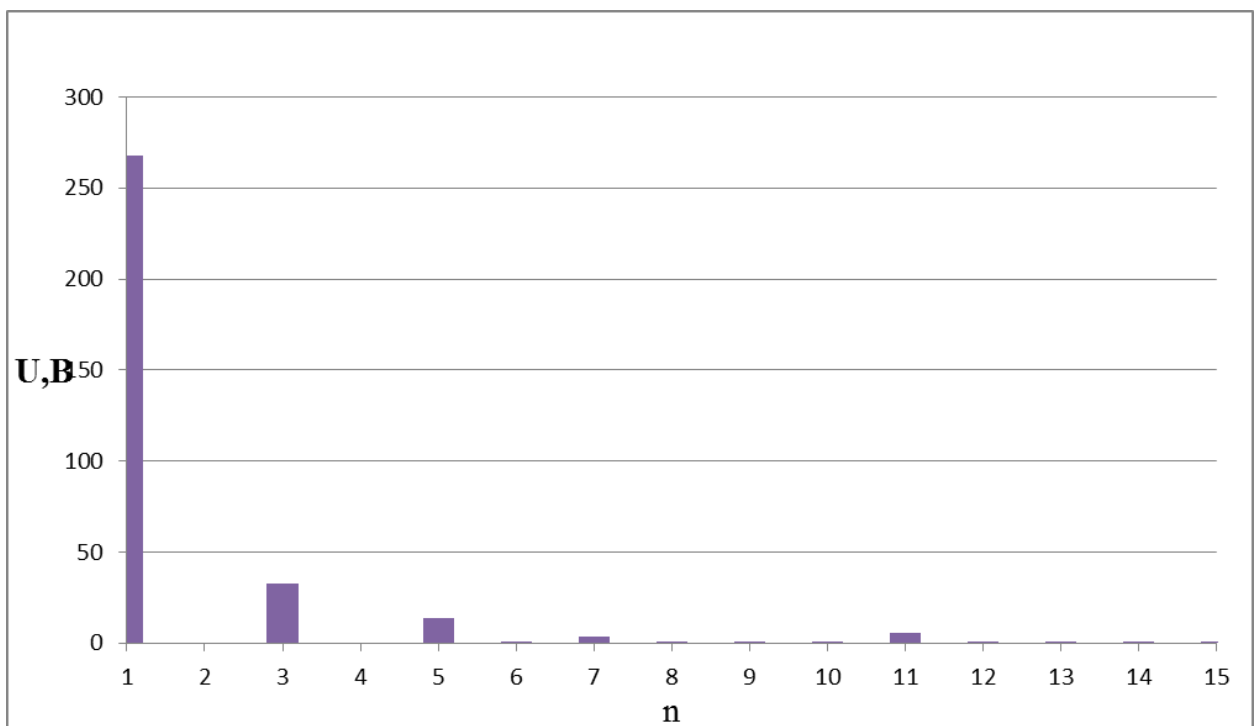


Рисунок 2.18 – Спектрограмма напряжения в узле нагрузки (для нагрузки мощностью 5 кВт)

Вывод по разделу: В разделе был промоделирован участок городской сети при подключении в качестве электроприемников нелинейных нагрузок различной мощности. По полученным осциллограммам были найдены коэффициенты искажения синусоидальности кривой напряжения K_u (таблица 2.1), коэффициенты n -й гармонической составляющей напряжения $K_u(n)$ (таблица 2.2). Также были построены спектрограммы напряжения в узле нагрузки. По полученным результатам можно сделать вывод, что в сетях с нелинейной нагрузкой действительно присутствуют составляющие высших гармоник, что негативно сказывается на качестве электроэнергии. Это связано с тем, что нелинейные нагрузки потребляют ток, который отличается от синусоидальной формы (рисунки 2.4, 2.9, 2.14). При увеличении мощности нагрузки коэффициенты несинусоидальности увеличиваются. Также наблюдаются потери напряжения (рисунки 2.3, 2.8, 2.13), вызванные сопротивлением линии.

Спектрограммы (рисунки 2.16, 2.17, 2.18) показывают, что в спектре напряжения преобладают 3, 5, 7 и 11 гармоники, оказывающие основное влияние на искажение кривой напряжения. 3 и 5 гармоники выходят за пределы нормально допустимых значений.

Таким образом, широкое использование электроприемников с нелинейными характеристиками, может приводить к увеличению гармонических искажений токов и напряжений. Поэтому необходимы мероприятия, направленные на поддержание качества электроэнергии и надежности электроснабжения.

3 Повышение качества с помощью фильтрокомпенсирующих устройств

Для снижения несинусоидальности напряжения применяются следующие методы и средства:

- применяют раздельное питание электроприёмников с нелинейной вольтамперной характеристикой и обычных электроприёмников;
- увеличивают число фаз выпрямления, это приводит к исчезновению отдельных высших гармоник;
- применяют фильтрокомпенсирующие устройства.

Самый простой LC фильтр—колебательный контур.

Для фильтрации гармоник используем узкополосный LC фильтр, с параллельным включением катушки индуктивности и конденсаторной батареи, настроенный на определенную частоту.

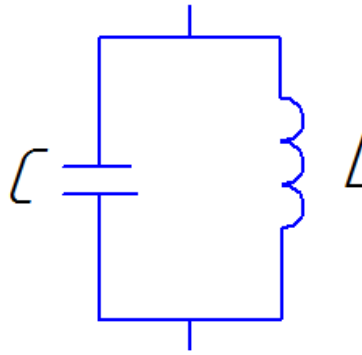


Рисунок 3.1 – Узкополосный LC фильтр

При протекании в сети гармонической составляющей тока частотой, больше или меньше, чем частота резонанса, фильтр будет являться закороткой, тем самым подавляя гармонический ток. При протекании тока частотой равной частоте резонанса, фильтр будет являться разрывом.

Рассчитаем индуктивность катушки, выраженной из условия резонанса на частоте 50 Гц $X_L = X_C$ при емкости конденсатора 1500 мкФ:

$$\omega L = \frac{1}{\omega C} \rightarrow L = \frac{1}{\omega^2 C} = \frac{1}{4\pi^2 f^2 C},$$

где f-частота гармоники, на которую настраивается фильтр.

$$L = \frac{1}{\omega^2 C} = \frac{1}{4\pi^2 f^2 C} = \frac{1}{4 \cdot \pi^2 \cdot 50^2 \cdot 1500 \cdot 10^{-6}} = 6,755 \text{ мГн}$$

Амплитудно – частотная характеристика фильтра по напряжению, представленного на рисунке 3.1:

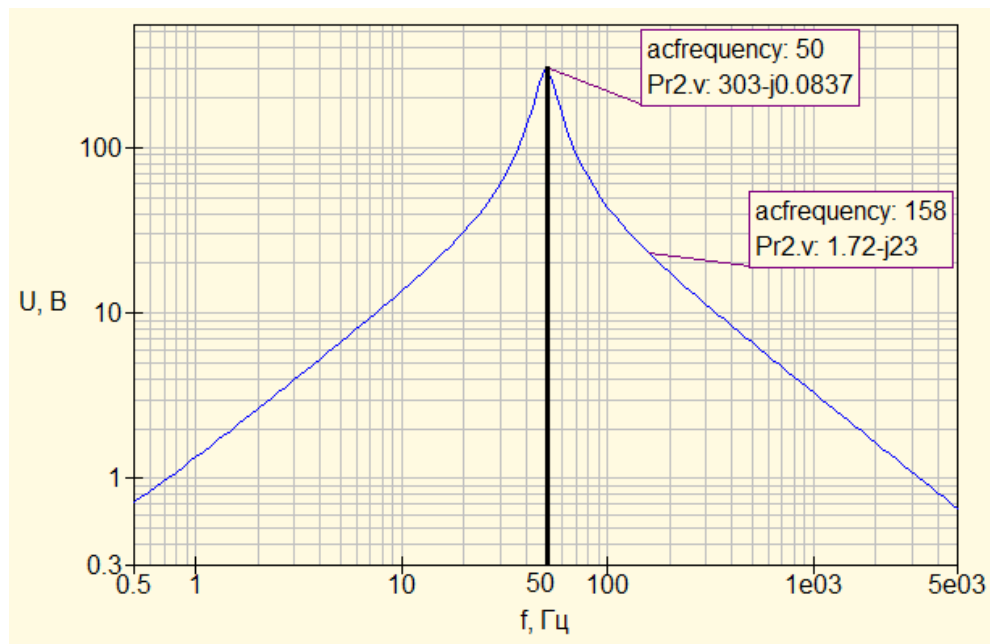


Рисунок 3.2 – АЧХ фильтра

1. Исследование модели сети с воздушной линией и с инверторной нагрузкой мощностью 2,5 кВт (кухонная плита) с сопротивлением нагрузки 19,4 Ом с установленными фильтрами

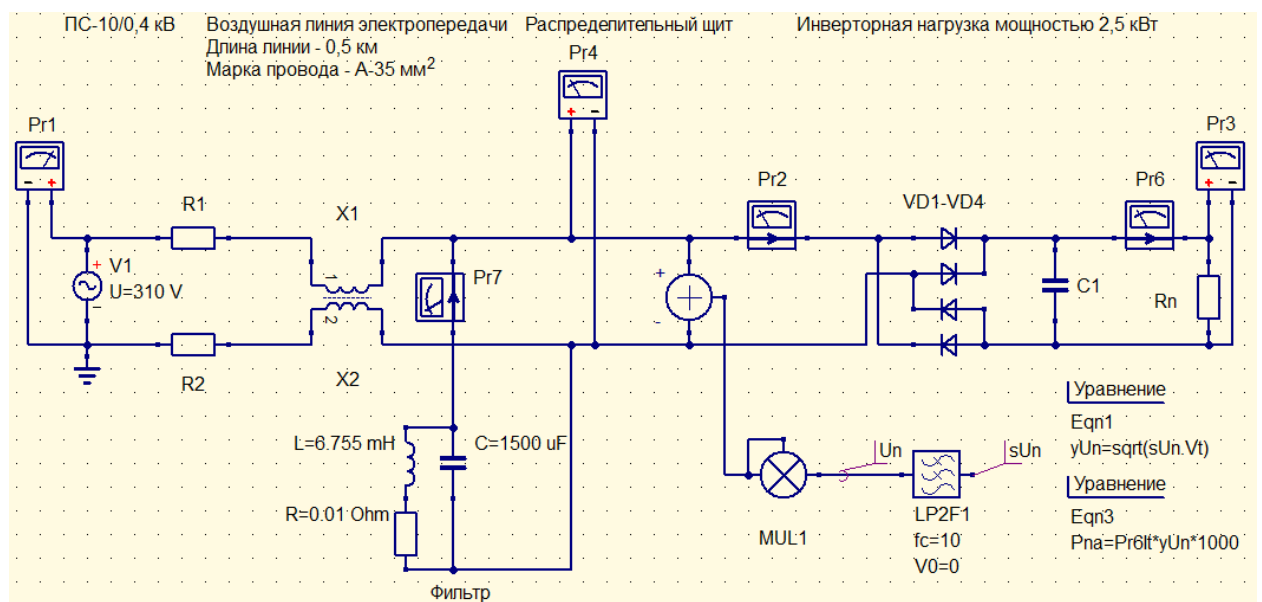


Рисунок 3.3 – Схема испытания сети с инверторной нагрузкой мощностью 2.5 кВт с установленным узкополосным LC фильтром

Получившиеся осциллограммы представлены ниже:

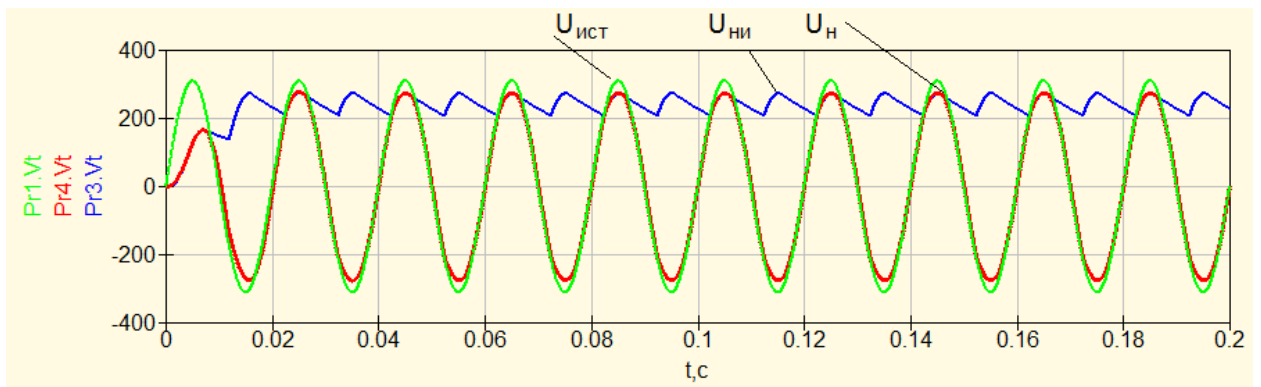


Рисунок 3.4 – Осциллограмма напряжения в узле нагрузки

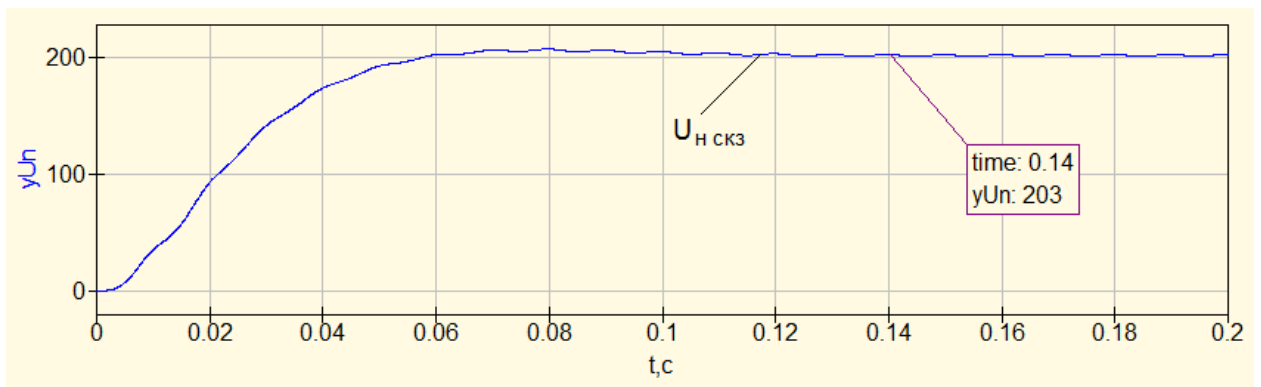


Рисунок 3.5 – Действующее напряжение в узле нагрузки

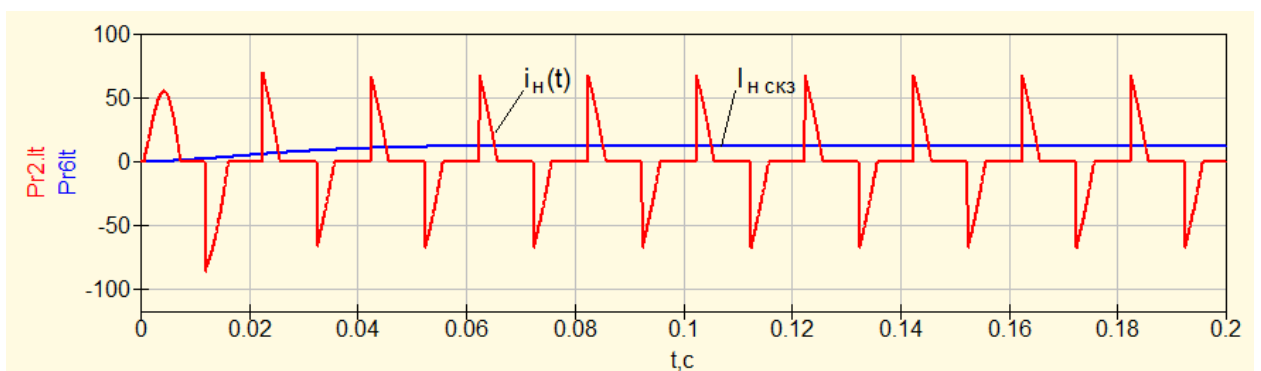


Рисунок 3.6 – Осциллограмма тока

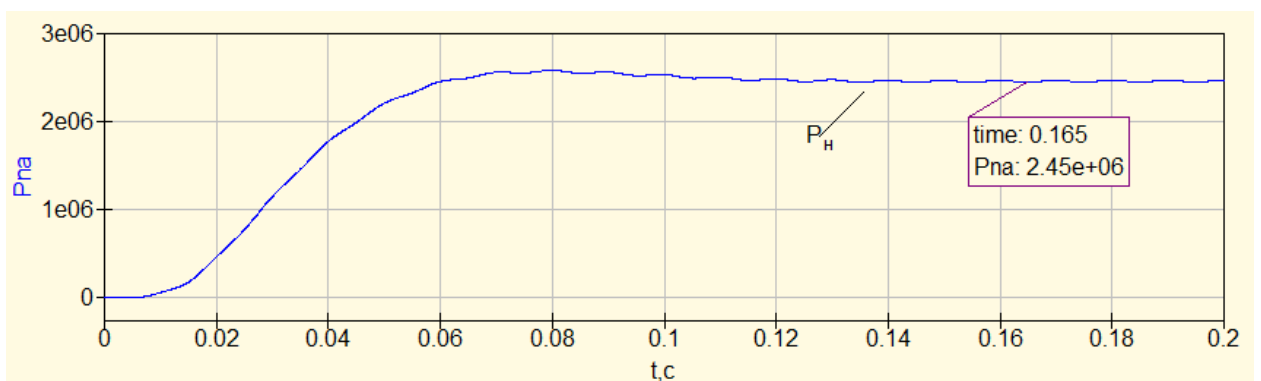


Рисунок 3.7 – Осциллограмма потребляемой нагрузкой активной мощности, полученной по регистрирующему ваттметру

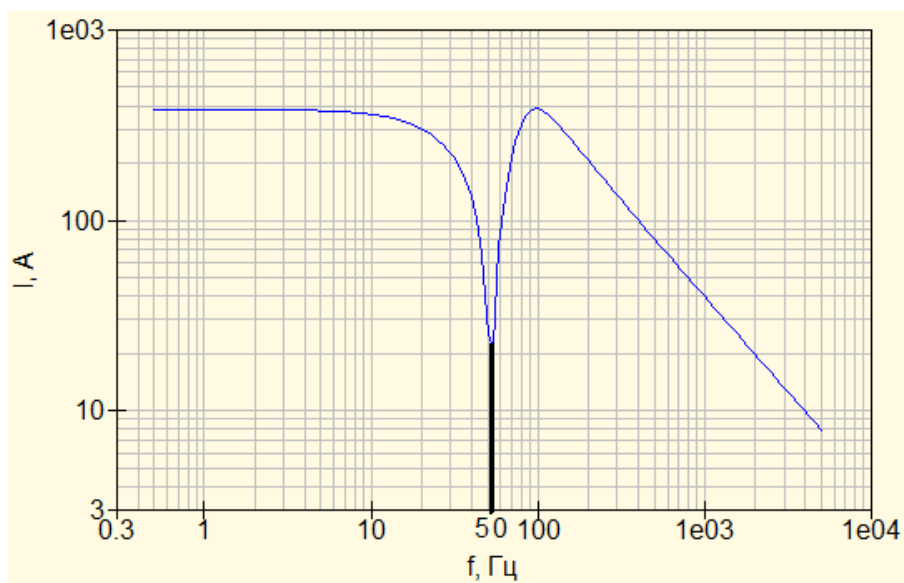


Рисунок 3.8 – АЧХ по току установленного фильтра

2. Исследование модели сети с воздушной линией и с инверторной нагрузкой мощностью 5 кВт (кухонная плита) с сопротивлением нагрузки 9,7 Ом с установленными фильтрами

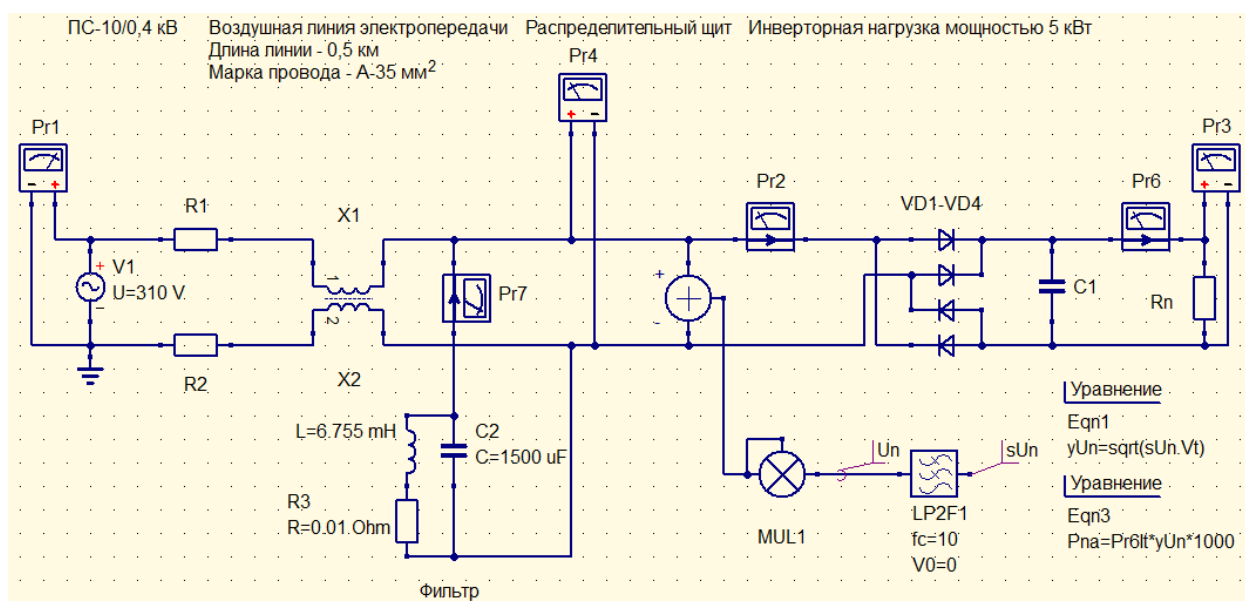


Рисунок 3.9 – Схема испытания сети с инверторной нагрузкой мощностью 5 кВт с узкополосным LC фильтром

Получившиеся осциллограммы представлены ниже:

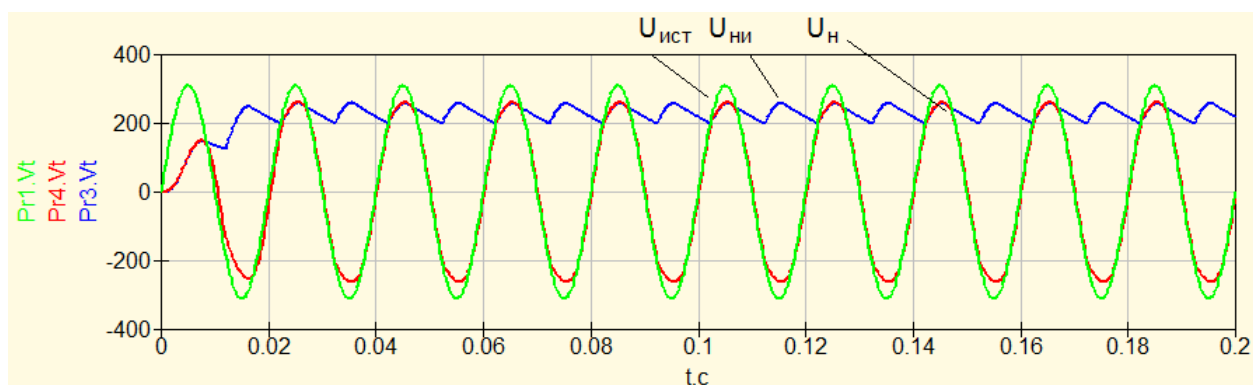


Рисунок 3.10 – Осциллограмма напряжения в узле нагрузки

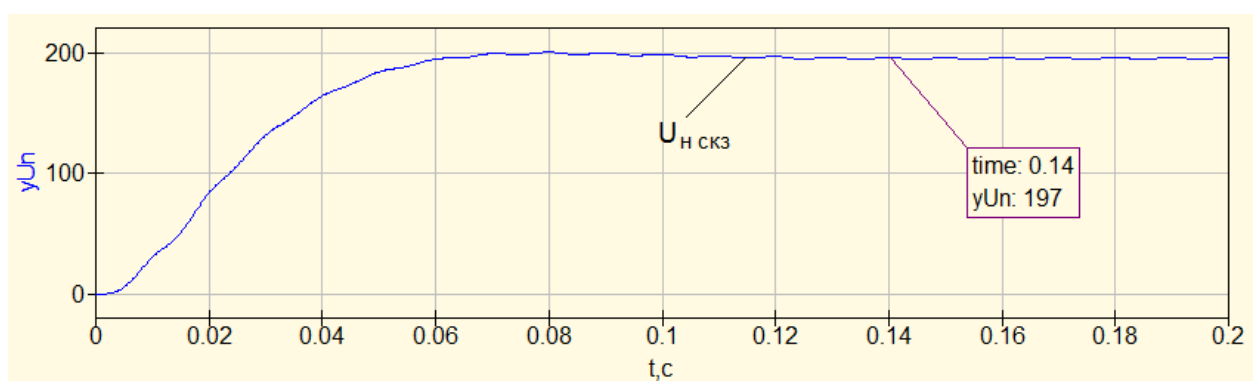


Рисунок 3.11 – Действующее напряжение в узле нагрузки

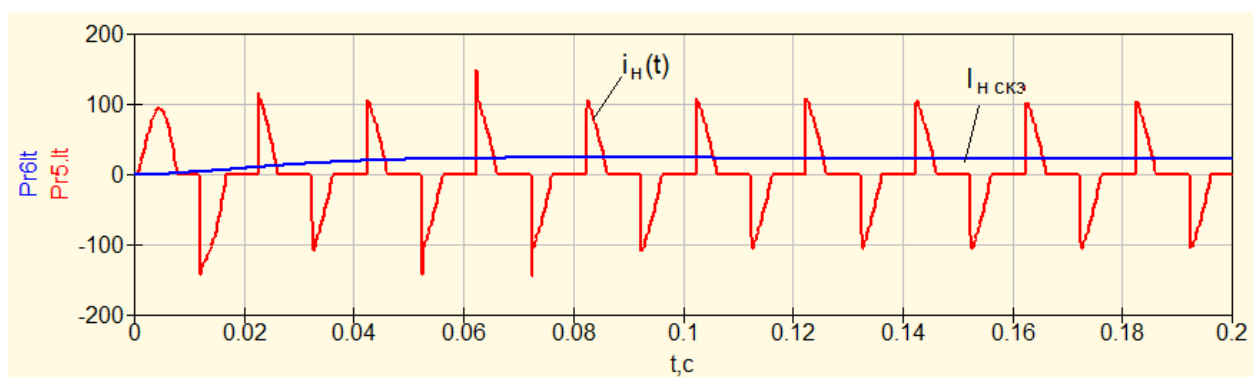


Рисунок 3.12 – Осциллограмма тока

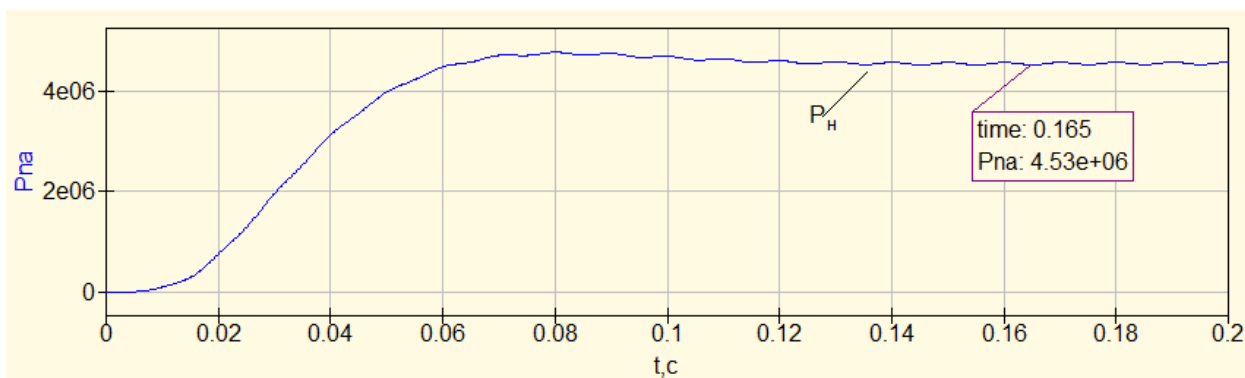


Рисунок 3.13 – Осциллограмма потребляемой нагрузкой активной мощности, полученной по регистрирующему ваттметру

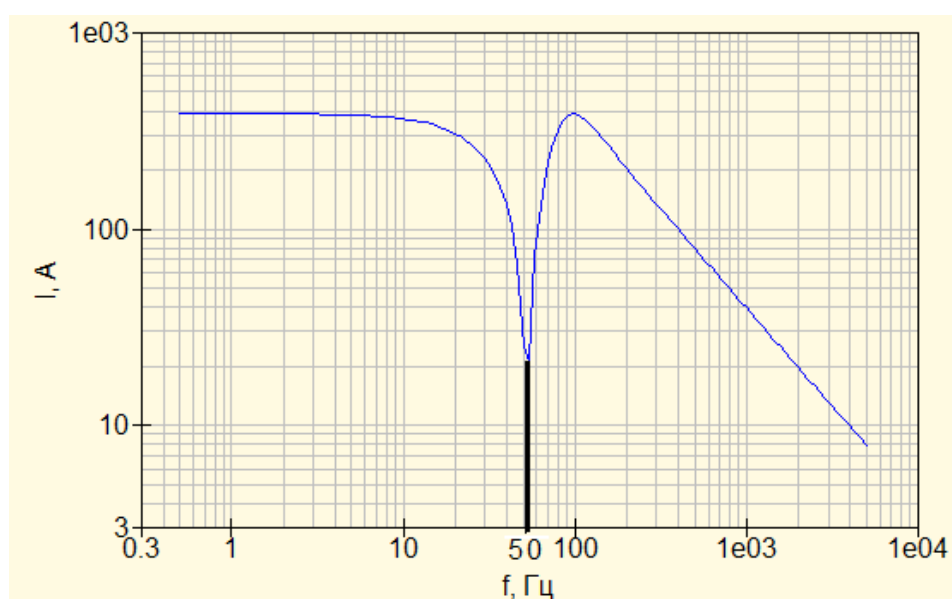


Рисунок 3.14 – АЧХ по току установленного фильтра

В результате разложения в ряд Фурье были вычислены коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения K_u и коэффициенты гармонических составляющих напряжения $K_u(n)$, представленные ниже в виде таблиц.

Таблица 3.1 – Значения коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения K_u

При нагрузке	При нагрузке	Нормально допустимое значение при
2,5 кВт, %	5 кВт, %	

		U _н =0,4 кВ (ГОСТ Р 54149-2010),%
3,03	6,4	8

Таблица 3.2 – Значения коэффициентов n-й гармонической составляющей напряжения Ku(n)

Номер гармониче ской составляю	При нагрузке 2,5 кВт, %	При нагрузке 5 кВт, %	Нормально допустимое значение при U _н =0,4 кВ
---	----------------------------	--------------------------	---

щей			(ГОСТ Р 54149-2010),%
2	0,00007	0,00009	2
3	2,8772	4,3942	5
4	0,001	0,001	1
5	0,9047	0,5201	6
6	0,0001	0,0877	0,5
7	0,2033	1,8227	5
8	0,0719	0,9139	0,5
9	0,0029	0,0039	1,5
10	0,000004	0,00001	0,5
11	0,1299	0,0283	3,5
12	0,0669	0,9153	0,2
13	0,0123	0,03064	3
14	0,0042	0,0874	0,2
15	0,0117	0,0181	0,3

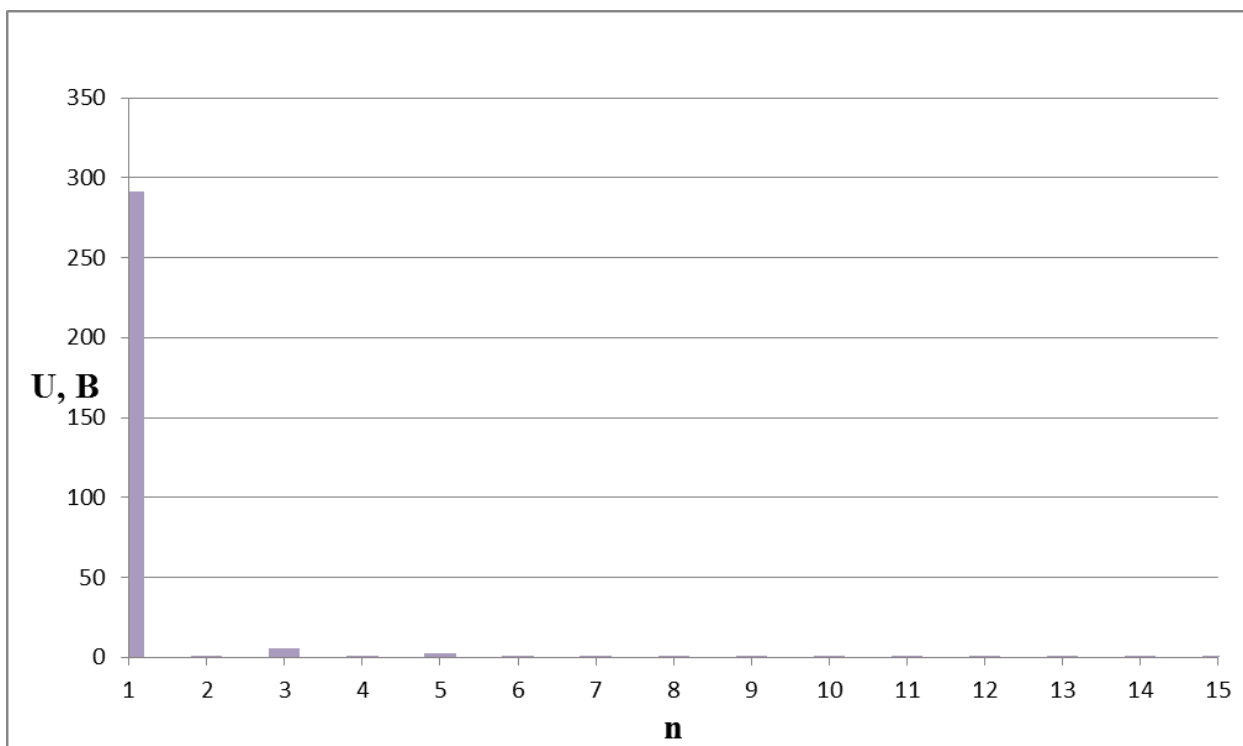


Рисунок 3.15 – Спектрограмма напряжения в узле нагрузки (для нагрузки мощностью 2,5 кВт с фильтром)

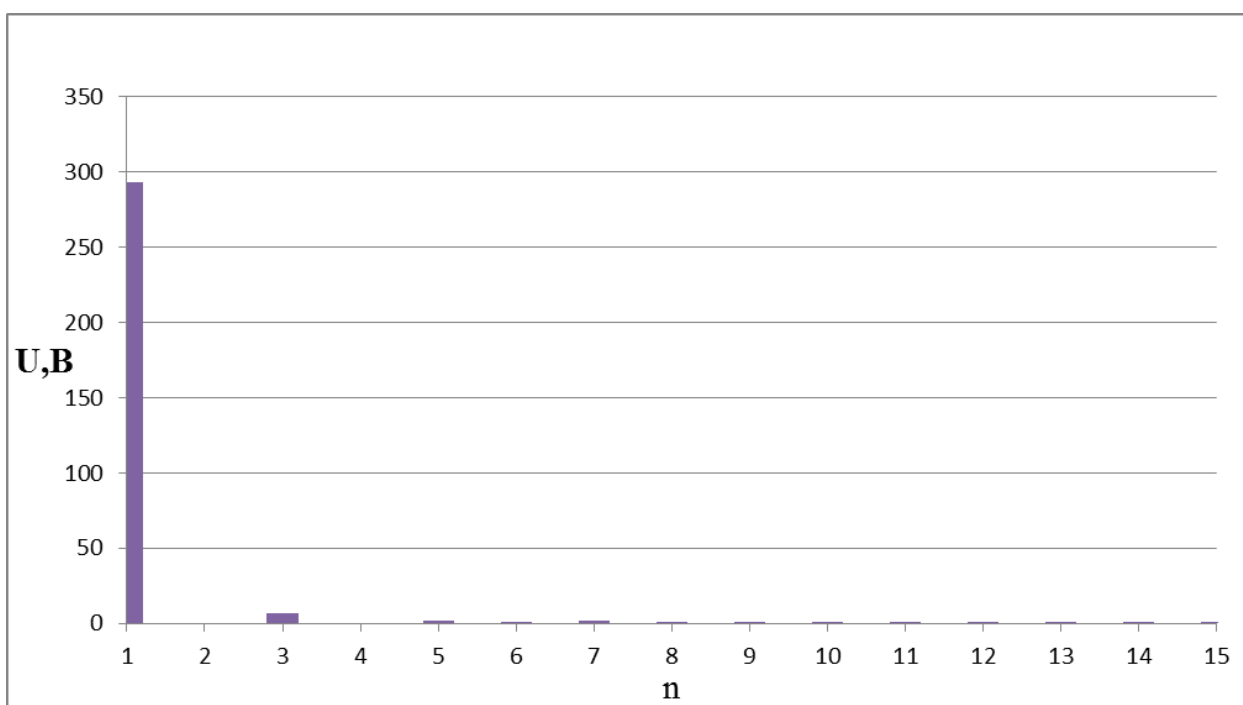


Рисунок 3.16 – Спектрограмма напряжения в узле нагрузки (для нагрузки мощностью 5 кВт с фильтром)

Вывод по разделу: В данном разделе был установлен фильтр для подавления гармоник. Промоделировав схему с подключенным фильтром, были получены осциллограммы, из которых можно сделать вывод, что фильтр гармоник положительно сказался на качестве электроэнергии. Полученный сигнал напряжения был разложен в ряд Фурье, для определения коэффициентов несинусоидальности кривой напряжения K_u и коэффициентов n -й гармонической составляющей напряжения $K_u(n)$. Полученные коэффициенты (таблицы 3.1, 3.2) имеют меньшие значения, чем до установки фильтров, а также меньше, чем нормально допустимые по ГОСТ Р 54149-2010. В настоящее время, при увеличении числа нелинейных электроприемников, проблема средств, по устранению гармонических составляющих, является перспективной.

Электроснабжение осветительных нагрузок от отдельных трансформаторов. В случае, когда показатели качества электроэнергии, характеризующие несинусоидальность, не удастся довести схемным путем до норм нормированных значений, для ограничения несинусоидальности приходится устранять гармоники высшего порядка с помощью соответствующих фильтров, подключаемых параллельно к сети. Фильтрующий эффект будет тогда, когда фильтр настроен в резонанс с частотой высшей гармоники.

На практике применяют двух- и четырехзвенные фильтры на 3+11 гармоник. Фильтры присоединяют как в местах возникновения несимметрии напряжения, так и в пунктах присоединения источников возникновения несимметрии к сети.

Фильтры являются наиболее оптимальным решением данной проблемы.

4 Социальная ответственность

4.1 Выявление факторов рабочего места, характеризующих процесс взаимодействия трудящихся с окружающей производственной средой

Вредные вещества

К ним относятся вещества и соединения, которые при контакте с организмом человека могут вызывать нарушения индивидуальной чувствительности.

Вредные вещества, их классификация и требования безопасности заявлены в ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ

В соответствии с ГОСТ 12.1.007 — 76 вредные вещества по степени опасности подразделяют на четыре класса: I — чрезвычайно опасные; II — очень опасные; III — опасные; IV — малоопасные. К I классу относятся вещества, имеющие ПДК до 0,1 мг/м³.

Электромагнитные поля и излучения

Электромагнитным полем обладает всякое заряженное тело. Электромагнитные поля и излучения различают на неионизирующие, в том числе лазерное излучение, и ионизирующие.

В качестве основных нормативных документов используются СанПиН 2.2.4.0-95 "Гигиенические требования при работе в условиях воздействия постоянных магнитных полей", СанПиН 2.2.4.1191-03 "Электромагнитные поля в производственных условиях", ГОСТ 12.1.045-84 ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля. Основным документом, регламентирующим ЭМП в производственных условиях, являются СанПиН 2.2.4.1191-03.

Электрический ток

Электрический ток представляет значительную опасность для здоровья человека непосредственно при контакте человека с токопроводящей поверхностью.

Вредное влияние электрического тока зависит от частоты и рода тока, пути прохождения, времени воздействия, состояния кожных покровов, от класса напряжения, режима работы нейтрали сети.

Виды воздействий электрического тока на организм человека:

- термическое воздействие тока проявляется в ожогах, нагрев кровеносных сосудов, сердца, мозга и других органов;
- электролитическое действие тока выражается в разложении крови, что нарушает ее состав и функции;
- механическое действие тока проявляется в значительном давлении в кровеносных сосудах и мышечных тканях;
- биологическое действие тока проявляется в раздражении живых тканей, что вызывает реакцию организма – возбуждение.

Электрические удары могут быть условно разделены на четыре степени:

- судорожные сокращения мышц без потери сознания;
- с потерей сознания, но с сохранением дыхания и работы сердца;
- потеря сознания и нарушение сердечной деятельности или дыхания (или того и другого вместе);
- клиническая смерть, т.е. отсутствие дыхания и кровообращения.

Шум

Шум – беспорядочные колебания различной физической природы, отличающиеся сложностью временной и спектральной структуры. Негативное воздействие шумов вызывает серьезные изменения органов слуха, отрицательно сказываются на состоянии нервной системы и в целом всего организма .

Повышенный производственный шум негативно воздействует на организм человека. Шум ухудшает его работоспособность, производительность труда, повышает риск инфарктных заболеваний, усиливает вероятность неврозов и нервных заболеваний, ухудшает зрение,

вызывает мигрень, депрессию, усталость, является причиной снижения внимания и психологического сосредоточения на работе и увеличения времени реакции. Также шум является причиной резкого ухудшения здоровья при некоторых видах заболеваний, нервозность, склонность к конфликтам ситуациям. Негативное воздействие шума сильно влияет на умственную, нежели физическую работу.

4.2 Защита человека от вредных факторов рабочего места, характеризующих процесс взаимодействия трудящихся с окружающей производственной средой

Вредные вещества

Защита от вредных веществ и пыли начинается с гигиенического их нормирования.

ПДК (предельно допустимая концентрация) – такая концентрация вещества в воздухе рабочей зоны, которая при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 часов, или другой продолжительности, но не более 40 часов в неделю, в течение всего рабочего стажа не может вызывать заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследования в процессе работы, или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

ПДК устанавливается на уровне в 2-3 раза ниже, чем порог хронического воздействия.

Технические и организационные средства защиты от воздействия химических веществ и пыли:

Коллективный защитный характер носят мокрота переработки, герметизация, вентиляция, отделка помещений особыми материалами, медосмотры, профпитание.

При неэффективности коллективных средств защиты применяют средства индивидуальной защиты (защита дыхания, кожи, отдельных органов).

Электромагнитные поля и излучения

Защита от действия ЭМП:

- Экранирование (активное и пассивное; источника электромагнитного излучения или же объекта защиты; комплексное экранирование).
- Удаление источников из ближней зоны; из рабочей зоны.
- Конструктивное совершенствование оборудования с целью снижения используемых уровней ЭМП, общей потребляемой и излучаемой мощности оборудования.

Ограничение времени пребывания операторов или населения в зоне действия ЭМП.

Электрический ток

Согласно ПУЭ для защиты людей от поражения электрическим током должна быть применена, по крайней мере, одна из следующих защитных мер – заземление.

Заземлением называется преднамеренное электрическое соединение какой-либо точки сет, электроустановки или оборудования с заземляющим устройством.

Заземление или зануление электроустановок следует выполнять:

- 1) при напряжении 380 В и выше переменного тока и 440 В и выше постоянного тока – во всех электроустановках.
- 2) при номинальных напряжениях выше 42 В, но ниже 380 В переменного тока и выше 110 В, но ниже 440 В постоянного тока – только в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных установках.

Согласно ПУЭ к частям, подлежащим занулению или заземлению относятся:

- корпуса электрических машин, трансформаторов, аппаратов, светильников и т.п.
- приводы электрических аппаратов;
- вторичные обмотки измерительных трансформаторов

- каркасы распределительных щитов, щитов управления, щитков и шкафов и т.д.

Шум

Методы и средства защиты от шума:

- изменение направленности излучения шума;
- рациональная планировка предприятий и производственных помещений;
- акустическая обработка помещений;
- применение звукоизоляции.

При аварии на подстанции возможны:

- возникновение пожара;
- взрыв трансформатора;
- удар током.

Меры по повышению устойчивости к данным ЧС:

- проведение плановых ремонтов согласно графику,
- повышение квалификации персонала,
- постоянный контроль состояния оборудования, модернизация оборудования.

4.3 Влияние подстанции на окружающую среду

Воздушные линии электропередачи (ВЛ) и подстанции (ПС) в нормальном режиме эксплуатации слабо загрязняют окружающую природную среду. По специфическому воздействию на экологию электрические сети можно отнести к «мягко» влияющим производствам. Загрязнение водной, воздушной среды и почвы, как правило, происходит лишь во время строительства и частично при ремонтных работах.

К специфическим воздействиям ВЛ и ПС относятся: электромагнитные поля, акустический шум, озон, окислы азота, электропоражение птиц, сажащихся на провода, изоляторы и конструкции опор.

4.4 Социальная ответственность администрации и персонала в части охраны окружающей среды и охраны труда

Администрация и персонал для предотвращения вредных воздействий на окружающую среду должны:

1. Разрабатывать, производить или поставлять продукцию или услуги, обеспечивающие отсутствие вредных воздействий на окружающую среду
2. Использовать процессы, инфраструктуру и расходуемые ресурсы, направленные на предотвращение недопустимых вредных воздействий на окружающую среду, в том числе на сельское хозяйство.
3. Использовать и поддерживать в рабочем состоянии методы и средства для обнаружения возможности возникновения вследствие собственной деятельности техногенных и аварийных ситуаций и для реагирования на них.

Кроме этого, задачами по обеспечению промышленной безопасности и охраны труда являются:

- обеспечение безопасного производства на основе эффективного управления производственными рисками и безусловного соблюдения нормативных требований;
- непрерывное улучшение системы управления промышленной безопасностью и охраной труда, постоянное повышение уровня компетентности и осведомленности персонала в данной области, установление персональной ответственности и стимулирование работников;
- обеспечение безопасного производства на основе эффективного управления производственными рисками и безусловного соблюдения нормативных требований;
- ведение диалога с заинтересованными сторонами и обеспечение открытости и доступности показателей компании в области промышленной безопасности и охраны труда.

4.5 Организационные мероприятия обеспечения безопасности

Персонал, принимаемый для проведения работ в электроустановках, должны иметь профессиональную подготовку, соответствующую характеру

выполняемой работы. При отсутствии профессиональной подготовки такие работники должны быть обучены (до допуска к самостоятельной работе) в специализированных центрах подготовки персонала (учебных комбинатах, учебно-тренировочных центрах и т.п.).

Профессиональная подготовка персонала, повышение его квалификации, проверка знаний и инструктажи проводятся в соответствии с требованиями государственных и отраслевых нормативных правовых актов по организации охраны труда и безопасной работе персонала.

Организационные мероприятия описаны в межотраслевых правилах по охране труда при эксплуатации электроустановок. (РД-153-34.0-03.150-000).

4.6 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Пожар

При возникновении пожара, должны быть отключены наиболее ответственные потребители действиями релейной защиты и автоматики, чтобы не допустить недоотпуска продукции, жертв среди мирного населения, и расстройства сложного технологического процесса.

Стихийные явления

При возникновении стихийных природных явлений (ураган, землетрясение и т.п.) оборудование электроэнергетического комплекса должно выдерживать различные возмущения природного характера. Как правило, такое оборудование не защищено от такого стихийного явления и требует дополнительного рассмотрения защиты электроустановок.

Заключение по разделу

В ходе рассмотрения данного вопроса были рассмотрены вредные, опасные факторы производственного процесса электроэнергии, негативное воздействие на окружающую среду, учтены некоторые случаи возникновения чрезвычайных ситуаций. Кроме этого, рассмотрены средства защиты от вредных и опасных факторов, учтены факторы защиты окружающей среды,

защита(анализ воздействия электроустановок на атмосферу, анализ и пути
решения экологической безопасности прилегающих территорий).

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Цель – экономическая оценка капитальных вложений в научно-исследовательскую работу по анализу проблемы качества электроэнергии в городских сетях.

Задачи раздела:

1. Оценка научного уровня
2. Организация и планирование научно-исследовательских работ
3. Расчет затрат проведения научного исследования

5.1 Оценка научного уровня

Количественная оценка научного или научно-технического уровня может быть произведена путем расчета результативности участников разработки по формуле:

$$K_{\text{нy}} = \sum_{i=1}^n (K_{\text{дy}i} \cdot d_i)$$

где $K_{\text{нy}}$ – коэффициент научного или научно-технического уровня;

$K_{\text{дy}i}$ – коэффициент достигнутого уровня i -го фактора;

d_i – значимость i -го фактора;

n – количество факторов.

Таблица 5.1– Оценка научного уровня разработки

Показатели	Значимость показателя	Достигнутый уровень	Значение i -го фактора
	d_i	$K_{\text{дy}i}$	$K_{\text{дy}i} \cdot d_i$
1. Новизна полученных или предполагаемых результатов	0,3	0,3	0,09
2. Перспективность использования результатов	0,3	0,2	0,06
3. Завершенность полученных результатов	0,2	0,3	0,06
4. Масштаб возможной реализации полученных результатов	0,2	0,5	0,1
Результативность	$K_{\text{нy}} = \sum (K_{\text{дy}i} \cdot d_i) = 0,31$		

Новизна полученных или предполагаемых результатов. В данной исследовательской работе обобщён имеющийся опыт предыдущих исследований по качеству электрической энергии.

Перспективность использования результатов. Я думаю, что результаты исследований могут быть использованы, по крайней мере, при проведении научно-исследовательских работ или интересны для проектных фирм.

Завершенность полученных результатов. Полученные результаты требуют доработки для рационального использования в дальнейшем, и корректировки под исследуемые схемы.

Масштаб возможной реализации полученных результатов. Результатами исследовательской работы возможно в дальнейшем руководствоваться при проектировании и эксплуатации сети.

5.2 Организация и планирование научно-исследовательских работ

Для выполнения научных исследований была сформирована рабочая группа, в состав которой входят руководитель и младший научный сотрудник. На каждый вид запланированных работ установлена соответствующая должность исполнителей.

В этом разделе составляется поэтапный перечень всех необходимых работ, выбирается оптимальное время их исполнения в рабочих днях и количество задействованных в работе человек. Порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 5.2.

Таблица 5.2–Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Этапы	№ раб	Содержание работы	Исполнитель
Разработка научного задания	1	Получение задания, постановка задачи	Руководитель м.н.с.
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	м.н.с.
	3	Выбор направления исследований	Руководитель м.н.с.
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель
Теоретические исследования	5	Исследование основных показателей качества электроэнергии	Руководитель м.н.с.
	6	Исследование влияния ЛЭП на качество электроэнергии	Руководитель м.н.с.
	7	Исследование влияния нагрузок на качество электроэнергии	Руководитель м.н.с.
Практический и расчетный этап	8	Подготовка электронной модели исследуемого фрагмента городской сети	м.н.с.
	9	Моделирование режимов работы сети с нагрузками различных типов	м.н.с.
	10	Мероприятия по повышению качества электроэнергии	м.н.с.
Обобщение и оценка результатов	11	Оценка полученных результатов	Руководитель
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	12	Составление пояснительной записки	Руководитель м.н.с.

5.3 Определение трудоемкости выполнения работ

Для определения трудовых затрат необходимо рассчитать трудоемкость работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях. Для расчёта ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожи}$ используется следующая формула:

$$t_{ожи} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5},$$

где $t_{ожи}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.

Исходя из расчётов трудоемкости работ, определяется время выполнения каждой i -ой работы (T_{pi}) по формуле

$$T_{pi} = t_{ожи} / \mathcal{C}_i,$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожи}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$\mathcal{C}_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Таблица 5.3–Состав информации для построения календарного графика

№ п/п	Перечень работ	Трудоемкость работ			Количество исполнителей	Длительность выполнения работ, день
		$t_{\min}$, чел-дни	$t_{\max}$, чел- дни	$t_{ожи}$, чел-дни		
1	Получение задания, постановка задачи	2	6	3,6	2	2

Продолжение таблицы 5.3

2	Подбор и изучение материалов по теме	10	15	12	1	12
3	Выбор направления исследований	2	6	3,6	2	2
4	Календарное планирование работ по теме	1	2	1,4	1	1
5	Исследование основных показателей качества электроэнергии	10	20	14	2	7
6	Исследование влияния ЛЭП на качество электроэнергии	10	20	14	2	7
7	Исследование влияния нагрузок на качество электроэнергии	3	7	8,8	2	5
8	Подготовка электронной модели исследуемого фрагмента городской сети	2	4	5,2	1	6
9	Моделирование режимов работы сети с нагрузками различных типов	6	10	7,6	1	8

Продолжение таблицы 5.3

10	Мероприятия по повышению качества электроэнергии	6	10	7,6	1	8
11	Оценка полученных результатов	2	4	5,2	1	6
12	Составление пояснительной записки	3	7	8,8	2	5
	Итого					69

На основе таблицы 5.3 построим календарный план-график (рис. 5.1)

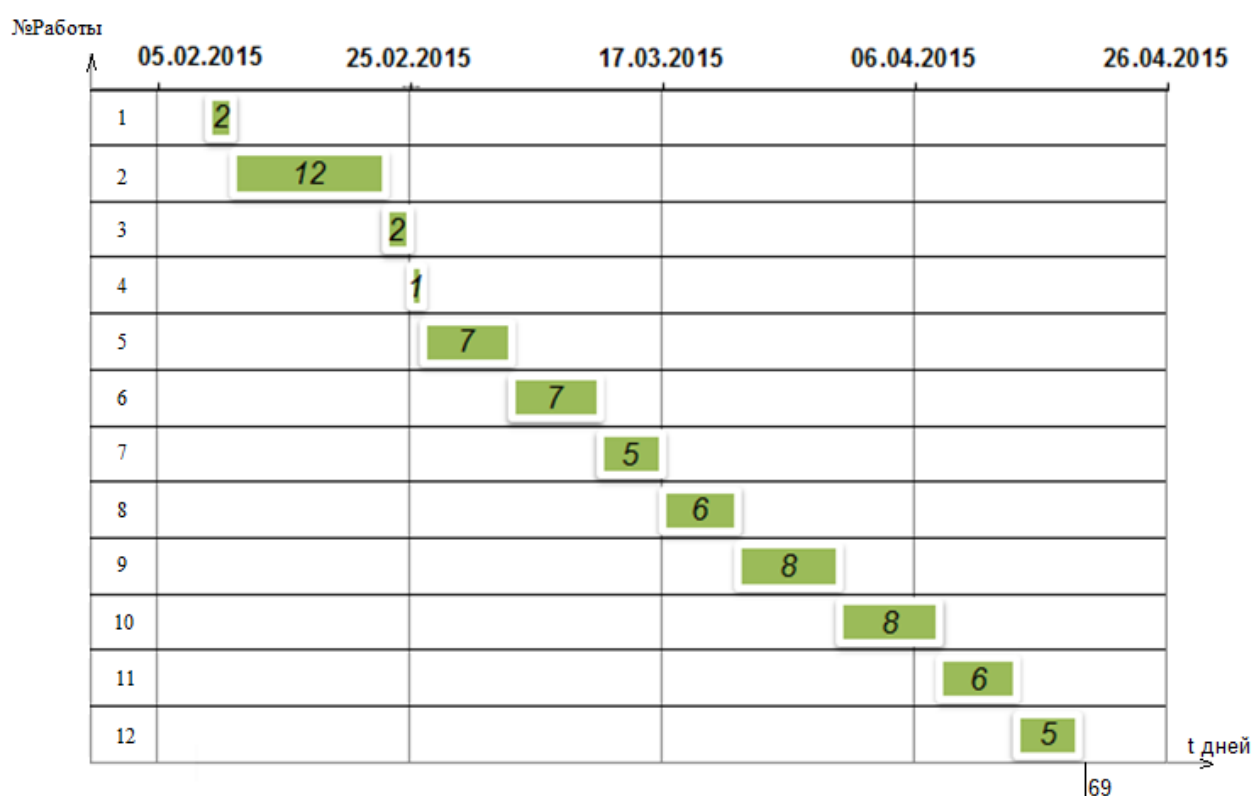


Рисунок 5.1–Календарный план-график проведения работы

5.4 Расчет затрат на проведение работы

Материальные затраты

К материальным затратам относится стоимость приобретенных со стороны материалов, которые являются необходимыми компонентами при проведении исследовательских работ.

Таблица 5.4– Материальные расходы

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З _м), руб.
Бумага	Упаковка	3	150	450
Ручка	Штука	10	10	100
Картридж для принтера	Штука	1	1300	1300
Скобы для степлера	Упаковка	3	50	150
Итого				2000

Затраты на оплату труда

Расходы по оплате труда определяются исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов.

Дополнительная заработная плата исполнителей равна 8 % от основной заработной платы, а также зарплата зависит от географического места работы.

$$З_{зп} = (З_{осн} + З_{доп}) \cdot 1,3,$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (8 % от $З_{осн}$),

Таблица 5.5–Расчет тарифного фонда заработной платы (по окладам)

Исполнитель	З _м , руб.	З _{дн} , руб.	Т _р , раб. дн.	З _{осн} , руб.	З _{доп} , руб	З _{зп} , руб
Руководитель	24000	800	69	55200	4416	77500
м.н.с.	9200	307	69	21183	1695	29734
Итого						107234

Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп})$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2014 г. в соответствии с Федеральным закона от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка– 27,1%.

$$З_{внеб} = 0,271 \cdot 107234 = 29060,4 \text{ рублей.}$$

Накладные затраты

К накладным затратам относятся налоги, сборы, отчисления в специальные внебюджетные фонды, платежи по обязательному страхованию имущества, платежи за предельно допустимые выбросы загрязняющих веществ; вознаграждения за изобретения и рационализаторские предложения; затраты на командировки; плата сторонним организациям за пожарную и сторожевую охрану; за подготовку кадров; оплата услуг связи, вычислительных центров, банков; плата за аренду; представительские расходы; затраты на ремонт. И принимаются как 140 % от заработной платы.

В итоге накладные расходы будут равны:

$$З_{накл} = ЗП \cdot 1,4 = 107234 \cdot 1,4 = 150127,6 \text{ руб.}$$

Амортизация основного использованного оборудования

Амортизация рассчитана по формуле

$$H_a = \frac{1}{T_a} \frac{T_{раб}}{365} K_{ком.}$$

где H_a - величина амортизации, руб.

T_a - время амортизации, год. Для компьютерной техники равно 5 лет.

$T_{раб}$ - продолжительность всех работ, день.

$K_{ком}$ - стоимость всех видов компьютерной техники $K_{ком} = 80000$ рублей.

$$\text{Тогда } H_a = \frac{1}{T_a} \frac{T_{раб}}{365} K_{ком.} = \frac{1}{5} \cdot \frac{72}{365} \cdot 80000 = 3156,16 \text{ рублей}$$

Таблица 5.6– Смета затрат

Элементы текущих затрат	Сумма текущих затрат, руб.
Материальные затраты	2000
Затраты на оплату труда	107234
Отчисления на социальные нужды	29060,4
Амортизация	3156,16
Прочие затраты 10%	14145,1
Накладные затраты	150127,6
Итого	305723,3

Расчет прибыли

При расчете прибыли учитывается, коэффициент научного уровня.

Тогда прибыль составит:

$$\Pi = C \cdot K_{ну} = 305723,3 \cdot 0,31 = 94774 \text{ рублей.}$$

Цена проекта

Определяется как сумма себестоимости и прибыли и равна:

$$\Pi = C + \Pi = 305723,3 + 94774 = 400497,3 \text{ рублей.}$$

Заключение по разделу

Проведя анализ данного раздела, была получена оценка научного уровня и произведено планирование научно-исследовательской работы.

Также был произведён расчет проведения научно-исследовательской работы по анализу проблемы качества электроэнергии в городских сетях.

Результаты данного исследования могут быть использованы для проведения более масштабных научно-исследовательских работ, а также быть использованы различными проектными фирмами, занимающихся работой с проектированием. В итоге цена исследования составила 400497,3 рублей. Это позволяет утверждать, то что данное исследование эффективно, так как средняя цена проведения анализа в данной области гораздо выше.

Заключение

В выпускной квалификационной работе были рассмотрены вопросы проблемы качества электроэнергии в городских электрических сетях, охраны труда, экологии и безопасности.

Проведен анализ влияния линии и нагрузки на качество электрической энергии. Было промоделировано влияния нелинейных нагрузок на качество электроэнергии. Также промоделирован эффект от установки фильтрокомпенсирующих устройств.

В экономической части приведён расчёт научного уровня исследования, также рассчитана цена исследования

В разделе “Социальная ответственность” рассмотрены все необходимые вопросы экологии и вопросы безопасности, в которых квалифицированный специалист должен хорошо разбираться, чтобы сохранить своё здоровье и жизнь.

Список использованных источников

- 1 Идельчик В.И. Электрические системы и сети: Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1989.
- 2 Коновалова Л.Л., Рожкова Л.Д. Электроснабжение промышленных предприятий и установок: Учеб. пособие для техникумов. – М.: Энергоатомиздат, 1989.
- 3 Дьяков В.И., Типовые расчеты по электрооборудованию. Изд. 7, перераб. и доп. М., Высшая школа, 1991.
- 4 Расчеты и анализ режимов работы сетей. Учеб. Пособие для вузов. Под ред. В.А. Веникова. М., Энергия, 1974.
- 5 Правила устройства электроустановок / Минэнерго СССР. – 6-е изд., перераб и доп. – М: Энергоатомиздат, 1986. – 648 с: ил.
- 6 ГОСТ Р 54149-2010 «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения».
- 7 Неклепаев Б. Н, Крючков И. П, Электрическая часть электростанции и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 458 с.
- 8 Надёжность и качество электроснабжения предприятий: учебное пособие / Д. С. Александров, Е. Ф. Щербаков.– Ульяновск : УлГТУ, 2010. – 155 с.
- 9 Дрехслер Р., Измерение и оценка качества электроэнергии при несимметричной и нелинейной нагрузке: Пер. с чешк.–М.: Энергоатомиздат, 1985.–112 с.
- 10 Электрические сети и системы. Под редакцией В.М. Блок. М.: Высшая школа, 1986. – 430 с.
- 11 Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и Правила техники безопасности электроустановок потребителей. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1986. - 424 с: ил.

12 Безопасность жизнедеятельности. Учебник для вузов/С.В.Белов, А.В.Ильницкая, А.Ф.Козьяков и др.; Под общ. ред. С.В.Белова.–М.: Высш. шк., 1999.–448 с.

13 Санитарно-эпидемиологические правила и нормы СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».

14 Строительные нормы и правила РФ. Естественное искусственное освещение: СНиП 23-05-95: Введ.01.01.96-изд.офицю-М.: Госстрой России, 1999.-35 с.

15 Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и правила техники безопасности электроустановок потребителей. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1986. - 424 с: ил.

16 Фомина В.Н. Экономика электроэнергетики: Учебник.-М.:ИУЭ ГУУ, ВИПКэнерго, ИПК-госслужбы, 2005. – 329с.

17 Техничко-экономическое обоснование инновационного проекта: методические указания по выполнению экономического раздела ВКР для студентов энергетических специальностей всех форм обучения. Составители: Коршунова Л.А., Кузьмина Н.Г. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 42 с.

