

Инженерная школа энергетики
 Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
 Отделение электроэнергетики и электротехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
«Контроль качества электрической энергии в режиме реального времени с целью повышения надежности электрической сети»

УДК 621.31-021.465:621.311.019

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г5Б	Голяный Евгений Вячеславович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭЭ ИШЭ	Кладиев С.Н.	к. т. н., доцент		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Болгов И.С			

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШИП	Мелик-Гайказян М.В.	к. э. н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Фех А.И.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника	Тютеева П.В.	к. т. н., доцент		

Результаты обучения по направлению
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Код результата	Результат обучения
Р 1	Применять соответствующие гуманитарные, социально-экономические, математические, естественно-научные и инженерные знания, компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа <i>электрических устройств, объектов и систем</i> .
Р 2	Уметь формулировать задачи в области <i>электроэнергетики и электротехники</i> , анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.
Р 3	Уметь проектировать <i>электроэнергетические и электротехнические системы и их компоненты</i> .
Р 4	Уметь планировать и проводить необходимые экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния <i>электрооборудования, объектов и систем электроэнергетики и электротехники</i> , интерпретировать данные и делать выводы.
Р 5	Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области <i>электроэнергетики и электротехники</i> .
Р 6	Иметь практические знания принципов и технологий <i>электроэнергетической и электротехнической</i> отраслей, связанных с особенностью проблем, объектов и видов профессиональной деятельности профиля подготовки на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях.
Р 7	Использовать знания в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью в области <i>электроэнергетики и электротехники</i> .
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 <i>электроэнергетики и электротехники</i> .
Р 9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, в области <i>электроэнергетики и электротехники</i> .
Р 10	Проявлять личную ответственность и приверженность нормам профессиональной этики и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.
Р 11	Осуществлять комплексную инженерную деятельность в области <i>электроэнергетики и электротехники</i> 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 <i>электроэнергетики и электротехники</i> .

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	Введение; аналитический обзор по литературным источникам основных положений по контролю качества электроэнергии; анализ проблем качества электроснабжения в сетях 10-0,4 кВ; исследование вопроса надежности электроснабжения; социальная ответственность; финансовый менеджмент; заключение.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Демонстрационный материал (презентация в MS Office Power Point)
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	М.В. Мелик-Гайказян
«Социальная ответственность»	А.И. Фех

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	15.02.19
--	----------

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	С.Н. Кладиев	к.т.н.		
Старший преподаватель	И.С. Болгов			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г5Б	Голяный Евгений Вячеславович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5Г5Б	Голянному Евгению Вячеславовичу

Школа	ИШЭ	Отделение	Электроэнергетики и Электротехники
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

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

1. Стоимость затрат технического проекта (ТП): на зарплату, страховые отчисления, накладные расходы.	Заработная плата сотрудников ТП определяется на основании Положения об оплате труда в ТПУ. Накладные расходы определяются на основании Сметы расходов по проектам ТПУ.
2. Продолжительность выполнения ТП	Приблизительная продолжительность выполнения ТП составит 99 рабочих дней
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов	В соответствии с Налоговым кодексом РФ

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка потенциала реализации ТП с позиции ресурсоэффективности	Составление SWOT - анализа проекта. Расчет коэффициента интегрального показателя ресурсоэффективности проекта.
2. Планирование и формирование графика работ по реализации ТП	Формирование плана и графика разработки: - определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; - разработка графика Ганта.
3. Формирование сметы	Формирование сметы затрат на технический проект: - заработная плата (основная и дополнительная); - отчисления на социальные нужды; накладные расходы.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

- Матрица SWOT
- График Ганта

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	15.02.19
--	----------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Мелик-Гайказян М.В.	к.э.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г5Б	Голяный Евгений Вячеславович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5Г5Б	Голяному Евгению Вячеславовичу

Школа	ИШЭ	Отделение (НОЦ)	Электроэнергетики и электротехники
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

Тема ВКР:

Контроль качества электрической энергии в режиме реального времени с целью повышения надёжности электрической сети	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования: показатели качества электрической энергии предприятия
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: 1.1. Специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; 1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	ГОСТ Р ИСО 26000-2012. Руководство по социальной ответственности. Н 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». Н 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда». ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Воздействие на работника физических факторов, связанных с: — несоответствующими нормам микроклиматическими параметрами воздушной среды; — с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания; — связанные с акустическими колебаниями в производственной среде; — со световой средой; — с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий
3. Экологическая безопасность: 3.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду 3.2. Анализ «жизненного цикла» объекта исследования. 3.3. Обоснование мероприятий по защите окружающей среды.	Описание проектируемой системы, утилизация электроустановок.

4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: 4.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований. 4.2. Анализ вероятных ЧС, которые могут при проведении исследований. 4.3. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.	Возможные ЧС: Возможны возгорания в следствии короткого замыкания из-за ошибки оператора и нарушения целостности электрических проводов. Наиболее типичным ЧС будет пожар в помещении. Предупреждающие мероприятия являются наличие плана эвакуации на месте работы оператора, знание и соблюдение мер пожарной безопасности работниками, установка заземлителей.
---	--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	15.02.19
--	----------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Фех А. И.			25.02.19

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г5Б	Голяный Евгений Вячеславович		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа энергетики
 Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
 Уровень образования - Бакалавриат
 Отделение электроэнергетики и электротехники
 Период выполнения весенний семестр 2019 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	14.06.19
--	----------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	Раздел 1. Качество электроснабжения	
	Раздел 2. Причины отклонения качества электрической энергии	
	Раздел 3. Надежность электроснабжения	
	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
	Социальная ответственность	

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭЭ ИШЭ	Кладиев С.Н.	к. т. н., доцент		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Болгов И.С.			

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника	Тютеева П.В.	к. т. н., доцент		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 83 с., 24 рис., 22 табл., 22 источника.

Ключевые слова: качество электроснабжения, качество электроэнергии, надежность электроэнергии, показатели качества электрической энергии, методы повышения качества электроснабжения.

Целенаправленное повышение качества электроснабжения должно позволить снизить дополнительные расходы, а именно: дополнительные потери электроэнергии, недоотпуск электрической энергии, ущерб потребителю электрической энергии.

Оглавление

Реферат	1
Введение.....	8
Раздел 1 Качество электроснабжения	9
1.1 Качество электроэнергии	9
1.2 Надежность электроснабжения	12
Раздел 2 Причины отклонения качества электрической энергии. Методы повышения качества электроснабжения.....	15
2.1 Отклонение напряжения.....	15
2.1.1 Влияние отклонения напряжения на работу электроприемников	15
2.1.2 Методы ограничения отклонения напряжения	17
2.2 Колебания напряжения	19
2.2.2 Средства и методы снижения колебания напряжения	20
2.3 Несинусоидальные режимы	22
2.3.1 Высшие гармоники в системах электроснабжения	25
2.3.2 Методы понижения уровня гармоник.....	26
2.4 Несимметрия в системах электроснабжения	26
2.4.1 Влияние несимметричных нагрузок на работу электрооборудования...	27
2.4.2 Понижение несимметрии напряжений	28
2.5 Анализ качества электрической энергии ООО «Томлесдрев».....	31
2.5.1 Результаты измерения.....	32
2.6 Исследование влияния асинхронного двигателя на просадку напряжения в сети.....	38
2.6.1 Выбор и расчет дополнительных параметров двигателя.....	38
2.6.2 Моделирование и снятие просадки напряжения в Matlab	42
Раздел 3 Надежность электроснабжения	43
3.1 Основные показатели надежности электроснабжения	43
3.2 Расчет основных показателей надежности.....	46
Раздел 4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	51
4.1 SWOT – анализ работы проекта по анализу показателей качества электрической энергии	51
4.2 Организация работ технического проекта.....	55
4.2.1 Структура работ в рамках технического проектирования.....	55
4.2.2 Определение трудоемкости выполнения ТП	57

4.2.3 Разработка графика проведения технического проекта.....	58
4.3 Составление сметы затрат на разработку ТП.....	59
4.3.1 Полная заработная плата исполнителей	59
4.3.2 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	63
4.3.3 Накладные расходы.....	63
4.4 Формирование сметы проекта	63
4.5 Определение ресурсоэффективности проекта	64
Раздел 5 Социальная ответственность	67
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	67
5.2. Производственная безопасность.....	69
5.2.1 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой	70
производственной среды	70
5.2.2 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды.....	76
5.3 Экологическая безопасность.....	78
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	79
Заключение	82
Список использованных источников	83

Введение

Основной задачей электроснабжения потребителя является обеспечение электрической энергией, исключая перебои, необходимого объема и качества.

«Качество электроснабжения» – это понятие, которое подразумевает под собой показатели надежности электроснабжения, энергоэффективность и качество электрической энергии.

Говоря о качестве электроснабжения, следует учитывать некоторые составляющие, представленные на рисунке 1: качество электроэнергии и надежность.

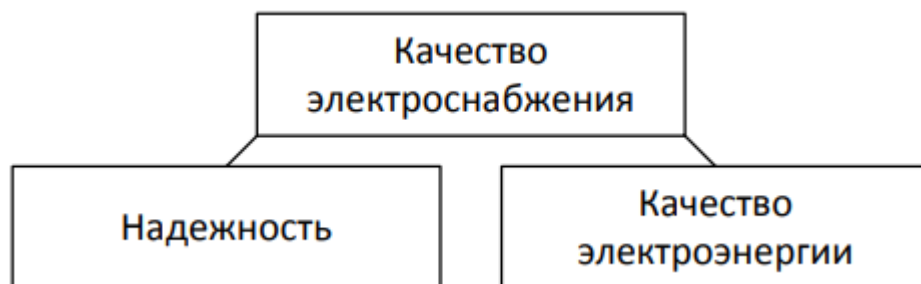


Рисунок 1 – Составляющие, которые определяют уровень качества электроснабжения

Раздел 1 Качество электроснабжения

1.1 Качество электроэнергии

Качество электрической энергии - это определенный набор характеристик, при соблюдении которых электроприемники выполняют свои функции должным образом. Техничко-экономические показатели у качества электроэнергии следующие:

- технологический ущерб (производственный брак, понижение производительности труда и различных механизмов, снижение качества выпускаемой продукции)
- электромагнитный ущерб (повреждение оборудования целиком или его составных частей, повышение уровня потерь электрической энергии, отклонения в работе связи или автоматики) [3].

Автоматизация и усложнение определенных технологических процессов, связанные со стремлением повысить производительность труда на современных промышленных предприятиях, сделали возможным использование сварочных установок, мощных дуговых печей и вентильных приводов. Такие потребители влияют ощутимо на качество питающей сети.

Качество электроэнергии в той же мере как и надежность имеют обязательные требования, которые предъявляют к любым системам электроснабжения. Значения ПКЭ установлены в ГОСТ 32144—2013 «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения»[4]. В свою очередь, после включения электроэнергии в список товаров после выхода Постановления Правительства Российской Федерации №1013 от 14.08.1997 г., качество электрической энергии (КЭ) обязательно к соблюдению с точки зрения Закона Российской Федерации «О защите прав потребителей».

Чтобы обеспечить надлежащие технико-экономические показатели функционирования сети электроснабжения, необходимо соблюдение ПКЭ в

соответствии с ГОСТ 32144—2013 «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения»,[4] которые представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Показатели качества электроэнергии и их нормативные значения

№ п/п	Наименование ПКЭ и его обозначение по ГОСТ 32144-2013	Допустимые значения по ГОСТ 32144-2013	
		Нормальные	Предельные
1	Отклонение напряжения – $\delta U_y, \%$	-	± 10
2	Доза фликера: кратковременная длительная $P_t, \text{о.е.}$	- -	1,38 1,0
3	Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения $K_u, \%$	8,0	12,0
4	Коэффициент n-ой гармонической составляющей напряжения $K_{u(n)}, \%$	Таблица 1-3 в ГОСТ 32144—2013	Таблица 1-3 в ГОСТ 32144—2013
5	Коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности $K_{2u}, \%$	2,0	4,0
6	Коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности $K_{0u}, \%$	2,0	4,0
7	Отклонение частоты $\Delta f, \text{Гц}$	0,2	0,4
8	Длительность провала напряжения $\Delta t_{\text{п}}, \text{с}$	-	60
9	Перенапряжения $t_{\text{пер}}, \text{с}$	-	60

Для аварийного режима допустимые значения показателей качества электрической энергии не установлены.

Главная цель контроля показателей качества электроэнергии – поддержание электроснабжения в норме.

Выделяют следующие задачи контролирования ПКЭ:

- измерение показателей качества электрической энергии соответствовать согласно ГОСТ 30804.30-2013[5];
- сопоставление результатов измерения ПКЭ установленным требованиям ГОСТ 32144—2013[4];
- установление причин несоответствия ПКЭ;
- определение ущерба вследствие отклонения ПКЭ;
- выявление виновных в нарушении КЭ;

В РФ к качеству электроэнергии предъявляются достаточно высокие требования, которые ничем не уступают европейским и американским стандартам, таким как IEEE Standart 519, IEEE Standart 1159 и ANSI C84-1.

1.2 Надежность электроснабжения

Обеспечение надежного и бесперебойного снабжения электроэнергией потребителя, питающегося от сети - это главная задача электрической сети. Вследствие этого надежность электрической сети обозначают как свойство обеспечения необходимой связи между источником и потребителем электроэнергии для выполнения обязательств, установленных договором, сети по надежному электроснабжению потребителей. Выделяют следующие причины нарушения электроснабжения потребителей:

- технологические нарушения, происходящие на линиях электропередачи или подстанциях;
- возникновение ограничений по пропускной способности сетевых объектов в нормальной схеме и послеаварийных режимах;
- недостаточная мощность работы генерирующих компаний в нормальных и послеаварийных режимах;
- ошибки, возникающие в оперативно-диспетчерском управлении по мониторингу режимов работы ЭЭС;
- неправильная работа устройств противоаварийной автоматики;
- ошибочные действия самого потребителя [1].

Следует отметить, что первые две причины оказывают влияние в наибольшей степени на надежность и безотказность электрической сети.

Все требования к надежности электроснабжения следует обеспечить уже на стадии проектирования объекта. В свою очередь в процессе эксплуатации надежность обеспечивается вследствие проведения плановых, ремонтно-профилактических работ с определенной периодичностью.

Электроэнергетическая система содержит устройства, генерирующие электроэнергию и потребляющие ее, объединенные линиями электрических сетей с различными распределительными устройствами, а также повышающими и понижающими подстанциями [2].

Существует 3 категории электроприемников (электрическая часть производственной установки, которая получает и преобразовывает электроэнергию) электрической энергии по важности надежного обеспечения:

[2]

- потребитель третьей категории, электроснабжение которого происходит по одноцепной линии электропередач от единственного источника питания без использования дополнительных резервирующих устройств, характеризующийся коэффициентом оперативной готовности не менее чем 99,671 %. А также время нахождения в неисправном состоянии не должно превышать 28.8 ч. в год;

- потребитель второй категории, электроснабжение которого происходит по нескольким линиям электропередач от нескольких независимых источников питания, который допускает проведение ремонтно-профилактических работ без остановки электроснабжения, характеризующийся коэффициентом оперативной готовности не менее чем 99,982 %. Время нахождения в неисправном состоянии должно быть не более 1,58 ч. в год. Отсутствие электроснабжения имеет негативные последствия, такие как длительные простои механизмов промышленности и рабочих, а также нарушения в жизни населения;

- потребитель первой категории, электроснабжение которого происходит по двум и более линиям электропередач от нескольких независимых источников питания, который допускает проведение ремонтно-профилактических работ без остановки электроснабжения и имеющего дополнительные резервирующие устройства, характеризующийся коэффициентом оперативной готовности не менее чем 99,995 %. Время нахождения в неисправном состоянии должно быть не более 0.44 ч. в год. Такими электроприёмниками являются те, перерыв в работе которых влечет опасность для жизни человека, а также существенные материальные убытки.

Для того чтобы оценить надежность применяют методы оценивания по статистическим данным эксплуатации. Вследствие этого в каждой

электрической сети сформирована база случаев технологических ограничений и нарушений в электроснабжении, которая содержит информацию о времени, месте, причинах и величине ограничения.

Раздел 2 Причины отклонения качества электрической энергии. Методы повышения качества электроснабжения

2.1 Отклонение напряжения

Важнейшим показателем качества электрической энергии является действующее значение фазного или линейного напряжения.

Отклонение напряжения δU – это разница между номинальным $U_{ном}$ и действительным значением U напряжения. Выделяют положительное $U_{(+)}$ и отрицательное $U_{(-)}$ отклонения напряжения в электропитании.

ГОСТ 32144-2013 требует, чтобы величина отклонения напряжения в условиях нормальной работы электроприемников находилось в пределах $\pm 10\%$.

В электрической сети должны обеспечиваться условия, при соблюдении которых отклонения напряжения питания на зажимах электроприемников не должны превышать установленные допустимые значения стандартов КЭ [4].

2.1.1 Влияние отклонения напряжения на работу электроприемников

Отклонение напряжения влечет за собой экономический ущерб, следовательно, возникают потери активной мощности, сокращение срока службы электрического оборудования за счет ускоренного изнашивания изоляции. В связи с отклонением ПКЭ повышается длительность технологического процесса, а это в свою очередь приводит к повышению расхода энергии на единицу продукции.

Отклонение ПКЭ влияет на следующие типы приемников: технологические и осветительные устройства, электродвигатели.

Механические характеристики электродвигателей меняются следующим образом (Таблица 2.1) [3].

Таблица 2.1 – изменение характеристик электродвигателей

Характеристики электродвигателей	Изменение характеристик	
	-10%	-10%
Пусковой и максимальный вращающий момент	-19%	21 %
Синхронная частота вращения	Const	const
Скольжение	23%	-17%
Частота вращения при номинальной нагрузке	-1,5 %	1 %
Коэффициент полезного действия при нагрузке:		
- номинальной	-2%	+ 1 %
- 75 %	const	const
- 50 %	-1...-2 %	1 ...2 %
Коэффициент мощности при нагрузке:		
- номинальной	1 %	-3%
- 75 %	2...3 %	-4%
- 50 %	4...5%	-5...-6%
Ток ротора при номинальной нагрузке	14%	11 %
Ток статора при номинальной нагрузке	10%	-7%
Пусковой ток	10...-12%	10...12%
Прирост температуры обмотки при ном. нагрузке	5. ..6°	без изменений

Осветительные установки. В осветительных установках используются различные источники света – люминесцентные, натриевые и лампы накаливания. По основанию отличия напряжения меняется освещенность, световой поток, срок службы ламп.

В случае превышения напряжения отмечается рост мощности, которую потребляют лампы (таблица 2.2).

Таблица 2.2 – Рост потребления мощности ламп освещения

Тип лампы	Превышение напряжения, %					
	1	2	3	5	6	10
Лампы накаливания	1,6	3,2	4,7	8,1	11,5	16,4
Ртутные лампы	2,4	4,9	7,2	12,2	17	24,3
Натриевые лампы	2	8	11	18	24	34

Технологические установки. Силовые трансформаторы обеспечивают электроснабжение. При присутствии отклонения напряжения в трансформаторах появляются потери активной мощности в стали. В свою очередь, если понизить напряжение, мощность конденсаторной батареи уменьшается пропорционально квадрату напряжения.

2.1.2 Методы ограничения отклонения напряжения

Для того чтобы ограничить отклонения напряжения необходимо произвести регулирование напряжения. Регулирование напряжения - это такой процесс, при котором с помощью специальных методов и средств изменяются его значения.

Можно выделить некоторые методы регулирования напряжения:

- местное регулирование в распределительных сетях
- регулирование напряжения в центре питания

Выделяют два вида изменения коэффициента трансформации, зависящие от конструкции трансформатора: переключение без возбуждения (ПБВ) и регулирование под нагрузкой (РПН). Стоит отметить, что

трансформаторы, которые оборудованы устройством (РПН), имеют более высокую стоимость в сравнении с трансформаторами с ПБВ и применяются на трансформаторах класса напряжения 35 кВ и выше. В свою очередь трансформаторы с ПБВ используются на напряжении 6-10 кВ.

В трансформаторах с РПН диапазон регулирования составляет от $\pm 10\%$ до $\pm 16\%$ и ступени регулирования от 1,25 % до 2,6 %. Регулирование осуществляется ручным или автоматическим способом. Иногда допускается применение трансформаторов с РПН на напряжение 6-10 кВ при технологической необходимости производства (электротермические установки, электролиз). Переключение без возбуждения (ПБВ) обладает диапазоном регулирования $\pm 5\%$. По причине того, что процесс регулирования производится со снятой нагрузкой, то этот способ регулирования используется редко и в основном в сезонном изменении нагрузки (при переходе от зимнего на летний график нагрузки и наоборот).

Благодаря снижению активного сопротивления R и реактивного сопротивления элементов сети возможно уменьшение потерь при транспортировке электрической энергии, тем самым изменить величину напряжения. Изменение активного сопротивления реализуется за счет изменения сечения жил проводов, а также жил электрической сети. Изменение реактивного сопротивления достигается путем расщепления фаз проводов и применения продольной емкостной компенсации. Применение продольной компенсации снижает полное сопротивление линии ($X = X_L - X_C$), тем самым уменьшая потери напряжения. Возрастание токов короткого замыкания является последствием применения продольной компенсации.

Местное регулирование напряжения. Потребители электрической энергии имеют различные графики нагрузки, а также различную длину питающих линий, что в свою очередь приводит к отклонениям напряжения и несовпадениям регулирования напряжения. По этой причине используют регулирование отдельных точек сети. Такой способ носит название местное

регулирование. Здесь применяются управляемые источники реактивной мощности (конденсаторные батареи, синхронные двигатели) и устройства, которые создают добавку напряжения (стабилизаторы напряжения, линейные регуляторы).

Стоит отметить, что для коммунально-бытовой нагрузки, которая характеризуется значениями $\cos \varphi = 0,95 - 0,98$ установка конденсаторных батарей практически не эффективна.

Для создания дополнительной ЭДС в местном регулировании устанавливается вольтодобавочный трансформатор (ВДТ) [10]. Применение ВДТ обеспечивает регулирование напряжения в пределах $\pm 15\%$.

2.2 Колебания напряжения

Под колебаниями напряжения понимается серия недолгих перемен напряжения, которая вызвана подключением мощных нагрузок с резкопеременным графиком потребления мощности [13].

Резкое понижение значения нагрузки ведет за собой мгновенное изменение потерь напряжения в питающих линиях, и в итоге возникает резкое повышение напряжения. При мгновенном увеличении нагрузки следует увеличение потерь, следовательно, и резкое понижение напряжения в узле нагрузки.

Показателями качества электроэнергии, которые относятся к колебаниям напряжения, являются длительная и кратковременная доза фликера P_{lt} и P_{st} соответственно.

Для данных ПКЭ установлены следующие нормы:

- P_{st} – не выше 1,38;
- P_{lt} 1,0 [3].

Фликер (мерцание) – это свойство процесс восприимчивости человеком изменения светового потока, вызванного отклонением напряжения.

Доза фликера – это величина восприятия человеком мерцания за определенный интервал времени.

Размаха изменения напряжения можно посчитать, зная разность между наибольшим и наименьшим значениями напряжения за некоторый определенный интервал времени.

$$\delta U_t = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{U_n} \cdot 100\% \quad (2.1)$$

где $U_{\max}$ – максимальная величина действующего напряжения; $U_{\min}$ – минимальное значение действующего напряжения; U_n – номинальное фазное напряжение.

2.2.2 Средства и методы снижения колебания напряжения

Существуют различные методы снижения влияния резкопеременных нагрузок, которые вызывают колебания. Наиболее простым можно назвать питание электроприемников с резкопеременной нагрузкой источником питания, используя отдельные линии. Применяя сдвоенный реактор, возможно осуществить питание спокойной и резкопеременной нагрузки от единственного источника питания. В этом случае нагрузки подключаются к разным секциям реактора (рисунок 2.1).

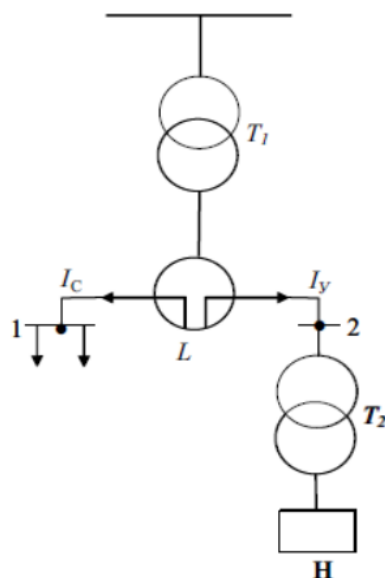


Рисунок 2.1 – Схема использования сдвоенного реактора

В сетях 6-10 кВ применяются силовые трансформаторы с расщепленными обмотками с целью разделения резкопеременных и спокойных нагрузок. Для этого на одну ветку обмотки низкого напряжения подключается резкопеременная нагрузка, а на другую спокойная нагрузка.

Активное сопротивление сети электроснабжения намного меньше реактивного. Поэтому величину колебания можно представить так:

$$\delta U = \pm \Delta Q / S_k$$

где S_k – мощность КЗ (МВА) в точке сети измерения ПКС, ΔQ – изменение реактивной мощности.

Из формулы видно, что величина колебания зависит от двух составляющих – мощности короткого замыкания сети и изменения реактивной мощности. Из этого следует, что резкопеременную нагрузку необходимо подключать к сети с наиболее мощной сетью КЗ.

Применение трансформаторов с расщепленной обмоткой позволяет распределить спокойную и резкопеременную нагрузки на выводы расщепленной обмотки (рисунок 2.2)

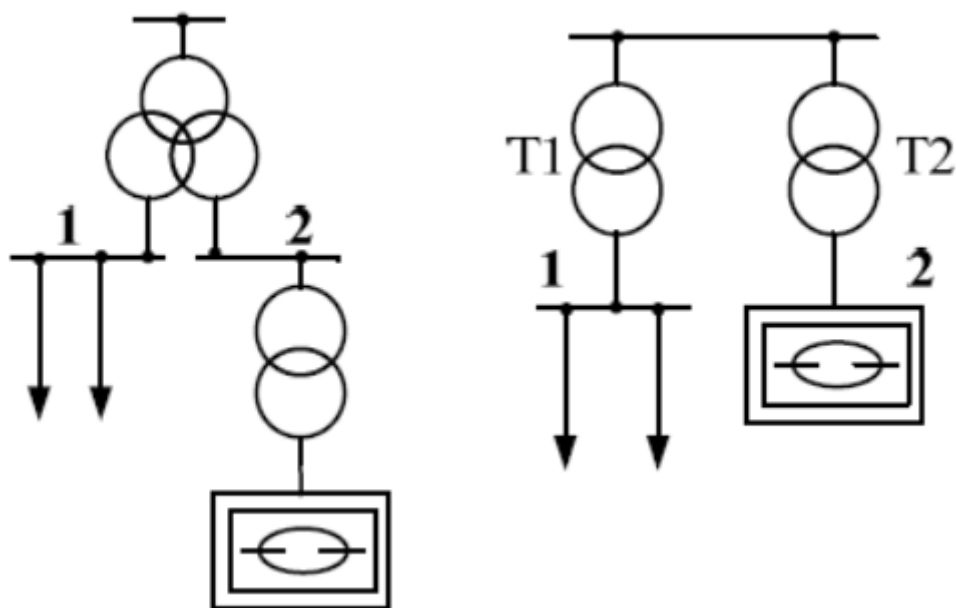


Рисунок 2.2 – Разделение нагрузки с помощью трансформатора с расщеплёнными обмотками и отдельного трансформатора

2.3 Несинусоидальные режимы

С ростом современных технологий и внедрения новых технологий на предприятиях все больше применяют такие устройства как: сварочные установки однофазные и трехфазные, электродуговые печи, вентильные преобразователи, электронные и электромагнитные балласты систем освещения и другие устройства, которые имеют нелинейные вольтамперные характеристики. К устройствам, имеющим нелинейную вольтамперную характеристику, относятся магнитные усилители, силовые трансформаторы и газоразрядные лампы.

Искажение кривой переменного тока (несинусоидальность напряжения) – изменение формы кривой переменного напряжения (рисунок 2.3) [4].



Рисунок 2.3 – Несинусоидальность напряжения

Кривые напряжения в трехфазной системе сдвинуты на треть периода относительно друг друга. Гармоники можно классифицировать: по порядку, частоте и типу последовательности.

В РФ частота в сети 50 Гц. Порядок гармоники показывает значение, которое характеризует, во сколько раз частота гармоники превышает основную частоту. Порядок гармоники определяется отношением частоты гармоники к основной частоте.

$$n = \frac{f_n}{f_{50}} \quad (2.2)$$

Частоту гармоники можно вычислить, умножив порядок гармоники на значение основной частоты.

Нечетные гармоники встречаются во всех видах производства. В свою очередь четные гармоники встречаются в несимметричных сетях.

По степени влияния на электрическую сеть гармоники прямой и обратной последовательности не имеют различий. Они оказывают негативный эффект, независимо от типа последовательности.

Несинусоидальность напряжения можно охарактеризовать коэффициентом n -й гармонической составляющей напряжения $K_{U(n)}$ и коэффициентом искажения синусоидальности кривой напряжения K_U .

Гармонические составляющие напряжения могут вызвать резонанс в установках. При этом ток или напряжение на высшей гармонике превосходит ток или напряжение на основной. Возникают последствия в виде дополнительного нагрева или пробоя изоляции, вызванные резонансом токов или напряжений.

Коэффициент искажения синусоидальности n -й гармонической составляющей рассчитывается по следующей формуле:

$$K_{U(n)} = \frac{U_{(n)}}{U_{(n)}} \cdot 100\% \quad (2.3)$$

Нормально допустимые значения коэффициента n -й гармонической составляющей напряжения представлены в таблице 2.3 [3].

Таблица 2.3 – Нормально допустимые значения коэффициентов

Нечётные гармоники, не кратные 3, при U_H , кВ			Нечётные гармоники, кратные 3, при U_H , кВ			Чётные гармоники при U_H , кВ		
п	0,4-1,0	6-20	п	0,4-1,0	6-20	п	0,4-1,0	6-20
5	6,0	4,0	3	5,0	3,0	2	2,0	1,5
7	5,0	3,0	9	1,5	1,0	4	1,0	0,7
11	3,5	2,0	15	0,3	0,3	6	0,5	0,3

13	3,0	2,0	21	0,2	0,2	8	0,5	0,3
17	2,0	1,5	>21	0,2	0,2	10	0,5	0,3
19	1,5	1,0				12	0,2	0,2
23	1,5	1,0				>12	0,2	0,2
25	1,5	1,0						
>25	0,2+	0,2+						
	+1,3×	+0,8×						
	×25/n	×25/n						

Стоит отметить, что в системах электроснабжения помимо несинусоидальности напряжения можно встретить несинусоидальность токов. Коэффициенты несинусоидальности токов определяются идентично коэффициентам напряжения.

2.3.1 Высшие гармоники в системах электроснабжения

Высшие гармоники тока или напряжения негативно влияют на системы электроснабжения. При их возникновении возрастает действующее значение тока или напряжения. Это влечет за собой нагрев и ускоренный износ электроустановок и изоляции проводов. Дополнительные потери во вращающихся машинах, вызванные высшими гармониками, приводят к перегреву в отдельных частях машины. Вибрации, вызванные вращающимися моментами на валу, появляются по причине движущей силы, возникающей за счет токов гармоник в статоре.

Несинусоидальные токи или напряжения имеют за собой последствия:

- преждевременное старение изоляции кабелей, электрических машин, трансформаторов;
- изменение коэффициента мощности электроприемников;

- возникновение моментов и электромагнитных полей в асинхронных двигателях, которые ухудшают характеристики машины;
- нарушения в работе компьютерной техники, устройств телемеханики и автоматики;
- ошибки в учете электроэнергии, вызванные погрешностью прибора учета;
- потери мощности в трансформаторах;
- дополнительные потери в конденсаторных установках, приводящие к перегреву и выходу из строя;

2.3.2 Методы понижения уровня гармоник

С целью снижения несинусоидальности напряжения в электроустановках применяются следующие методы и средства, которые делятся на три группы:

- 1) схемные решения
 - питание нелинейных нагрузок от различных трансформаторов или подключение нелинейной нагрузки к отдельным обмоткам трансформатора;
 - группировка преобразователей по схеме умножения фаз;
 - подключение нагрузки к системе, имеющей большую мощность.
- 2) использование фильтров высших гармоник (фильтрокомпенсирующие устройства, источники реактивной мощности)
- 3) применение оборудования, которое характеризуется пониженным уровнем выработки высших гармоник

2.4 Несимметрия в системах электроснабжения

Несимметрия является одним из самых важных показателей качества электрической энергии. Несимметричным режимом называют такой режим работы трехфазной системы, в котором фазные токи или напряжения не

образуют симметричную систему[4]. Такой режим является причиной возникновения несимметрии токов и напряжений.

Появление несимметрии в системах электроснабжения возможно следующими способами:

- несимметрия, которая обусловлена несимметрией электрической сети. Ее также называют продольной;
- несимметрия, образующаяся при подключении к трехфазной сети несимметричных нагрузок. Иначе ее называют поперечной.

Напряжения при несимметрии раскладывают на прямую, обратную и нулевую последовательности (рисунок 2.4).

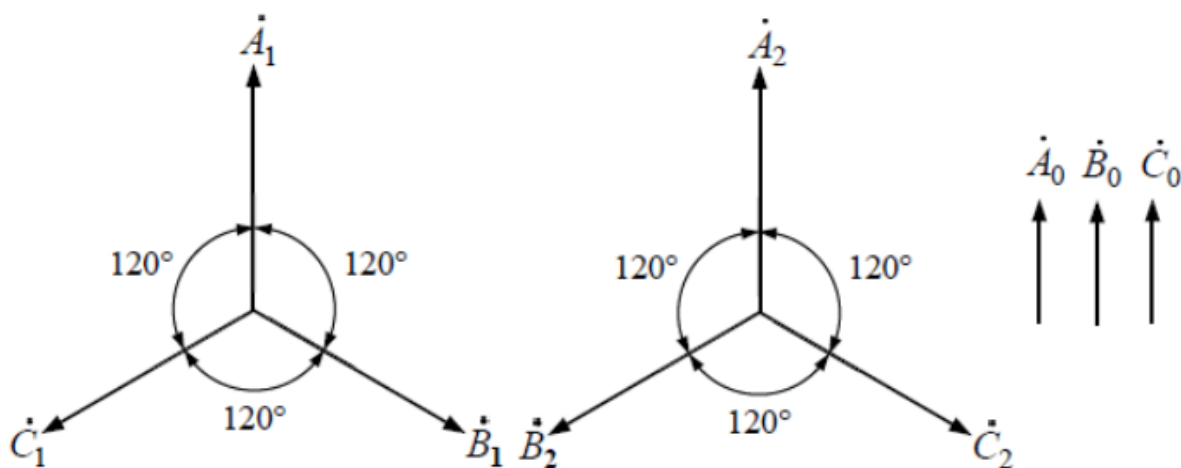


Рисунок 2.4 – Схема прямой, обратной и нулевой последовательности

Несимметрия характеризуется коэффициентом несимметрии напряжения по нулевой последовательности K_{0U} и коэффициентом несимметрии по обратной последовательности K_{2U} .

Допустимые значения несимметрии по обратной и нулевой последовательности установлены в ГОСТ 32144-2013 [4]

2.4.1 Влияние несимметричных нагрузок на работу электрооборудования

Несимметрия оказывает существенное влияние как на сети электроснабжения, так и на электроприемники.

Излишний нагрев ротора и статора асинхронной машины, происходящий за счет наложения тока прямой и обратной последовательности, может привести к быстрому старению изоляции. Дополнительные потери электроэнергии возникают по причине нагрева различных частей машины.

Токи нулевой последовательности могут искажать низкочастотные сигналы, что в свою очередь влияет на устройства телемеханики и автоматики.

Конденсаторные батареи, подключенные к электрической сети с несимметричным напряжением, усиливают несимметрию сети

2.4.2 Понижение несимметрии напряжений

Наиболее эффективным способом борьбы с несимметрией можно считать равномерное распределение нагрузок по фазам, за счет чего коэффициент несимметрии достигает допустимых значений. Такой метод не всегда срабатывает эффективно. В таких случаях находят применение специальные симметрирующие устройства.

С помощью управляемых (неуправляемых) симметрирующих устройств можно снизить уровень несимметрии.

Выделяется индивидуальный, комбинированный и групповой способы симметрирования.

Использование несимметричной батареи конденсаторов (рисунок 2.5) позволяет произвести симметрирование несимметричных нагрузок с низким коэффициентом мощности. После применения данной схемы возможна компенсация несимметрии реактивных составляющих токов. Стоит отметить, что активные составляющие токов не изменяются.

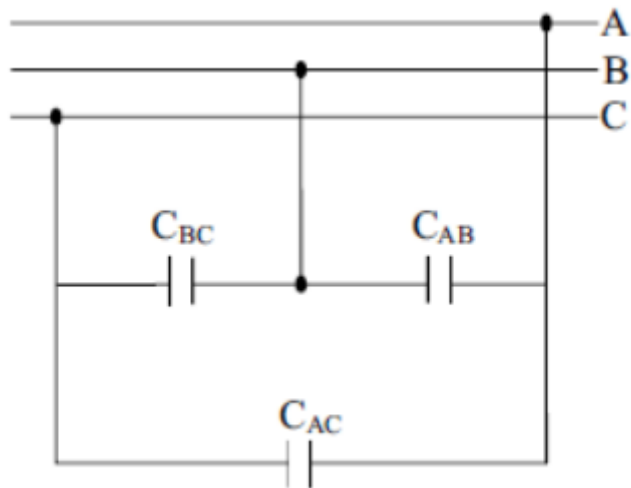


Рисунок 2.5 – Схема симметрирования напряжения с помощью батареи конденсаторов

Несимметрию загрузки одной фазы можно устранить с помощью применения индуктивно-емкостных симметрирующих устройств. Схема Штейменса является наиболее известной (рисунок 2.6).

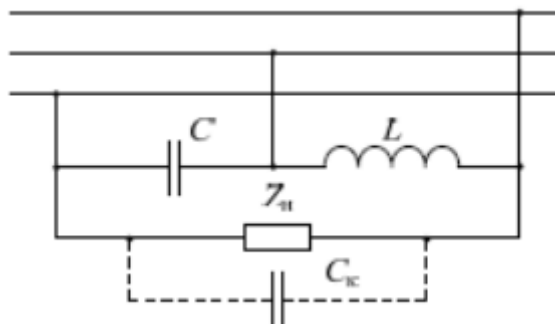


Рисунок 2.6 – Схема Штейменса

В случае активной нагрузки ($Z_n = R_n$) полное симметрирование возможно при условии:

$$Q_1 = Q_c = \frac{P}{\sqrt{3}} \quad (2.4)$$

Если нагрузка имеет индуктивную составляющую, то компенсирование можно осуществить путем подключения емкости параллельно нагрузке (пунктир на рисунке 2.6).

На рисунке 2.7 изображена векторная диаграмма схемы симметрирования однофазной нагрузки.

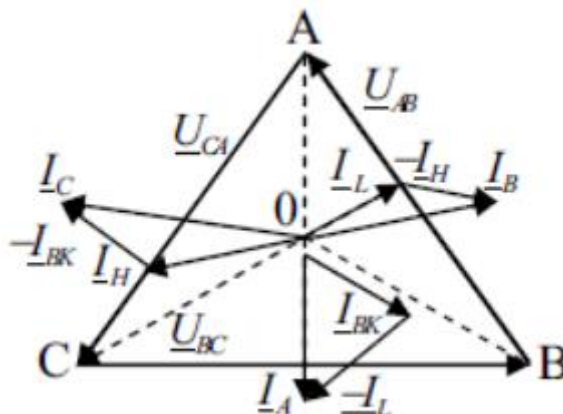


Рисунок 2.7 – Векторная диаграмма схемы симметрирования однофазной нагрузки

На рисунке 2.8 изображен пример преобразования фаз, используя трансформатор (схема Скотта).

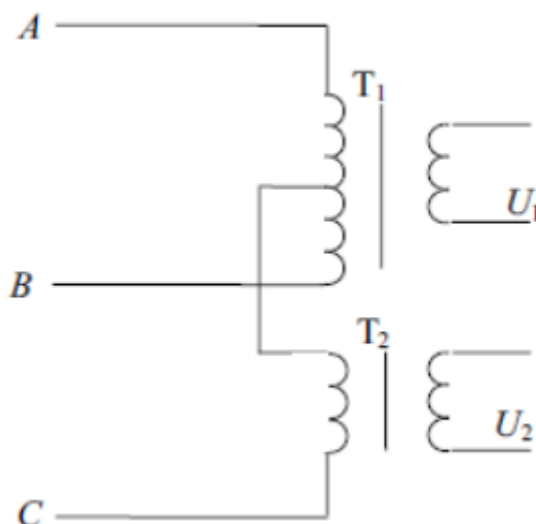


Рисунок 2.8 – Схема Скотта

Схема включает в себя из два трансформатора и формирует двухфазную систему напряжения. Симметрия трехфазной системы питающей сети обеспечивается за счет равномерной загрузки вторичных обмоток трансформаторов.

В случае использования схемы выпрямительно-инверторного преобразователя (рисунок 2.9), возможно выполнение преобразователя числа фаз. В данном случае схема преобразовывает трехфазное напряжение в постоянное с равномерной загрузкой фаз сети.

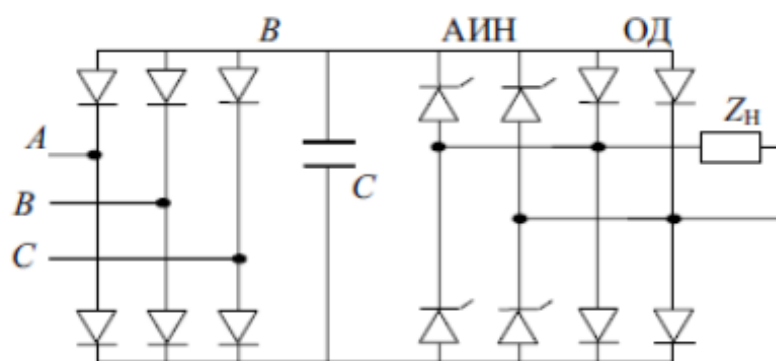


Рисунок 2.9 – Схема вентильного преобразователя

2.5 Анализ качества электрической энергии ООО «Томлесдрев»

Организация измерения качества электроэнергии и анализ полученных данных является одним из мероприятий по повышению электросбережения.

Сбор данных по показателям качества электрической энергии был совершен на предприятии ООО «Томлесдрев» и проводился согласно требованиям к проведению измерений показателей качества электроэнергии ГОСТ 33073-2014 [4] с учетом требований к средствам измерений и измерениям ГОСТ 30804.4.30-2013 [5].

Оценка ПКЭ проводилась на трех ТП системы электроснабжения 10-0,4 кВ. Получение результатов и анализ качества проводился с помощью дистрибутива CIRCUTOR.

2.5.1 Результаты измерения

Отклонение частоты. Номинальное значение частоты напряжения электропитания в электрической сети равно 50 Гц. Для КЭ установлены следующие нормы: отклонение частоты в синхронизированных системах электроснабжения не должно превышать $\pm 0,2$ Гц в течение 95 % времени интервала в одну неделю и $\pm 0,4$ Гц в течение 100 % времени интервала в одну неделю.

На рисунке 2.10 показано, что на ТП-5 частота напряжения в течение времени измерения не изменялась.

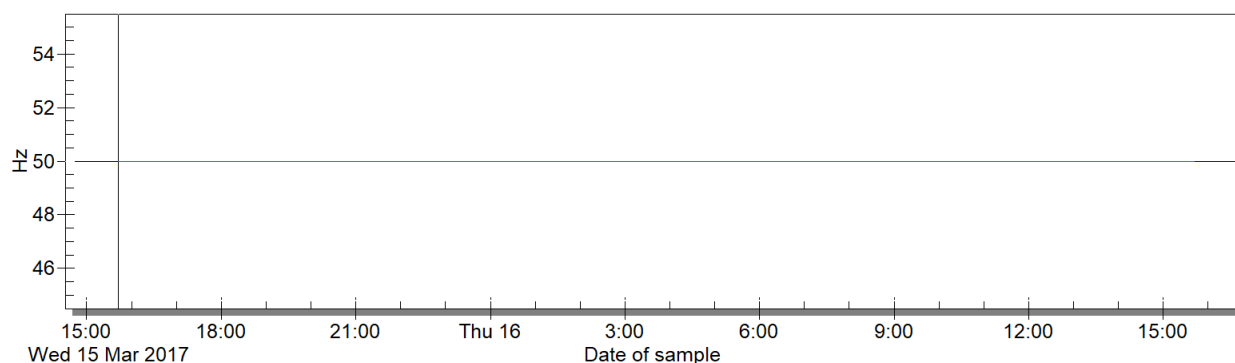


Рисунок 2.10 – график изменения частоты ТП-5

В ходе измерения частоты на ТП-6 было обнаружено снижение частоты до уровня 49,9 Гц (рисунок 2.11). Такое отклонение находится в пределах нормы.

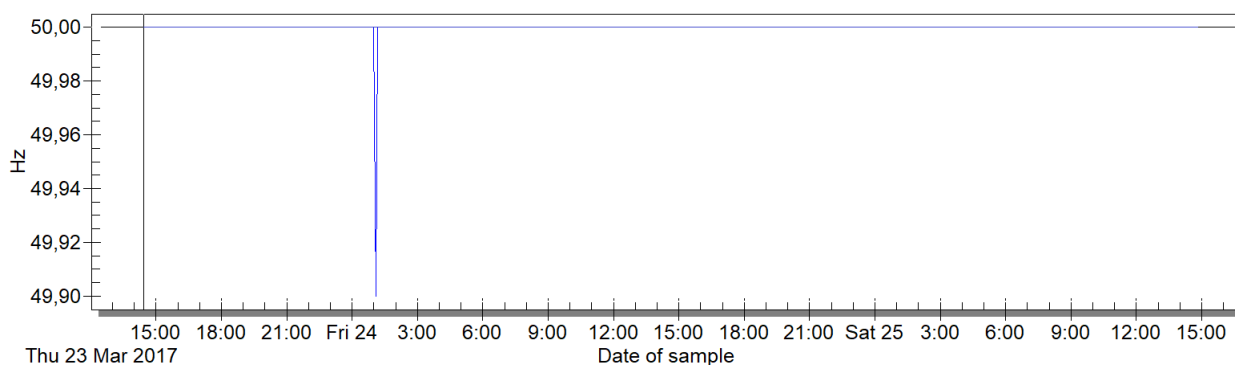


Рисунок 2.11 – график изменения частоты ТП-6

На ТП-7 были получены аналогичные результаты, как и на ТП-5.

Отклонения частоты в исследуемом предприятии находятся в пределах нормы.

Отклонения напряжения. Отклонение напряжение определяется с помощью показателя установившегося отклонения напряжения в соответствии с установленными нормами и составляет $\pm 10\%$ от номинального напряжения электрической сети согласно ГОСТ 32144-2013 [3].

В результате анализа было установлено, что отклонения напряжения по трем фазам на ТП-5, ТП-6 и ТП-7 (рисунки 2.12, 2.13, 2.14) соответствуют установленным нормативам. Имеющиеся изменения напряжения не превышают значение 10% от номинального.

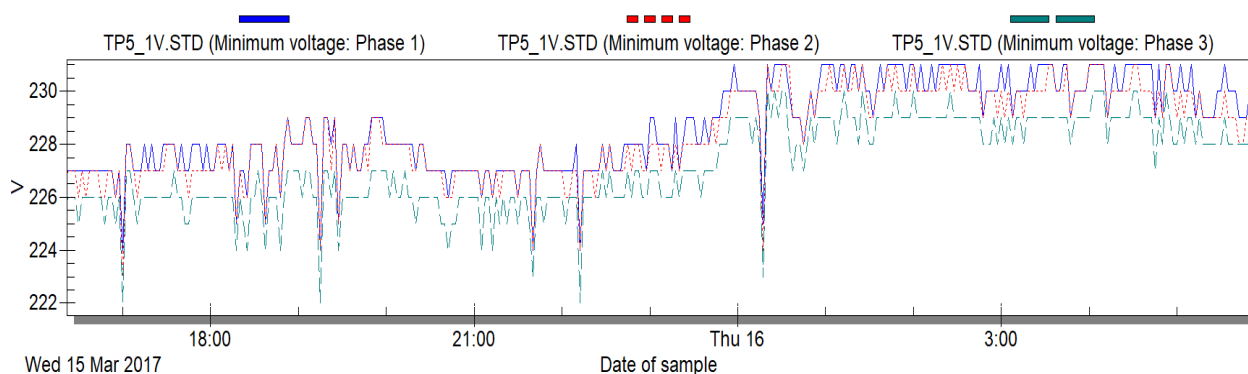


Рисунок 2.12 – График фазного отклонения напряжения на ТП-5

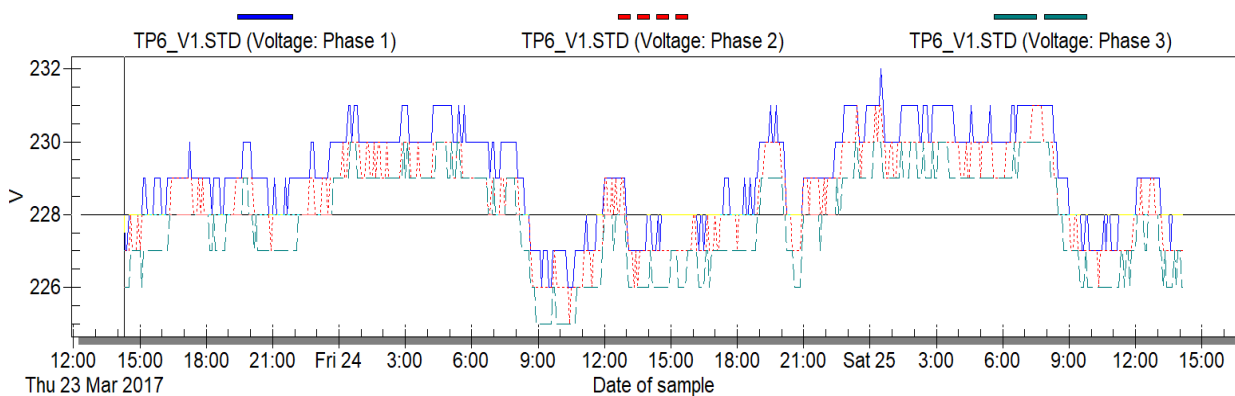


Рисунок 2.13 – График фазного отклонения напряжения на ТП-6

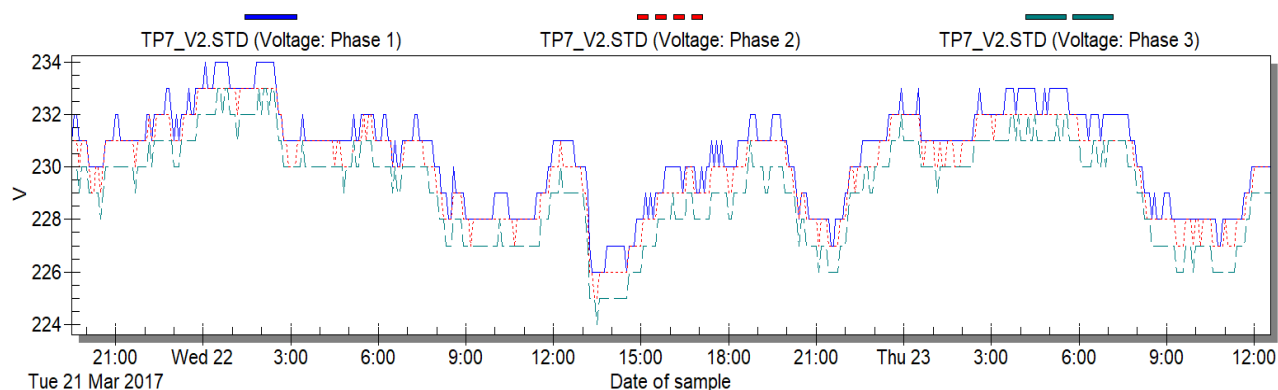


Рисунок 2.14 – График фазного отклонения напряжения на ТП-7

Несинусоидальность напряжения. Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения K_u согласно ГОСТ 32144-2013 [3] должен находиться в пределах 8-12%. В результате анализа значений коэффициента искажения на всех исследуемых ТП (рисунки 2.15, 2.16, 2.17) были выявлены многочисленные отклонения от нормы. Следует сделать вывод о том, что к сети необходимо применить меры по устранению недопустимой несимметрии.

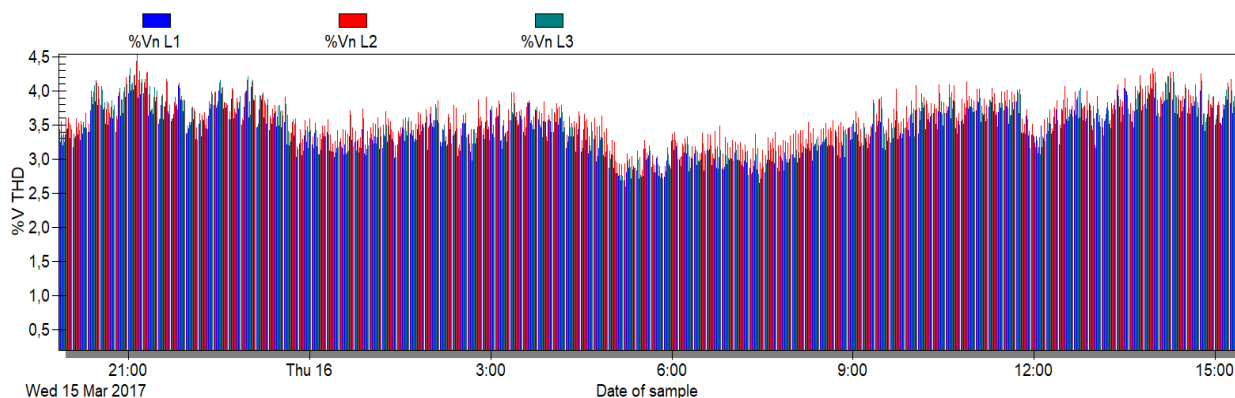


Рисунок 2.15 – График коэффициентов несимметрии напряжений на ТП-5

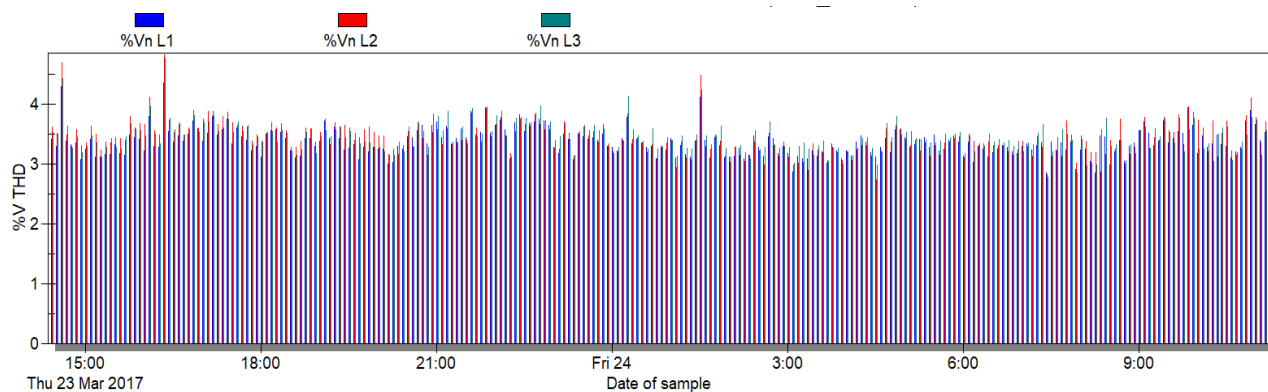


Рисунок 2.16 – График коэффициентов несимметрии напряжений на ТП-6

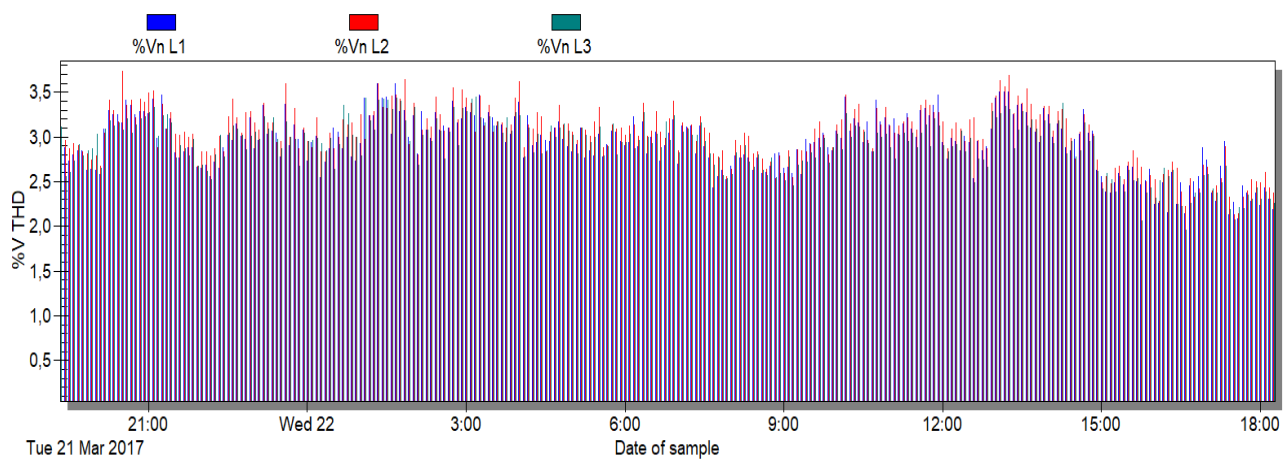


Рисунок 2.17 – График коэффициентов несимметрии напряжений на ТП-7

В результате анализа значений коэффициентов гармонических составляющих напряжения на ТП-5 (рисунок 2.18) значение $K_{u(24)}$ превышает нормативы.

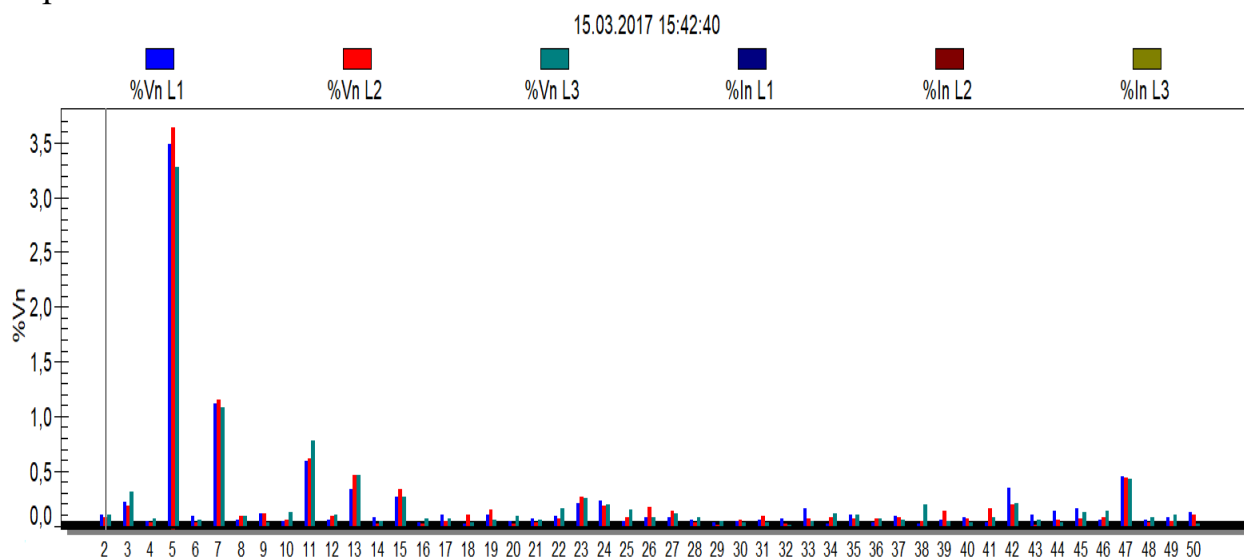


Рисунок 2.18 – График коэффициентов n -х гармонических составляющих напряжения фаз на ТП-5

Для ТП-6 (рисунок 2.19) также значения $K_{u(15)}$ и $K_{u(20)}$ не соответствуют нормам. Наблюдается превышение установленных ГОСТ 32144-2013 значений.

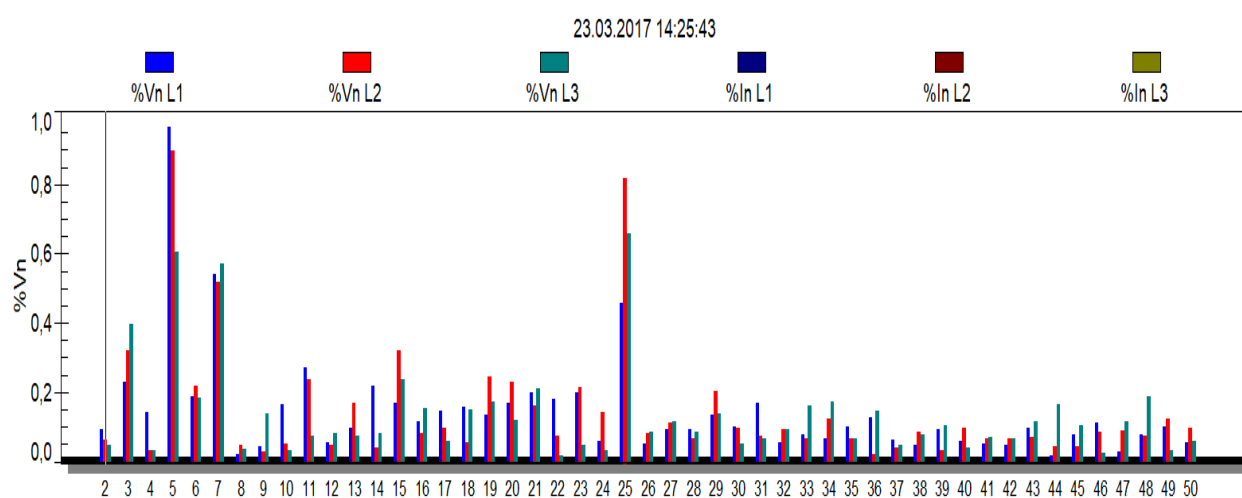


Рисунок 2.19 – График коэффициентов n -х гармонических составляющих напряжения фаз на ТП-6

На ТП-7 (рисунок 2.20) нормам не соответствуют следующие коэффициенты: $K_{u(24)}$, $K_{u(39)}$.

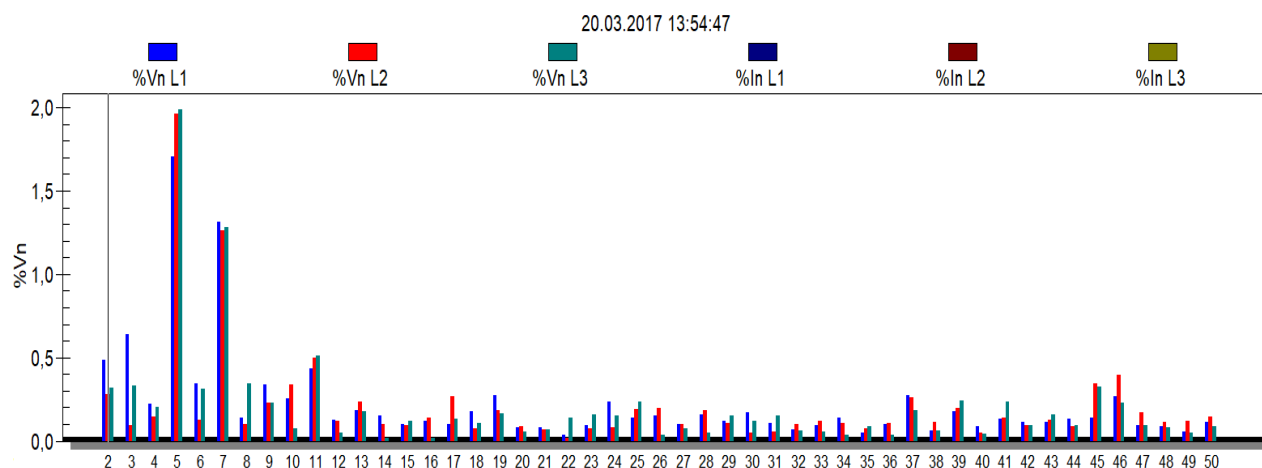


Рисунок 2.20 – График коэффициентов n -х гармонических составляющих напряжения фаз на ТП-7

Полученные данные занесены в таблицу 2.4 совместно со значениями, установленными ГОСТ 32144-2013.

Таблица 2.4 – Показатели качества электроэнергии ООО «Томлесдрев»

Наименование ПКЭ и его обозначения по ГОСТ 32144-2013	Нормативное значение	Результат измерения		
		ТП-5	ТП-6	ТП-7
Отклонение частоты – Δf , Гц	50,00 Гц $\pm$ 0,40 Гц	50 Гц	49,90 Гц	50 Гц
Установившееся отклонение напряжения – δU_y , %	± 10	232 В	232 В	234 В
Коэффициент искажения синусоидальной кривой напряжения – K_u , %	8÷12	3÷4,5 %	3÷4,7 %	2,1÷3,7 %

Коэффициент гармонической составляющей напряжения $K_u(n)$, %	n -й	$K_{u(15)} = 0,2 \%$	$K_{u(24)} = 0,23 \%$	$K_{u(15)} = 0,32 \%$	$K_{u(24)} = 0,24 \%$
		$K_{u(20)} = 0,2 \%$		$K_{u(20)} = 0,23 \%$	$K_{u(39)} = 0,24 \%$
		$K_{u(24)} = 0,2 \%$			
	–	$K_{u(39)} = 0,2 \%$			

После проведения исследования можно сделать о том, что главной проблемой электроснабжения в ООО «Томлесдрев» является несимметрия нагрузок, которая может повлечь преждевременный выход из строя оборудования на 25–30% раньше установленного срока. Для ее устранения рекомендуется провести равномерное распределение нагрузки по фазам. В случае, если это сделать невозможно, или не был достигнут необходимый эффект, рекомендуется заменить установленные трансформаторы на трехфазные масляные с симметрирующим устройством.

2.6 Исследование влияния асинхронного двигателя на просадку напряжения в сети

2.6.1 Выбор и расчет дополнительных параметров двигателя

В качестве исследуемого двигателя выбрана модель АИР355МВ6 за счет широкого применения в различных областях, где необходим непрерывный характер, а также простоты конструкции и высокой ремонтпригодности. В таблице 2.5 приведены технические характеристики двигателя.

Таблица 2.5 – Технические характеристики двигателя АИР355МВ6

Тип	$P_{дв}$, кВт	n_n , об/мин	η_n , %	$\cos \varphi$, о.е.	K_i , о.е.	K_p , о.е.	K_{max} , о.е.	J , кг·м ²	S_n , о.е.
АИР355МВ6	250	990	95	0,88	6,7	1,9	2	12,4	0,03

Синхронная угловая скорость вращения двигателя:

$$\omega_0 = \frac{\pi \cdot n_6}{30} = \frac{3,14 \cdot 990}{30} = 104,72 \text{ рад/с.} \quad (2.5)$$

Номинальная угловая скорость:

$$\omega_{\text{дв.н}} = (1 - s_n) \cdot \omega_n = (1 - 0,003) \cdot 104,72 = 101,578 \text{ рад/с.} \quad (2.7)$$

Номинальный момент двигателя:

$$M_{\text{дв.н}} = \frac{P_{\text{дв.н}}}{\omega_{\text{дв.н}}} = \frac{250000}{101,578} = 2461 \text{ Н·м} \quad (2.8)$$

Номинальный фазный ток:

$$I_{1\text{фн}} = \frac{P_{\text{дв.н}}}{3 \cdot U_{1\text{фн}} \cdot \cos \varphi_n \cdot \eta_n} = \frac{250000}{3 \cdot 220 \cdot 0,88 \cdot 0,95} = 453,096 \text{ А.} \quad (2.9)$$

Коэффициент мощности при частичной нагрузке:

$$\cos \varphi_{p*} = 0,975 \cdot \cos \varphi_n = 0,975 \cdot 0,88 = 0,858 \text{ о.е.;} \quad (2.10)$$

Тогда ток статора двигателя при частичной нагрузке равен:

$$I_{11} = \frac{p_* \cdot P_n}{3 \cdot U_{1\text{ф}} \cdot \cos \varphi_{p*} \cdot \eta_n} = \frac{0,75 \cdot 250000}{3 \cdot 220 \cdot 0,858 \cdot 0,95} = 348,535 \text{ А;} \quad (2.11)$$

Ток холостого хода асинхронного двигателя:

$$I_0 = \sqrt{\frac{I_{11}^2 - \left[\frac{p_* \cdot I_{1\text{н}} (1 - s_n)}{(1 - p_* \cdot s_n)} \right]^2}{1 - \left[\frac{p_* \cdot (1 - s_n)}{(1 - p_* \cdot s_n)} \right]^2}} = \quad (2.12)$$

$$= \sqrt{\frac{348,535^2 - \left[\frac{0,75 \cdot 453,096 \cdot (1 - 0,03)}{(1 - 0,75 \cdot 0,03)} \right]^2}{1 - \left[\frac{0,75 \cdot (1 - 0,03)}{(1 - 0,75 \cdot 0,03)} \right]^2}} = 131,918 \text{ А;}$$

Из формулы Клосса следует соотношение для расчета критического скольжения:

$$s_{кр} = s_H \cdot \frac{k_{max} + \sqrt{k_{max}^2 - [1 - 2 \cdot s_H \cdot \beta \cdot (k_{max} - 1)]}}{1 - 2 \cdot s_H \cdot \beta \cdot (k_{max} - 1)} =$$

$$= 0,03 \cdot \frac{2 + \sqrt{2^2 - [1 - 2 \cdot 0,03 \cdot 1 \cdot (2 - 1)]}}{1 - 2 \cdot 0,03 \cdot 1 \cdot (2 - 1)} = 0,12 \text{ о.е.}, \quad (2.13)$$

где в первом приближении коэффициент $\beta = 1$.

Для расчёта активных и индуктивных сопротивлений обмоток статора и ротора определяются следующие коэффициенты:

$$C_1 = 1 + \frac{I_0}{2 \cdot k_i \cdot I_{1H}} = 1 + \frac{131,918}{2 \cdot 6,7 \cdot 453,096} = 1,022; \quad (2.14)$$

$$A_1 = \frac{m \cdot U_{1\phi}^2 \cdot (1 - s_H)}{2 \cdot C_1 \cdot k_{max} \cdot P_H} = \frac{3 \cdot 220^2 \cdot (1 - 0,03)}{2 \cdot 1,022 \cdot 2 \cdot 250000} = 0,138; \quad (2.15)$$

Активное сопротивление ротора, приведенное к обмотке статора асинхронного двигателя:

$$R_2' = \frac{A_1}{(\beta + 1/s_{кр}) \cdot C_1} = \frac{0,138}{\left(1 + \frac{1}{0,12}\right) \cdot 1,022} = 0,014 \text{ Ом}; \quad (2.16)$$

Активное сопротивление обмотки статора определяется по следующему выражению:

$$R_1 = C_1 \cdot R_2' \cdot \beta = 1,022 \cdot 0,014 \cdot 1 = 0,015 \text{ Ом}; \quad (2.17)$$

Параметр γ , для определения сопротивления короткого замыкания:

$$\gamma = \sqrt{(1/s_{кр}^2) - \beta^2} = \sqrt{(1/0,12^2) - 1^2} = 8,297; \quad (2.18)$$

$$X_k = \gamma \cdot C_1 \cdot R_2' = 8,297 \cdot 1,022 \cdot 0,014 = 0,122 \text{ Ом}; \quad (2.19)$$

Тогда, индуктивное сопротивление обмотки ротора, приведенное к обмотке статора, приближённо может быть рассчитано:

$$X_2' = 0,58 \cdot X_k / C_1 = 0,58 \cdot 0,122 / 1,022 = 0,069 \text{ Ом}; \quad (2.20)$$

Индуктивное сопротивление обмотки статора:

$$X_1 = 0,42 \cdot X_k = 0,42 \cdot 0,122 = 0,051 \text{ Ом}; \quad (2.21)$$

Индуктивное сопротивление цепи намагничивания определяется через значение ЭДС обмотки статора:

$$\begin{aligned} E_1 &= \sqrt{(U_{1H} \cdot \cos \varphi_{1H} - R_1 \cdot I_{1H})^2 + (U_{1H} \cdot \sqrt{1 - \cos^2 \varphi_{1H}} + X_1 \cdot I_{1H})^2} = \\ &= \sqrt{(220 \cdot 0,88 - 0,015 \cdot 453,096)^2 + (220 \cdot \sqrt{1 - 0,88^2} + 0,051 \cdot 453,096)^2} = 203,813 \text{ В}. \end{aligned} \quad (2.22)$$

Индуктивное сопротивление намагничивания:

$$X_m = \frac{E_1}{I_0} = \frac{203,813}{131,918} = 1,545 \text{ Ом} \quad (2.23)$$

Индуктивность обмотки статора, обусловленная потоками рассеяния:

$$L_{1\delta} = \frac{X_1}{2 \cdot \pi \cdot f_{1H}} = \frac{0,051}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} = 0,0001635 \text{ Гн}. \quad (2.24)$$

Приведенная индуктивность обмотки ротора, обусловленная потоками рассеяния:

$$L'_{2\delta} = \frac{X'_2}{2 \cdot \pi \cdot f_{1H}} = \frac{0,069}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} = 0,000221 \text{ Гн}. \quad (2.25)$$

Результирующая индуктивность, обусловленная магнитным потоком в воздушном зазоре, создаваемым суммарным действием полюсов статора (индуктивность контура намагничивания):

$$L_\mu = \frac{X_\mu}{2 \cdot \pi \cdot f_{1H}} = \frac{1,545}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} = 0,00492 \text{ Гн}. \quad (2.26)$$

Найденные параметры схемы замещения электродвигателя сведены в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Параметры схемы замещения электродвигателя

$R_1, \text{Ом}$	$X_{1\delta}, \text{Ом}$	$L_{1\delta}, \text{Гн}$	$X_\mu, \text{Ом}$	$L_\mu, \text{Гн}$	$R'_2, \text{Ом}$	$X_{2\delta}, \text{Ом}$	$L_{2\delta}, \text{Гн}$	$X_{кн}, \text{Ом}$
0,015	0,051	0,00016	1,545	0,0049	0,014	0,069	0,00022	0,122

2.6.2 Моделирование и снятие просадки напряжения в Matlab

На рисунке 2.21 представлена схема прямого пуска асинхронного двигателя при включении на линейное напряжение (380 В), созданная с помощью Simulink в программе Matlab.

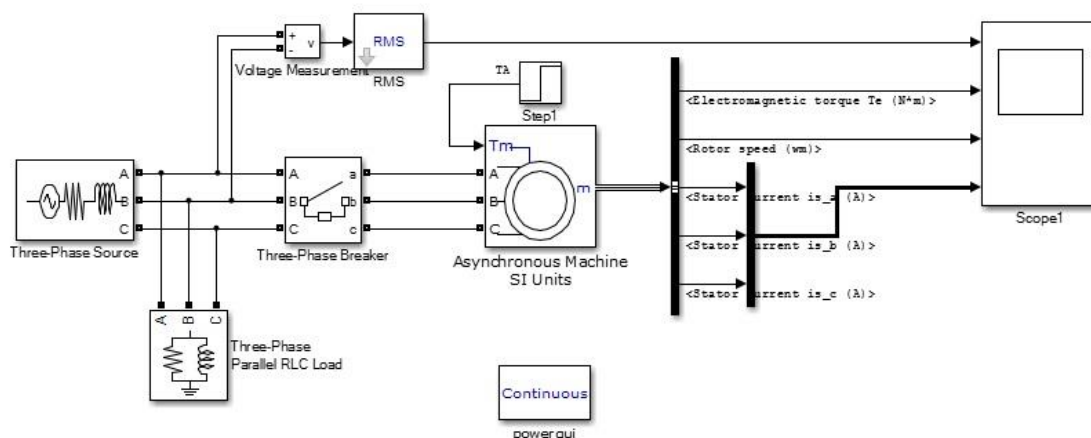


Рисунок 2.21 – Схема прямого пуска асинхронного двигателя

Время моделирования выбрано 2 с. Напряжение на двигатель подается за счет размыкания ключа Three-Phase Breaker. Время размыкания составляет 0,5 с от начала моделирования. После подачи напряжения ротор двигателя начинается раскручиваться (рисунок 2.22), вследствие этого образуется просадка напряжения величиной $\delta U_y = 9,7\%$, которая принимает номинальное значение спустя 1,2 с после пуска двигателя.

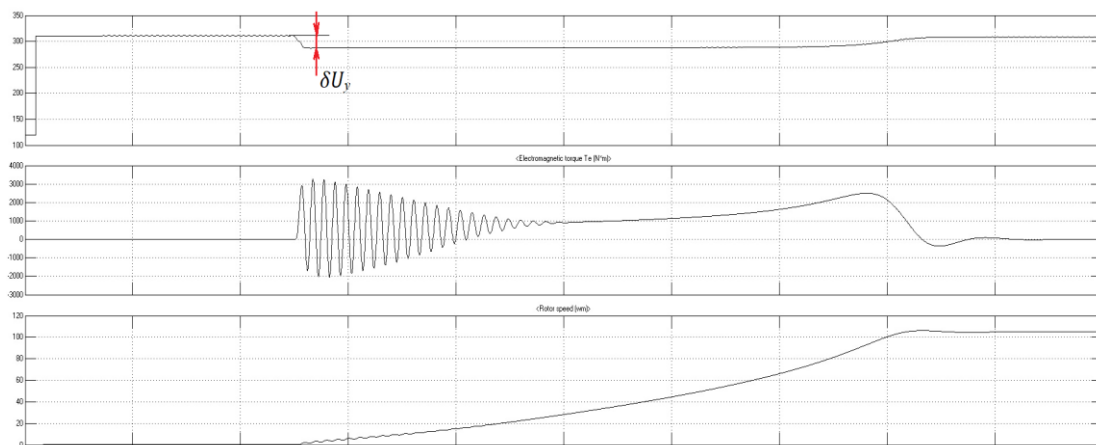


Рисунок 2.22 – Прямой пуск асинхронного двигателя

По снятым характеристикам можно сделать вывод о том, что прямой пуск двигателя АИР355МВ6 не вызывает огромных просадок напряжения. Значение $\delta U_y = 9,7\%$ находится в пределах нормы.

Раздел 3 Надежность электроснабжения

3.1 Основные показатели надежности электроснабжения

Надежность – это свойство объекта сохранять со временем параметры, характеризующие выполнение требуемых функций в определенных режимах.

Надежность объекта определяется безотказностью, долговечностью, ремонтпригодностью и сохраняемостью.

Работоспособность – состояние, при котором все параметры, необходимые для выполнения поставленных задач, соответствуют требованиям документации. Предельным называется состояние, при котором дальнейшее использование оборудования, устройств или систем электроснабжения невозможно или нецелесообразно.

Наиболее важными показателями надежности восстанавливаемых систем являются:

- 1) Средняя наработка между отказами T_o
- 2) Среднее время восстановления работоспособного состояния T_ϵ
- 3) Параметр потока отказов за заданный промежуток времени

$$\omega(t) = \frac{d\Omega(t)}{dt} \quad (2.27)$$

Где $\Omega(t)$ – математическое ожидание числа отказов за время t ; эта величина, а также величина $\omega(t)$ зависят от времени нахождения объекта в эксплуатации и увеличиваются с приближением предельного состояния. С достаточной для практики точностью считают, что в системах электроснабжения, где оборудование характеризуется относительно большим сроком службы (20 лет и более).

$$\omega(t) \approx \omega = const. \quad (2.28)$$

В таком случае приближенно принимают

$$\omega \approx \frac{1}{T_o}. \quad (2.29)$$

- 4) Коэффициент готовности

$$K_z = \frac{T_o}{T_o + T_\epsilon}; \quad (2.30)$$

5) Коэффициент вынужденного простоя

$$K_{\epsilon.n} = \frac{T_{\epsilon}}{T_o + T_{\epsilon}} = 1 - K_{\epsilon}; \quad (2.31)$$

6) Вероятность безотказной работы в течение заданного времени t

$$P(t) = e^{-\omega t} \approx e^{-\frac{t}{T_o}}; \quad (2.32)$$

7) Вероятность N отказов за время t

$$Q(N, t) = \frac{P(t)(\omega t)^N}{N!}; \quad (2.33)$$

таким образом, вероятность только одного отказа

$$Q(1, t) = P(t)\omega t; \quad (2.34)$$

Вероятность двух отказов

$$Q(2, t) = \frac{1}{2} P(t)(\omega t)^2; \quad (2.35)$$

Полная вероятность отказов

$$Q(t) = 1 - P(t). \quad (2.36)$$

Система электроснабжения состоит из многих звеньев, часть из которых взаимно зависима (отключение одного из них приводит к прекращению работы остальных), а часть может взаимно резервировать друг друга.

Параметр потока отказов цепочки из m взаимно зависимых элементов с параметрами ω_i равен сумме

$$\omega = \sum_{i=1}^m \omega_i, \quad (2.37)$$

откуда следует, что

$$P(t) = \sum_{i=1}^m P_i(t). \quad (2.38)$$

Коэффициент готовности

$$K_z = \sum_{i=1}^m K_{zi} . \quad (2.39)$$

Среднее время восстановления работоспособного состояния

$$T_{\varepsilon} = \left(\frac{1}{K_z} - 1\right) T_o = \frac{1}{\omega} \left(\frac{1}{K_z} - 1\right) . \quad (2.40)$$

При взаимном резервировании n элементов или цепей

$$T_{\varepsilon} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{T_{\varepsilon i}}} ; \quad (2.41)$$

$$K_{\varepsilon.n.} = \sum_{i=1}^n K_{\varepsilon.n.i} ; \quad (2.42)$$

$$Q(t) = \sum_{i=1}^n Q_i(t) , \quad (2.43)$$

откуда

$$T_o = \left(\frac{1}{K_{\varepsilon.n.}} - 1\right) T_{\varepsilon} . \quad (2.44)$$

Относительно малые значения параметров потока отказов элементов системы электроснабжения приводят к тому, что применение уже двух взаимно резервирующих элементов или цепей настолько существенно повышает надежность системы, что кратность резервирования $n > 2$ встречается весьма редко.

3.2 Расчет основных показателей надежности

Исходные данные. Асинхронный короткозамкнутый двигатель питается согласно схеме, представленной на рисунке 3.1, по отдельной кабельной

линии длиной 30 м от двухтрансформаторной цеховой подстанции 10/0,4 кВ. Включение и отключение двигателя производится при помощи автоматического выключателя, установленного в начале линии, в РУ НН подстанции. Подстанция имеет два входа ВН (кабельные линии, соединенные непосредственно с вводами ВН трансформаторов), параметр потока отказов которых составляет 0,7 1/год, а среднее время восстановления работоспособного состояния 10ч. В цепях НН трансформаторов установлены автоматические выключатели, а к каждой секции шин НН присоединены 15 отходящих линий. Параметр потока отказов трансформатора принять равным 0,008 1/год, а среднее время восстановления работоспособного состояния – 60 ч.

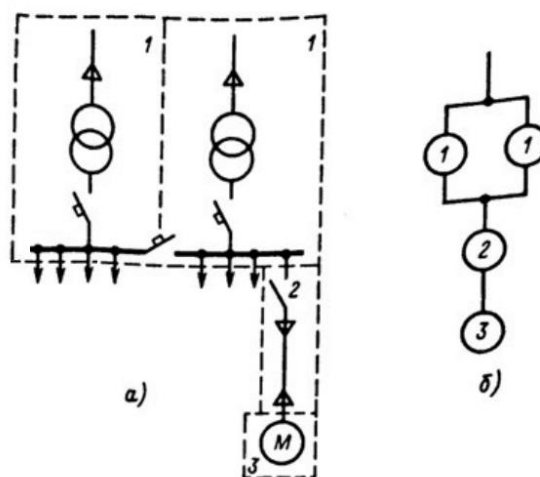


Рисунок 3.1 – Расчетная схема

Расчетная схема, составленная по заданной электрической схеме и изображенная на рисунке 3.1, состоит из двух взаиморезервирующих ветвей 1 и двух одинарных последовательных звеньев 2 и 3. По исходным данным находим для ветви 1 согласно Ф.2.37 параметр потока отказов

$$\omega_1 = 0,7 + 0,008 + 0,05 + 17 \cdot 0,03 = 1,27 \text{ 1/год}$$

Средние наработки между отказами элементов этой ветви равны соответственно 1,42; 125; 20 и 1,96 года, а коэффициенты готовности 0,9992; 1,0000; 1,0000 и 0,9999. Коэффициент готовности всей ветви

$$K_{c1} = 0,9992 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9999 = 0,9991.$$

Коэффициент вынужденного простоя

$$K_{e,n1} = 1 - K_{c1} = 0,0009.$$

Среднее время восстановления работоспособного состояния по Ф.2.40 с пересчетом на часы

$$T_{e1} = \frac{8760}{1,27} \left(\frac{1}{0,9991} - 1 \right) = 6,2 \text{ ч.}$$

Благодаря взаимному резервированию ветвей получаем для звена 1

$$K'_{e,n1} = K_{e,n1}^2 = 8 \cdot 10^{-7};$$

$$T'_{e1} = \frac{T_{e1}}{2} = 3,1 \text{ ч;}$$

$$\omega'_1 = \frac{8760}{\left(\frac{1}{8 \cdot 10^{-7}} - 1 \right) \cdot 3,1} = 2,3 \cdot 10^{-3} \text{ 1/год.}$$

Для звена 2 (автоматический выключатель и кабельная линия) получаем аналогично

$$\omega_2 = 0,05 + 0,03 \cdot 0,1 = 0,053 \text{ 1/год.}$$

Средние наработки между отказами двух элементов этого звена составляют 20 и 330 лет, а коэффициенты готовности – соответственно 0,99998 и 0,99999.

Результирующий коэффициент готовности звеньев 1 и 2, характеризующий надежность электроснабжения двигателя, равен согласно Ф.2.39

$$K_{\varepsilon} = (1 - 8 \cdot 10^{-7}) \cdot 0,99998 \cdot 0,99999 = 0,99997.$$

Параметр потока отказов

$$\omega = 2,3 \cdot 10^{-3} + 0,053 \approx 0,055 \text{ 1/год}.$$

Среднее время восстановления питания

$$T_{\varepsilon} = \frac{8760}{0,055} \left(\frac{1}{0,99997} - 1 \right) = 4,8 \text{ ч.}$$

Как показывают числовые значения показателей по подстанции и по линии, надежность электропитания в данном случае определяется почти исключительно показателями линии.

Раздел 4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью данного раздела является обоснование ресурсоэффективности технического проекта, выполняемого в рамках выпускной квалификационной работы.

Достижение цели обеспечивается решением следующих задач:

- составление SWOT - анализа работы проектируемого стенда;
- планирование технико - проектировочных работ;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей) эффективности проекта.

4.1 SWOT – анализ работы проекта по анализу показателей качества электрической энергии

SWOT – анализ является инструментом стратегического менеджмента и представляет собой комплексное исследование технического проекта.

Применительно к разрабатываемому проекту, SWOT – анализ позволит оценить сильные и слабые стороны, а также его возможности и угрозы.

Для проведения SWOT – анализа составляется матрица SWOT, в которую записываются слабые и сильные стороны проекта, а также возможности и угрозы[14].

При составлении матрицы SWOT удобно использовать следующие обозначения:

- С – сильные стороны проекта;
- Сл – слабые стороны проекта;
- В – возможности;
- У – угрозы.

Матрица SWOT приведена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Матрица SWOT

	Сильные стороны проекта: С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии. С2. Экологичность технологии. С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями. С4. Допустим обслуживающий персонал низкой квалификации. С5. Быстрота изготовления. С6. Наличие прототипа научной разработки.	Слабые стороны проекта: Сл1. Конкуренция в области систем контроля ПКЭ. Сл2. Отсутствие бюджетного финансирования.
Возможности: В1. Предполагаемая заинтересованность потребителя в экономичных и энергоэффективных продуктах. В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт. В3. Повышение стоимости конкурентных разработок.	В1С1С3С4С5; В2С1С2С3С4С5; В3С1С3.	В1В2В4Сл1;
Угрозы: У1. Отсутствие спроса. У2. Введение дополнительных государственных требований к стандартизации и сертификации продукции. У3. Развитая конкуренция среди более технологичных систем.	У1С3; У3С1С3С4С5.	У2Сл2; У3Сл1.

На основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз (табл. 4.2, 4.3), позволяющие оценить эффективность проекта, а также надежность его реализации.

В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Возможно использование этой матрицы в качестве одной из основ для оценки вариантов стратегического выбора. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-».

Таблица 4.2 – Интерактивная матрица возможностей

Возможности	Сильные стороны проекта					
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
B1	+	-	+	+	+	-
B2	+	+	+	+	+	-
B3	+	-	+	-	-	-
	Слабые стороны проекта					
	Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5	Сл6
B1	+	-	-	-	-	-
B2	+	-	-	-	-	-
B3	+	-	-	-	-	-

Таблица 4.3 – Интерактивная матрица угроз

Угрозы	Сильные стороны проекта					
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Y1	-	-	+	-	-	-
Y2	-	-	-	-	-	-
Y3	+	-	+	+	+	-
	Слабые стороны проекта					
	Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5	Сл6
Y1	-	-	-	-	-	-
Y2	-	+	-	-	-	-
Y3	+	-	-	-	-	-

Сильные и слабые стороны ТП, которые были обозначены в ходе проведенного анализа, представленные в интерактивных матрицах в таблицах 4.2 и 4.3, дают возможность спланировать изменения, необходимые для повышения эффективности проекта. Конкуренцию в области систем контроля

ПКЭ необходимо по возможности минимизировать, основываясь, прежде всего на имеющихся сильных сторонах. Правильное использование возможностей проекта позволит увеличить объём целевой аудитории, заинтересованной в рассматриваемом проекте, следовательно, позволит увеличить потенциальную валовую прибыль от его реализации в будущем и уберечь проект от потенциальных угроз.

4.2 Организация работ технического проекта

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках разработки технического проекта;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения проектирования.

4.2.1 Структура работ в рамках технического проектирования

Для выполнения проектирования формируется рабочая группа, в состав которой входят научный руководитель и дипломник. Составлен перечень этапов и работ в рамках проведения проектирования и произведено распределение исполнителей по видам работ.

Номерам этапов соответствуют следующие виды выполняемых работ, представленные в таблице 4.4:

№ 1 – составление и утверждение технического задания – включает в себя изучение первичной информации об объекте, формулировку требований к техническому проекту, составление задания и плана на работу;

№ 2 – подбор и изучение материалов по теме – ознакомление с предметом работы, изучение различных источников, касающихся различных сторон технического проекта;

№ 3 – выбор направления проекта – изучение разновидностей предмета проекта, выбор одного из видов предмета проекта, подбор моделей для проведения проекта;

№ 4 – проведение расчетов, обоснований и анализа качества электроэнергии и работы элементов исследуемой сети;

№ 5 – моделирование системы контроля качества электроэнергии;

№ 6 – сравнение результатов экспериментов с теоретическими данными;

№ 7 – оценка эффективности полученных результатов – обоснование целесообразного использования технических решений, рассмотренных в рамках данной работы с учетом ресурсо – и энергоэффективности;

№ 8 – составление пояснительной записки – включает в себя ознакомление руководителя с выполненными работами, возможные корректировки и исправления, утверждение пояснительной записки;

№ 9 – проверка выпускной квалификационной работы руководителем и исправление замечаний дипломником;

№ 10 – сдача выпускной квалификационной работы.

Таблица 4.4 – Перечень этапов работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Выбор направления технического проекта	2	Подбор и изучение материалов по теме	Дипломник
	3	Выбор направления проекта	Научный руководитель, дипломник
Расчет и выбор оборудования, моделирование проекта	4	Проведение расчетов, обоснований и анализа качества эл. эн.	Дипломник
	5	Моделирование системы контроля качества электроэнергии	Научный руководитель, дипломник
	6	Сравнение результатов экспериментов с теоретическими данными	
Обобщение и оценка результатов	7	Оценка эффективности полученных результатов	Научный руководитель, дипломник
Оформление отчета	8	Составление пояснительной записки	Дипломник

по техническому проекту	9	Проверка выпускной квалификационной работы руководителем и исправление замечаний дипломником	Научный руководитель, дипломник
Сдача выпускной квалификационной работы	10	Подготовка к сдаче ВКР	Дипломник

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения ТП

Трудовые затраты часто составляют основную часть стоимости разработки, поэтому ключевым моментом служит определение трудоемкости работ каждого исполнителя.

Трудоемкость выполнения выпускной работы оценивается консультационным путем в рабочих днях и носит случайный характер, т.к. зависит от изобилия трудно рассматриваемых факторов. Для выявления ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{OЖi}$ используется следующая формула [14]:

$$t_{OЖi} = \frac{3t_{\min.i} + 2t_{\max.i}}{5}, \quad (4.1)$$

где $t_{OЖi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i – ой работы, раб. дн.;

$t_{\min.i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i –ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), раб. дн.;

$t_{\max.i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i – ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), раб. дн.

Результаты расчётов продолжительности работ представлены в таблице 4.5.

4.2.3 Разработка графика проведения технического проекта

Наиболее удобным и наглядным в данном случае является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ [14].

График строится для ожидаемого по длительности исполнения работ в рамках технического проекта, с разбивкой по месяцам и декадам за период времени подготовки ВКР [14]. На основе таблицы 4.5 строим план – график проведения работ (таблица 4.6).

Таблица 4.5 – Оценка продолжительности работ

№	Название работы	Трудоёмкость работ, раб. дн.						Длительность работ в рабочих днях	
		Мин. трудоёмкость		Макс. трудо- ёмкость		Ожидае- мая трудое- мкость			
		Науч. рук-ль	Дипломник	Науч. рук-ль	Дипломник	Науч. рук-ль	Дипломник	Науч. рук-ль	Дипломник
1	Составление и утверждение технического задания	1	–	1	–	1	–	1	–
2	Подбор и изучение материалов по теме	–	12	–	16	–	13,6	–	14
3	Выбор направления проекта	1	3	1	5	1	3,8	1	4
4	Проведение теоретических расчетов, обоснований и анализа качества эл. эн.	–	10	–	15	–	12	–	12
5	Моделирование системы контроля качества электроэнергии	1	22	3	28	1,8	24,4	2	24
6	Сравнение результатов экспериментов с теоретическими данными	1	9	1	12	1	10,2	1	10

7	Оценка эффективности полученных результатов	1	4	1	7	1	5,2	1	5
8	Составление пояснительной записки	–	20	–	23	–	21,2	–	21
9	Проверка выпускной квалификационной работы руководителем и исправление замечаний дипломником	1	2	1	4	1	2,8	1	3
10	Подготовка к сдаче ВКР	2	4	2	6	2	4,8	2	5

Примечание: минимальное $t_{\min}$ и максимальное время $t_{\max}$ получены на основе экспертных оценок.

Исходя из составленной диаграммы, можно сделать вывод, что продолжительность работ занимает 12,5 декад. Продолжительность выполнения технического проекта составит 99 дней. Из них:

- 98 дней – продолжительность выполнения работ дипломника;
- 9 дней – продолжительность выполнения работ руководителя.

4.3 Составление сметы затрат на разработку ТП

Смета затрат включает в себя следующие статьи:

- расчёт материальных затрат;
- расчет полной заработной платы исполнителей;
- расчет отчислений во внебюджетные фонды;
- накладные расходы.

4.3.1 Полная заработная плата исполнителей

Включается основная и дополнительная заработная плата всех исполнителей, непосредственно участвующих в выполнении данной работы. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок.

Расчет полной заработной платы осуществляется следующим образом:

$$Z_{\text{ЗП}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (4.2)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата исполнителя рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot F_{\text{дн}}, \quad (4.3)$$

Таблица 4.6 – Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исполнители	T_{Pi} , раб. дн.	Продолжительность выполнения работ												
				Февр.		Март			Апрель			Май			Июнь	
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	1													
2	Подбор и изучение материалов по теме	Дипломник	14													
3	Выбор направления проекта	Руководитель	1													
		Дипломник	4													
4	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Дипломник	12													
5	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	Руководитель	2													
		Дипломник	24													
6	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими данными	Руководитель	1													
		Дипломник	10													
7	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель	1													
		Дипломник	5													
8	Составление пояснительной записки	Дипломник	21													
9	Проверка выпускной квалификационной работы руководителем и исправление замечаний дипломником	Руководитель	1													
		Дипломник	3													
10	Подготовка к сдаче ВКР	Руководитель	2													
		Дипломник	5													

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

$F_{дн}$ – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн.
(табл. 4.5);

$Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_{окл} + Z_{р.к.}}{F_{д}}, \quad (4.4)$$

где $F_{д}$ – количество рабочих дней в месяце;

$Z_{окл}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$Z_{р.к.}$ – районная доплата, руб.

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 4.7.

Дополнительная заработная плата составляет 12 – 15% от основной, расчет дополнительной и полной заработной платы приведен в таблице 4.8.

Таблица 4.7 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Оклад, руб.	Районная доплата, руб.	Месячная зарплата, руб.	Среднедневная заработная плата, руб.	Кол-во, раб. дн.	Основная заработная плата руб.
Руководитель	33 664	10 099	43 763	1 683,2	9	15 148
Дипломник	12 300	3 690	15 990	615	98	60 270
Итого						75 418

Таблица 4.8 – Расчет дополнительной и полной заработной платы

Исполнители	Коэф. доплаты	Основная заработная плата руб	Дополнительная заработная плата руб	Полная заработная плата, руб.
Руководитель	0,15	15 148	2 252	17 400
Дипломник	0,12	60 270	7 230	67 500
Итого		75 418	9 482	84 900

4.3.2 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot З_{ЗП}, \quad (4.5)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

На 2019 г. в соответствии с Федеральным законом от 28.11.2018 №446 – ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%.

Отчисления во внебюджетные фонды составят:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot З_{ЗП} = 30\% \cdot 84,9 = 25,6 \text{ тыс. руб.}$$

4.3.3 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не включенные в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов проекта, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д.

Величина накладных расходов принимается в размере 16% от общей суммы затрат.

4.4 Формирование сметы проекта

Рассчитанная величина затрат технического проекта является основой для формирования сметы проекта, которая при заключении договора с

заказчиком защищается организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку технической продукции [14].

Определение бюджета затрат на технический проект приведен в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Смета технического проекта

Наименование	Сумма, тыс. руб.	Структура затрат, %
Затраты по полной заработной плате исполнителей	84,9	64,6
Отчисления во внебюджетные фонды	25,6	19,4
Накладные расходы	21,0	16,0
Бюджет затрат ТП	131,5	100,0

Исходя из представленной выше таблицы, можно сделать вывод, что общие затраты на реализацию технического проекта составят 131,5 тыс. руб., из которых 64% составит оплата работы исполнителей.

4.5 Определение ресурсоэффективности проекта

Определение ресурсоэффективности проекта можно оценить с помощью интегрального критерия ресурсоэффективности по формуле [14]:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (4.6)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент разработки;

b_i – балльная оценка разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Оценку характеристик проекта проведем на основе критериев, соответствующих требованиями к системе электроснабжения промышленных предприятий:

1. Гибкость – возможность частых перестроек технического процесса, расширение системы за счет введения новых технологических модулей;

2. Безопасность – обеспечение безопасности работ при эксплуатации и ремонте оборудования;

3. Помехоустойчивость – максимальное значение электромагнитных помех, воздействующих на установку, при котором она может продолжать работу с требуемыми рабочими характеристиками;

4. Энергосбережение – малое потребление электроэнергии оборудованием;

5. Надежность – способность объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах;

6. Материалоемкость – расход запасов, который приходится на денежную единицу готовой продукции.

Критерии ресурсоэффективности и их количественные характеристики приведены в таблице 4.10.

Интегральный показатель ресурсоэффективности:

$$I_{pi} = 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,25 \cdot 5 + 0,3 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 = 4,55.$$

Таблица 4.10 – Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Балльная оценка разработки
1. Гибкость	0,10	4,0
2. Безопасность	0,15	4,0
3. Помехоустойчивость	0,10	4,0
4. Энергосбережение	0,25	5,0
5. Надежность	0,30	5,0
6. Материалоемкость	0,10	4,0
Итого:	1,00	-

Показатель ресурсоэффективности проекта имеет достаточно высокое значение (по 5 – балльной шкале), что говорит об эффективности использования технического проекта. Высокие баллы безопасности, надёжности и энергосбережения позволяют судить о надёжности системы.

В результате выполнения поставленных задач по данному разделу, можно сделать следующие выводы:

- в результате проведения SWOT – анализа были выявлены сильные и слабые стороны проекта. Угрозы имеют низкие вероятности и незначительное воздействие, что говорит о высокой надежности проекта;
- при планировании технических работ был разработан график занятости для работников, составлена ленточная диаграмма Ганта, позволяющая оптимально скоординировать работу исполнителей;
- составление сметы технического проекта позволило оценить первоначальную сумму затрат на реализацию технического проекта;
- оценка ресурсоэффективности проекта, дала высокий результат (4,55 по 5 – балльной шкале), что говорит об эффективности реализации ТП.

Раздел 5 Социальная ответственность

Цель данного раздела – анализ вопросов, посвященных организации рабочего места, производственной санитарии, техникой производственной безопасности, охране окружающей среды и обеспечению безопасности при ЧС. Основная задача – соответствие допустимым нормам условий труда для улучшения последних, повышения производительности труда, сохранения работоспособности, а также охраны окружающей среды.

В ходе работы производится ознакомление и сбор литературы (статьи, диссертации, учебные пособия и монографии) по данной тематике, её обработка, моделирование объекта исследования, проведение математических расчетов. Итогом является представление имитационных моделей объектов исследования, составление рекомендаций касательно их работы, а также дополнительные комментарии к результатам исследования.

Работа выполняется в закрытом помещении (кабинет, аудитория), оборудованном компьютерной и офисной техникой, которая необходима для выполнения аналитических исследований, связанных с использованием стандартного и специального программного компьютерного обеспечения.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Правовые нормы трудового законодательства изложены в документе «Трудовой кодекс Российской Федерации» Особенности трудового законодательства, применительные к условиям выполнения исследовательской деятельности, изложенного в данной работе,

дифференцируются в соответствии с условиями труда: тяжесть и вредность труда, климатические условия, прочие особенности труда.

Согласно «ГОСТ 12.2.032-78. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования», место для работы за ПК и взаиморасположение всех его элементов должно соответствовать антропометрическим, физическим и психологическим требованиям. При компоновки рабочей зоны инженера следует учитывать следующие организационные мероприятия:

- Обеспечить высоту рабочей поверхности в пределах 680-760 мм, высоту поверхности с клавиатурой примерно 650 мм.

- Рабочее место с ПЭВМ, при работе, вызывающей значительное умственное напряжение, рекомендуется изолировать перегородками от других работников в помещении.

- Конструкция рабочего стола должна позволять осуществить оптимальное расположение необходимых предметов труда и оборудования, согласно требованиям, предъявляемым к рабочему процессу.

- Конструкция рабочего стула должна обеспечивать удобное положение тела человека в момент осуществления работ на рабочем месте. Рекомендуемая высота сиденья над уровнем пола расположена в пределах 420-550 мм. При выполнении длительных работ с ПЭВМ рабочий стул должен обеспечивать возможность изменения позы с целью минимизации статического напряжения в позвоночном отделе опорно-двигательного аппарата.

5.2. Производственная безопасность

Для идентификации потенциальных факторов необходимо использовать ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлен в таблице 5.1 [1].

Таблица 5.1 - Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разрабо тка	Изготов ление	Эксплу атация	
1. Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
2. Превышение уровня шума		+	+	ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
3. Повышенный уровень электромагнитных излучений.	+	+	+	ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности.
4. Недостаточная освещенность рабочей зоны		+	+	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*
5. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
6. Повышенный уровень статического электричества.	+	+	+	ГОСТ 12.1.045-84 ССБТ. Электростатические поля. Допустимые

				уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.
7. Опасность поражения электрическим током.	+	+	+	ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

Далее более подробно рассмотрены ОПФ и ВПФ, воздействующие на работника, возникшие в связи с разработкой данной системы.

5.2.1 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды

Производственный микроклимат

Микроклимат – это климат внутренней среды производственных помещений, который в производственных условиях определяется следующими параметрами [16]:

- температурой воздуха t °С;
- относительной влажностью воздуха φ , %;
- скоростью движения воздуха v , м/с;
- интенсивностью теплового излучения I , Вт/м².

Аудитория является помещением категории Ia (с энергозатратами до 120 ккал/ч, производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением), поэтому должны соблюдаться следующие требования, приведенные в таблице 5.2:

Таблица 5.2 – Оптимальные параметры микроклимата во всех типах учебных помещений с использованием ПЭВМ

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С	Относ.влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia	22-24	40-60	0,1
Теплый	Ia	23-25	40-60	0,1

Интенсивность теплового облучения работающих от нагретых поверхностей технологического оборудования не должна превышать 100 Вт/м² при облучении не более 25% поверхности тела. Мероприятия по созданию условий для нормальной терморегуляции организма, согласно ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» следующие:

- механизация и автоматизация технологических процессов;
- защита от источников теплового излучения с помощью теплозащитных экранов;
- устройство систем вентиляции;
- кондиционирование воздуха и отопление.

Для создания и поддержания в лаборатории оптимальных значений температуры, влажности, чистоты и скорости движения воздуха, в холодное время года используется водяное отопление, в теплое время года – кондиционирование воздуха. Устройства систем вентиляции используются круглогодично, т.к. воздух загрязнен вредными парами и пылью. Теплозащитные экраны применяются по необходимости, в основном в теплый период.

В помещениях, оборудованных ПЭВМ, проводится ежедневная влажная уборка и периодическое проветривание после каждого часа работы на ЭВМ.

Уровень шума

В помещениях с низким уровнем общего шума, каким является лаборатория, источниками шумовых помех могут стать вентиляционные установки, кондиционеры или периферийное оборудование для ЭВМ (плоттеры, принтеры и др). Кроме этого шум может проникать извне через открытые проемы форточек, окон и дверей.

Воздействие этих шумов отрицательно сказывается на эмоциональном состоянии персонала, что уменьшает производительность труда и качество

выполняемой работы. Длительное воздействие шума может привести к ухудшению слуха, а в отдельных случаях – к глухоте.

Эквивалентный уровень звука не должен превышать 50 дБА [17]. Для выполнения этих условий рекомендуется применять звукопоглощающее покрытие стен. Также, для снижения уровня шума можно производить:

- облицовку потолка и стен звукопоглощающим материалом (снижает шум на 6-8 дБ);
- экранирование рабочего места (постановкой перегородок, диафрагм);
- установку в компьютерных помещениях оборудования, производящего минимальный шум;
- рациональную планировку помещения.

Допускаемые уровни звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах пользователей персональных компьютеров приведены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Допускаемые уровни звукового давления на рабочих местах

Уровни звукового давления, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами									Уровни звука, дБА
32 Гц	63 Гц	125 Гц	250 Гц	500 Гц	1 кГц	2 кГц	4 кГц	8 кГц	
86 дБ	71 дБ	61 дБ	54 дБ	49 дБ	45 дБ	42 дБ	40 дБ	38 дБ	50

Уровень электромагнитных излучений

Оценка и нормирование электростатического поля (ЭСП) осуществляется по уровню электрического поля дифференцированно в зависимости от времени его воздействия на работника за смену [1].

Предельно допустимый уровень напряженности ЭСП ($E_{пду}$) при воздействии менее одного часа за смену устанавливается равным 60 кВ/м.

При воздействии ЭСП более одного часа за смену $E_{пду}$ определяются по формуле:

$$E_{\text{пдл}} = \frac{60}{\sqrt{t}},$$

где t – время воздействия, ч

При напряженностях менее 20 кВ/м время пребывания в электростатических полях не регламентируется. При напряженностях, превышающих 60 кВ/м, работа без применения средств защиты не допускается.

Предельно допустимые уровни электромагнитного поля для ПК приведены в таблице 5.4 [18].

Таблица 5.4 – ПК как источник электромагнитных полей

Источник	Диапазон частот
Монитор: – сетевой трансформатор блока питания – статический преобразователь напряжения в импульсном блоке питания – блок кадровой развертки и синхронизации – блок кадровой развертки и синхронизации – ускоряющее анодное напряжение монитора (только для мониторов с ЭЛТ)	50 Гц 20 - 100 кГц 48 - 160 Гц 15 - 110 кГц 0 Гц (электростатика)
Системный блок	50 Гц - 1000 МГц
Устройства ввода/вывода информации	0 Гц, 50 Гц
Источники бесперебойного питания	50 Гц, 20 - 100 кГц

Монитор создает вокруг себя ЭМП как низкой, так и высокой частоты, что способствует появлению электростатического поля и ведет к деионизации воздуха вокруг, а это влияет на развитие клеток тканей организма. В целях предосторожности следует обязательно использовать защитные экраны, а также рекомендуется ограничивать продолжительность работы с экраном ВДТ, не размещать их концентрированно в рабочей зоне и выключать их, если их не используют. Наряду с этим нужно устанавливать в помещении с ВДТ

ионизаторы воздуха, чаще проветривать помещение и, хотя бы один раз в течение рабочей смены очищать экран от пыли.

Освещение

Рабочее освещение необходимо предусматривать для всех помещений зданий, а также участков открытых пространств, предназначенных для работы, прохода людей и движения транспорта. Для помещений, имеющих зоны с разными условиями естественного освещения и различными режимами работы, необходимо наличие отдельного управления освещением данных зон [19].

Требования к освещенности в помещениях, где установлены ПЭВМ, следующие: при выполнении зрительных работ высокой точности (наименьший размер объекта различения 0,3...0,5мм) общая освещенность должна составлять 300 лк, а комбинированная – 750 лк; при выполнении работ средней точности (наименьший размер объекта различения 0,5...1,0 мм) – 200 и 300 лк для общей и комбинированной освещенности соответственно. Также, все поле зрения должно быть освещено равномерно, степень освещения помещения и яркость экрана компьютера должны быть примерно на одном уровне, т.к. яркий свет в районе периферийного зрения значительно увеличивает напряженность глаз и, как следствие, приводит к их быстрой утомляемости. Оценка освещенности рабочей зоны необходима для обеспечения нормативных условий работы в помещениях.

При выполнении работ категории высокой зрительной точности величина коэффициента естественного освещения (КЕО) должна быть не ниже 1,5%, а при зрительной работе средней точности КЕО должен быть не ниже 1,0%. Для освещения помещений применяются, как правило, газоразрядные лампы низкого и высокого давления – люминесцентные, металлогенные, натриевые, ксеноновые и дуговые ртутные лампы, которые объединяются в светильники.

Кроме этого, нормируются светотехнические параметры дисплея, размеры монитора и символов, цветовые параметры, яркость дисплея, частота обновления кадров, которые влияют на состояние зрения. Слишком высокая освещенность дисплея приводит к уменьшению контраста изображения монитора, а низкая ухудшает восприятие информации, что вызывает усталость глаз. Основными осложнениями при длительной работе на компьютере являются утомление глаз и возникновение головной боли. Существенным фактором, влияющим на утомление глаз, является частота перевода взгляда с дисплея на клавиатуру. Нормируемые параметры монитора компьютера представлены в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Допустимые визуальные параметры устройств отображения информации

Параметры	Допустимые значения
Яркость белого поля	Не менее 35 кд/кв.м
Неравномерность яркости рабочего поля	Не более $\pm 20\%$
Контрастность (для монохромного режима)	Не менее 3:1
Временная нестабильность изображения	Не должна фиксироваться
Пространственная нестабильность изображения	Не более 2×10^{-4L} , где L – расстояние наблюдения, мм

Поражение электрическим током

Электропоражение персонала, работающего с электроустановками, является опасным для жизни человека и наступает при соприкосновении его с сетью не менее чем в двух точках. При разработке коллективных и индивидуальных средств защиты от электропоражения необходимо, согласно

правилам устройства электроустановок (ПУЭ) [19], рассмотреть следующие вопросы:

- а) обоснование категории помещения по степени опасности поражения электрическим током;
- б) требования к электрооборудованию;
- в) анализ соответствия реального положения на производстве перечисленным требованиям;
- г) мероприятия по устранению обнаруженных несоответствий;
- д) обоснование мероприятий и средств защиты, работающих от поражения электрическим током.

Для снижения уровня опасности проводится заземление электроустановок и полное или частичное ограждение токоведущих частей.

Также, используются индивидуальные электрозащитные средства. В установках до 1000 В используются диэлектрические перчатки, указатели напряжения, диэлектрические коврики и боты, изолирующие подставки, а также инструмент с изолированными рукоятками [19].

5.2.2 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производённой среды

Электробезопасность

Электробезопасность – система организационных мероприятий и технических средств, предотвращающих вредное и опасное воздействие на работающих электрического тока и электрической дуги. Любое производство характеризуется широким применением различных электроустановок. В связи с этим в общей системе инженерно-экологических мероприятий имеют важную роль вопросы обеспечения электробезопасности.

В данном помещении присутствуют только электроустановки напряжением до 1кВ. Помещение по классу электробезопасности можно

отнести к помещениям без повышенной опасности (сухое, хорошо отапливаемое, помещение с изолированными полами, с температурой 18-20°, с влажностью 40-50%). Опасное воздействие электрического тока, электрической дуги проявляется в виде термических, электролитических, механических, биологических повреждений, которые производит электрический ток, проходя через организм человека [20].

Основными техническими средствами защиты являются автоматическое отключение питания (зануление), защитное заземление, устройства защитного отключения. Наличие данных средств защиты предусмотрено в рабочей зоне помещения. Также периодически проводится инструктаж работников по технике безопасности в целях профилактики [20].

Согласно требованиям ПУЭ, сопротивление защитного заземления не должно превышать:

- в установках напряжением до 1000 В, если мощность источника тока (генератора или трансформатора) более 100 кВА – 4 Ом;
- в установках напряжением до 1000 В, если мощность источника тока 100 кВА и менее – 10 Ом.

Заземление корпуса ЭВМ обеспечено подведением заземляющей жилы к питающим розеткам. Сопротивление заземления 4 Ом, согласно ПУЭ для электроустановок с напряжением до 1000 В.

Организационные мероприятия, обеспечивающие безопасность использования электроустановок, включают в себя:

- правильный подбор персонала, обслуживающего электроустановки (запрещение использования труда лиц моложе 18 лет, а также необученных и непрошедших медицинское освидетельствование для выполнения работ данного вида);
- обучение правилам безопасности при обслуживании электроустановок, т. е. проведение специального обучения для выполнения работ с повышенной опасностью, аттестации, инструктажей по безопасности

труда, разработка и издание инструкций по охране труда, применение средств пропаганды правил электробезопасности (плакатов, видеофильмов и пр.);

- назначение ответственных за электрохозяйство лиц;
- контроль за правильностью устройства электропроводок и установкой электрооборудования в соответствии с ПУЭ;
- проведение периодических осмотров, измерений и испытаний электрооборудования (в сухих помещениях — 1 раз в два года, в сырых — ежегодно, при этом сопротивление рабочей изоляции проводов, кабелей и электрооборудования в процессе эксплуатации не должно быть менее 0,5 и 2 МОм для двойной или усиленной изоляции), а в случае несоответствия предъявляемым требованиям – его ремонта.

5.3 Экологическая безопасность

Технологический процесс исследования системы управления вентильного двигателя, а также её использование не представляет угрозы для окружающей среды. Это связано с тем, что процесс является безотходным, и в течении работы нет выделения опасных для экологического состояния элементов. Показатели выделяемого тепла, электромагнитных излучений также не превышают допустимых значений. Данная система может применяться на любых предприятиях, которые нуждаются в ней.

При обращении с твердыми отходами – бытовой мусор (отходы бумаги, отработанные специальные ткани для протирки офисного оборудования и экранов мониторов, пищевые отходы); отработанные люминесцентные лампы; офисная техника, комплектующие и запчасти, утратившие в результате износа потребительские свойства – надлежит руководствоваться [21]: бытовой мусор

после предварительной сортировки складировать в специальные контейнеры для бытового мусора (затем специализированные службы вывозят мусор на городскую свалку); утратившее потребительские свойства офисное оборудование передают специальным службам (предприятиям) для сортировки, вторичного использования или складирования на городских мусорных полигонах. Отработанные люминесцентные лампы утилизируются в соответствии с СНиП 23-05-95. Люминесцентные лампы, применяемые для искусственного освещения, являются ртутьсодержащими и относятся к 1 классу опасности. Интоксикация ртутью возможна только в случае разгерметизации колбы, поэтому основным требованием экологической безопасности является сохранность целостности отработанных ртутьсодержащих ламп. Отработанные газоразрядные лампы помещают в защитную упаковку, предотвращающую повреждение стеклянной колбы, и передают специализированной организации для обезвреживания и переработки.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Наиболее вероятная чрезвычайная ситуация, которая может возникнуть во время разработки системы управления вентильного двигателя – пожар.

Причинами возникновения пожара могут быть:

- неисправности электропроводки, розеток и выключателей, которые могут привести к короткому замыканию или пробое изоляции;
- использование поврежденных (неисправных) электроприборов;
- использование в помещении электронагревательных приборов с открытыми нагревательными элементами;
- возгорание здания вследствие внешних воздействий;

- неаккуратное обращение с огнем и несоблюдение мер пожарной безопасности.

Для снижения вероятности возникновения пожароопасных ситуаций необходимо производить пожарную профилактику (комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности людей, на предотвращении пожара, ограничение его распространения, а также создание условий для успешного тушения пожара). Для профилактики пожара чрезвычайно важна правильная оценка пожароопасности здания, определение опасных факторов и обоснование способов и средств оповещения и защиты.

Одно из условий обеспечения пожаробезопасности – ликвидация возможных источников воспламенения.

Порядок действий персонала при возникновении пожара в электроустановке [22]:

1. При появлении признаков возгорания в электроустановке первое, что следует сделать – это оценить ситуацию, составить общее представление о происходящем;
2. Без промедления необходимо сообщить о случившемся вышестоящему персоналу – научному руководителю, заведующему лабораторией и т.д.;
3. Оценив масштаб возгораний, определяется дальнейший порядок действий. Если возгорание не удастся ликвидировать самостоятельно, то необходимо вызвать пожарную охрану по мобильному или стационарному телефону, или внутренней телефонной связи;
4. При прибытии пожарной бригады необходимо встретить ее, предварительно приняв требуемые меры электробезопасности. Также необходимо показать возможные подъездные пути, места заземления техники, место расположения пожарного гидранта и других элементов водоснабжения.

К основным видам техники, предназначенной для защиты различных объектов от пожаров, относятся средства сигнализации и пожаротушения.

Помещения с электрооборудованием должны быть оснащены огнетушителями типа ОУ-2, ОУ-5 или ОП-5 (предназначены для тушения любых материалов, предметов и веществ, а также электроустановок, находящихся под напряжением до 1000 В, применяется для тушения ПК и оргтехники).

Важную роль при возникновении ЧС играет успешная эвакуация людей. Для того чтобы чётко обозначить пути эвакуации, эвакуационные выходы, обеспечивающие безопасность процесса организованного самостоятельного движения людей из помещений, а также указать расположение пожарного оборудования и средств оповещения о пожаре и напомнить о первоочередных действиях при пожаре применяется план эвакуации.

В разделе «Социальная ответственность» были рассмотрены опасные и вредные факторы, влияющие на жизнь и здоровье людей, а также факторы, влияющие на экологию.

Полученные результаты в данном разделе полностью отражают все возможные вредные и опасные факторы, возникающие в процессе работы. В разделе приведены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности, производственная безопасность и документация, регламентирующая действия рабочих, которые её обеспечивают, вопросы, связанные с экологической безопасностью и безопасностью в чрезвычайных ситуациях. Все рассмотренные вопросы имеют определенные правила для рабочих и имеют возможность их внедрения непосредственно на производственном участке.

Заключение

В ходе исследования был выполнен литературный обзор, в котором были рассмотрены требования, предъявляемые к качеству электроснабжения.

В основной части рассмотрены причины и следствия отклонения ПКЭ, а также методы их устранения. Так же на реальных данных существующей электрической сети был произведен анализ сводок по технологическим нарушениям за несколько лет. В результате анализа были выявлены основные причины отказов элементов сети и рекомендованы мероприятия для увеличения уровня качества электроснабжения. Было выявлено, что отклонения качества электрической энергии носит весьма частый характер, а именно недопустимые отклонения напряжения, несимметрия сети, колебания напряжения. Для улучшения этих показателей даны рекомендации на случай проектирования новых частей сети и мероприятия по улучшению старой.

В разделе финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение был сформирован план и график разработки ТП, разработан график Ганта, составлен SWOT – анализ, сформирована смета затрат, а также дана оценка ресурсоэффективности проекта.

В разделе социальная ответственность проанализированы опасные и вредные факторы, оказывающие воздействие на человека при исследовании методов качества электроснабжения. Решены вопросы обеспечения защиты от опасных и вредных факторов на основе требований действующих нормативно-технических документов.

Список использованных источников

1. Качество электроснабжения промышленных потребителей: учебное пособие / Б.В. Лукутин, И.О. Муравлев, А.И. Муравлев; Томский политехнический университет. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. - 89 с.;
2. Правила устройства электроустановок. 6-е изд. — М.: КНОРУС, 2012. - 488 с.
3. Качество электроэнергии в системах электроснабжения: учебное пособие / Н.Г. Волков; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. - 152 с.
4. ГОСТ 32144—2013 «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения»
5. ГОСТ 30804.4.30-2013 «Методы измерений показателей качества электрической энергии»
6. Жежеленко И.В. Показатели качества электроэнергии на промышленных предприятиях. - М.: Энергия, 1977. - 127 с.
7. Надёжность и качество электроснабжения предприятий: учебное пособие / Д. С. Александров, Е. Ф. Щербаков.— Ульяновск : УлГТУ, 2010. — 155 с.;
8. Жежеленко, И. В. Показатели качества электроэнергии и их контроль на промышленных предприятиях / И. В. Жежеленко. – М. : Энергоатомиздат, 1986.
9. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий: Учебник для вузов. - М.: Энергоатомиздат, 1995. - 446 с.
10. Перинский Т.В. Увеличение пропускной способности ВЛ 6-10 кВ

11. Иванов В.С., Соколов В.И. Режимы потребления и качество электроэнергии систем электроснабжения промышленных предприятий. - М.: Энергоатомиздат, 1987. - 336 с.;
12. РД 50-680-88 «Методические указания. Автоматизированные системы. Основные положения» (дата введения 1990-01-01).;
13. А.Г. Лагутенков, С.В. Ершов «Способы уменьшения колебания напряжения в сети»;
14. И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие. -Томск: Изд-во ТПУ, 2014. – 36 с.
15. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
16. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
17. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
18. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95
19. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
20. ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности.
21. ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
22. Федеральный закон от 22.07.2013 г. №123 – ФЗ, Технический регламент о требованиях пожарной безопасности.