

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

Энергетический институт
Направление подготовки – 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
Кафедра электрических комплексов и материалов

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы

**Оценка влияния модулированного напряжения на электрофизические свойства
изоляции обмоточных проводов.**

УДК 621.315.211.015.532-048.24.018.2

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ГЗВ	Кузьмин Е.А.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭКМ	Леонов А.П.	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры менеджмента	Грахова Елена Александровна	-		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ	Извеков Владимир Николаевич	к.т.н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭКМ	Гарганеев Александр Георгиевич	д.т.н., профессор		

Томск – 2017 г.

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

Институт – Энергетический
Направление подготовки – 13.04.02 – «Электроэнергетика и электротехника»
Уровень образования – Бакалавриат
Кафедра – «Электротехнические комплексы и материалы»
Период выполнения - весенний семестр 2016/2017 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	15.06.2017
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
20.02.16	Обзор отечественной литературы	15
11.04.17	Методика проведения исследований	10
30.05.17	Экспериментальная часть	20
03.06.17	Обсуждение результатов	10
06.06.17	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
13.06.17	Социальная ответственность	15
14.06.17	Заключение	5

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭКМ	Леонов Андрей Петрович	к.т.н., доцент		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭКМ	Гарганеев Александр Георгиевич	д.т.н., профессор		

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

Институт Энергетический
Направление подготовки (специальность) 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»
Кафедра Электротехнических комплексов и материалов

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой ЭКМ
_____ Гарганеев А.Г.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
5ГЗВ	Кузьмину Егору Александровичу

Тема работы:

Исследование электрических перенапряжений в системе частотно-регулируемого привода	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	25.05.2017 №3648/е

Срок сдачи студентом выполненной работы:

15.06.2015

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Исходные данные к работе ЧРП на базе ШИМ; система изоляции низковольтной обмотки.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1) Назначение, состав и классификация системы изоляции низковольтной электрической машины; 2) Особенности эксплуатации низковольтной электрической машины в составе частотно-регулируемого привода; 3) Старение изоляции под действием коронных разрядов; 4) Методика определения короностойкости

	эмалированных проводов; 5) Методика определения электрических характеристик эмалированной изоляции; 6) Определение влияния электротепловых нагрузок, характерных для работы преобразователя частоты на базе широтно-импульсного преобразователя на электрические свойства изоляции; 7) Обсуждение результатов; 8) Заключение.
Перечень графического материала	Презентация в Power Point.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Грахова Е.А.
Социальная ответственность	Извеков В.Н.

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	20.02.2017
---	-------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭКМ	Леонов Андрей Петрович	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ГЗВ	Кузьмин Егор Александрович		

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

Студенту:

Группа	ФИО
5ГЗВ	Кузьмину Егору Александровичу

Институт	ЭНИН	Кафедра	Электротехнические комплексы и материалы
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	13.04.02 – «Электроэнергетика и электротехника»

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Определить стоимость материально-технических ресурсов научно-исследовательской работы. Исходные данные: Обмоточный провод марки ПЭТД2-К-180.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	ТУ 16-705-264-82 – Провода медные круглые с двухслойной изоляцией. МЭК 60317-22 – Провода обмоточные.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления на страховые взносы – 30 % от ФОТ

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Проведены оценка конкурентоспособности и SWOT-анализ.
2. Разработка устава научно-технического проекта	Разработка устава не требуется.
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Формирование плана и графика разработки: -Планирование и бюджет проекта -разработка графика Гранта -разработка диаграммы денежных ресурсов -Расчет сметы затрат -риски проекта
4. Определение ресурсной эффективности, финансовой, экономической эффективности	Эффективность замены обмоточного провода.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

<ol style="list-style-type: none"> 1. Сетевой график; 2. Диаграмма Ганта; 3. Диаграмма денежных ресурсов; 4. Диаграмма трудовых ресурсов.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры менеджмента	Грахова Е. А.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ГЗВ	Кузьмин Е.А.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО		
5ГЗВ	Кузьмину Егору Александровичу		
Институт	ЭНИН	Кафедра	Электротехнические комплексы и материалы
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.04.02 – «Электроэнергетика и электротехника»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места	Комбинированно учебно-лабораторный стенд для проведения высоковольтных и высокочастотных испытаний изоляции обмоточных проводов и систем изоляции обмотки на стойкость к действию коронных разрядов. 1) Проявление вредных факторов производственной среды: выделение озона, шум, влияние микроклимата, недостаточная освещенность рабочей зоны; 2) Проявление опасных факторов производственной среды: поражение электрическим током, термический ожог.
----------------------------	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:	Вредные факторы: -выделение озона; - шум; - микроклимат; - освещение -.электромагнитные излучения.
1 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности	Электробезопасность: поражение электрическим током. Термические опасности: термический ожог. Пожаровзрывобезопасность: неисправность учебно-лабораторного стенда.
2 Экологическая безопасность:	-анализ воздействия объекта ВКР и области его использования ОС; -разработка решений по обеспечению экологической безопасности
3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Выбор и описание возможных ЧС; Типичная ЧС – пожар -разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; -разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.
4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	- специальные правовые нормы трудового законодательства; - организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследования

Перечень графического материала:

При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)	План размещения светильников, схема подвеса светильников над рабочей поверхностью. План эвакуации.
--	--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ	Извеков В.Н.	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ГЗВ	Кузьмин Е.А.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 91 страницу, 33 рисунка, 24 таблицы, 38 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: межвитковая изоляция, эмалированные провода, короностойкость, сопротивление, тангенс угла диэлектрических потерь, частотно-регулируемый привод, широтно-импульсная модуляция, поверхностные (коронные) разряды.

Объектом исследования: эмалированный обмоточный провод ПЭТД2-К-180.

Цель работы: определить влияние эксплуатационных нагрузок, характерных для работы блока ШИМ, на электрические свойства изоляции эмалированных проводов.

Проведены испытания по определению стойкости эмалевой изоляции обмоточного провода к действию коронных (поверхностных) разрядов: на высокочастотном испытательном стенде. Описана оригинальная методика эксперимента. Проведено определение, изменения сопротивления, емкости и тангенса угла диэлектрических потерь эмалевой изоляции, с учетом времени старения под действием коронных разрядов.

Область применения: электротехника, электромашиностроение, кабельное производство.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ

Определения:

- Коронный разряд – это характерная форма самостоятельного газового разряда, возникающего в резко неоднородных полях.
- Короностойкость – способность диэлектрика выдерживать воздействие коронного разряда без недопустимого ухудшения его свойств.

- Поверхностный разряд – разряд в газовом промежутке вдоль поверхности твердого диэлектрика.
- Частотно-регулируемый привод – система управления частотой вращения ротора асинхронного (или синхронного) двигателя.
- Широтно-импульсная модуляция – управление средним значением напряжения на нагрузке путем изменения скважности импульсов, управляющих ключом.
- Электрический пробой – лавинный пробой, связанный с тем, что носитель заряда на длине свободного пробега приобретает энергию, достаточную для ионизации молекул кристаллической решётки или газа и увеличивает концентрацию носителей заряда.
- Электродвигатель – это устройство, в котором электрическая энергия преобразуется в механическую.

Сокращения:

- АД – асинхронный двигатель;
- ВЧ – высокочастотный;
- МВИ – межвитковая изоляция;
- ОП – обмоточный провод;
- ПС – пропитывающий состав;
- ЧРП – частотно-регулируемый привод;
- ШИМ – широтно-импульсная модуляция;

Оглавление

Введение.....	11
Глава 1. Литературный обзор.....	12
1.1. Назначение, состав и классификация системы изоляции низковольтной электрической машины.....	12
1.2. Особенности эксплуатации низковольтной электрической машины в составе частотно-регулируемого привода.....	19
1.3. Старение изоляции под действием коронных разрядов.....	23
1.4. Вывод по литературному обзору и постановка задач на исследование	26
Глава 2. Методическая часть.....	28
2.1. Методика подготовки образцов.....	28
2.2. Методика определения короностойкости эмалированных проводов.....	29
2.3. Методика определения электрических характеристик эмалированной изоляции	33
Глава 3. Экспериментальная часть.....	36
3.1. Объект исследования	36
3.2. Определение влияния электротепловых нагрузок, характерных для работы преобразователя частоты на базе широтно-импульсного преобразователя на электрические свойства изоляции.....	36
3.3. Обсуждение результатов.....	41
Глава 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	43
4.1. Маркетинг проекта.....	43

4.2.	Оценка конкурентоспособности.....	47
4.3.	SWOT-анализ.....	49
4.4.	Планирование и бюджет проекта.....	51
4.5.	Смета расходов.....	54
4.6.	Риски проекта.....	56
4.7.	Эффективность замены обмоточного провода.....	59
4.8.	Выводы по главе.....	61
	Глава 5. Социальная ответственность.....	62
5.1.	Анализ вредных производственных факторов.....	63
5.2.	Анализ опасных производственных факторов.....	70
5.3.	Требования пожарной безопасности.....	74
5.4.	Вывод по главе.....	80
	Заключение.....	84
	Список использованных источников.....	85
	Приложение А.....	89

Введение

При расчете и проектировании электрической машины важно выбрать такую конструкцию обмоток и изоляционных материалов, которая обеспечит при минимальной толщине изоляции ее высокую механическую и электрическую прочность, минимальную повреждаемость в процессе изготовления и укладки обмоток, а также во время эксплуатации машин. Для этой цели должны применяться высококачественные тонкие электроизоляционные материалы с высокими нагрево- и влагостойкостью, электрической и механической прочностью, что позволяет улучшить использование активных и конструктивных материалов и в сочетании с другими мероприятиями существенно уменьшить габариты и массу электрических машин при одновременном обеспечении их высокой эксплуатационной надежности.[1]

В последнее время широко внедряется система частотного управления электроприводом, реализуемая с использованием преобразователя частоты (ПЧ) на базе широтно-импульсной модуляции (ШИМ). Как показал опыт применения подобных систем в ряде случаев отмечено снижения срока службы обмоток по причине ускоренного электротеплового старения изоляции. Исследование влияние модулированного напряжения на электрофизические свойства эмалированной изоляции (как наиболее слабого элемента обмотки) позволит дать рекомендации по применению обмоточных проводов в обмотках электродвигателей, управляемых с помощью преобразователей частоты.

Глава 1. Литературный обзор

1.1. Назначение, состав и классификация системы изоляции низковольтной электрической машины.

Система изоляции- совокупность изоляционных материалов, применяемых для изолирования, с учётом их взаимного расположения и технологии обмоточно изолированных работ. Система изоляции классифицируется на низковольтную (НВ) до 1 кВ и высоковольтную (ВВ) свыше 1 кВ.

Отличительная особенность системы изоляции с точки зрения отдельных компонентов, а также с учётом воздействий на эти компоненты нагрузок, в процессе изготовления и эксплуатации, все эти воздействия носят статистический характер.

Классификация изоляции по назначению в электрической машине (ЭМ). По назначению в электрической машине изоляцию можно разделить на следующие виды: межвитковая изоляция, корпусная, междуфазная и вспомогательные элементы (общий вид изолированного статора, схема паза насыпной обмотки приведен на рисунке 1):[2]

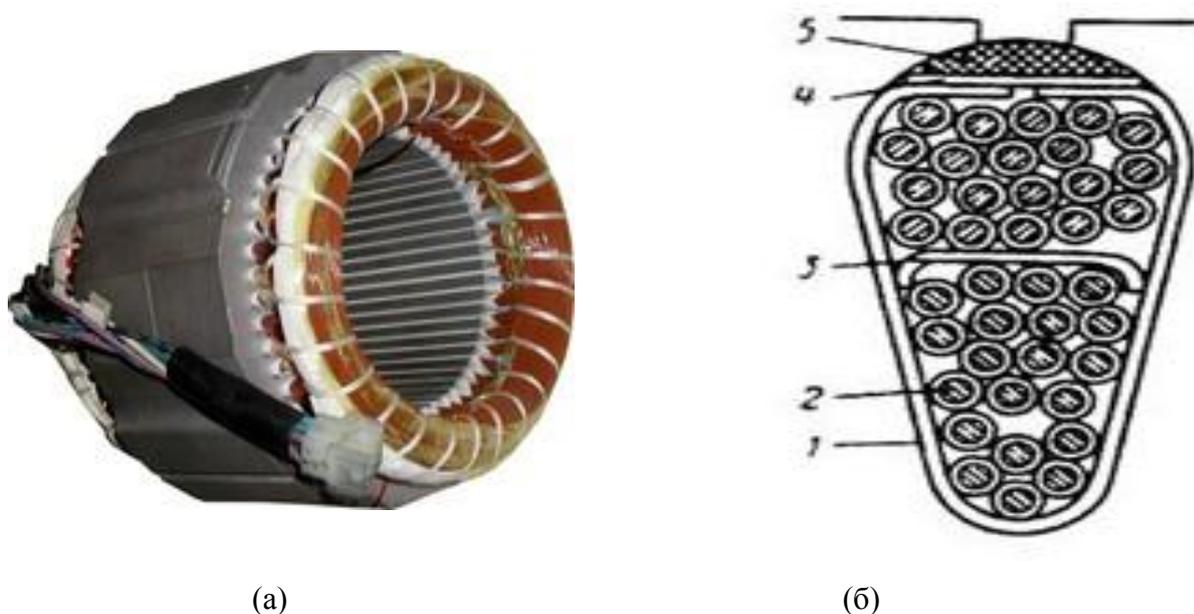


Рисунок.1: Общий вид статора асинхронного двигателя (а) и паз насыпной обмотки фазного ротора (б): 1-корпусная изоляция,2-проводники обмотки,3-прокладка между слоями обмотки,4-прокладка под клин,5-пазовый клин.

Межвитковая изоляция - это изоляция между двумя соседними витками, состоящая из двух слоев эмалевой изоляции соседних витков и слоя отвержденного пропиточного состава. (Рисунок 2)

Пропиточный состав в отвержденном состоянии, эмалевая пленка и проводник образуют сопряженную систему. Эти элементы конструкции связаны друг с другом силами адгезии. При изменениях температуры или воздействии внешних нагрузок они вынуждены деформироваться совместно. В случае плохой совместимости система изоляции такой системы быстро разрушаются.

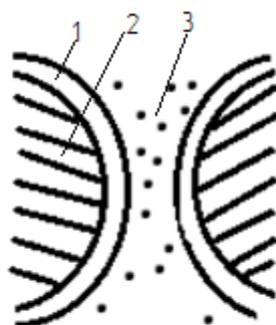


Рисунок.2. Общий вид элемента межвитковой изоляции:

1-эмалевая изоляция, 2-медный проводник, 3-пропиточный состав.

Выбор электроизоляционных материалов для межвитковой изоляции наиболее трудная задача в разработке изоляции электрических машин. В общем виде эта задача сводится к подбору межвитковой изоляции, состоящей из композиции эмали и пленки пропиточного материала, в которой сочетаются желаемые свойства каждого из компонентов.

Примером негативного взаимодействия компонентов межвитковой изоляции могут быть данные полученные в работе [3]. Наблюдалось увеличение срока службы проводов с поливинилацеталевой и полиэфирной эмалью в сочетании с пропиточным полиэфирным лаком. (Рисунок 3).

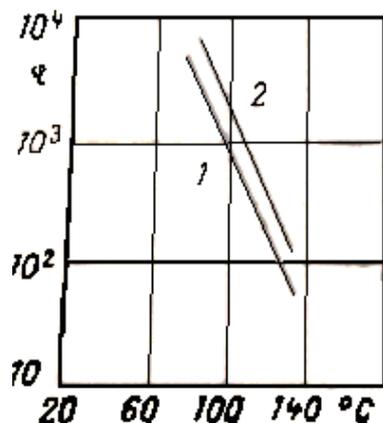


Рисунок.3. Влияние пропиточного материала на срок службы системы электрической изоляции: 1- непропитанный провод с полиэфирной эмалью;
2- то же с пропиткой полиэфирным лаком.

Срок службы пропитанных проводов с полиэфирной и полиэфиримидной эмалью выше, чем непропитанных, при испытаниях при более высоких температурах и ниже – при низких температурах.

Межвитковая изоляция представляет собой композицию из эмалированных, пропитанных обмоточных проводов.

Обмоточные провода.

Обмоточные провода обычно изготавливаются с эмалевой, волокнистой и пленочной изоляцией. Наиболее часто применяются эмалированные провода, так как, эмалевая изоляция имеет наименьшую толщину (0,003—0,065 мм) и более высокую электрическую прочность по сравнению с волокнистой и пленочной изоляцией обмоточных проводов. Это позволяет заложить большее число проводов в паз, и тем самым увеличить энергоэффективность. Поэтому эмалированные провода являются наиболее перспективными среди обмоточных проводов. Эмалевая изоляция на проводе представляет собой гибкое лаковое покрытие, полученное в результате затвердевания слоя лака, нанесенного на провод.

Провода с эмалевой изоляцией, нуждаются в пропитке электроизоляционными лаками. В тонком слое эмалевого изоляционного покрытия всегда имеется небольшое количество сквозных отверстий

(точечные повреждения), вызванное несовершенством технологии эмалирования проволоки и наличием заусенцев на проволоке.

Пропиточные составы.

Электроизоляционные пропиточные составы представляют собой жидкие в холодном состоянии составы, состоящие из пленкообразующих веществ (основы); растворителя пленкообразующих веществ (за исключением составов без растворителей); сиккативов-веществ, ускоряющих процессы отверждения лаковой основы; пластификаторов, придающих гибкость лаковой пленке. Пропиточные составы бывают двух видов лаки и компаунды.

Лаки на основе синтетических смол представляют собой жидкости с лаковой основой и растворителем. Такие лаки по сравнению с лаками из натуральных смол обладает повышенными влаго-, кислотно- и щелочестойкостью и хорошей цементирующей способностью. Лаки на основе синтетических смол твердеют при сшивании молекул; после сушки их пленка становится неплавкой и нерастворимой. Лаки на основе синтетических смол, полностью высыхающие в глубинных слоях обмоток, незаменимы для пропитки обмоток, доступ воздуха в которые затруднен.

Компаунды – это составы не содержащие растворителей пропитывающие и наливные массы, которые находятся во время их использования в жидком состоянии и затвердевают в результате химических процессов, протекающих в них или во время охлаждения. Компаунды делятся на терморреактивные, затвердевающие в результате сшивки молекул, и термопластичные, твердеющие при охлаждении [4,5,6].

Корпусная и межфазная изоляция

Корпусная изоляция - отделяет проводники от магнитопровода (сердечника). Изоляция корпуса делится на высоковольтную, долговременно работающую при напряжениях, превышающих напряженности начала частичных разрядов, и низковольтную (Рисунок 4)

Межфазная изоляция - изоляция межфазовых зон и соединений обмотки разделяет различные фазы и концевые элементы фазовой обмотки, находящиеся в работе при разных потенциалах. (Рисунок 4)

Корпусная и междуфазная изоляция выполняется из листовых и рулонных электроизоляционных материалов, которые могут быть на основе целлюлозы, синтетических волокон, пленки. В таблице 1 и 2 представлены характеристики материалов для корпусной и междуфазной изоляции.

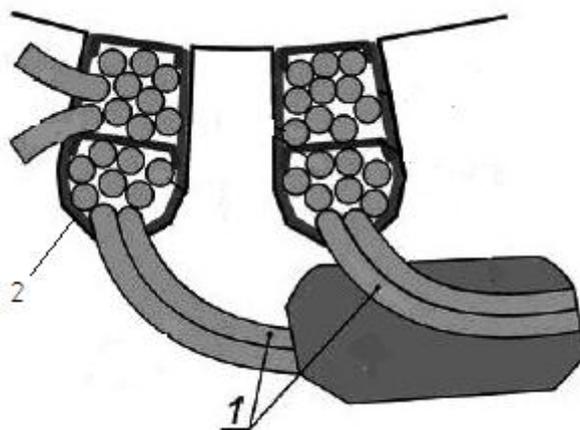


Рисунок.5. 1-Междуфазная изоляция,2-корпусная изоляция.

Таблица 1. Материалы междуфазной и корпусной изоляции

Марка материала	Толщина, мм	Поверхностная плотность, г/м ²	Пробивное напряжение, кВ не менее	Класс нагревостойкости, С.	Конструкция материала
Синтофлекс 515Ф	0,27 0,35 0,42	260 298 410	6 9 10	130	Полиэфирная бумага + полиэтилентерефталатная пленка + полиэфирная бумага
Синтофлекс 616Ф	0,27 0,35 0,42	240 280 390	6 9 10	155	Полиэфирно-арамидная бумага + полиэтиленте- рефталатная пленка + полиэфирно-арамидная бумага
Синтофлекс 818Ф	0,27 0,35 0,42	178 240 268	6 9 10	155	Арамидная бумага + полиэтилентерефталатная пленка + арамидная бумага
Синтофлекс 828	0,15 0,18 0,24	170 198 248	10 10 10	180	Арамидная бумага + полиимидная пленка + арамидная бумага
Синтофлекс 51	0,17 0,19 0,25 0,32 0,37 0,42	189 224 315 399 469 539	11 11 15 18 22 25	130	Полиэфирная бумага + полиэтилентерефталатная пленка
Синтофлекс 61	0,17 0,19 0,25 0,32	197 232 323 407	11 13 15 17	155	Полиэфирно -арамидная бумага + полиэтиленте - рефталатная пленка

Вспомогательные материалы.

Вспомогательные материалы нужны для усиления основной изоляции и для обеспечения подключения напряжения к обмотке.

Вспомогательные элементы:

- Бандажные ленты
- Выводные провода
- Гибкие электроизоляционные трубки (которые показаны на рисунке 6).

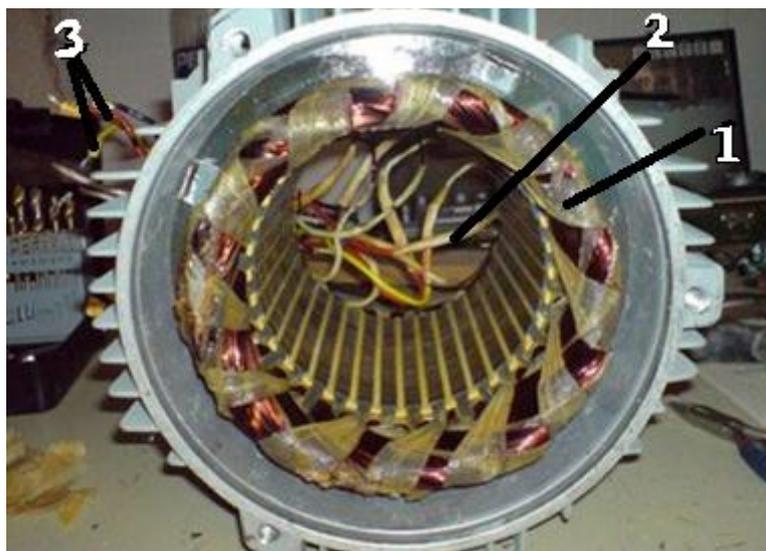


Рисунок 6. Общий вид лобовой части асинхронного двигателя.

1. бандажные ленты 2. гибкие электроизоляционные трубки 3. выводные провода

Бандажные ленты.

Бандажной лентой производят увязку лобовой части обмотки, для сохранения своей формы, в процессе работы не происходила деформация, для обеспечения неподвижности. Ленты бывают: хлопчатобумажные, стекловолоконистые, синтетические и др.

Выводные провода.

Для выводов электрических машин применяют гибкие провода с каучуковой, пластмассовой, ленточной изоляцией.

Основными требованиями, предъявляемыми к выводам, являются: гибкость, обеспечиваемая применением медных жил из тонких проволок и гибкостью изоляции; высокая электрическая прочность изоляции провода, чем достигается

ее небольшая толщина; стойкость к пропиточным составам и температурным воздействиям в процессе сушки после пропитки, которая оценивается степенью сохранения гибкости провода; механическая прочность – в первую очередь стойкость к истиранию и прокалыванию.

Гибкие электроизоляционные трубки.

Гибкие электроизоляционные трубки применяются для изолирования машинных соединений и выводных кабелей. Основное свойство этих трубок – гибкость – позволяет использовать их в изогнутых элементах конструкции, чем значительно снижает трудоемкость изоляционно-обмоточных работ за счет отмены операций изолирования лентами.

Трубки делятся на две группы – лакированные и получающиеся путем экструзии соответствующих пластиков и каучуков.

1.2. Особенности эксплуатации НВ ЭМ в составе частотно-регулируемого привода.

В последнее годы широко распространен частотный метод плавного регулирования электроприводов, построенных на основе асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором (рисунок 7). Частотный преобразователь (преобразователь частоты) — это устройство, состоящее из выпрямителя (моста постоянного тока) и инвертора (преобразователя). Выпрямитель преобразует переменный ток промышленной частоты в постоянный [7].

Инвертор с помощью ШИМ (широтно-импульсная модуляция), преобразует постоянный ток в переменный необходимой частоты и амплитуды.

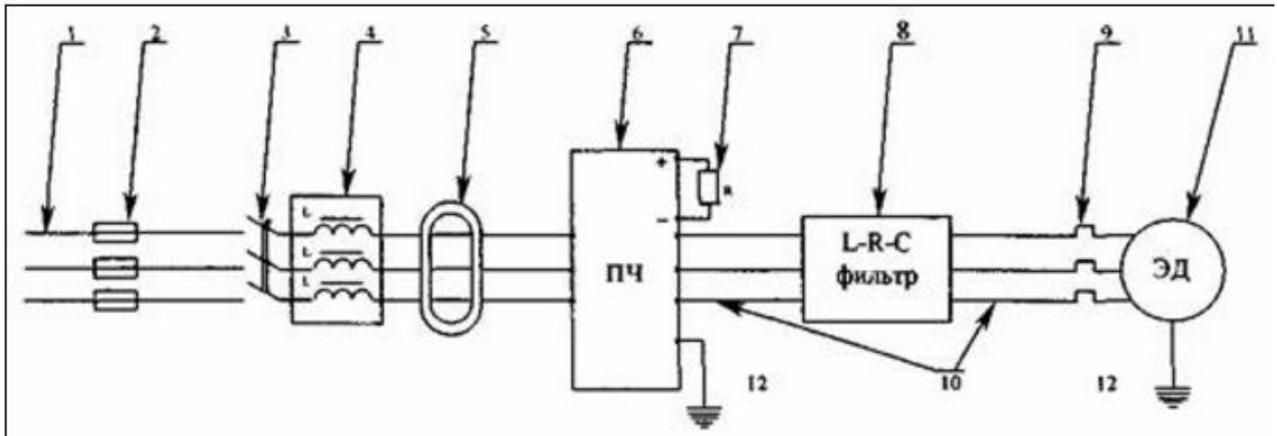


Рисунок. 7 Блок схема частотно-регулируемого привода; 1 – сетевой кабель, 2 - сетевые предохранители, 3 - автоматический выключатель, 4 - сетевой фильтр, 9 - тепловое реле, 10 - кабель двигателя, 11 - асинхронный двигатель дроссель, 5 - фильтр радиопомех, 6 - преобразователь частоты, 7 - тормозной резистор, 8 - синус (с короткозамкнутым ротором, 12 – заземление

Как видно из рисунка, частотно-регулируемый привод должен быть рассмотрен в совокупности с источником питания, переключающими устройствами, сетевыми кабелями, кабелями двигателя, кабелями управления, фильтрами, заземлением, дополнительными устройствами, электродвигателем, преобразователем частоты, а также установлены условия их установки на месте и режимы работы всего оборудования.

Силовая часть такого ПЧ состоит из регулируемого выпрямителя, фильтра и автономного инвертора на основе широтно-импульсной модуляции (ШИМ). В промежуточной цепи (шине постоянного тока) привода синусоидальное напряжение питания преобразуется в постоянный ток (показано на рисунке 8). Для генерации выходного напряжения, соответствующего техническим характеристикам двигателя и требуемого значения тока, используется полупроводниковый ключ. Современные полупроводниковые ключи, используемые в регулируемых электроприводах, характеризуются исключительно высокой скоростью перехода от открытого состояния к замкнутому, что проявляется в резких скачках напряжения до 10

кВ/мкс. В результате на обмотку поступают импульсы прямоугольной формы с высоким значением перенапряжения, что вызывает протекание в обмотке волновых процессов. На величину перенапряжений, также оказывает влияние крутизна фронта. Крутизна фронта (t_ϕ) импульсов напряжения определяется скоростью переключения силовых ключей и при использовании различных полупроводниковых устройств составляет [8]:

- однооперационные тиристоры SCR – 4...10 мкс;
- запираемые тиристоры GTO – 2...4 мкс;
- силовые биполярные тиристоры GTR – 0,5...2 мкс;
- транзисторы IGBT – 0,05...0,1 мкс.

Транзисторы IGBT обладают значительно высоким быстродействием, которое является плюсом для реализации ШИМ и минимизации потерь энергии. Однако они оказывают негативное протекание переходных процессов в цепи ЧРП – питающий кабель – двигатель (рисунок 7).

Импульсный сигнал с крутым фронтом возбуждает волновые процессы в кабеле, что приводит к появлению перенапряжений на клеммах двигателя [9,10].

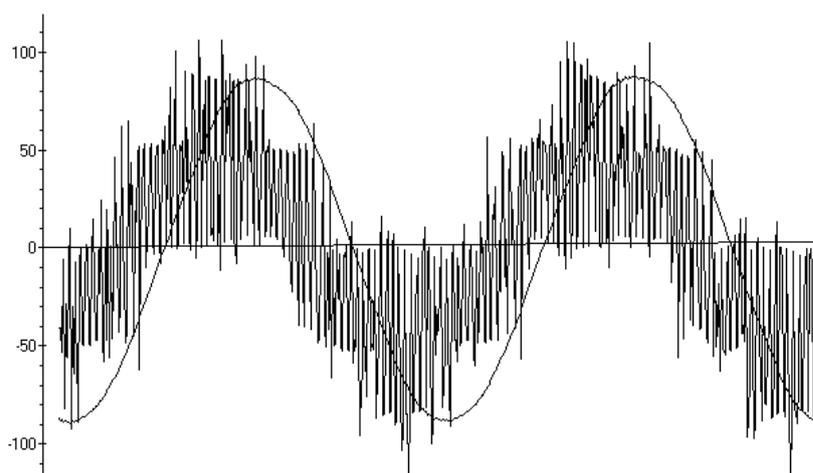


Рисунок.8. Импульсы прямоугольной формы с высоким значением перенапряжения.

На величину перенапряжений оказывает влияние длина питающего кабеля. Критической считается длина кабеля ($l_{кр}$), которая равна половине длине волны (λ) [9]:

$$l_{кр} = \frac{\lambda}{2} \quad (1)$$

при которой к обмоткам асинхронного двигателя прикладываются импульсы, равные по величине двойному напряжению питания U_d . На рисунке 9 можно заметить, что с увеличением длины кабеля возрастает крутизна фронта.

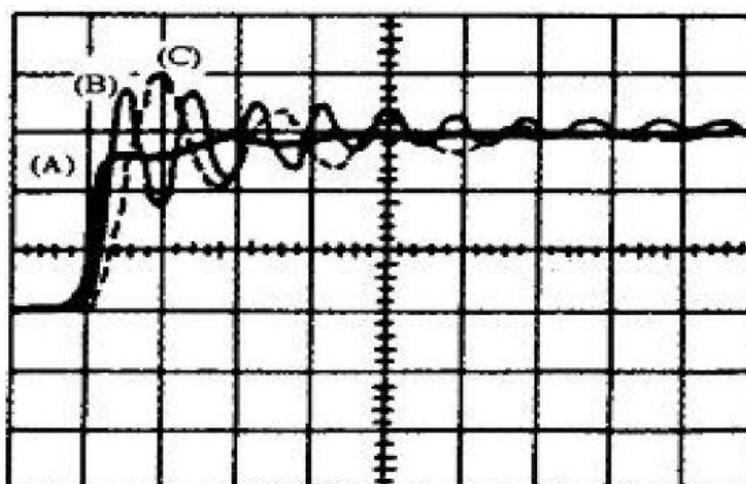


Рисунок 9– Зависимость крутизны фронта от длины питающего кабеля:

А – выход инвертора; В – длина кабеля 5 м; С – длина кабеля 20 м.

Повышенные электрические нагрузки в порах и воздушных зазорах межвитковой изоляции и на лобовых частях обмотки приводят к появлению коронных разрядов (или частичных), накапливанию объёмных зарядов и возникновению локальных перегревов [10]. Таким образом, ухудшаются электрические свойства изоляции, что приводит к её старению, завершающееся, в конечном счете, выходом изоляции из строя. Из этого следует, что использование частотно-регулируемого привода, основанного на широтно-импульсной модуляции, резко увеличивает уровень электрических нагрузок, и в результате изоляция двигателя испытывает воздействие намного более высокое напряжение, чем при работе от синусоидального источника

напряжения одинаковой амплитуды и частоты. Это приводит к возникновению коронных разрядов в изоляции обмотки при регулировании (изменении частоты) электрического привода, что впоследствии приводит к быстрому старению изоляции, влияя на снижение надежности и срок службы электрической машины.

1.3. Старение изоляции под действием коронных разрядов.

Короностойкость диэлектрика представляет собой способность выдерживать влияние коронного разряда без недопустимого ухудшения свойств. Корона может быть сформирована с течением времени из-за износа электродов и старения изоляции. Она ограничена относительно узкой областью, прилегающей к электроду. Под воздействием короны и химических соединений, образующихся под ее воздействием, происходит эрозия изоляционного материала, который может достигать такой степени, что оставшаяся изоляция не выдерживает приложенного напряжения и пробоя.

Частичные разряды, ЧР- электрические разряды возникающие в изоляции электрического оборудования, обычно в электрических системах, работающих при напряжении от 3000 В и выше (хотя ЧР могут происходить при более низких напряжениях).

Частичные и коронные разряды (ЧР и КР) являются одним из основных факторов, которые разрушают электрическую изоляцию при работе на переменном и импульсном напряжениях. ЧР - электрический разряд, частично шунтирующий изоляцию между электродами. Эти разряды могут возникать в ограниченной области диэлектрика с пониженной электрической прочностью или повышенной напряженностью электрического поля как в прилегающих, так и в не прилегающих к обкладке объемах изоляции [11]

Область диэлектрика, в которой происходит ЧР, обычно называется включением; примерами таких включений могут быть газовое включение, прослойка пропитывающей жидкости между листами твердого диэлектрика или между листом и обкладкой. Под воздействием коронного разряда

диэлектрик постепенно разрушается, характер и степень разрушения в зависимости от интенсивности ЧР, от свойств и типа изоляции. Разрушения связаны с разрывом молекулярных связей и образованием радикалов; также возможен обратный процесс: укрупнение молекул или добавление радикалов. Эти явления связаны с высвобождением водорода или других газов: метана, ацетилена, диоксида углерода, возможно образование углеродных соединений.

Традиционно электрическое старение учитывалось для обмоток высокого напряжения, как изделия, постоянно работающие под действием высокого напряжения.

Использование новых систем частотного управления электроприводами привело к изменению уровня электрических рабочих нагрузок в низковольтной изоляции. В свою очередь, это является причиной ускоренного электрического износа изоляции с последующим пробоем. Кроме того, был определен ряд вопросов, связанных с разработкой, тестированием и применением короностойких систем изоляции, решение которых обеспечит необходимый уровень надежности во время работы. В связи с этим особенно важно определить способность эмалевой изоляции провода, как основного элемента, обеспечивающего надежность изоляции проводки, выдерживать повышенные электрические нагрузки (пример места коронного разряда в обмотках низкого напряжения показана на рисунке 10).

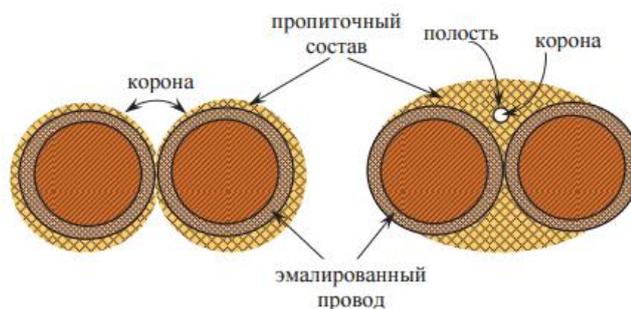


Рисунок.10. Место возникновения коронных разрядов между витками низковольтной обмотки в частотно-регулируемом приводе.

Потери, вызванные частичным разрядом, могут быть рассчитаны физически. Для каждого ЧР-импульса мы дополнительно вводим

контролируемый объект «кажущийся» заряд из источника тестового напряжения. Заряд вводится мгновенно и подключается к определенному напряжению сети питания. Это означает, что энергия, которая дополнительно вводится в оборудование за счет одного ЧР, равна заряду, умноженному на мгновенное напряжение на объекте. Затем вам нужно суммировать все импульсы и получить полную энергию ЧР. Если полная энергия делится на время суммирования, то мы получаем мощность ЧР. Этот параметр называется «потерей энергии для частичных разрядов».

$$P = \frac{1}{T} \times \sum_1^m Q_i \times V_i \quad (2)$$

где: P – мощность разрядов, W ; T – время наблюдения, сек; m – число зарегистрированных импульсов за время T ; и $Q_i * V_i$ – энергия i -го импульса.

Примером отрицательного эффекта коронных разрядов на среднее время до пробоя могут быть данные, приведенные в работе [12]. Для изучения стойкости изоляции эмалированных проводов к действию коронных (поверхностных) разрядов были использованы провода марок ПЭТД2-К-180, ПЭТ-155, ПЭТД-180, ПЭТВ-2, ПЭЭА-155 диаметром $0,92 \div 1,02$ мм. Испытания проводились на заземленных образцах провода, помещенных в стальную дробь. Испытуемая часть образца провода составляла 125 мм. На дробь подавалось испытательное напряжение 4–5 кВ промышленной частоты. Нижний уровень напряжения гарантирует начало ионизационных процессов и появление поверхностных разрядов в пространстве между образцом провода и дробью, верхний – недостаточен для пробоя неповрежденной, бездефектной изоляции. Испытания проводились при комнатной температуре. Образцы провода выдерживались под напряжением до пробоя, за результат принято среднее время до пробоя изоляции 10 образцов. Результаты испытаний приведены на рисунке 11.

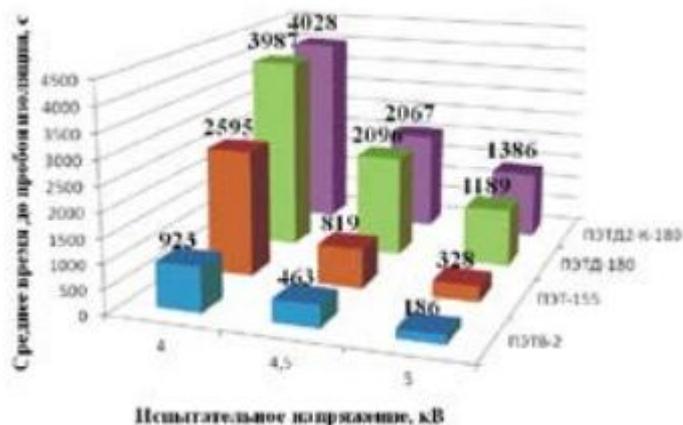


Рисунок 11. Среднее время до пробоя эмалированных проводов. Провод в состоянии поставки; испытания в стальной дробе.

Полученные результаты наглядно демонстрируют различную степень стойкости эмалированных проводов ряда марок к электрическим коронным (поверхностным) разрядам (в порядке убывания): ПЭТД2-К-180, ПЭТД-180, ПЭТ-155, ПЭТВ-2. Наибольшее и близкое по величине среднее время до пробоя в дробе показали провода класса нагревостойкости Н – марки ПЭТД2-К-180 и ПЭТД-180.

1.4. Вывод по литературному обзору и постановка задач на исследование:

Проведя литературный обзор по выпускной квалификационной работе можно сделать следующие выводы:

1. Применение ПЧ на базе ШИМ сопровождается повышением уровня электрических нагрузок на изоляцию. Это связано с тем, что высокая скорость срабатывания полупроводниковых ключей выдает перенапряжения с крутыми фронтами.
2. Ужесточение величин электрических напряжений приводит к снижению срока службы изоляции. Снижение срока службы связано с действием электрических разрядов, которые приводят к электрической эрозии, таким образом в низковольтных системах стал преобладать электротепловой характер старения.

3. В настоящее время недостаточно информации о влиянии коронных разрядов на электрические свойства эмалированных проводов.

4. Изучение процессов изменения электрических характеристик позволит дать рекомендации по оценке состояния изоляции обмоток и прогнозу их остаточного ресурса.

В связи с этим в работе ставится следующая цель:

Определить влияние эксплуатационных нагрузок, характерных для работы блока ШИМ, на электрические свойства изоляции эмалированных проводов.

Для достижения поставленной цели ставятся следующие задачи:

1. Изучить литературу по теме выпускной квалификационной работе.
2. Отработать методику проведения эксперимента.
3. Исследовать влияние модулированного напряжения на сопротивление, тангенс угла диэлектрических потерь и емкость изоляции.
4. Выявить критерий оценки свойств эмалевой изоляции в процессе электротеплового старения.
5. Дать рекомендации по применению эмалированных обмоточных проводов, в обмотках ЧРП на базе ШИМ.

Глава 2. Методическая часть.

2.1. Методика подготовки эмалированных обмоточных проводов.

Подготовка образцов осуществляется путем нарезки отрезков провода и его дальнейшей скрутки (Рисунок 12). Длина испытуемого участка равна 125 мм. Скрутка осуществляется на специальном оборудовании; схема устройства указана на рисунке 10 [12].

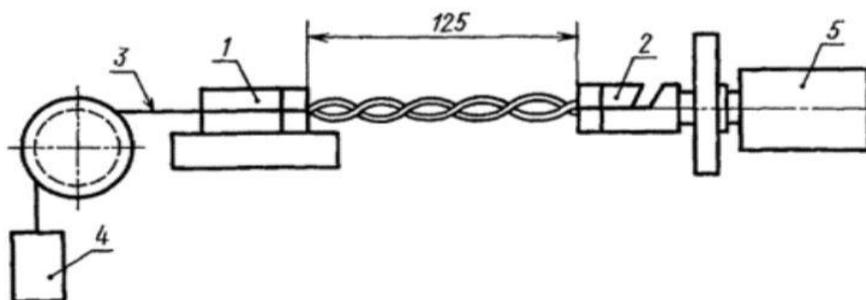


Рисунок 12– Схема устройства для скрутки провода:

1 – скользящий зажим; 2 – вращающийся зажим; 3 – образец провода; 4 – груз; 5 – электродвигатель.

Данное устройство состоит из набора грузов, обеспечивающих соответствующее натяжение проводов при скручивании. Значение натяжения испытуемого провода при скручивании должно соответствовать нагрузке, которое создаётся грузом массой 1 кг, приходящимся на 1 мм^2 площади поперечного сечения проволоки. Предельное отклонение массы должно быть не более 20%. Число скруток в зависимости от диаметра проволоки должно соответствовать указанному в таблице 3

Таблица 3 – Зависимость числа скруток от номинального диаметра проволоки

Номинальный диаметр проволоки, мм	Число скруток на длине 125 мм
0,315-0,53	10
0,55-0,80	9
0,83-1,32	7
1,40-2,12	4
2,24-2,50	3

Петля на конце скрученного образца должна быть разрезана и разведена в стороны, с противоположной стороны образца на обоих концах должна быть удалена изоляция.



Рисунок 13 – Пример скрутки.

Для испытаний электрических характеристик эмалированной изоляции, были сделаны 6 скрученных образцов.

Порядок проведения работы:

1. Подготовить необходимое количество скруток на каждое время старения. Разместить образцы в термошкафу.
2. Установить в термошкафу необходимую температуру проведения испытаний (выбирается в зависимости от температуры класса нагревостойкости).
3. Подать на образцы высокочастотный электрический сигнал.
4. Путем последовательного проведения испытаний получить образцы с разным временем старения.
5. Подготовить ванну с оловом, для погружения образца.
6. Провести определение электрических характеристик изоляции с помощью измерительного моста.

2.2. Методика определения короностойкости эмалированных проводов.

Под эксплуатационными нагрузками электрических машин понимается совокупность различных факторов, возникающих на этапе эксплуатации, в том числе электрическое, механическое и тепловое воздействие. При рассмотрении ЧРП с ШИМ необходимо также учитывать воздействие коронных разрядов.

Для того чтобы оценить воздействие эксплуатационных нагрузок, необходимо имитировать условия эксплуатации реальных обмоток электрических машин. Поэтому разработанное испытательное оборудование должно обеспечить распределение величин электрических напряжений таким же образом, как и в обмотках ЧРП с ШИМ.

Испытания проводятся на лабораторном стенде, показанном на рисунке 14.



Рис. 14. Учебно-лабораторный стенд для определения короностойкости кабельных изделий.

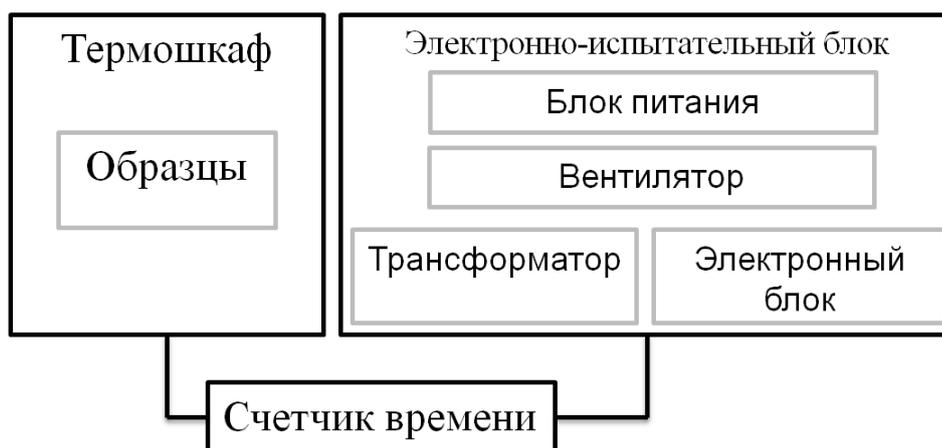


Рис. 15. Блок-схема высокочастотной испытательной установки.

Лабораторный стенд с высокочастотным блоком обладает следующими характеристиками: подаваемое напряжение переменного тока с амплитудой

1200 В, частота 400 Гц с частотой (модуляции) квантования напряжения 5 кГц с (длительность фронта волны) крутизной нарастания переднего фронта 4 мкс и температура, соответствующая нагревостойкости эмалированного обмоточного провода 180 градусов (рисунок 16) [13]. Образцы для испытаний представляют с собой скрутку провода с рабочей зоной 125 мм (рисунок 17). Критерием короностойкости является среднее время до пробоя электрической изоляции.

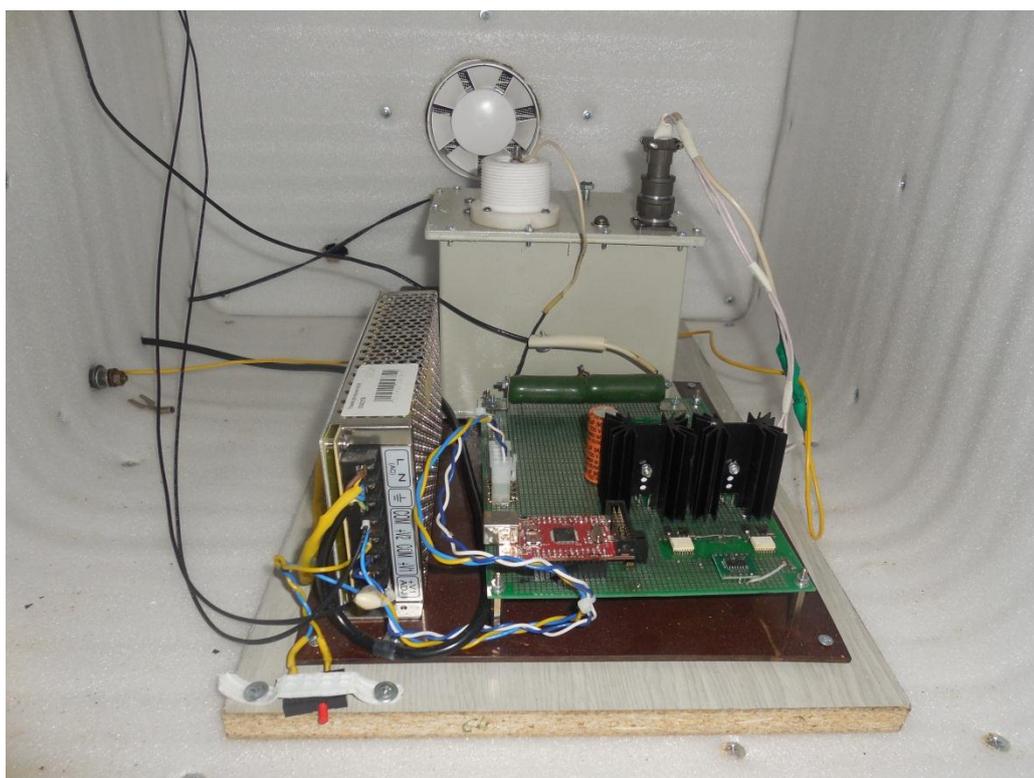


Рисунок 16 – Блок для генерации высокочастотных модулированных сигналов.

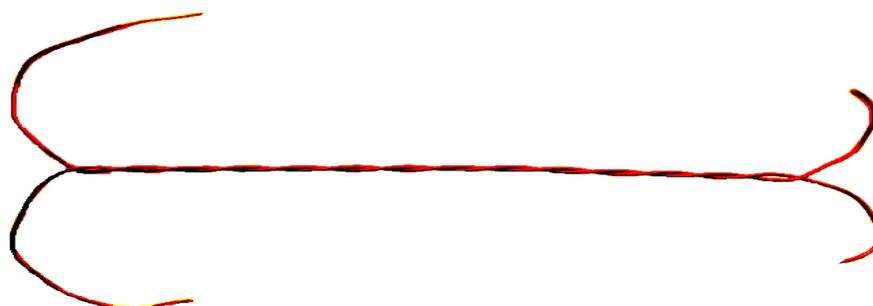


Рисунок 17 – Общий вид образца.

Наличие коронных разрядов, а также соответствие формы и величины подаваемого сигнала подтверждается осциллограммами, представленными на рисунке 18.



Рисунок 18. – Осциллограммы питающего тока и напряжения на образце.

Каждый испытанный эмалированный провод, погружается в ванну с оловом марки О1 , температура плавления 234°C . [14]. (Рисунок 19). Для того чтобы измерить электрофизические параметры ,нам нужно чтобы в системе было два электрода: внешний и внутренний. Внешним электродом является ванна с оловом, внутренним - медная жила погруженная в ванну. Конструктивные параметры ванны: длина \times ширина \times высота - $125 \times 13 \times 10$ (мм).

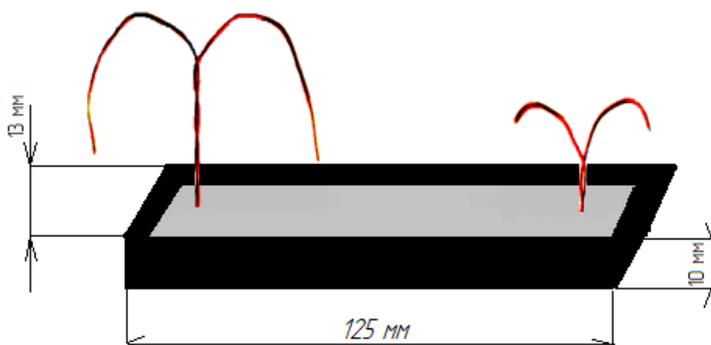


Рисунок 19. Погруженный эмалированный обмоточный провод в ванну с оловом.

2.3. Методика определения электрических характеристик эмалированной изоляции.

Определение электрических характеристик ($R, \text{tg}\delta, C$) проводится с помощью моста марки Gw instek LRC-7829 (Рисунок 20).



Рисунок 20. Мост Gw instek LRC-7829

Параметры моста Gw instek LRC-7829:

- Измерение сопротивления, ёмкости, индуктивности, тангенса угла потерь.
- Диапазон индикации от 0,00001 (Ом, пФ, мГн) до 99999 (кОм, мкФ, Гн)
- Базовая погрешность 0,05% (7817 / 7819), 0,1% (7816 / 7826 / 7827 / 7829 / 7821)
- Частота тест-сигнала: 100 Гц - 2 кГц (7816 / 7826), 12 - 10 кГц (7817 / 7827), 12 Гц - 100 кГц (7819 / 7829) и 12 Гц - 200 кГц (7821)
- Последовательная/параллельная схема замещения
- Внутренне смещение 2 В, внешние смещения до 30 - 35 В
- Запись/считывание до 100 профилей
- Одновременная индикация двух результатов измерения
- Измерение в абсолютных и относительных единицах, Δ -измерения
- Усреднение результатов измерения (1 – 255)
- Программная компенсация начальной емкости и сопротивления.

Для определения сопротивления (R) и емкости (C) изоляции, фаза испытываемого провода зажимается зажимом к нагревательному шкафу (рисунок 21). Измерения проводятся через каждые 10 градусов на постоянном напряжении 275В.

Порядок выполнения испытания:

1. Установить объект исследования в нагревательном шкафу
2. Подключить зажимом фазу обмоточного провода.
3. Накрыть камеру нагревательного шкафа
4. Нажать кнопку POWER на мосту Gw instek LRC-7829
5. Произвести проверку моста на холостой ход и короткое замыкание
6. Подключить мост к нагревательному шкафу
7. Нажать кнопку START для начала испытания.



Рисунок 21. Испытательная ячейка термошкафа.

Тангенс угла диэлектрических потерь ($\text{tg}\delta$) характеризует энергию, рассеиваемую в диэлектрике при воздействии на него электрического поля и вызывающую нагрев диэлектрика. Для измерения тангенса угла диэлектрических потерь изоляции эмалированных проводов при промышленной частоте также используется мост диэлектрических потерь типа Мост Gw instek LRC-7829 (Рисунок 20).

Порядок проведения испытаний:

1. Проверка моста на холостой ход и короткое замыкание.
Нажатие кнопки MENU, затем кнопки short test.
2. Подключение моста к нагревательному шкафу.
3. Соединение фазы обмоточного провода с нагревательным шкафом.
4. Измерение электрических характеристик при нагреве образца до заданной температуры 230 градусов.
5. Проведение испытания.
6. Обработка данных.

ГЛАВА 3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

3.1. Объект исследования.

Объектом исследования является обмоточный провод ПЭТД2-К-180, производство АО «СИБКАБЕЛЬ» (Рисунок 22)

ПЭТД2-К-180

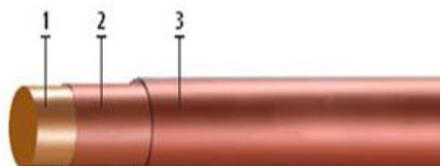


Рисунок 22 - Обмоточный провод ПЭТД2-К-180

1. медная проволока диаметром от 0,2 до 5 мм;
2. Изоляция из короностойкого или модифицированного полиэфиримидного лака;
3. Изоляция из полиамидимидного лака.

Обмоточный провод, содержащий токопроводящую жилу, покрытую двухслойной изоляцией. При этом внутренний слой выполнен из тригидроксиэтилциануратного лака, содержащего не менее 0,1 объемных процентов наночастиц оксида кремния, а внешний слой выполнен из полиамидимидного лака. Изготавливается диаметром от 0,2 до 5 мм. Обладает высокой механической прочностью. Изоляция проводов эластична после действия температуры $(200 \pm 5)^\circ\text{C}$ в течение 30 мин и стойка к продавливанию при температуре $(265 \pm 5)^\circ\text{C}$ [16].

3.2 Определение влияния электротепловых нагрузок, характеристик для работы ПЧ на базе ШИМ на электрические свойства изоляции.

Образцы были подготовлены, согласно методике описанной в пункте 2.1. Согласно методике, описанной в пункте 2.3. проведено определение сопротивления (R), ёмкости (C), тангенса угла диэлектрических потерь ($\text{tg}\delta$) изоляции эмалированного провода при нагреве до 230°C .

Результаты определения электрофизических характеристик исследованных образцов, приведены на рисунках 23-26 и в таблицах (приложение А).

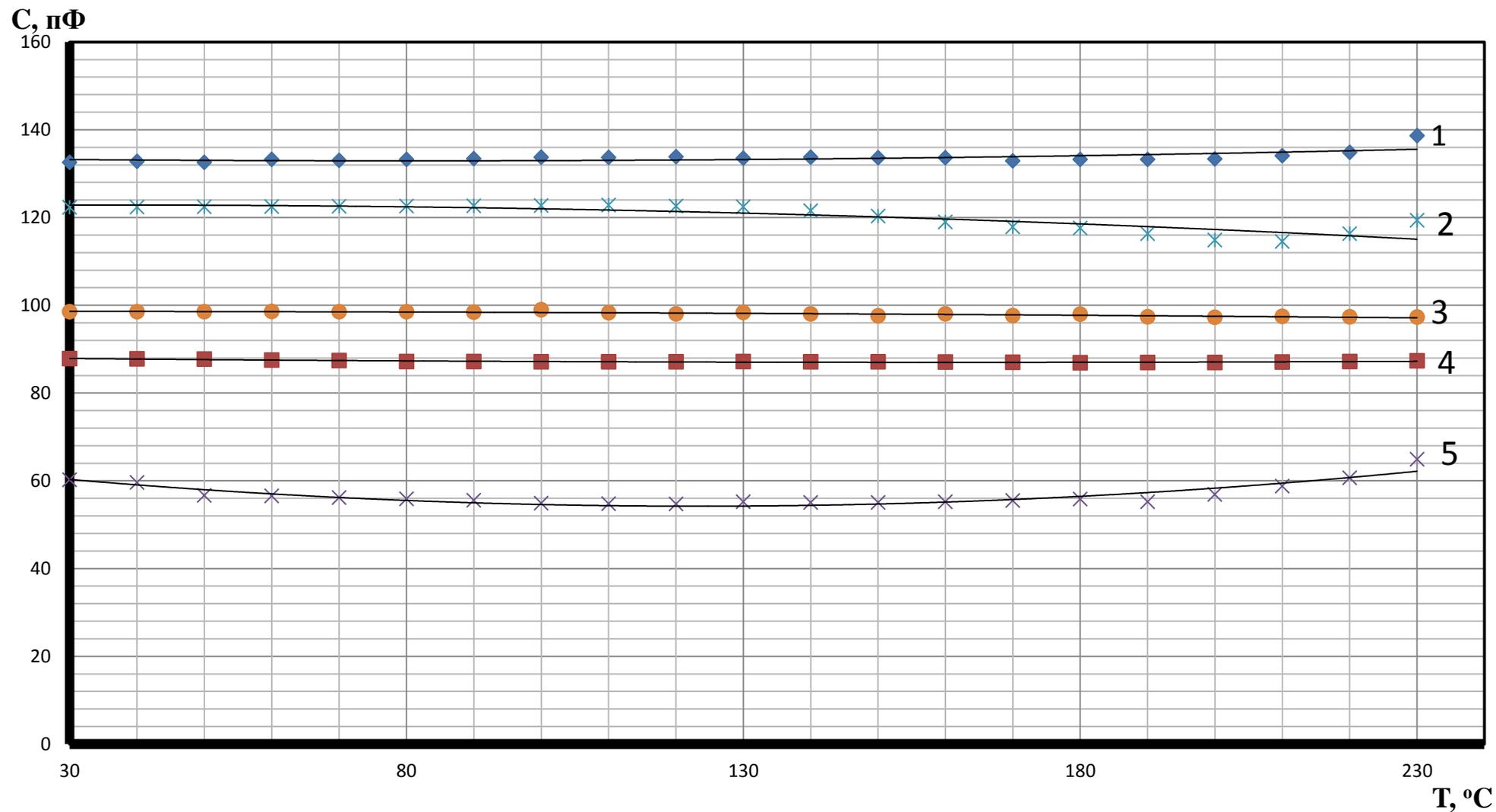


Рисунок 23. Изменение емкости изоляции (С,пФ) при изменении температуры, с учетом времени старения.1-образец в состоянии поставки;2- после 80 минут электротеплового старения; 3- после 100 минут электротеплового старения; 4- после 20 минут электротеплового старения; 5- после 60 минут электротеплового старения.

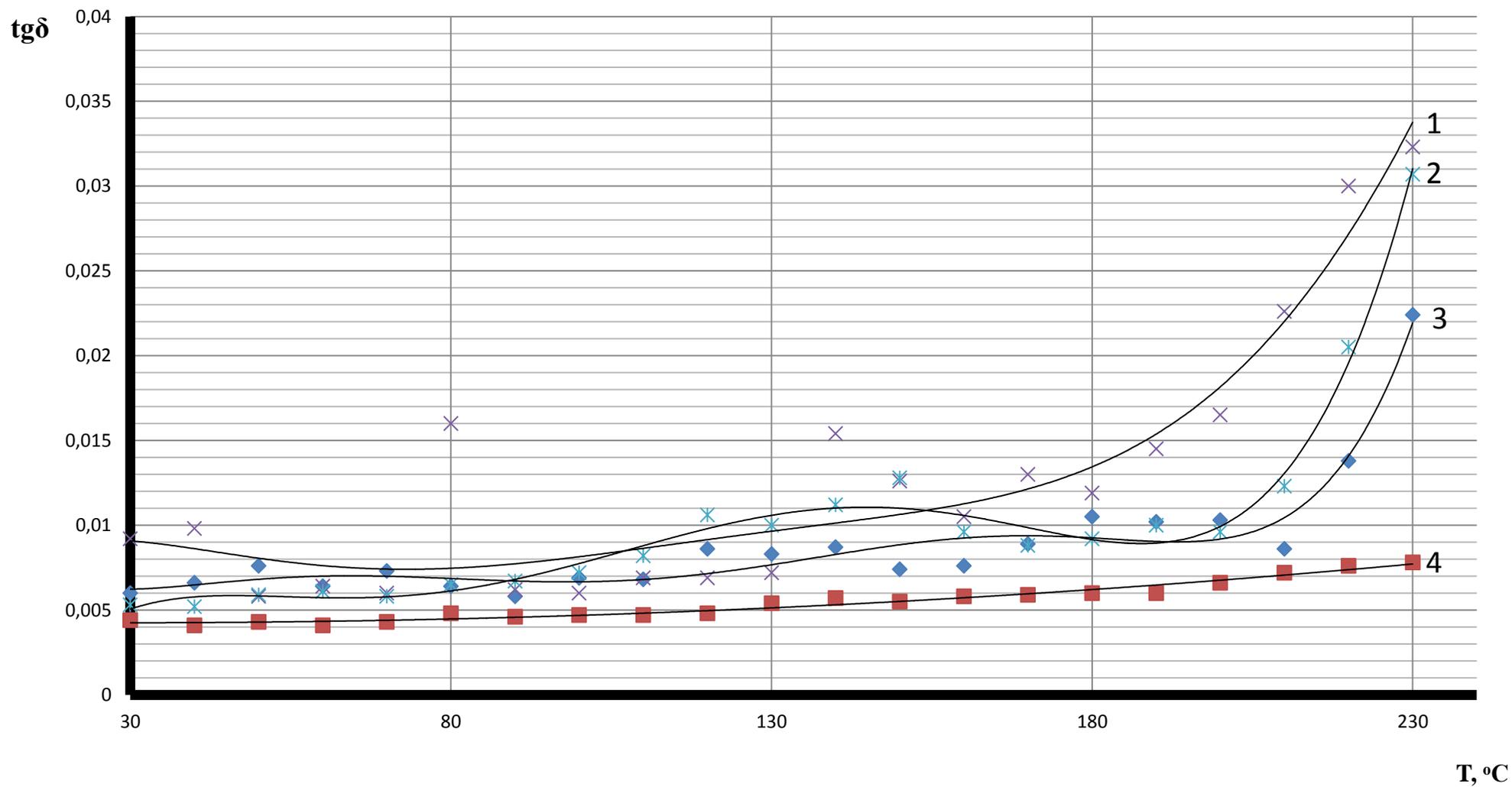


Рисунок 24. Изменение тангенса угла диэлектрических потерь изоляции ($\text{tg}\delta$) при изменении температуры, с учетом времени старения 1- после 60 минут электротеплового старения; 2- после 80 минут электротеплового старения; 3- образец в состоянии поставки; 4- после 20 минут электротеплового старения;

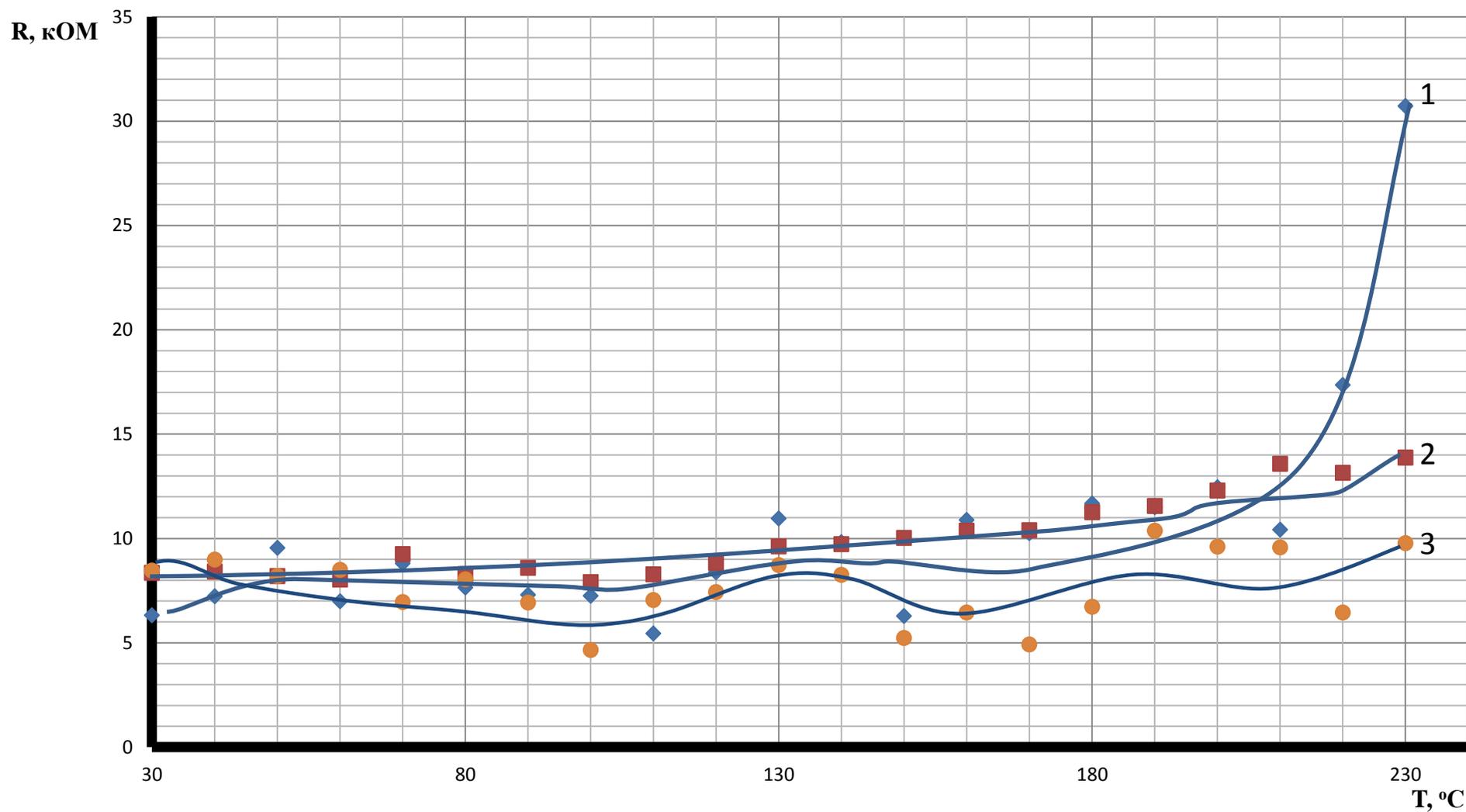


Рисунок 25. Изменение сопротивления изоляции (R , $k\Omega$) при изменении температуры, с учетом времени старения 1- образец в состоянии поставки; 2- после 20 минут электротеплового старения; 3- после 100 минут электротеплового старения.

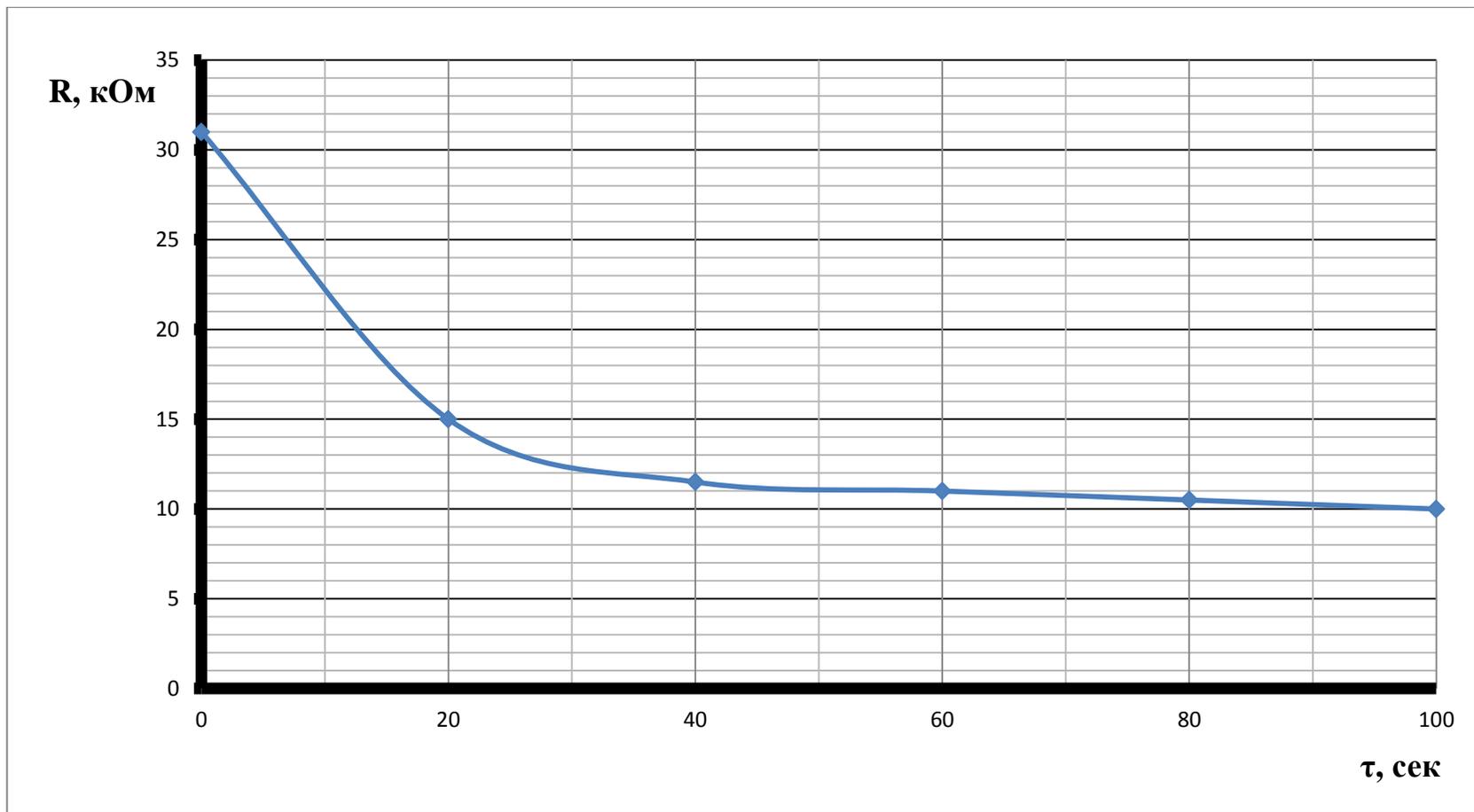


Рисунок 26. Зависимость сопротивления изоляции (R, кОМ) от времени старения под действием коронных разрядов(τ).

3.3. Обсуждение результатов

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

1. При испытании на высокочастотном лабораторном стенде, воспроизводятся электротепловые нагрузки, приближенные к эксплуатации реальных обмоток ЧРП на базе ШИМ. При действии подобных разрядов происходит деградация эмалевой изоляции, это приводит к ухудшению электрофизических свойств и её пробою. Вследствие чего производится измерение электрофизических свойств: сопротивление, тангенс угла диэлектрических потерь и ёмкость изоляции эмалированного провода.
2. Сопротивление изоляции обмоточного провода в зависимости от температуры имеет убывающий характер. Величина тока в диэлектрике определяется концентрацией свободных носителей зарядов и их подвижностью. Повышение температуры, приводит к увеличению амплитуды тепловых колебаний, вследствие чего снижается потенциальный барьер и вырывается слабо связанный ион, тем самым увеличивая концентрацию носителей заряда и плотность тока. Следовательно, снижается сопротивление.
Сопротивление от времени старения имеет убывающий характер. В процессе старения происходит распад макромолекул диэлектрика на составные части, в результате растет концентрация носителей заряда, за счет диссоциации молекул диэлектрика.
3. Тангенс угла диэлектрических потерь с ростом температуры и временем старения возрастает. В данном случае диэлектрические потери, обусловлены, прежде всего, потерями на сквозную проводимость. С увеличением температуры происходит ослабление сил межмолекулярного взаимодействия и, тем самым, уменьшается время установления медленных видов поляризации. Это приводит к

увеличению числа диполей, ориентирующихся в направлении поля, что обуславливает рост энергии расходуемой полем на их ориентацию.

Рост тангенса угла диэлектрических потерь с увеличением времени старения, связан со старением диэлектрика и ростом плотности тока.

4. По полученным значениям емкости изоляции обмоточного провода в зависимости от температуры, можно сказать, что величина постоянная, следовательно, характеристика не эффективна.

Глава 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Выпускная квалификационная работа в виде магистерской диссертации заключается в оценке величин электрических нагрузок в ЧРП и разработка рекомендаций по применению компонентов межвитковой изоляции.

Повышенный уровень эксплуатационных нагрузок при использовании частотно-регулируемого привода с широтно-импульсной модуляцией обуславливает ужесточение требований по конструированию подобных электрических устройств, в том числе применение короностойких электроизоляционных материалов, обмоточных проводов, а также фильтров гармоник. Данные модификации приводят к удорожанию конечного продукта, что безусловно отражается на небольшом спросе.

Целью данного раздела является определение перспективности и успешности замены обмоточного эмалированного провода короностойким.

Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи:

- Провести анализ существующих марок обмоточных проводов и планируемого рынка сбыта.
- Оценить конкурентоспособность инженерного решения.
- Разработать план и график по внедрению короностойких обмоточных проводов, составить смету расходов.
- Показать экономическую эффективность и целесообразность замены обмоточного эмалированного провода короностойким.

4.1. Маркетинг проекта

Отечественный и зарубежный опыт показывает, что недостаточная оценка рынков сбыта производимой продукции является одной из главных причин несостоятельности многих проектов. Необходим глубокий анализ спроса на продукцию, которую предполагается выпускать, определить, в каких объемах и по какой цене его купят. Определив спрос, устанавливают

максимальный объем производства, который предприниматель сможет осуществить с учетом своих потенциальных возможностей.

Анализ рынка

1. Тип рынка:

1. Основной рынок: заводы-изготовители электрических машин Томской области (ОАО «Сибэлектромотор», ФГУП «Томский электротехнический завод», НПО «Элсиб», ООО «СЭТК», ООО «Сибирский машиностроитель», ЗАО «ТОМЗЭЛ»).
2. Дополнительный рынок: предприятия, занимающиеся закупками и продажей кабельных изделий ("Компания "ЭТМ", ООО «КабельГрад», ООО «ИнТех»).
3. Потенциальный рынок: предприятия Западно-Сибирского и других регионов РФ.

2. Размеры рынка сбыта:

1. Географическая зона: город Томск, Томская область, Западно-Сибирский регион, выход на рынки РФ (прогноз).
2. Прогнозируемые темпы роста рынка: растущий рынок (развитие отрасли, повышение спроса).
3. Целевые сегменты рынка:
4. Тип покупателей: промышленные предприятия, предприятия оптовой и розничной торговли.

Характеристика покупателя – предприятия:

- по отрасли (электротехника, машиностроительное предприятие);
- по текущему состоянию отрасли (устойчивая отрасль);
- по размеру (крупное предприятие свыше 300 человек);
- по типу производства (серийное);
- по потребности в оборудовании (замена изношенных приборов и устройств, модернизация техники, автоматизация производства).

4. Прогнозный объем продаж и его изменения, связанные с:

а) Временными колебаниями: циклические колебания (обновление товара каждые 2-3 года, расширение номенклатуры); объем формируется в процессе заказов, зависит от потребности.

б) Формирующимися тенденциями потребления: стимулирование сбыта (индивидуальный подход к потребителям, гарантийное обслуживание, скидки постоянным клиентам, сравнение с зарубежными аналогами – в России аналогов нет); проведение активной рекламы, участие в научных выставках и конференциях.

Анализ конкурентов

На территории Российской Федерации конкуренты отсутствуют. Существуют зарубежные аналоги: основной производитель – компания Von Roll (Швейцария). Цена их продукции значительно выше предлагаемой ЗАО «Сибкабель», кроме того отдельно оплачивается доставка, необходимо проходить таможенный контроль, что сказывается на увеличении сроков доставки. Поэтому их продукция мало используется российскими потребителями.

Ценообразование

1. Тип рыночной ситуации и соответствующая ценовая политика:

Внедрение нового товара – установление максимально высокой цены, так называемой цены «снятия сливок».

2. Метод ценообразования:

Метод «затраты + прибыль» учитывает уровень себестоимости и желаемую долю прибыли в структуре цены, его используют для установления пределов приемлемых цен. Величина надбавки к производимым затратам, которая будет применяться на предприятии: 25%. Цена не зависит от цен конкурентов.

Методы стимулирования продаж

1. Стимулирование потребителей:

а) Поставки товара для опытной эксплуатации в расчете на покупку крупной партии.

б) Участие в выставках-продажах, ярмарках.

с) Организация экскурсий на предприятие производителя.

2. Стимулирование сферы торговли.

Предоставление рекламных материалов.

Реклама

1. Реклама для успешного продвижения товара на рынок:

а) Информативная реклама – предназначена для ознакомления потенциального покупателя с товаром-новинкой, а также для снижения барьера недоверия к данному товару.

б) Избирательная реклама – ориентирована на определенный сегмент рынка (производителей электрических машин).

с) Подкрепляющая реклама – цель которой состоит не в том, чтобы убедить покупателя сделать покупку, а в том, что он поступил правильно, купив именно этот товар (данная продукция повышает надежность вашего оборудования).

2. Средство массовой информации, с помощью которого рекламируется продукция:

а) Рассылка рекламных писем-предложений отдельным покупателям, в основном производственным предприятиям.

б) Рекламные объявления в газетах и журналах, специализированных бюллетенях и отраслевых журналах, сайтах.

с) Издание рекламных буклетов, проспектов и брошюр.

д) Рекламные мероприятия (презентация товара, демонстрационные выставки).

3. Оптимальный размер расходов на рекламу в зависимости от типа выпускаемой продукции и отрасли:

Расходы на рекламу товаров производственно-технического назначения, как правило, не превышают 2-3% от объема продаж, так как

имеет место прямой контакт с покупателем (выставки, журналы, визиты торговых представителей или менеджеров по сбыту).

4.2. Оценка конкурентоспособности

Проведем оценку конкурентоспособности обмоточных проводов с одинаковым температурным индексом (марки ПЭТД2-К-180 относительно ПЭТД-180) традиционным методом, основанным на расчете единичных и групповых показателей, на базе которых определяется интегральный показатель конкурентоспособности [17]. Метод состоит из шести этапов.

На первом этапе выбирается база сравнения. В качестве базы для сравнения может служить лучший из уже существующих на целевом рынке или в мире товаров-конкурентов, или более совершенный образец, появление которого ожидается в ближайшем будущем, или некоторый абстрактный эталон. В нашем случае обмоточные провода ПЭТД2-К-180 и ПЭТД-180 относятся к категории товаров «имеющие аналоги и уже выведенные на рынок».

На втором этапе выделяются наиболее значимые для потребителя критерии. Они делятся на две группы: потребительские и экономические (таблица 4). Первые включают в себя качественные характеристики товара (в нашем случае, пробивное напряжение, прочность на изгиб, прочность на разрыв, число точечных повреждений, относительное удлинение), вторые — цену товара. Значение критерия у базисной модели обозначим $PБ$ (ПЭТД-180), а у сравниваемого образца — P (ПЭТД2-К-180).

На третьем этапе по каждому критерию рассчитывается единичный показатель конкурентоспособности (q_i). Если увеличение значения критерия влечет за собой повышение качества, то

$$q_i = P_i/PБ_i, \quad (3)$$

а если снижение, то

$$q_i = PБ_i/P_i. \quad (4)$$

Расчетные данные занесены в таблицу 5.

Таблица 4 – Значения основных показателей качества. [18,19]

Показатели	ПЭТД-180	ПЭТД2-К-180
Экономические		
Цена (без НДС), руб/кг	540	590
Потребительские		
Пробивное напряжение, В /минимально допустимое значение по ТУ, В	6800/4900	8300/4500
Прочность на изгиб, МПа, не менее	10	12
Показатели	ПЭТД-180	ПЭТД2-К-180
Прочность на разрыв, Н, не менее	10,9	11,2
Число точечных повреждений	170	170
Относительное удлинение, %, не менее	30	32

Таблица 5 – Расчет показателя конкурентоспособности. [19,20]

Показатели	Марка провода		Ранг	Вес параметра, а	Индекс, q	q·a
	Pi	PBi				
Экономические						
Цена, руб/кг	590	540	1	1	1,09	1,09
Потребительские						
Пробивное напряжение, В/минимально допустимое значение по ТУ, В	8300/4500	6800/4900	1	0,30	1,22	0,37
Прочность на изгиб, МПа, не менее	12	10	2	0,25	1,20	0,3
Прочность на разрыв, Н, не менее	11,2	10,9	3	0,21	1,03	0,22
Число точечных повреждений	170	170	5	0,06	1,00	0,06
Относительное удлинение, %, не менее	32	30	4	0,18	1,07	0,19
Сводный индекс конкурентоспособности						
						1,05

На четвертом этапе внутри каждой группы критериев производят ранжирование показателей по степени их значимости для потребителя и в соответствии с этим присваивают им вес: a_{pi} — для потребительских и a_{ei} — для экономических показателей. Причем

$$\sum_{i=1}^n a_{ni} = \sum_{i=1}^m a_{mi}, \quad (5)$$

где n и m — количество потребительских и экономических параметров соответственно.

Необходимость соблюдения этого равенства обоснуем ниже.

На пятом этапе проводится расчет группового показателя как сводного параметрического индекса конкурентоспособности:

$$Q_n = \sum_{i=1}^n q_i \cdot a_{ni}, \quad (6)$$

$$Q_m = \sum_{i=1}^m q_i \cdot a_{mi} \quad (7)$$

где Q_n и Q_m – сводные параметрические индексы конкурентоспособности по потребительским и экономическим свойствам соответственно.

Вернемся к равенству (5). Его соблюдение обеспечивает сопоставимость Q_n и Q_m вне зависимости от количества рассматриваемых критериев.

На шестом этапе рассчитывается интегральный показатель конкурентоспособности (K):

$$K = Q_n/Q_m, \quad (8)$$

который в нашем случае равен:

$$K = 1,14/1,09 = 1,05. \quad (9)$$

Экономический смысл интегрального показателя конкурентоспособности заключается в том, что на единицу затрат потребитель получает K единиц полезного эффекта. Если $K > 1$, то уровень качества выше уровня затрат и товар является конкурентоспособным, если $K < 1$ – неконкурентоспособным на данном рынке.

Следовательно, можно сделать вывод, что обмоточный провод марки ПЭТД2-К-180 более конкурентоспособен, чем провод марки ПЭТД-180.

4.3. SWOT – анализ

SWOT-анализ — метод стратегического планирования, используемый для оценки факторов и явлений, влияющих на проект или предприятие. Все факторы делятся на четыре категории: strengths (сильные стороны), weaknesses (слабые стороны), opportunities (возможности) и threats (угрозы).

Метод включает определение цели проекта и выявление внутренних и внешних факторов, способствующих её достижению или осложняющих его [20].

Таблица 6 – SWOT-анализ

	<p>Strengths (свойства проекта, дающие преимущества перед другими в отрасли)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Уникальность продукции. 2. Востребованность. 3. Отсутствие конкурентов (нет аналогов в РФ). 4. Возможность проводить испытания доказывающие преимущества продукции. 5. Возможность совершенствования технологий, улучшения качества продукции. 6. Возможность участвовать в конференциях выставках, использовать интернет-ресурсы в целях рекламы. 7. Тесное сотрудничество с производителем продукции. 8. Разработки осуществляются при непосредственном участии ТПУ 	<p>Weaknesses (свойства, ослабляющие проект)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Низкая информированность потенциальных потребителей/ 2. Повышенная рыночная стоимость товара. 3. Изменения условий поставки и стоимости проводов. 4. Пассивность целевой группы. 5. Информационные материалы могут быть использованы конкурентами.
--	---	---

<p>Возможности:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Расширение круга клиентов, географической зоны. 2. Распространение рекламы. 3. Четко налаженные поставки. 	<p>Выход на новые рынки – репутация, гибкая ценовая политика, активная роль маркетинга, уникальность. Расширение производства – активная роль маркетинга, высокий профессионализм.</p>	<p>Низкая информированность – активная реклама. Устранение перебоев в поставках – тесные связи с производителем. Низкая прибыльность, дополнительные издержки – выход на новые рынки.</p>
<p>Угрозы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Низкий уровень входа на рынок. 2. Появление конкурентов. 3. Ухудшение экономической ситуации и уменьшение целевой аудитории. 	<p>Появление новых конкурентов – гибкая ценовая политика, активная роль маркетинга, репутация, акции. Низкий уровень входа на рынок – возможность участвовать в конференциях, выставках, использовать интернет-ресурсы в целях рекламы. Ужесточение условий сертификации – содействие ТПУ.</p>	<p>Низкая информированность потенциальных потребителей – Низкий уровень входа на рынок. Появление конкурентов – повышенная рыночная стоимость товара. Ухудшение условий поставок – сокращение</p>

4. Ужесточение условий сертификации.		потенциальных потребителей.
--------------------------------------	--	-----------------------------

Таким образом, чтобы поднять спрос на новый вид продукции, необходимо всесторонне информировать потенциальных клиентов путем проведения рекламных компаний. Нарботанная связь с поставщиками материала обеспечивает своевременное и гарантированное обслуживание.

4.4. Планирование и бюджет проекта

Декомпозиция проекта

В таблице 7 представлен список выполняемых работ по проекту, продолжительность и стоимость каждой работы, а также количество задействованных рабочих.

Таблица 7 – Декомпозиция проекта

Код работы	Наименование работы	Срок выполнения	Количество человек	Стоимость, тыс. руб. (+страховые взносы)
А	Поиск заказчика, заключение контракта	14 дней	1	20
Б	Сбор информации и формирование концепции проекта	3 дня	1	10
В	Разработка и утверждение плана работ заказчиком	3 дня	2	20
Г	Доставка и приемка образцов заказчиком	14 дней	1	1
Д	Входной контроль и испытания опытных образцов	3 мес.	2	90
Е	Анализ результатов испытаний	2 дня	2	6
Ё	Сравнение с аналогами, выявление преимуществ	3 дня	2	8
Ж	Разработка рекламных материалов	14 дней	1	30

3	Подготовка и сдача отчета по проекту	7 дней	2	20
Итого		5 мес.	5 человек	205

При этом в штат организации входят: директор, экономист-менеджер, маркетолог, два инженера-проектировщика.

Сетевая модель

Сетевая модель – это графическое представление проекта. Она позволяет найти минимальные сроки завершения проекта и отдельных работ, а также определить множество критических работ, увеличение продолжительности выполнения любой из которых приводит к увеличению времени выполнения всего проекта.

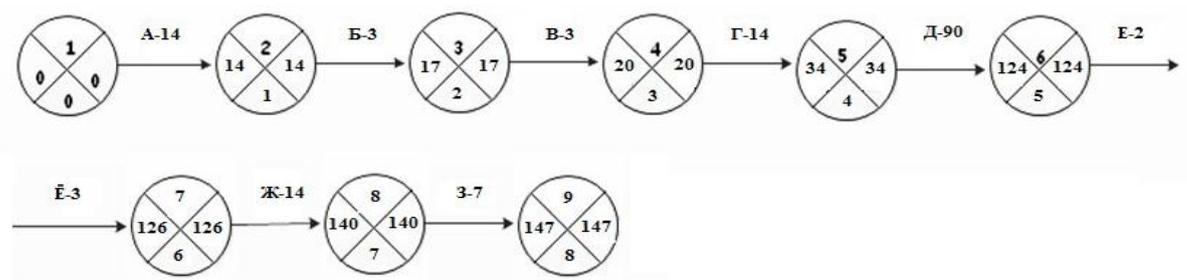


Рисунок 27 – Сетевой график

Составление диаграммы Ганта

Диаграмма Ганта – горизонтальная линейная диаграмма, на которой работы проекта представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися временными и другими параметрами [21].



Рисунок 28 – Диаграмма Ганта

Диаграмма денежных ресурсов

Диаграмма денежных ресурсов показывает движение денежных средств во времени. На рисунке 4 срок выполнения работ разбит на 5 платежных периодов, в конце каждого из них происходит выплата заработной платы рабочим.

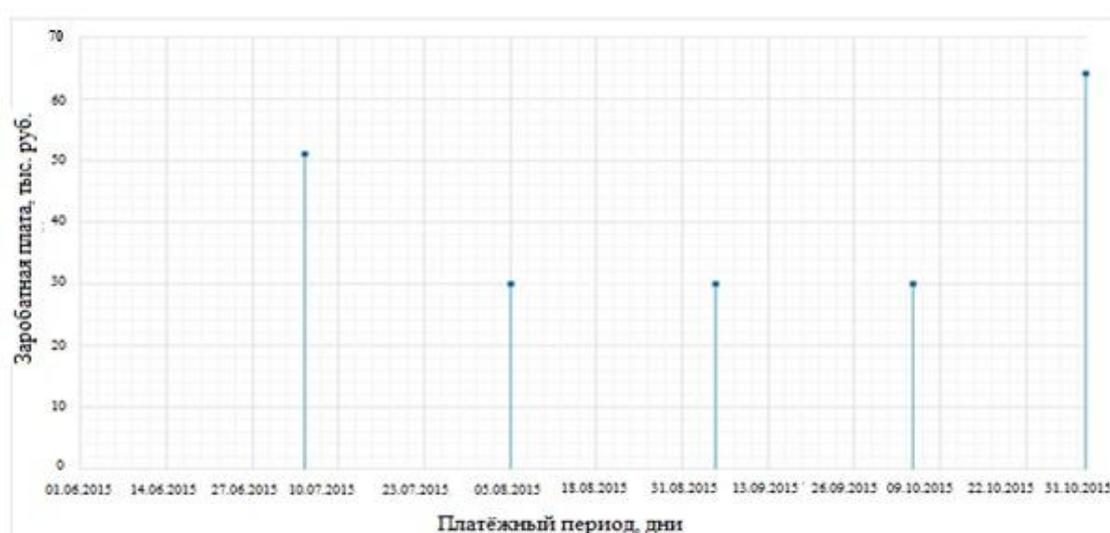


Рисунок 29 – Диаграмма денежных ресурсов

Диаграмма трудовых ресурсов

Диаграмма трудовых ресурсов показывает распределение занятости рабочей силы во времени [20].

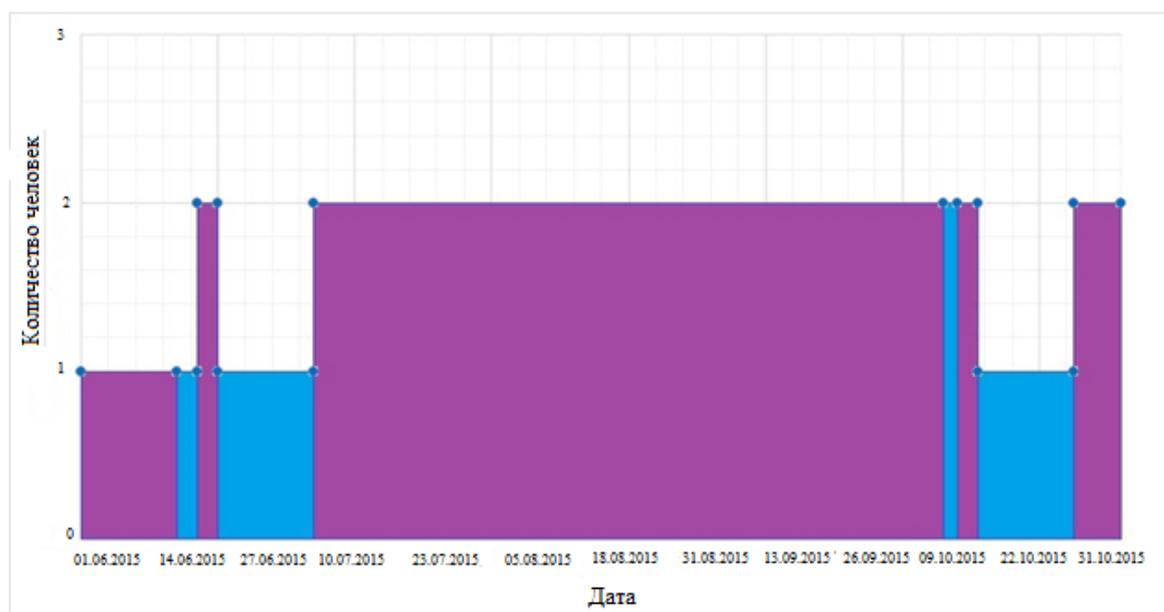


Рисунок 30 – Диаграмма трудовых ресурсов

В результате проведенной декомпозиция проекта был разработан план реализации проекта, а именно определен порядок выполнения работ и срок их выполнения, количество сотрудников, задействованных на каждом этапе работы, и их заработанная плата. Построенные диаграммы денежных и трудовых ресурсов показывают занятость рабочих на протяжении срока выполнения работ и календарные даты денежных выплат.

4.5. Смета расходов

Смета расходов – группировка предстоящих плановых затрат предприятия на производство и реализацию продукции (работ, услуг) по экономически однородным статьям затрат с учетом изменения остатков незавершенного производства, затрат на капитальное строительство и др. на определенный календарный период.

Таблица 8 – Смета расходов

Шифр	Наименование работ	Общая стоимость, тыс. руб.	Участники	Зарплата, тыс. руб.
<i>А</i>	Поиск заказчика, заключение контракта	49,2	директор	14
<i>Б</i>	Сбор информации и формирование концепции проекта	16,4	экономист-менеджер	7
<i>В</i>	Разработка и утверждение плана работ заказчиком	25,4	директор, экономист-менеджер	14
<i>Г</i>	Доставка и приемка образцов заказчиком	26,2	инженер-проектировщик	0,7
<i>Д</i>	Входной контроль и испытания опытных образцов	281,5	инженеры-проектировщики	63
<i>Е</i>	Анализ результатов испытаний	9,6	инженеры-проектировщики	4,2
<i>Ё</i>	Сравнение с аналогами, выявление преимуществ	13,4	инженеры-проектировщики	7,6
<i>Ж</i>	Разработка рекламных материалов	47,9	маркетолог	21
<i>З</i>	Подготовка и сдача отчета по проекту	28,1	директор, экономист-менеджер	14
Итого		497,7		143,5

Продолжение таблицы 8

Шифр	Страховые отчисления, тыс. руб.	Материалы, наименование/ тыс. руб.	Эксплуатация машин, наименование/тыс. руб.	Прочее, тыс. руб.	Срок выполнения
<i>А</i>	6	канцелярия 1	компьютер [49] 7	18,2	14 дней
<i>Б</i>	3	канцелярия 1	компьютер 1,5	3,90	3 дня
<i>В</i>	6		компьютер 1,5	3,9	3 дня
<i>Г</i>	0,3		компьютер 7	18,2	14 дней
<i>Д</i>	27	канцелярия 3	компьютер, испытательные установки, КИПиА 70	118,5	3 мес.
<i>Е</i>	1,8		компьютер 1	2,6	2 дня
<i>Ё</i>	2,4		компьютер 1,5	3,9	3 дня
<i>Ж</i>	9	канцелярия 1,5	компьютер 7	18,2	14 дней
<i>З</i>	6	канцелярия 1	компьютер 3,5	12,6	7 дней
Итого	61,5	7,5	100	200	

Примечание: Расходы по эксплуатации машин включают в себя техническое обслуживание и амортизацию установленного оборудования; к затратам на прочее относятся: аренда помещения, налоги, коммунальные платежи, зарплата обслуживающему персоналу, отчисления в пенсионный фонд, транспортные расходы.

Арендная стоимость 1 м² с учетом коммунальным расходов составляет 400 руб/м² в месяц. Так как общая задействованная площадь составляет 35 м² и срок выполнения проекта – 5 месяцев, то расходы составят:

$$400 \cdot 35 \cdot 5 = 70 \text{ тыс. руб.}$$

Основываясь на график проведения работ, рассчитаны расходы на заработную плату сотрудников со страховыми взносами, на канцелярские принадлежности, на эксплуатацию машин, и арендную плату за помещение.

4.6. Риски проекта

Для проекта было выделено четыре группы рисков: социальные, экономические, технические и политические, которые были оценены по следующей системе: 0 – риска нет; 25 – событие скорее не произойдет; 50 – ситуация неопределенности; 75 – событие скорее произойдет; 100 – риск велик. Исходя из ранга риска, вычисляется весовой коэффициент и рассчитывается итоговая оценка. Все полученные данные сводятся в общую оценку рисков проекта (таблица 14) [21].

Таблица 9 – Группы рисков

№	Группа риска	Виды рисков в группе
1	Социальные	1.1 Неэффективная рекламная компания 1.2 Пассивность целевой группы 1.3 Несоблюдение техники безопасности 1.4 Отсутствие командной работы 1.5 Потеря и хищение имущества 1.6 Недостижение поставленных целей 1.7 Риск травматизма
2	Экономические	2.1 Рост цен 2.2 Инфляция 2.3 Изменения условий поставки и стоимости проводов 2.4 Дефицит бюджета 2.5 Недобросовестные поставщики и исполнители 2.6 Непредвиденные расходы 2.7 Изменение налогообложения
3	Технические	3.1 Низкое качество продукции 3.2 Сложность применяемых технологий 3.3 Дефицит расходных материалов 3.4 Травмоопасность подготовленных этапов 3.5 Чрезмерные механические нагрузки на продукцию 3.6 Ремонт на месте (задержки по времени) 3.7 Транспортные задержки при поставке
4	Политические	4.1 Критика в СМИ 4.2 Нарушение действующего законодательства 4.3 Предвзятое отношение со стороны властей и населения 4.4 Запрет на внедрение продукции 4.5 Политическая пропаганда

		4.6 Антирекламная компания 4.7 Препятствие Ростехнадзора
--	--	---

Таблица 10 – Оценка социальных рисков

Виды рисков в группе	Вероятность наступления риска P_i	Ранг риска b_i	Весовой коэффициент W_i	Итоговая оценка риска $P_i \cdot W_i$
1	50	9	0.15	7.5
2	50	10	0.17	8.5
3	25	10	0.17	4.25
4	25	5	0.08	2
5	25	6	0.1	2.5
6	25	10	0.16	4
7	25	10	0.16	4
Сумма		$\Sigma b_i=60$	$\Sigma W_i=1$	$\Sigma P_i \cdot W_i=32.75$

Таблица 11 – Оценка экономических рисков

Виды рисков в группе	Вероятность наступления риска P_i	Ранг риска b_i	Весовой коэффициент W_i	Итоговая оценка риска $P_i \cdot W_i$
1	100	10	0.17	17
2	75	10	0.16	12
3	50	7	0.12	6
4	25	10	0.16	4
5	25	9	0.15	3.75
6	75	7	0.12	9
7	25	7	0.12	3
Сумма		$\Sigma b_i=60$	$\Sigma W_i=1$	$\Sigma P_i \cdot W_i=54.75$

Таблица 12 – Оценка технологических рисков

Виды рисков в группе	Вероятность наступления риска P_i	Ранг риска b_i	Весовой коэффициент W_i	Итоговая оценка риска $P_i \cdot W_i$
1	25	8	0.16	4
2	25	8	0.16	4
3	25	7	0.15	3.75
4	25	10	0.21	5.25
5	25	4	0.08	2
6	50	4	0.08	4
7	50	8	0.16	8
Сумма		$\Sigma b_i=49$	$\Sigma W_i=1$	$\Sigma P_i \cdot W_i=31$

Таблица 13 – Оценка политических рисков

Виды рисков в группе	Вероятность наступления риска P_i	Ранг риска b_i	Весовой коэффициент W_i	Итоговая оценка риска $P_i \cdot W_i$
1	25	7	0.1	2.5
2	25	8	0.12	3
3	25	10	0.16	4
4	25	10	0.16	4
5	25	9	0.14	3.5
6	25	10	0.16	4
7	25	10	0.16	4
Сумма		$\Sigma b_i=64$	$\Sigma W_i=1$	$\Sigma P_i \cdot W_i=25$

Таблица 14 – Общая оценка рисков проекта

Группы рисков	Ранг b_i	Весовой коэффициент W_i	Вероятность наступления риска P_i	Общая оценка риска $P_i \cdot W_i$
Социальные	5	0.19	32.75	6.22
Экономические	10	0.37	54.75	20.26
Технологические	8	0.3	31	9.3
Политические	4	0.14	25	3.5
Сумма	27	1		39.28

Таблица 15 – Пути решения рисков

Риски	Пути устранения
Социальные	-повышение квалификации сотрудников; -введение современных методов управления.
Экономические	- страхование рисков; - постоянная работа с клиентами; - расширение ассортимента; - гибкая ценовая политика и ряд маркетинговых мероприятий; - расширение круга клиентов.
Технологические	-повышение квалификации персонала; -покупка качественного сырья у проверенных поставщиков.
Политические	-укрепление доверия к государственной политике, принятие новых законов; -обеспечение общественной поддержки преобразований в политической сфере; -получение страхового полиса на случай возникновения политического риска.

Расчет рисков дает общую оценку в 39.28. Вероятность наступления социальных, технологических и политических рисков невысока ($\Sigma P_i \cdot W_i = 32.75; 31; 25$ соответственно), в то время вероятность наступления

экономических – 50/50. Данная оценка говорит о том, что проект имеет место быть, несмотря на препятствия.

4.7. Эффективность замены обмоточного провода

Экспериментальные данные (п. 3) показали, что стойкость изоляции провода марки ПЭТД2-К-180 к действию коронных разрядов приблизительно в 3 раза выше, чем у провода марки ПЭТД-180. Следовательно, присутствует вероятность того, что в течение срока службы двигателя (20000 ч.) при повышенных нагрузках произойдет преждевременный отказ, который в свою очередь приведет либо к необходимой замене двигателя, либо к его ремонту.

Проведем анализ экономической эффективности замены стандартного обмоточного провода (ПЭТД-180) асинхронного двигателя (АД) мощностью 22 кВт проводом с короностойким исполнением внешнего слоя изоляции (ПЭТД2-К-180). Для упрощения расчетов примем допущение, что на производстве, где вышел из строя АД со стандартным обмоточным проводом, имеет резервный двигатель. Тогда, можно пренебречь убытками за простой технологической линии.

Таблица 16 – Сравнительные характеристики АД с стандартным обмоточным проводом и короностойким

Наименование	Мощность, кВт	Масса меди, кг	Цена, руб. (с НДС)
АД с стандартным обмоточным проводом	22	13	79852
АД с короностойким обмоточным проводом	22	13	80209

В таблице 17 показаны необходимые материальные затраты с учетом НДС на ремонт обмотки двигателя.

Таблица 17 – Материальные затраты

Материалы	Количество, кг	Цена, руб. (с НДС)	Всего, руб.
ОП ПЭТД-180	13	637,2	8282,6
ПМ КО-916К	5	354,5	1772,5
Прочие материалы (корпусная изоляция, межфазовая изоляция, трубки электроизоляционные, выводные провода, бандажные ленты и пр.)	-	1500	1200
Итого			11256,1

В таблице 18 представлены затраты на заработную плату в расчете на одного рабочего с учетом НДФЛ и страховых взносов.

Таблица 18 – Заработная плата по обмоточным и изолировочным работам

Кол-во работников	Разряд	Часовой тариф, руб./час	Кол-во часов	Основная зарплата, руб.	Премия (10%), руб.	Страховые взносы (30%), руб	Итого, руб.
1	5	70	40	2800	280	840	3920

Итоговая стоимость ремонтных работ с учетом прибыли организации показана в таблице 19.

Таблица 19 – Стоимость ремонтных работ

Статьи затрат	Сумма, руб.
Материальные затраты	11256,1
Заработная плата рабочих	3920
Прибыль ремонтной организации (20%)	2474,82
Общая стоимость	17650,92

Отсюда, можно рассчитать экономическую эффективность замены стандартного обмоточного провода в АД короностойким.

$$\varepsilon = \frac{(17650,92 + 79852) - 80209}{17650,92 + 79852} \cdot 100\% = 18\%. \quad (10)$$

Таким образом, затраты на приобретение АД с обмоткой из ОП марки ПЭТД-180 и его разовый ремонт в течение срока службы (при условии преждевременного отказа обмотки) на 18% выше, чем затраты на АД такой же мощности, но с обмоткой из провода марки ПЭТД2-К-180.

4.8. Выводы по главе:

1. Анализ отечественного и зарубежного рынка показал, что в настоящее время широко стоит проблема увеличения надежности ЧРП с ШИМ. На территории Российской Федерации только один завод занимается производством короностойких проводов – ЗАО «Сибкабель», а приобретение зарубежных аналогов налагает дополнительные расходы и увеличение сроков доставки.
2. Оценка конкурентоспособности, приведенная в данном разделе, показала целесообразность разработки и внедрения короностойкого обмоточного провода.
3. Разработан план внедрения нового типа обмоточных проводов, составлена смета расходов, построена сетевая модель проекта, диаграмма Ганта, диаграмма трудовых и денежных ресурсов.
4. Анализ эффективности проекта демонстрирует, что:
 - несмотря на удорожание короностойкого провода ПЭТД2-К-180, его применение в обмотки двигателя ведет к уменьшению затрат на эксплуатацию АД с частотным управлением и увеличению срока службы;
 - использование короностойкого провода сокращает финансовые затраты на 18% при условии наличия резервного двигателя (т.е. без учета издержек простоя производства);
 - иной способ решения проблемы – применение фильтров гармоник, цена на которые достигает 50-90% стоимости двигателя в зависимости от марки производителя, что экономически нецелесообразно при малых мощностях.

Таким образом, проект по разработке и внедрению короностойких обмоточных проводов является эффективным и экономически целесообразным.

Глава 5. Социальная ответственность

Аннотация

Представление понятия «Социальная ответственность» сформулировано в международном стандарте (МС) IC CSR-08260008000: 2011 «Социальная ответственность организации».

В соответствии с МС - Социальная ответственность - ответственность организации за воздействие ее решений и деятельности на общество и окружающую среду через прозрачное и этическое поведение, которое:

- содействует устойчивому развитию, включая здоровье и благосостояние общества;
- учитывает ожидания заинтересованных сторон;
- соответствует применяемому законодательству и согласуется с международными нормами поведения (включая промышленную безопасность и условия труда, экологическую безопасность);
- интегрировано в деятельность всей организации и применяется во всех ее взаимоотношениях (включая промышленную безопасность и условия труда, экологическую безопасность).

Введение

Возникновение преждевременных отказов широко применяемых ЧРП с ШИМ подтолкнуло к изучению причин их выхода из строя. Оказалось, что на лобовых частях обмотки, воздушных порах и др. возникают перенапряжения, так называемые коронные разряды, которые ускоряют процессы старения изоляции. Для исследования данной проблемы на базе лаборатории ТПУ был разработан и смонтирован комбинированный учебно-лабораторный стенд для проведения высоковольтных и высокочастотных испытаний изоляции обмоточных проводов и систем изоляции обмотки на стойкость к действию коронных разрядов.

В процессе испытаний возникает возможность поражения людей электрическим током, получение ожога при работе с термощкафом и образуются продукты распада при старении изоляции (озон). Пожар выступает в качестве возможной чрезвычайной ситуации на рабочем месте.

Поэтому необходимо обеспечить электробезопасность, разработать мероприятия и средства, обеспечивающие защиту людей от воздействия электрического тока и других вредных и опасных факторов.

5. Производственная безопасность

5.1. Анализ вредных производственных факторов

Образующийся в процессе старения изоляции озон по параметрам острой токсичности относится к 1 классу опасности. Согласно ГОСТ 12.1.007-76 предельно допустимая концентрация (ПДК) озона в воздухе рабочей зоны – $0,1 \text{ мг/м}^3$, максимальная разовая ПДК озона в атмосферном воздухе – $0,16 \text{ мг/м}^3$, средняя суточная ПДК озона в атмосферном воздухе – $0,03 \text{ мг/м}^3$ [22,23]. При вдыхании высоких концентраций озона (9 мг/м^3) и выше может появиться кашель, раздражение глаз, головная боль, головокружение и загрудинные боли. Возможно появление бронхоспазма и даже начальных стадий отека легких (при многочасовом воздействии высоких концентраций). Для защиты персонала от воздействия озона обязательно систематическое проветривание помещения после получаса работы установки. Иным способом является установка вытяжки, которая обеспечивает постоянное устранение вредных веществ.

Микроклимат

Микроклимат производственных помещений определяется совокупным воздействием на организм человека температуры, влажности, скорости движения воздуха, теплового излучения нагретых поверхностей. Микроклимат различных производственных помещений зависит от колебаний внешних метеорологических условий, времени дня, года, особенностей производственного процесса и систем отопления и вентиляции [25].

Согласно [24] работа на лабораторно-учебном стенде в лаборатории относится к классу работ с интенсивностью энергозатрат $120 - 150 \text{ ккал/час}$. В производственных помещениях, в которых работа с лабораторными стендами является основной и связана с нервно-эмоциональным

напряжением, должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата для категории работ 1а и 1б в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами микроклимата производственных помещений.

Таблица 20 – Параметры микроклимата для производственных помещений

Период года	Параметр микроклимата	Величина
Холодный и переходный	Температура воздуха в помещении	22 – 24 °С
	Относительная влажность	40 – 60 %
	Скорость движения воздуха	до 0,1 м/с
Теплый	Температура воздуха в помещении	23 – 25°С
	Относительная влажность	40 – 60 %
	Скорость движения воздуха	0,1 – 0,2 м/с

Для обеспечения достаточного постоянного и равномерного нагревания воздуха в рабочих аудиториях в холодный период года используется отопление. Температуру в помещении следует регулировать с учетом тепловых потоков от оборудования. Стенд нужно устанавливать так, чтобы тепловые потоки от него не были направлены на студентов.

С целью поддержания параметров микроклимата в допустимых пределах, а также комфортные условия работы магистрантов применяется кондиционирование воздуха. Кондиционирование воздуха обеспечивает поддержание параметров микроклимата в течение всех сезонов года, очистку воздуха от пыли и вредных веществ.

Шум

Другим вредным факторов, оказывающим пагубное воздействие на здоровье человека, является шум. Согласно СН 2.2.4/2.1.8.562–96 предельно допустимые уровни (ПДУ) звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука для измерительных и аналитических работ в лаборатории представлены в таблице 21. [25,26].

Таблица 21 – Предельно допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука для основных наиболее типичных видов трудовой деятельности и рабочих мест

№ п/п	Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентны е уровни звука (в дБА)
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Высококвалифицированная работа, требующая сосредоточенности, административно-управленческая деятельность, измерительные и аналитические работы в лаборатории; рабочие места в помещениях цехового управленческого аппарата, в рабочих комнатах конторских помещений, в лабораториях	93	79	70	68	58	55	52	52	49	60

Влияние шума на слуховой анализатор проявляется в ауральных эффектах, которые, главным образом, заключаются в медленно прогрессирующем понижении слуха по типу неврита слухового нерва (кохлеарный неврит). Подвергающиеся шумовому воздействию люди, чаще всего жалуются на головные боли, которые могут иметь разную интенсивность и локализацию, головокружение при перемене положения тела, снижение памяти, повышенную утомляемость, сонливость, нарушения сна, эмоциональную неустойчивость, снижение аппетита, потливость, боли в области сердца. Шум – это один из самых сильных стрессорных агентов. Влияние шума сказывается на функциях эндокринной и иммунной систем организма, в частности это может проявляться в виде трех главных биологических эффектов: снижение иммунитета к инфекционным болезням; снижение иммунитета, направленного против развития опухолевых процессов; появление благоприятных условий для возникновения и развития аллергических и аутоиммунных процессов.

Источником шума при работе на установке является импульсный трансформатор, входящий в состав электронно-измерительного блока. Для уменьшения шумового воздействия на человека используются индивидуальные и коллективные средства защиты. В качестве коллективной защиты выступает звукоизоляционный материал, которым покрыта ячейка с помещенным туда блоком. А противошумные наушники и вкладыши могут использоваться, как средства индивидуальной защиты [27,28].

Освещенность

В лаборатории должны быть соблюдены нормы освещенности и качественные показатели освещения в соответствии с требованиями СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03[29]. Помещение должны иметь естественное и искусственное освещение. Естественное освещение должно осуществляться через боковые светопроёмы. Искусственное освещение должно осуществляться системой общего равномерного освещения.

Освещенность рабочей поверхности должна составлять 300-500 лк. Коэффициент пульсации освещенности не более 10 %. Коэффициент естественной освещенности КЕО в лабораторных помещениях должен быть не ниже 1,2%. - при боковом освещении и 3,5% - при верхнем или комбинированном освещении. Коэффициент искусственной освещенности КЕО в лабораторных помещениях должен быть не ниже 0,7%. - при боковом освещении и 2,1% - при верхнем или комбинированном освещении

Произведем расчет искусственного освещения для рабочей лаборатории № 227 8 корпуса ТПУ, в которой проходят лабораторные работы по дисциплине «Физика диэлектриков». Лаборатория имеет следующие размеры:

ширина – 6,5 м,

длина - 8 м,

высота – 3 м,

площадь - 52 м².

Порядок расчёта:

- 1) выбор типа светильников,
- 2) определение количества светильников,
- 3) определение мощности источников света.

В лаборатории предусмотрено общее равномерное освещение, для которого применяются люминесцентные лампы типа ЛБ (лампы белого цвета), для которых используется светильник типа ОД - 2-30 (длинной 933 мм, шириной 204 мм). Размещение светильников в помещении определяется следующими размерами :

H - высота помещения (4 м);

$h_c = H - h_n$ - расстояние светильников от перекрытия (свес);

h_n - высота светильника над полом, высота подвеса;

h_p - высота рабочей поверхности над полом;

$h = h_n - h_p$ - расчётная высота, высота светильника над рабочей поверхностью;

L - расстояние между соседними светильниками или рядами;

l - расстояние от крайних светильников или рядов до стены (оптимальное расстояние / рекомендуется принимать равным $L/3$);

λ - интегральный критерий оптимальности расположения светильников.

Для светильника типа ОД - 2-30 $h_n = 4$ м [58]. Тогда $h_c = 4 - 3 = 1$ м.

Учитывая, что $h_p = 0,7$ м, найдём $h = h_n - h_p = 3 - 0,7 = 2,3$ м.

Для светильников типа ОД $\lambda = 1,4$, поэтому

$$L = \lambda \cdot h = 1.4 \cdot 2.3 = 3.22 \text{ м} \quad (11)$$

$$l_a = \frac{\lambda}{3} = \frac{3.22}{3} = 1.07 \text{ м} \quad (12)$$

$$l_b = \frac{6.5 - 2 \cdot 0.204 - 1 \cdot 3.22}{2} = 1.436 \text{ м} \quad (13)$$

На основе данных расчетов рекомендуется разместить светильники в 2 ряда, в каждом из которых можно установить 3 светильника типа ОД - 2

мощностью 30 Вт. При этом разрывы между светильниками в ряду составят 0,3 м. Учитывая, что в каждом светильнике установлено по две лампы, общее число ламп в помещении составит $(3 * 2) * 2 = 12$.

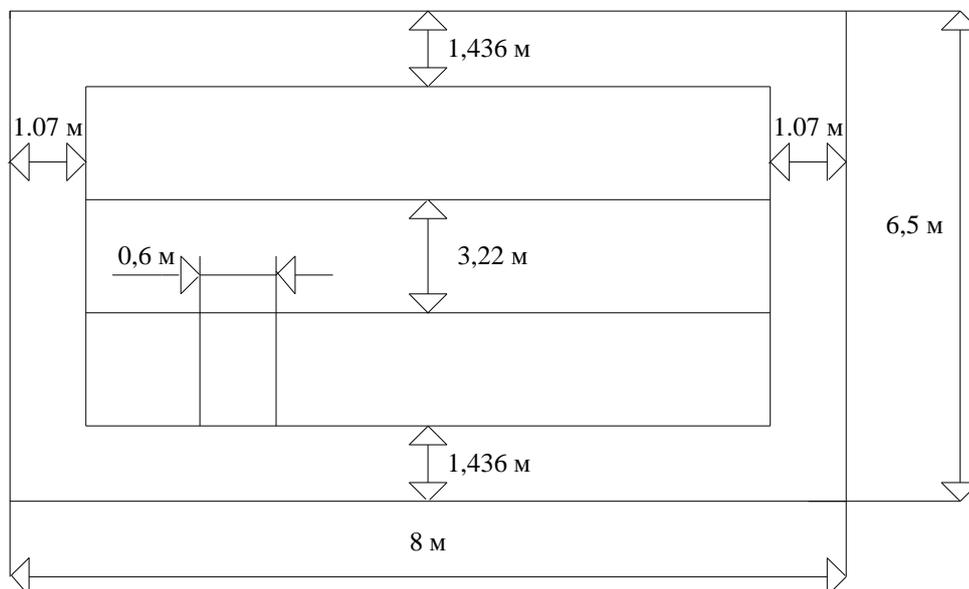


Рисунок 31 - План помещения и размещения светильников

Расчет общего равномерного освещения выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отраженный от потолка и стен. Световой поток группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле:

$$F = \frac{E_n \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{n \cdot \eta} \quad (14)$$

где E_n - нормируемая минимальная освещенность (для данной категории помещений $E_n = 400$ лк) ;

S - площадь освещаемого помещения (52 м²);

K_3 - коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника, запыленность ($K_3 = 1,5$ - для помещений с малым выделением пыли);

Z - коэффициент неравномерности освещения (для люминесцентных ламп берется равным 1,1);

n - число ламп (12);

η - коэффициент использования светового потока - показывает, какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность. Он зависит от индекса помещения i , типа светильника, высоты светильников над рабочей поверхностью h и коэффициентов отражения стен p_c и потолка p_n .

Расчет индекса помещения осуществляется по формуле:

$$i = \frac{S}{h \cdot (a+b)} \quad (15)$$

где S - площадь помещения (52 м^2);

h - высота подвеса светильников над рабочей поверхностью ($2,5 \text{ м}$);

a, b - длина и ширина помещения ($a = 8 \text{ м}$; $b = 6,5 \text{ м}$).

В результате $i = \frac{52}{2,3 \cdot (8+6,5)} = 1,56$.

Коэффициенты отражения p_c и p_n имеют следующие значения :

$p_c = 50\%$ (стены свежепобеленные с окнами без штор); $p_n = 70\%$ (потолок свежепобеленный).

Для полученных значений p_c , p_n и i коэффициент использования светового потока $\eta = 53\%$, или $\eta = 0,53$. Подставляя полученные значения в формулу, найдем значение минимально требуемого светового потока для рабочей аудитории:

$$F = \frac{300 \cdot 52 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{12 \cdot 0,53} = 4047 \text{ лк.}$$

Рассчитав световой поток F , зная тип лампы, выберем ближайшую стандартную лампу и определим электрическую мощность всей осветительной системы . Ближайшая стандартная лампа - ЛД 80 Вт с потоком 4250 лк [30]. Напряжение сети 220 В. По результатам данного расчета можно сделать следующий вывод: согласно [29] в рабочей аудитории (размерами 6,5 x 5 x 4 м) со свежепобеленными потолком и стенами, с окнами без штор следует использовать 6 светильников типа ОД – 2-30 с люминесцентными лампами ЛБ мощностью 80 Вт с потоком 4250 лк.

5.2. Анализ опасных производственных факторов

Электрический ток, проходя через живой организм, оказывает термическое, электролитическое, биологическое действия. Термическое действие проявляется в ожогах, нагреве и повреждении кровеносных сосудов, перегреве сердца, мозга и других органов, что вызывает в них функциональные расстройства. Электролитическое действие проявляется в разложении органической жидкости, в том числе крови, что вызывает значительное нарушение ее состава, а также ткани в целом. Биологическое действие выражается в нарушении внутренних биоэлектрических процессов. Например, взаимодействуя с биотоками организма, внешний ток может нарушить нормальный характер их воздействия на ткани и вызвать произвольное сокращение мышц. Поэтому необходимо соблюдение мер электробезопасности [32,32].

Степень опасного воздействия на человека электрического тока зависит от:

- рода и величины напряжения и тока;
- частоты электрического тока;
- пути прохождения тока через тело человека;
- продолжительности воздействия на организм человека;
- условий внешней среды.

Лабораторию, по степени опасности поражения электрическим током можно отнести к классу помещений без повышенной опасности, согласно ПУЭ.

К работе на электроустановке должны допускаться лица, прошедшие инструктаж и обучение безопасным методам труда, проверку знаний правил безопасности и инструкций применительно к выполняемой работе. Для электробезопасности установка должна быть оснащена устройствами защиты от токов короткого замыкания и перегрузок.

Токоведущие части электроустановки не должны быть доступны для случайного прикосновения, а доступные прикосновению открытые и

сторонние проводящие части не должны находиться под напряжением, представляющим опасность поражения электрическим током.

Для защиты от поражения электрическим током в нормальном режиме должны быть применены по отдельности или в сочетании следующие меры защиты от прямого прикосновения:

- основная изоляция токоведущих частей;
- ограждения и оболочки;
- установка барьеров;
- размещение вне зоны досягаемости;
- применение сверхнизкого (малого) напряжения.

Для защиты от поражения электрическим током в случае повреждения изоляции должны быть применены по отдельности или в сочетании следующие меры защиты при косвенном прикосновении:

- защитное заземление;
- автоматическое отключение питания;
- уравнивание потенциалов;
- выравнивание потенциалов;
- двойная или усиленная изоляция;
- сверхнизкое (малое) напряжение;
- защитное электрическое разделение цепей;
- изолирующие (непроводящие) помещения, зоны, площадки.

Применение двух и более мер защиты в электроустановке не должно оказывать взаимного влияния, снижающего эффективность каждой из них.

Защиту при косвенном прикосновении следует выполнять во всех случаях, если напряжение в электроустановке превышает 50 В переменного и 120 В постоянного тока.

Заземляющее устройство [33] используемое для заземления электроустановок одного или разных назначений и напряжений, должно удовлетворять всем требованиям, предъявляемым к заземлению этих электроустановок: защиты людей от поражения электрическим током при

повреждении изоляции, условиям режимов работы сетей, защиты электрооборудования от перенапряжения и т.д. в течение всего периода эксплуатации.

В первую очередь должны быть соблюдены требования, предъявляемые к защитному заземлению. Требуемые значения напряжений прикосновения и сопротивления заземляющих устройств при стекании с них токов замыкания на землю и токов утечки должны быть обеспечены при наиболее неблагоприятных условиях в любое время года. Заземляющие устройства должны быть механически прочными, термически и динамически стойкими к токам замыкания на землю.

В электроустановках напряжением выше 1 кВ для защиты от поражения электрическим током должно быть выполнено защитное заземление открытых проводящих частей. В таких электроустановках должна быть предусмотрена возможность быстрого обнаружения замыканий на землю. Защита от замыканий на землю должна устанавливаться с действием на отключение по всей электрически связанной сети в тех случаях, в которых это необходимо по условиям безопасности (для линий, питающих передвижные подстанции и механизмы, торфяные разработки и т.п.).

Перед началом эксплуатации электроустановки:

- необходимо проверить исправность защитного заземления и средства автоматического отключения питания;
- запрещается использовать электроаппараты и приборы в условиях, не соответствующих рекомендациям (инструкциям) или с неисправностями, которые могут привести к пожару;
- запрещается пользоваться поврежденными розетками, рубильниками, другими электроустановочными изделиями.

При работе с термошкафом необходимо соблюдать меры безопасности, чтобы не получить термический ожог. Для этого применяются перчатки или рукавицы из хлопчатобумажной, льняной ткани или грубодисперсного сукна или других тканей с защитными накладками [34].

В помещение, которое по окончании работ закрывается и не контролируется дежурным персоналом, все электроустановки и электроприборы должны быть обесточены (за исключением дежурного освещения, автоматических установок пожаротушения, пожарной и охранной сигнализации, а также электроустановок, работающих круглосуточно).

5.2. Экологическая безопасность.

5.2.1. Анализ влияния исследования на окружающую среду

В результате в ВКР будет исследована зависимость, которая, возможно, позволит разработать рекомендации по улучшению электрофизических и механических характеристик изоляции для обмоточных проводов, непосредственно на этапе ее производства и эксплуатации.

Последствия росту рабочих характеристик будет оптимизация производства и увеличение его объема. А это, в свою очередь, понесет за собой развитие стойкости к действию коронных разрядов, а также развития и без того огромных масштабов производства полимеров. Ведь не секрет, что развитие промышленности негативно сказывается на экологии, являясь источником различных видов загрязнений воды, воздуха, земной коры, а также основным потребителем топливных ресурсов, определяющим уровень его добычи

5.2.2. Обоснование мероприятий по защите окружающей среды.

Возможное улучшение рабочих характеристик, а так же стойкости к различным разрушающим воздействиям на полимерную изоляцию является палкой о двух концах.

С одной стороны увеличение стойкости изоляции к различным воздействиям приведет к увеличению срока службы, что в свою очередь положительно скажется на количестве отходов - больший срок службы позволяет уменьшить потребность и соответственно сократить количество отходов в год.

Но с другой улучшение стойкости полимеров приведет к увеличению продолжительности их разложения. То есть со временем все больше и больше отходов будут храниться в земле. А это может занимать не год и не два, а до десятков лет.

Решением этой проблемы является во-первых, разработка и использование технологий, позволяющие максимально экологично перерабатывать полимеры, у которых закончился срок службы. Во-вторых, проблема должна решаться и за счет эффективного и экономного использования электроэнергии самими потребителями. Использование более экономичного оборудования, а также эффективного режима загрузки этого оборудования. Сюда также включается соблюдение производственной дисциплины в рамках правильного использования электроэнергии.

Организации, в которой предполагается использовать разработанную рекомендацию, влияют на окружающую среду как потребитель электроэнергии, поскольку здесь работает большое количество электрооборудования и осветительных приборов.

Из этого можно сделать простой вывод, что необходимо стремиться к этому снижению энергопотребления, то есть разрабатывать и внедрять системы с малым энергопотреблением.

5.3.Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

5.3.1.Требования пожарной безопасности

Все помещения лаборатории должны соответствовать требованиям пожарной безопасности по ГОСТ 12.1.004-91 и иметь средства пожаротушения по ГОСТ 12.4.009-83. По пожарной, взрывной, взрывоопасной опасности лаборатория, в которой производились испытания относится к категории Д – наличие твердых сгораемых веществ.

Основным поражающим фактором пожара для помещений данной категории является наличие открытого огня и отравление ядовитыми продуктами сгорания оборудования.

Лица допускаются к работе на электроустановки после прохождения первичного инструктажа. Обучение лиц мерам пожарной безопасности осуществляется путем проведения повторного инструктажа один раз в год.

Причинами возгорания электроустановки могут служить:

- несоблюдение техники безопасности;
- короткое замыкание (в случае неисправности блокировок, средств автоматического отключения питания);
- перегрев токоведущих частей и электро-измерительного блока.

Поэтому во избежание пожароопасных ситуаций необходимо соблюдать следующие требования:[35,36,37,38]:

- соблюдать требования безопасности при работе на электроустановке;
- очищать помещения от горючих отходов и мусора;
- определить места и допустимое количество единовременного хранения сырья;
- оборудовать специально отведённые места для курения;
- запрещается загромождать эвакуационные пути и выходы различными материалами и изделиями, оборудованием, мусором и т.п.
- пожарные гидранты должны находиться в исправном состоянии, а в зимнее время должны быть утеплены и очищаться от снега и льда;
- все средства пожаротушения должны иметь соответствующие сертификаты.
- **дороги, проезды и подъезды** к зданию должны быть всегда свободными для проезда пожарной техники, содержаться в исправном состоянии, а зимой быть очищенными от снега и льда;
- не реже одного раза в полугодие проводить практические тренировки всех задействованных для эвакуации работников.

Порядок действий при обнаружении пожара или признаков горения и меры по локализации и ликвидации последствий ЧС:

- незамедлительно оповестить пожарную охрану по телефону, назвав адрес объекта, место возникновения пожара и свою фамилию;
- принять возможные меры по эвакуации людей, тушению пожара и сохранности материальных ценностей;
- в случае угрозы жизни людей немедленно организовать их спасение, используя для этого имеющиеся силы и средства;
- проверить включение автоматических систем противопожарной защиты (оповещения людей о пожаре, пожаротушения, противодымной защиты);
- при необходимости отключить электроэнергию (за исключением систем противопожарной защиты), выполнить другие мероприятия, способствующие предотвращению развития пожара;
- прекратить все работы в здании;
- удалить за пределы опасной зоны всех работников, не участвующих в тушении пожара;
- осуществить общее руководство по тушению пожара до прибытия подразделения пожарной охраны;
- обеспечить соблюдение требований безопасности работниками, принимающими участие в тушении пожара;
- одновременно с тушением пожара организовать эвакуацию и защиту материальных ценностей;
- организовать встречу подразделений пожарной охраны и оказать помощь в выборе кратчайшего пути для подъезда к очагу пожара;
- сообщать подразделениям пожарной охраны, привлекаемым для тушения пожара и проведения

связанных с ними первоочередных аварийно-спасательных работ, сведения о перерабатываемых или хранящихся на объекте опасных, взрывчатых, сильнодействующих ядовитых веществах.

Для тушения пожаров могут использоваться следующие огнетушители: углекислотные (ОУ-5 или ОУ-10) и порошковые огнетушители (например, типа ОП-10), которые обладают высокой скоростью тушения, большим временем действия, возможностью тушения электроустановок, высокой эффективностью борьбы с огнем.

Помещение, в котором производилось исследование(лаборатория), оборудовано пожарной сигнализацией, которая позволяет оповестить дежурный персонал о пожаре, а также дает сигнал об эвакуации В качестве пожарных извещателей в помещении устанавливаются дымовые фотоэлектрические извещатели типа ИДФ-1 или ДИП-1

План эвакуации людей из помещения, где проводятся испытания на высоковольтной и высокочастотной установки, показан на рисунках 32 и 33

ПЛАН ЭВАКУАЦИИ

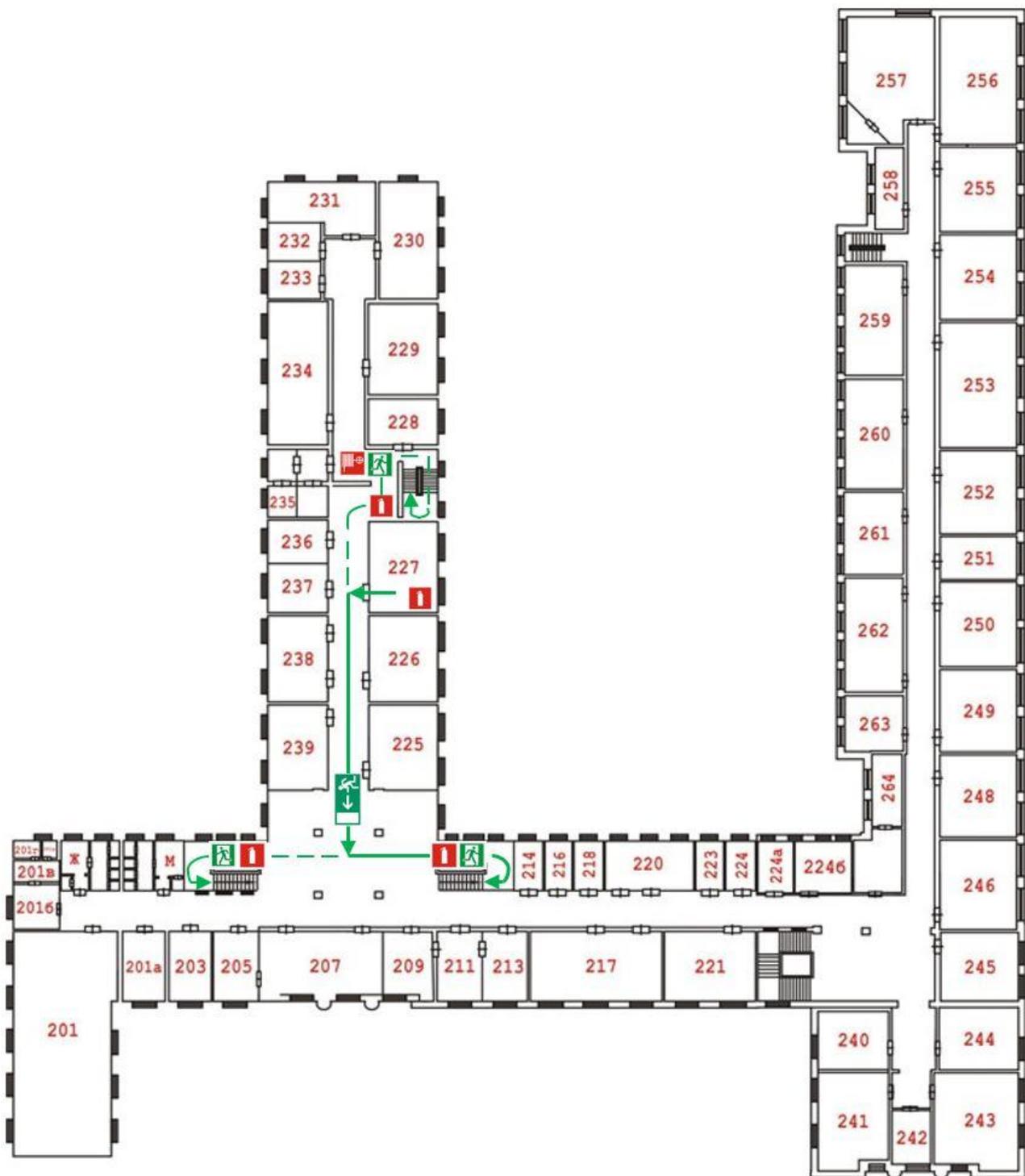


Рисунок 32 – План эвакуации (2 этаж)

Сплошная линия – основной путь эвакуации, пунктирная – запасной.

ПЛАН ЭВАКУАЦИИ



Рисунок 33 – План эвакуации (1 этаж)

Сплошная линия – основной путь эвакуации, пунктирная – запасной.

5.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

5.4.1. Специальные правовые нормы трудового законодательства

Нормы трудового права – это правила трудовых отношений, установленные или санкционированные государством посредством законодательных актов.

Нормы трудового права регулируют любые отношения, связанные с использованием личного труда.

Формы их реализации разнообразны:

- собственно, трудовые отношения;
- организация труда и управление им;
- трудоустройство работников;
- социальное партнерство, коллективные отношения;
- содействие занятости безработных лиц;
- организация профессиональной подготовки и повышения квалификации;
- обеспечение мер по охране труда граждан;
- осуществление контроля и надзора за соблюдением законодательства;
- социальная и правовая защита работников, решение трудовых споров;
- деятельность профессиональных союзов;
- отношения взаимной материальной ответственности работника и работодателя;
- защита прав и интересов работодателей.

Рассмотрим регулирование коллективных отношений.

Основной задачей коллективного договора является создание необходимых организационно-правовых условий для достижения оптимального согласования интересов сторон трудовых отношений.

По заключенному коллективному договору работодатель обязан:

- соблюдать трудовое законодательство и иные нормативные правовые акты, содержащие нормы трудового права, локальные

нормативные акты, условия коллективного договора, соглашений и трудовых договоров;

- предоставлять работникам работу, обусловленную трудовым договором;
- обеспечивать безопасность и условия труда, соответствующие государственным нормативным требованиям охраны труда;
- обеспечивать работников оборудованием, инструментами, технической документацией и иными средствами, необходимыми для исполнения ими трудовых обязанностей;
- обеспечивать работникам равную оплату за труд равной ценности, постоянно совершенствовать организацию оплаты и стимулирования труда, обеспечить материальную заинтересованность работников в результатах их труда;
- выплачивать в полном размере причитающуюся работникам заработную плату в сроки, установленные в соответствии с ТК РФ, коллективным договором, настоящими Правилами, трудовыми договорами;
- вести коллективные переговоры, а также заключать коллективный договор в порядке, установленном ТК РФ;
- знакомить работников под роспись с принимаемыми локальными нормативными актами, непосредственно связанными с их трудовой деятельностью;
- создавать условия, обеспечивающие участие работников в управлении организацией в предусмотренных ТК РФ, иными федеральными законами и коллективным договором формах;
- осуществлять обязательное социальное страхование работников в порядке, установленном федеральными законами;
- возмещать вред, причиненный работникам в связи с исполнением ими трудовых обязанностей, а также компенсировать моральный

вред в порядке и на условиях, которые установлены ТК РФ, федеральными законами и иными нормативными правовыми актами РФ;

- принимать необходимые меры по профилактике производственного травматизма, профессиональных или других заболеваний работников, своевременно предоставлять льготы и компенсации в связи с вредными (опасными, тяжелыми) условиями труда (сокращенный рабочий день, дополнительные отпуска и др.), обеспечивать в соответствии с действующими нормами и положениями специальной одеждой и обувью, другими средствами индивидуальной защиты;
- постоянно контролировать знание и соблюдение работниками всех требований инструкций по охране труда, производственной санитарии и гигиене труда, противопожарной безопасности;

Работодатель обязуется проводить аттестацию и сертификацию рабочих мест один раз в пять лет с участием представителя профкома.

Если по результатам аттестации рабочее место не соответствует санитарно-гигиеническим требованиям и признано условно аттестованным, разрабатывать совместно с профкомом план мероприятий по улучшению и оздоровлению условий труда на данном рабочем месте и обеспечивать их выполнение.

Ежегодно издавать приказ о мероприятиях по охране труда и промышленной безопасности, считать эти мероприятия соглашением по охране труда на год.

5.5. Вывод по главе

Основным фактором, влияющим на производительность людей, работающих с учебно-лабораторным стендом, являются комфортные и безопасные условия труда. Условия труда магистрантов в рабочей аудитории характеризуются возможностью воздействия на них следующих производственных факторов: шума, тепловыделений, выделение вредных

веществ, а именно выделение озона, действие микроклимата, недостаточной освещённости, параметров технологического оборудования и рабочего места.

Таким образом, в данном разделе были рассмотрены вопросы техники безопасности при работе с электрооборудованием на напряжение свыше 1 кВ, а также проанализированы вредные и опасные факторы, влияющие на здоровье человека. Были отмечены источники негативного воздействия, меры коллективной и индивидуальной защиты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При выполнении бакалаврской работы был проведен литературный обзор, в котором рассматривались условия эксплуатации обмоток частотно-регулируемого привода на базе широтно-импульсной модуляции, основные электроизоляционные материалы и обмоточные провода применяемые в низковольтных электрических машинах и старение изоляции под действием коронных разрядов.

В методической части была приведена методика проведения эксперимента.

В экспериментальной части приведены результаты определения влияния электротепловых нагрузок, характерных для работы преобразователя частоты на базе широтно-импульсного преобразователя на электрические свойства эмалевой изоляции: сопротивление, тангенс угла диэлектрических потерь и емкость.

В разделе социальная ответственность рассмотрены вопросы техники безопасности при работе с электрооборудованием, а также проанализированы вредные и опасные факторы, влияющие на здоровье человека. Были отмечены источники негативного воздействия, меры коллективной и индивидуальной защиты.

В завершении работы был исследован планируемый рынок сбыта короностойких обмоточных проводов, оценена конкурентоспособность инженерного решения, разработан план и график внедрения проводов, составлена смета расходов. В результате, была представлена экономическая эффективность и целесообразность применения короностойких обмоточных проводов.

Список используемых источников:

1. Л. М. Бернштейн. Изоляция электрических машин общего назначения – Л.: Энергия, 1981. -180с.
2. Ваксер Н. М. Изоляция электрических машин. Учебное пособие. — Л., изд. ЛПИ, 1985. Пособие предназначено для студентов специальностей «Электроизоляционная и кабельная техника» и «Электрические машины»
3. Раденкова И., Петрова Е., Николаева Е. Совместимость изоляции эмалированных проводов с пропиточными лаками. – В кн.: 1-я Национальная конференция « Проблемы в электроизоляционной технике и кабельном производстве», ЭЛИЗОТ-70.София.
4. Типы и конструкция электрических машин - Силовое электрооборудование электроэнергетики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://leg.co.ua/info/elektricheskie-mashiny/silovoe-elektrooborudovanie-elektroenergetiki-2.html> (дата обращения: 03.03.17).
5. Провода и изоляция в электродвигателях [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://electricalschool.info/main/eksploat/374-provoda-i-izoljacija-v.html> (дата обращения: 03.03.17).
6. Кучинский Г.С. Частичные разряды в высоковольтных конструкциях / Г. С. Кучинский. — Л.: Энергия, 1979. — 224 с.
7. Частотно регулируемый электропривод [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://msd.com.ua/teoriya-elektroprivoda/chastotno-reguliruemyj-elektroprivod/>(дата обращения: 03.03.17).
8. Fenger, M., Campbell, S.R., Pedersen, J. Motor winding problems caused by inverter drives // Industry Applications Magazine, IEEE, July-Aug. 2003.
9. Моделирование привода погружного насоса интеллектуальной скважины: монография / [А.В. Федотов и др.] – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2012. – 175 с.
10. Kaufhold M., Aninger H., Berth M., Speck J., Eberhardt M. Electrical stress and failure mechanism of the winding insulation in PWM-inverter-fed low-

- voltage induction motors. IEEE Transactions on Industrial Electronics 47(2), 2000, pages (396-402).
11. Коробцов А.А., Леонов А.П., Похолков Ю.П., Солдатенко Е.Ю., Кочетков И.А. «Применение эмалированных проводов в обмотках асинхронных двигателей с частотным управлением» // Кабели и провода № 3 (340), 2013.
 12. ГОСТ 15634.4-70. Провода обмоточные. Методы испытания изоляции напряжением.
 13. Андрианов В.К., Пешков И.Б., Мещанов Г.И., Бураков О.Б. Короностойкий обмоточный провод // Патент на изобретение 2008133291/22 опубл. 27.09.2009
 14. ГОСТ 860-75. Олово. Технические условия.
 15. Пешков И.Б. Обмоточные провода: учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1995.-416 с.: ил.
 16. ТУ 16.К71-410-2009. Провод медный круглый эмалированный, короностойкий с двухслойной изоляцией, с температурным индексом 180.
 17. Чайникова Л.Н. Конкурентоспособность предприятия: учеб. пособие / Чайникова Л.Н., Чайников В.Н., - Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2007. – 192 с.
 18. ТУ 16-705-264-82 – Провода медные круглые с двухслойной изоляцией.
 19. МЭК 60317-22 – Провода обмоточные.
 20. Гаврикова, Н.А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / Н.А. Гаврикова, Л.Р. Тухватулина, И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.В. Шаповалова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 73 с.
 21. Рыжикова О.Н. Управление рисками инновационных проектов // Аудит и финансовый анализ №1, 2009 – 4 с.

- 22.ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
- 23.ГН 2.2.5.1313. – 03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Гигиенические нормативы. Минздрав России, 1998.
- 24.Санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.4.548-96. "Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений"
- 25.СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
- 26.ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
- 27.СНиП П–12–77. Защита от шума.
- 28.ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.
29. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 –Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий
- 30.Расчет искусственного освещения. Методические указания к выполнению индивидуальных заданий для студентов дневного и заочного обучения всех специальностей. - Томск: Изд. ТПУ, 2004. - 15 с.
- 31.ГОСТ 12.1.019 (с изм. №1) ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
- 32.ГОСТ 12.1.038 – 82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
- 33.ГОСТ 12.1.030-81. Защитное заземление, зануление.
- 34.ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.
- 35.СНиП 21–01–97. Пожарная безопасность зданий и сооружений. М.: Гострой России, 1997. – с.12.

- 36.Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. №69-ФЗ. О пожарной безопасности.
- 37.НПБ 166-97. Пожарная техника. Огнетушители. Требования к эксплуатации.
- 38.ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования. И-1-1-95. (с изменениями № 1)

Приложение А.

В таблицах 22-24 показаны экспериментальные данные измерений электрических свойств изоляции.

Таблица 22.

Т, °С	tg δ					
	0	20	40	60	80	100
30	0,0060	0,0044	0,0065	0,0092	0,0053	0,0046
40	0,0066	0,0041	0,0068	0,0098	0,0052	0,0084
50	0,0076	0,0043	0,0072	0,0058	0,0059	0,0029
60	0,0064	0,0041	0,0072	0,0064	0,0061	0,0052
70	0,0073	0,0043	0,0084	0,0060	0,0058	0,0039
80	0,0064	0,0048	0,0120	0,0160	0,0065	0,0025
90	0,0058	0,0046	0,0164	0,0062	0,0067	0,0054
100	0,0069	0,0047	0,0218	0,0060	0,0072	0,0051
110	0,0068	0,0047	0,0277	0,0069	0,0082	0,0057
120	0,0086	0,0048	0,0388	0,0069	0,0106	0,0056
130	0,0083	0,0054	0,0347	0,0072	0,0100	0,0032
140	0,0087	0,0057	0,0363	0,0154	0,0112	0,0055
150	0,0074	0,0055	0,0344	0,0126	0,0128	0,0035
160	0,0076	0,0058	0,0329	0,0105	0,0096	0,0024
170	0,0089	0,0059	0,0332	0,0130	0,0088	0,0045
180	0,0105	0,0060	0,0328	0,0119	0,0092	0,0032
190	0,0102	0,0060	0,0339	0,0145	0,0100	0,0057
200	0,0103	0,0066	0,0347	0,0165	0,0096	0,0036
210	0,0086	0,0072	0,0341	0,0226	0,0123	0,0053
220	0,0138	0,0076	0,0346	0,0300	0,0205	0,0054
230	0,0224	0,0078	0,0334	0,0323	0,0307	0,0065

Таблица 23.

Т, °С	С, пФ					
	0	20	40	60	80	100
30	132,59	87,847	114,30	60,211	122,31	98,528
40	132,81	87,804	118,82	59,625	122,38	98,522
50	132,58	87,727	115,82	56,641	122,45	98,524
60	133,21	87,526	115,31	56,519	122,46	98,584
70	132,99	87,379	115,81	56,179	122,55	98,509
80	133,23	87,194	115,83	55,869	122,59	98,523
90	133,42	87,168	116,81	55,517	122,65	98,408
100	133,71	87,115	118,37	54,883	122,71	98,986
110	133,69	87,114	120,22	54,775	122,80	98,294
120	133,82	87,139	123,74	54,703	122,61	98,048
130	133,50	87,156	125,97	55,214	122,42	98,374
140	133,71	87,129	127,29	55,014	121,51	98,015
150	133,63	87,130	127,15	55,055	120,30	97,569
160	133,62	87,074	127,68	55,206	118,97	98,059
170	132,87	87,032	123,64	55,476	117,85	97,668
180	133,25	86,918	131,12	55,796	117,59	97,964
190	133,24	86,926	139,47	55,206	116,29	97,367
200	133,33	86,945	146,20	56,865	114,83	97,271
210	134,04	87,061	150,42	58,784	114,50	97,457
220	134,85	87,186	168,45	60,683	116,30	97,366
230	138,63	87,353	169,54	64,924	119,39	97,328

Таблица 24.

Т, °С	R, кОм.					
	0	20	40	60	80	100
30	6,324	8,356	8,046	19,05	6,978	8,453
40	7,230	8,413	8,706	22,37	7,466	8,988
50	9,550	8,195	8,459	15,91	7,227	8,193
60	6,987	8,029	8,712	17,92	7,271	8,500
70	8,809	9,253	9,088	18,18	8,953	6,955
80	7,643	8,294	12,13	15,61	8,672	8,045
90	7,295	8,591	17,52	16,69	8,863	6,924
100	7,254	7,911	23,46	16,16	9,287	4,652
110	5,450	8,279	30,61	25,46	12,41	7,051
120	8,377	8,830	38,66	18,40	13,48	7,425
130	10,96	9,623	43,55	25,84	13,06	8,718
140	9,819	9,724	44,57	23,56	15,88	8,250
150	6,277	10,02	42,22	33,37	14,97	5,226
160	10,88	10,37	41,70	30,83	12,30	6,444
170	10,25	10,40	39,62	41,76	11,24	4,917
180	11,68	11,26	39,11	34,66	12,59	6,730
190	11,49	11,56	38,06	38,29	15,78	10,37
200	12,45	12,30	37,15	51,41	13,15	9,610
210	10,42	13,58	36,44	79,49	17,66	9,566
220	17,35	13,15	31,47	78,28	31,79	6,445
230	30,72	13,87	31,67	77,53	44,59	9,779