TOMSK POLYTECHNIC UNIVERSITY ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

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

Школа Инженерная школа энергетики
Направление подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
Отделение Электроэнергетики и электротехники

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Разработка технологии контроля состояния обмоток высоковольтных трансформаторов в режиме ON-LINE

УДК 621.314.22.027.045:620.1

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5АМ72	Десюков Никита Евгеньевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Мытников А.В.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Латышева Е.В.	к.ф.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Гуляев М.В.	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Высоковольтная техника электроэнергетических систем	Юшков А. Ю.	к.т.н.		

Томск – 2019 г.

Планируемые результаты обучения по ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Профессиональные компетенции	
ПК-1	Планировать и ставить задачи исследования, выбирать методы экспериментальной работы, интерпретировать и представлять результаты научных исследований
ПК-2	Самостоятельно выполнять исследования
ПК-3	Проводить поиск по источникам патентной информации, определять патентную чистоту разрабатываемых объектов техники, подготавливать первичные материалы к патентованию изобретений, регистрации программ для электронных вычислительных машин и баз данных
ПК-4	Формулировать технические задания, разрабатывать и использовать средства автоматизации при проектировании и технологической подготовке производства
ПК-5	Применять методы анализа вариантов, разработки и поиска компромиссных решений
ПК-6	Осуществлять технико-экономическое обоснование проектов
ПК-7	Использовать элементы экономического анализа в организации и проведении практической деятельности на предприятии
ПК-8	Принимать решения в области электроэнергетики и электротехники с учетом энерго- и ресурсосбережения
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК-1	Формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки
ОПК-2	Применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы
ОПК-3	Использовать иностранный язык в профессиональной сфере
ОПК-4	Использовать углубленные теоретические и практические знания, которые находятся на передовом рубеже науки и техники в области профессиональной деятельности

TOMSK POLYTECHNIC UNIVERSITY ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

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

Школа Инженерная школа энергетики
Направление подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
Отделение Электроэнергетики и электротехники

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

_____ _____ Юшков А.Ю.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
5АМ72	Десюкову Никите Евгеньевичу

Тема работы:

Разработка технологии контроля состояния обмоток высоковольтных трансформаторов в режиме ON-LINE	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	от 16.01.2019 г. № 144/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	07.06.2019 г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе *(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).*	- Осциллограммы нормального и дефектного состояния высоковольтного трансформатора НТМИ-10-66У3, полученные в лаборатории Национального исследовательского Томского политехнического университета.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов *(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).*	- Анализ фактического состояния технологий диагностики трансформаторного оборудования. - Достижение работы схемы по контролю состояния обмоток трансформатора НТМИ-10-66У3 под рабочим напряжением; - Визуальный и спектральный анализ результатов измерений по контролю состояния обмоток трансформатора НТМИ-6-66 одноступенчатым методом НВИ.

Перечень графического материала *(с точным указанием обязательных чертежей)*	Демонстрационный материал (презентация в MS Power Point)

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Латышева Елена Владимировна
Социальная ответственность	Гуляев Милий Всеволодович

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

1. Введение
2. Анализ существующих методов контроля состояния трансформаторного оборудования

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Мытников Алексей Владимирович	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5АМ72	Десюков Никита Евгеньевич		

TOMSK POLYTECHNIC UNIVERSITY ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

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

Школа Инженерная школа энергетики
Направление подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
Уровень образования Магистр
Отделение школы (НОЦ) Электроэнергетика и электротехника
Период выполнения весенний семестр 2018 /2019 учебного года

Форма представления работы:

магистерская диссертация

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	07.06.2019 г.

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
20.12.2018 г.	Обзор литературы	35
20.04.2019 г.	Экспериментальная часть	30
25.05.2019 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
25.05.2019 г.	Социальная ответственность	10
25.05.2019 г.	Заключение	5
25.05.2019 г.	Обязательное приложение выполненное на английском языке	10

СОСТАВИЛ:
Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Мытников А.В.	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Юшков А. Ю.	к.т.н.		

Реферат

Магистерская диссертация: 136 с., 46 рис., 36 табл., 35 источников, 1 прил.

Ключевые слова: метод низковольтных импульсов, амплитудно-частотная характеристика, спектральный анализ, резонансная частота, зондирующий импульс.

Объектом исследования являются осциллограммы нормального и дефектного состояния трансформатора напряжения НТМИ 10-66У3, полученные в лаборатории Национального исследовательского Томского политехнического университета.

Цель работы – анализ фактического состояния технологий контроля состояния трансформаторного оборудования и создание одноступенчатого метода контроля механического состояния обмоток под напряжением на базе метода низковольтных импульсов.

В процессе исследования использовался расчетный программный комплекс «MathCad», современные программные продукты Microsoft Word, Microsoft Excel, Microsoft Visio.

В процессе исследования проводился спектральный анализ нормограмм и дефектограмм, полученных в результате диагностики трансформатора напряжения НТМИ-10-66У3 для зондирующего импульса. Спектральный анализ проводился для различных схем измерения и длительностей зондирующего импульса.

В результате исследования установлен факт возможности контроля состояния обмоток трансформатора используя только зондирующий импульс, что позволяет проводить контроль состояния обмоток под рабочим напряжением, подавая импульс в обмотку через заградительный конденсатор

Область применения: диагностика и оценка механического состояния обмоток силовых трансформаторов.

Экономическая значимость работы: технология «одноступенчатого дефектографирования» позволит вывести диагностику обмоток методом

НВИ на качественно новый уровень, позволяя выявлять дефекты на ранней стадии их развития под рабочим напряжением без отключения трансформатора от высоковольтной сети и расшиновки.

В будущем планируется проведение дальнейших исследований по совершенствованию метода «одноступенчатого дефектографирования» и внедрение разработанного метода в производство.

Оглавление

Введение 11
1 Анализ существующих методов контроля состояния трансформаторного оборудования 13
1.1 Виды дефектов обмоток трансформаторов 13
1.2 Способы и методы контроля состояния обмоток и активной части трансформаторов применяемые в энергосистемах России и зарубежья 18
1.2.1 Визуальный осмотр 20
1.2.2 Изменение потерь холостого хода (ХХ) 21
1.2.3 Измерение сопротивления изоляции обмоток трансформатора 21
1.2.4 Хроматографический анализ газов в масле (ХАРГ) 22
1.2.5 Измерение коэффициента трансформации 25
1.2.6. Измерение тангенса угла диэлектрических потерь 26
1.2.7 Тепловизионный контроль 29
1.2.8 Вибрационный контроль 30
1.2.9 Метод низковольтных импульсов (НВИ) 32
1.2.10 Метод частотного анализа (МЧА) 36
2 Разработка технологии контроля состояния обмоток трансформаторов под рабочим напряжением 41
2.1 Основные понятия о сигнале 41
2.1.1 Понятие сигнала и его размерность 41
2.1.2 Шумы и помехи 41
2.2 Разложение сигналов с помощью преобразования Фурье 43
2.3 Методика математической обработки результатов измерений 43
2.4 Схема обследования трансформатора НТМИ-10-66У3 46
2.4.1 Расчет емкости разделительного конденсатора 46
2.4.2 Состав схемы контроля состояния обмоток 47
2.4.3 Исследование трансформации зондирующего импульса в схеме измерений 48
2.5 Анализ сигналов при включенном под напряжение трансформаторе .. 50

2.5.1 Визуальный анализ сигналов снятых с обмотки ВН фазы «С» под напряжением и разной длительности зондирующего импульса (фаза здоровая) 50
2.5.2 Спектральный анализ сигналов снятых с обмотки ВН фазы «С» под напряжением и разной длительности зондирующего импульса (фаза здоровая) 53
2.5.3 Спектральный анализ сигналов снятых с обмотки ВН фазы «С» под напряжением и разной длительности зондирующего импульса (фаза с дефектом) 57
3 Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» 63
3.1 Предпроектный анализ 63
3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования 63
3.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции 65
ресурсоэффективности и ресурсосбережения 65
3.1.3 SWOT-анализ 67
3.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации 70
3.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования 71
3.2 Инициация проекта 71
3.2.1 Цели и результат проекта 71
3.2.2 Организационная структура проекта 73
3.2.3 Ограничения и допущения проекта 73
3.3 Планирование управления научно-техническим проектом 74
3.3.1 Иерархическая структура работ проекта 74
3.3.2 Контрольные события проекта 74
3.3.3 План проекта 75
3.3.4 Бюджет научного исследования 79
3.3.5 Организационная структура проекта 85
3.3.6 Матрица ответственности 85

3.3.7 План управления коммуникациями проекта 86
3.3.8 Реестр рисков проекта 86
3.3.9 План управления контрактами и поставками 88
3.4 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования 91
3.4.1 Оценка абсолютной эффективности проекта 91
3.4.2 Оценка социальной эффективности проекта 94
3.5 Вывод по разделу 95
4 Раздел «Социальная ответственность» 98
4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности 99
4.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства 99
4.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны 99
4.2 Производственная безопасность 100
4.2.1 Анализ потенциально возможных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований 100
4.2.2 Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов 101
4.3 Экологическая безопасность 110
4.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду 110
4.3.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду 111
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях 111
4.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС 111
4.4.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при проведении исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС 112
Заключение 116
Список используемой литературы 117
Приложение А. Разделы, выполненные на английском языке 120

Введение

На первых стадиях развития энергетики повреждения оборудования и сопутствующие им аварии были единственным критерием оценки надежности оборудования и правильности выбранных методов его эксплуатации. Широкое внедрение профилактических испытаний позволило значительно сократить количество аварий и повысить надежность энергоснабжения. [1]

Задачей профилактических испытаний является обнаружение и оценка степени развития дефектов оборудования, возникающих в процессе эксплуатации, для того чтобы своевременным ремонтом устранить дефект или прекратить его дальнейшее развитие

Однако для уменьшения трудоемкости и времени простоя из программы исключаются те испытания, которые направлены на обнаружение дефектов, не представляющих особой опасности для целостности оборудования и поддающихся обнаружению более простым методом. Профилактические испытания должны давать возможность определения различных дефектов в начальной стадии развития без повреждения самого объекта.

Одной из главной причиной появления повреждений в электрооборудовании является недостаточная электродинамическая стойкость обмоток при коротких замыканиях (КЗ), которая может привести к пробою изоляции в месте остаточных деформаций. По статистике для трансформаторов напряжением 110-500 кВ и мощностью 63 МВА и более на предприятиях электрических и межсистемных сетей России около 30 % от общего числа отключений оборудования связано с внутренними КЗ [2]. Таким образом, проблема недостаточной электродинамической стойкости обмоток высоковольтных силовых трансформаторов при КЗ остается на сегодняшний день достаточно актуальной.

Существует ряд методов и технических средств диагностики состояния трансформаторов, основу которых составляют физико-химическая

диагностика, акустический контроль, тепловизионная техника, а также некоторые методы электрического контроля. К недостаткам данных методов относится узкая направленность на выявление лишь определенных видов дефектов. В настоящее время отсутствует метод, позволяющий определение повреждений и отклонений от норм всех узлов трансформатора. Перспективным методом, позволяющим решить данную проблему, является метод тестирования обмоток трансформатора при помощи низковольтных прямоугольных импульсов.

Целью данной магистерской диссертации является рассмотрение существующих методов диагностики состояния силовых трансформаторов и создание одноступенчатого метода контроля механического состояния обмоток на базе метода низковольтных импульсов.

Объектом исследования стали нормограммы и дефектограммы снятые с трансформатора напряжения НТМИ-6-66, снятые в лаборатории Томского политехнического университета.

Для выполнения поставленной цели планируется использование книжных и электронных ресурсов, так же персонального компьютера с необходимым программным обеспечением.

1 Анализ существующих методов контроля состояния трансформаторного оборудования

1.1 Виды дефектов обмоток трансформаторов

Для большинства случаев возникновение повреждения не происходит сразу, чаще всего причинами появления повреждения является более или менее длительное воздействие неблагоприятных факторов. Предупреждение развития возникающего дефекта и сохранение работоспособного состояния трансформаторов требуют выявления дефектов на начальных этапах.

Прежде чем рассмотреть способы контроля состояния трансформаторов, проанализируем статистику повреждений высоковольтных силовых трансформаторов и причины их возникновения. Независимо от типа трансформаторов и условий их эксплуатации можно сформировать их неисправности по группам. В таблице 1.1 приведены виды основных повреждений силовых трансформаторов [3]

Таблица 1.1 – Основные повреждения силовых трансформаторов

Узел	Повреждение	Причина возникновения повреждения	Характер и последствия развития повреждения
Обмотка	Выгорание витковой изоляции и витков обмотки	Длительное неотключение сквозного тока КЗ на стороне низшего напряжения трансформатора	Выгорание витковой изоляции и витков, разложение масла, расплавление и разбрызгивание меди и разрушение изоляции
	Деформации обмотки	Недостаточная электрическая стойкость обмоток	Повреждение изоляции вследствие деформации обмоток с возможным повреждением трансформатора

Продолжение таблицы 1.1

	Увлажнение и загрязнение изоляции обмоток	Нарушение герметичности трансформатора к токам КЗ	Снижение электрической прочности маслобарьерной изоляции и пробой первого масляного канала, что может вызвать: - развитие «ползущего разряда»; - ионизационный пробой витковой изоляции за счет вытеснения масла водяным паром из капилляров изоляции; - повреждение трансформатора
	Износ изоляции обмотокс	Снижение механической стойкости изоляции обмоток	Разрушение изоляции обмоток с последующим возникновением виткового замыкания или замыкания на другую обмотку при умеренном сквозном токе КЗ с внутренним повреждением трансформатора
	Дефект изготовления грозоупорной обмотки	Касание петель грозоупорных обмоток разделяющей перегородки	В условиях вибрации трансформатора ведет к истиранию изоляции петель и развитию пробоя
Магнитопровод	Перегрев магнитопровода	Образование короткозамкнутого контура в магнитопроводе	Оплавление стали магнитопровода, пожар в железе, разложение масла
Система охлаждения	Нарушение охлаждения трансформатора	Повреждение маслонасосов	Нарушение охлаждения трансформатора и загрязнение механическими примесями
		Засорение труб охладителей	Перегрев трансформатора

Продолжение таблицы 1.1

Переключатели ответвлений РПН	Нарушение контактов в РПН	Искрение, перегрев, оплавление и выгорание контактов. Подгар токоограничивающих сопротивлений	Неработоспособность РПН
	Нарушение перегородки, изолирующей бак расширителя МЧН от бака трансформатора	Дефект изготовления	Загрязнение масла трансформатора, снижение его электрической прочности, усложнение диагностики трансформатора
	Механическая неисправность ГОН	Износ элементов кинематической схемы	Обгорание контактов переключателей
	Нарушение герметичности бака контактора	Увлажнение бакелитового цилиндра контактора	Внутреннее дуговое КЗ по увлажненным рас- слоениям бакелитовой изоляции бака РПН

На рисунке 1.1 показаны последствия аварий трансформаторного оборудования (по материалам доклада компании Culter-Hammer Predictiwe Diagnostics [3]).

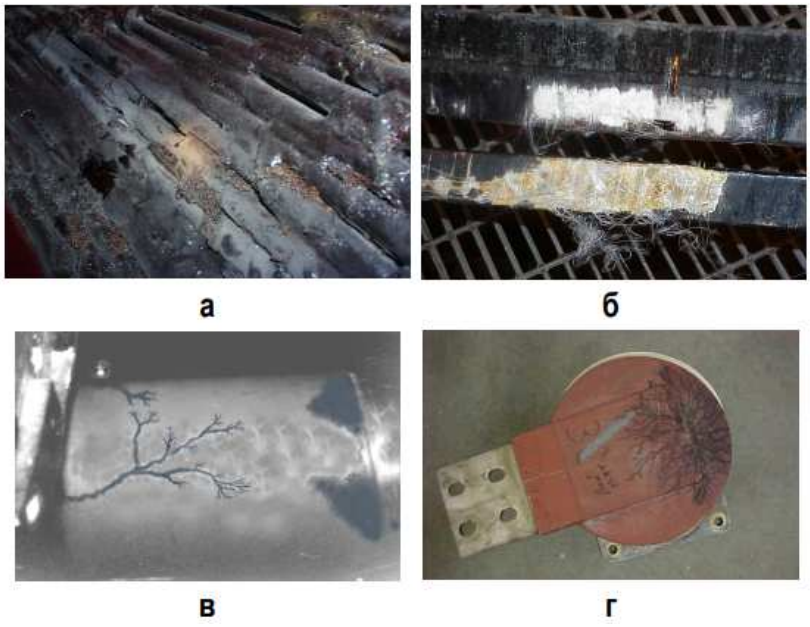


Рисунок 1.1 – Виды повреждения в трансформаторе: а – обмотки; б – шин; в – бака; г – треки

Наиболее слабым узлом в масляных трансформаторах при негерметичных вводах считается система защиты с масляным гидрозатвором и силикагелевым воздухоосушителем, предотвращающая попадание влаги в масло. Длительная эксплуатация и несвоевременная замена масла приводит к увлажнению масла и ухудшению его изоляционных характеристик, что может привести к возникновению частичных разрядов в масле и как следствие к пробою изоляции и возникновению короткого замыкания. К аналогичным повреждениям приводит плохая просушка бумажной изоляции при ремонте ввода [4].

Устройства регулирования напряжения (РПН) часто подвергаются повреждению при больших нагрузках. Неправильная регулировка контактов, образование на контактах оксидной пленки из-за редких переключении, расслоение рейки избирателя под воздействием высоких температур (рис.1.2), несвоевременно выполненные прокрутки устройства, нарушения кинематической схемы – всё это может быть причиной нарушений в контактной системе РПН [5].

Рисунок 1.2 – Расслоение рейки избирателя

Повреждаемость трансформаторов из-за деформации обмоток (рис.1.3 – 1.4) составляет значимую величину (от 3 до 8 %) [5]**.** Данный вид повреждения приводит к наиболее тяжелым последствиям вплоть до выхода из строя трансформатора и необходимости его капитального ремонта. Причинами деформации обмоток могут быть: плохая просушка электрокартона или витковой бумажной изоляции; загрязненность или увлажненность трансформаторного масла. Плохо просушенный электрокартон при последующей эксплуатации высыхает, что приводит к

местному ослаблению твердой изоляции и к пробою в результате возникновения ползущего разряда либо без него. Нарушения работы твердой изоляции также могут быть вызваны несоблюдением размеров между листами электрокартона, нарушениями в работе охлаждающей системы, разбуханием слабо намотанной изоляции, чрезмерными перегрузками трансформатора по току и напряжению. Разнообразие причин и тяжелые последствия при повреждении главной и витковой изоляций привлекают большое внимание к вопросу своевременного выявления этих нарушений при работе трансформатора.

Причиной роста мощности коротких замыканий, которые в случае ослабленной запрессовки обмоток вызывают ослабление их электродинамической стойкости из-за воздействия коротких внешних замыканий (так называемые «сквозные» короткие замыкания), является постоянный рост передаваемых мощностей. Результатом воздействия короткого внешнего замыкания является деформация или разрушение обмотки, не смотря на ее хорошее состояние перед повреждением.

Рисунок 1.3 – Пример радиальной деформаций обмоток автотрансформатора 167 МВА 500/220 кВ

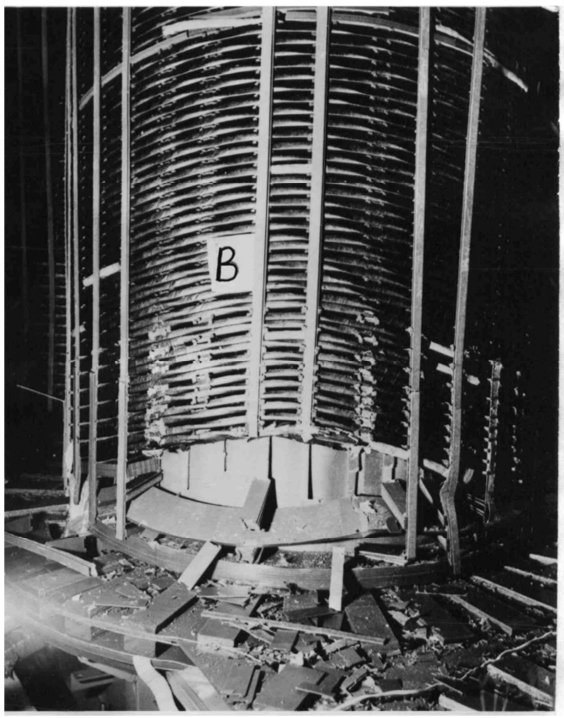


Рисунок 1.4 – Потеря осевой устойчивости обмотки низшего напряжения фазы «В» трансформатора ТДЦ-250000/220

Проанализировав информацию об авариях, можно сказать, что большинство повреждений развиваются постепенно. В связи с этим, работы по диагностике трансформаторов должны происходить так, чтобы выявление возникающих дефектов происходило до достижения критических состояний, которые ведут к аварийному отключению трансформатора. Это позволит своевременно вывести трансформатор на ремонт, исключая как возникновения аварии или отказов, так и недоотпуска электроэнергии, снижения времени и расходов на ремонт.

1.2 Способы и методы контроля состояния обмоток и активной части трансформаторов применяемые в энергосистемах России и зарубежья

Происхождение масляных трансформаторов закрытой конструкции вызвало появление проблемы контроля активных частей трансформатора. Чтобы произвести осмотр внутренних узлов необходимо произвести отключение, слитие масла и уже затем производить диагностику. Данные правила осложняют диагностику трансформатора.

Используемые способы диагностики описаны во многих методических материалах. Основными документами регламентирующие порядок проверки состояния трансформатора являются: «Инструкция по эксплуатации трансформаторов [5]», «Нормы испытания электрооборудования [6]». Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей» (ПТЭ) определяют срок осмотра трансформатора и его периодичность. Также, могут применятся специальные методические указания, которые описывают способы диагностики состояния трансформатора, такие как «Указания по обнаружению повреждений трансформаторов путем хроматографического анализа растворенных в масле газов» [7].

Мероприятия по диагностике состояния трансформаторов разбиваются на 4 основные группы, которые в основном зависят от состояния работы трансформатора [4]:

1. Работы, не требующие контакта с работающим трансформатором.

2. Мероприятия, проходящие при включенном трансформаторе и требующие контакта с трансформатором или его вспомогательными устройствами. В эту группу входят такие виды исследований: отбор проб масла для химического, либо хроматографического анализов растворенных газов в масле, а также проверка электрических свойств масла, определение вибрации частей трансформатора, измерение с помощью специальной аппаратуры уровня частичных разрядов, отбор газа из газового реле, сработавшего на сигнал.

3. Работы, требующие отключение трансформатора на короткий срок. На этом этапе испытываются обмотки, изоляции, магнитопровод, переключающие устройства, высоковольтные ввода и другое вспомогательное оборудование.

4. Необходимость в выведении в ремонт трансформатора. Данная группа проводит более глубокий анализ состояния отдельных частей с целью

определить и уточнить объем ремонта. Также производятся контрольно-измерительные операции, проводимые при изготовлении и монтаже трансформатора. Но лишь результаты диагностики первых трех групп позволяют судить о необходимости вывода трансформатора на ремонт.

Рассмотрим основные способы диагностики состояния трансформаторов, которые используются сейчас, а также перспективные разработки.

1.2.1 Визуальный осмотр

Одним из основных и наиболее простым методом диагностики является визуальный контроль. Проводится он периодически, в зависимости от срока эксплуатации трансформатора. Заводские инструкции и инструкции по эксплуатации трансформаторов определяют порядок проведения осмотра [8].

1. Отсутствие течи масла из-под изоляторов, крышки трансформатора, расширителя, сливного крана.
2. Состояние проходных изоляторов (отсутствие трещин, сколов, перекрытий).
3. Состояние контактных соединений (отсутствие их нагревания, при нагревании появляется побеление шпилек, гаек).
4. Отсутствие пыли и грязи на трансформаторе, в особенности на высоковольтных и низковольтных изоляторах.
5. Наличие масла в расширителе.
6. Отсутствие посторонних шумов.

Одним из достоинств данного метода является то, что осмотр трансформатора можно производить без отключения его от сети. Периодичность осмотра зависит от вида дежурства персонала (постоянное, либо выездное). Для первого случая осмотр главных и основных трансформаторов собственных нужд проводят раз в сутки, а для остальных – один осмотр на пять суток. Для второго случая осмотр трансформаторов

проводят раз в месяц, а трансформаторных пунктов – не меньше одного осмотра в течение полугода. Недостатком данного метода является его ограниченность, так как объектом его исследования являются только видимые факторы.

1.2.2 Изменение потерь холостого хода (ХХ)

Измерения потерь ХХ трансформаторов определяется с помощью замера тока ХХ. Производятся с целью выявления возможных витковых замыканий в обмотках, замыканий в элементах магнитопровода и замыканий магнитопровода на бак трансформатора.

Производится измерение путем однофазного возбуждения путем подвода напряжения к двум фазам и закорачиванием накоротко третьей фазы обмотки низкого напряжения, что приводит к большему возбуждению магнитной системы. Более низкое напряжение облегчает измерения напряжения, мощности и тока, поэтому обычным является проведение опыта холостого хода со стороны обмотки НН.

Недостатком данного метода является ограниченность в точности и достоверности обнаружения дефектов обмотки.

1.2.3 Измерение сопротивления изоляции обмоток трансформатора

Одним из наиболее простых, быстрых и доступных методах диагностики изоляции трансформатора является измерение сопротивления изоляции. Принцип действия основан на особенностях изменения тока в изоляции, при приложении к ней постоянного напряжения.

При вводе в эксплуатацию и при профилактических испытаниях измерение сопротивления изоляции проводят согласно схемам, применяемым заводом-изготовителем, и также дополнительно по зонам изоляций (примером могут служить, Высоковольтный ввод (ВВ)-корпус, НН-корпус, ВН-НН), в которых вывод "экрана" мегаомметра подсоединен к

свободной обмотке или баку. При профилактических испытаниях разрешается проведение измерений только по зонам изоляции.

В таблице 1.2 приведены уровни сопротивления изоляции при определенных температурах.

Таблице 1.2 – Сопротивление изоляции обмоток трансформаторов

t^oC обмотки	**10**	**20**	**30**	**40**	**50**
R изол 35 кВ, Мом	450	300	200	130	90
R изол 110 кВ, Мом	900	600	400	260	180
tg обмоток, %	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0

Данный метод также необходимо применять при осмотре активных частей трансформатора. Проводится с помощью мегомметра на напряжении 2,5 кВ. При этом, значения сопротивления не должны быть меньше 2 МОм [5].

Недостатками данного метода можно отметить ограниченности диапазона рабочих температур и недостаточную информацию об видах повреждений.

1.2.4 Хроматографический анализ газов в масле (ХАРГ)

Масло является неотъемлемой частью силового трансформатора (бак РПН, вводы) и играет роль изоляционной и охлаждающей среды . В процессе эксплуатации старение трансформаторного масла определяют по изменению кислотного числа, по реакции водной вытяжки, а так же по количеству образующегося в нем шлама.

В результате старения масла из него выпадает шлам и отлагается в каналах охлаждения, изоляции, на сердечниках трансформаторов и другого электрооборудования, тем самым ухудшая условия охлаждения электрооборудования. Это приводит к быстрому старению и разрушению изоляции электрооборудования. В конечном итоге это может привести к авариям.

Для того чтобы произвести испытания трансформаторного масла необходимо произвести отбор пробы масла. Отбор пробы производится из нижнего крана трансформаторного бака в специальные затемненные стеклянные сосуды с тщательно протертыми пробками. Перед заполнением сосуд 2 раза ополаскивают отбираемым маслом и только затем наполняют. Как правило, для испытаний достаточно одного литра масла. Испытания масла по полной и сокращенной программам проводят в специальных лабораториях [9].

ХАРГ является специальным методом, служащим для обнаружения повреждений и дефектов конструктивных узлов электрооборудования. Он позволяет:

- отслеживать развитие процессов в оборудовании;
- выявлять дефекты на ранней стадии их развития, не обнаруживаемые традиционными способами;
- определять предполагаемый характер дефекта и степень имеющегося повреждения;
- ориентироваться при определении места повреждения.

Состояние оборудования оценивается путём сопоставления количественных данных, которые были получены при анализе, с граничными значениями концентрации газов, а так же по скорости роста концентрации этих газов в масле. Очень важно различать нормальные и чрезмерные объемы газа. Нормальное старение или газовая генерация изменяется в зависимости от конструкции трансформатора, нагрузки и типа изоляционных материалов [7].

Для оценки состояния маслонаполненного оборудования используются следующие газы:

- *водород (H_2)* – электрические дефекты (частичные разряды (ЧР), искровые и дуговые разряды);
- *метан (CH_4)* – термические дефекты (чрезмерный нагрев масла и изоляции трансформатора 400-600°С);

- *этан (C_2H_6)* – термические дефекты (чрезмерный нагрев масла и изоляции трансформатора 300-400°С);
- *этилен (C_2H_4)* – термические дефекты (чрезмерный нагрев масла и изоляции трансформатора свыше 600°С);
- *ацетилен (C_2H_2)* – электрические дефекты (искровые и дуговые разряды);
- *угарный газ (CO)* – термические дефекты (старение масла, появление влаги в масле);
- *углекислый газ (CO_2)* – термические дефекты (старение масла, появление влаги в масле, нагрев твердой изоляции).

Для своевременной оценки технического состояния трансформаторного масла необходимо ХАРГ выполнять в следующие сроки [7].

- трансформаторы напряжением 110 кВ мощностью менее 60 МВА и блочные трансформаторы собственных нужд – через 6 мес. после включения и далее – не реже 1 раза в 6 мес.;
- трансформаторы напряжением 110 кВ мощностью 60 МВА и более, а также все трансформаторы 220 - 500 кВ – в течение первых 3 сут., через 1, 3 и 6 мес. после включения и далее – не реже 1 раза в 6 мес.;
- трансформаторы напряжением 750 кВ – в течение первых 3 сут., через 2 недели, 1, 3 и 6 мес. после включения и далее – не реже 1 раза в 6 мес.

Основным оборудованием на котором проводят анализ проб масла называется АИМ-90 (рис. 1.5)

Рисунок 1.5 – Цифровой аппарат для испытания трансформаторного масла (АИМ -90)

В ходе испытании необходимо провести шесть пробоев и взять среднеарифметическое значение пяти последних пробоев (первый пробой не учитывается). После каждого пробоя производится перемешивание масла в сосуде с помощью стеклянной палочки. Это делается для удаления копоти из промежутка между электродами. После перемешивания масло должно отстояться в течение 5 мин.

Большое время проведения испытаний масла, специально оборудованной лаборатории и высококвалифицированного является недостатками данного метода.

1.2.5 Измерение коэффициента трансформации

Определением коэффициента трансформации проверяется правильность числа витков трансформатора, которое должно соответствовать расчетному значению. В условиях эксплуатации определение коэффициента трансформации актуально после ремонта трансформатора, если при этом производится замена или реконструкция обмоток. При вводе в эксплуатацию нового трансформатора коэффициент трансформации может контролироваться, если возникает необходимость.

Определение коэффициента трансформации трансформаторов тока производится по алгоритму:

1) провода в первичной цепи подбираются по номинальному току первичной цепи трансформаторов тока;

2) замеры на амперметрах необходимо производить во второй половине шкалы для точности измерения.

3) коэффициент трансформации подсчитывается по формуле:

$$K_{тр} = \frac{I}{I_2} = \frac{K_{эт(\,лт\,)} \cdot I_{изм}}{I_2} \qquad (1.1)$$

где: $K_{эт(лт)}$ – коэффициент трансформации эталонного или лабораторного ТТ; $I_{изм}$ – ток измеренный амперметром, включенным через эталонный или лабораторный трансформатор тока [5].

Главный недостаток метода – ограниченное количество определяемых дефектов.

1.2.6. Измерение тангенса угла диэлектрических потерь

Данный метод является одним из эффективных и наиболее используемых методов диагностики высоковольтного оборудования. Принцип действия данного метода рассмотрим с помощью векторной диаграммы изображенной на рисунке 1.6.

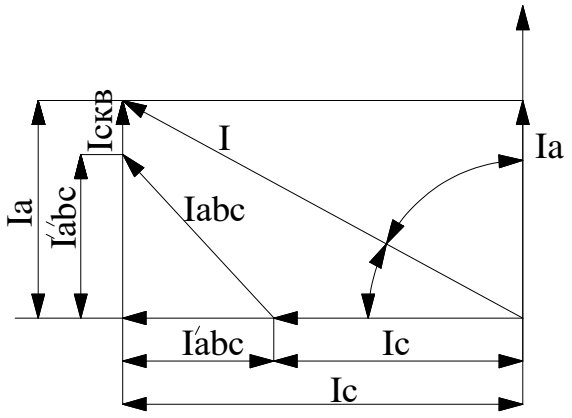


Рисунок 1.6 – Векторная диаграмма протекающих токов через неоднородный диэлектрик

При приложении переменного напряжения к неоднородному диэлектрику, в последнем начинают происходит процессы поляризации и, впоследствии протекание тока. Протекающий ток можно разбить на две составляющие: активная I_a и емкостная I_c составляющая тока. Увеличение активной составляющей тока I_a происходит при увлажнении и других дефектах изоляции, причем её рост происходит во много раз быстрее, чем емкостной составляющей I_c. Что, в свою очередь, приводит к увеличению угла δ и tgδ соответственно. Таким образом, по значению tgδ можно судить о степени ухудшения изоляции.

Для изоляции силовых трансформаторов tgδ обычно не превышает сотых и тысячных долей единицы, поэтому в практике значение tgδ выражают в процентах:

$$\mathrm{tg}\delta = \frac{I_a}{I_c} \cdot 100 \qquad (1.2)$$

Например, при отношении $\frac{I_a}{I_c} = 0.003 \quad \mathrm{tg}\delta = 0.003 \cdot 100 = 0.3\%$.

Для измерения тангенса угла диэлектрических потерь применяют мосты переменного тока типов Р-5026, Р-525, Р-595, МД-16. Измерение производят по перевернутой схеме моста, которую применяют при наличии одного заземленного электрода (бак трансформатора). Принципиальная схема моста переменного тока (перевернутая) показана на рисунке 1.7.

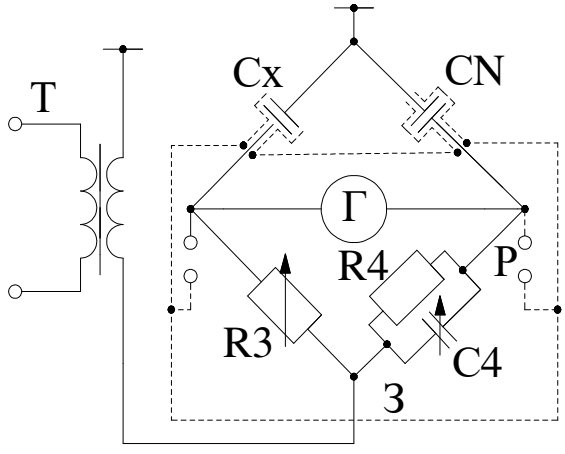


Рисунок 1.7 – Принципиальная схема моста переменного тока

Рисунок 1.8 –Мост переменного тока Р-5026

Измерения tgδ распространены в мире, и выпускается много различной аппаратуры для ее измерения. Тангенс угла потерь и емкость изоляции позволяют определить на более ранних стадиях увлажнение и загрязнение изоляции, чем, например, измерение сопротивления изоляции [10].

Перечислим преимущество данного метода:

- простота и дешевизна использование метода;
- благодаря небольшому испытательному напряжению отсутствует вредного влияния на изоляцию;
- анализ статистических данных tgδ, снятых в течении длительного времени может показать более точную картину развития дефектов в оборудовании;

Также, данный метод имеет ряд недостатков:

- при выявлении части опасных дефектов (включая разряды в изоляции) при помощи измерений тангенса угла успешная диагностика возможна только при проведении измерения при напряжении не ниже рабочего [10].

- оценка состояния электрооборудования зависит от результатов измерений и предыдущих данных. Тем самым, отсутствие предыдущих данных будет говорить об ошибочности диагностики.

1.2.7 Тепловизионный контроль

Производятся замеры с помощью тепловизионной техники. Результаты исследования производятся с помощью компьютерной техники, где определяются такие виды повреждений, как: 1) витковое замыкание в обмотках интегрированных трансформаторов тока; 2) неисправности контактной системы регулирования под напряжением (РПН); 3) возникновение магнитных полей рассеяния в трансформаторе за счёт нарушения изоляции отдельных компонентов магнитопровода (консоли, шпильки и т.п.); 4) дефекты в системе охлаждения трансформатора (маслонасосы, фильтры, вентиляторы и т.п.) и оценка её эффективности; 5) изменение внутренней циркуляции масла в баке трансформатора (образование застойных зон) в результате шламообразования, конструктивных просчётов, разбухания или смещения изоляции обмоток (характерно для трансформаторов с большим сроком эксплуатации); 6) нагревы внутренних контактных соединений обмоток низкого напряжения (НИ) с выводами трансформатора; обрывы шинок заземления.

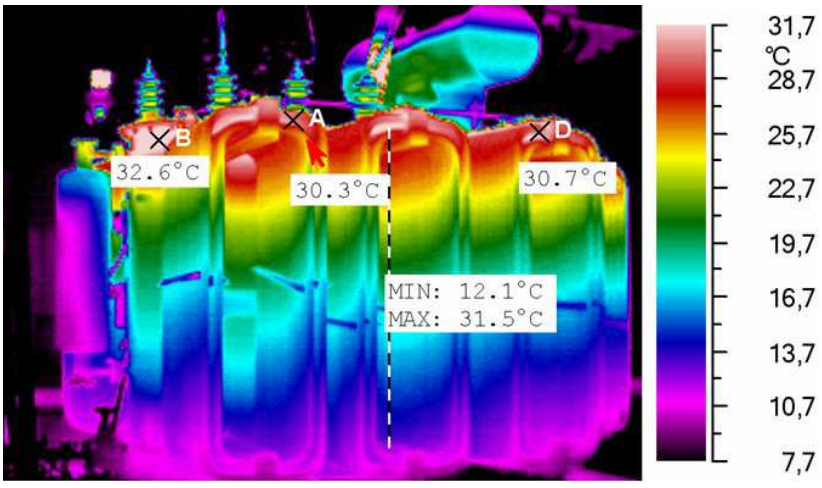


Рисунок 1.9 – Термограмма силового трансформатора ТРДН – 63000 МВА

Перед проведением ИК-контроля трансформаторов тока необходимо провести анализ условий их работы и состояние внутренней изоляции. Определяется: год выпуска (длительность эксплуатации); завод-изготовитель; способ защиты масла от увлажнения; количество токов КЗ, протекавших по обмоткам трансформаторов тока, и их значения; результаты измерения характеристик изоляции обмоток, а также хроматографического анализа газов в масле; термограммы предыдущих термографических съемок и др.

Достоинства данного метода:

- исследования проходят под напряжением, то есть не требуется отключение оборудования;
- высокая безопасность работы, так как контакта с оборудованием не происходит;
- незначительные эксплуатационные затраты;

Перечислим недостатки данного метода:

- высокая стоимость прибора исследований;
- оцениваются только термическое воздействие, обнаружение других видов дефектов невозможно.

1.2.8 Вибрационный контроль

Основной целью вибрационной диагностики трансформаторов является оценка состояния механической системы, а так же выявление и устранение дефектов внешних устройств (резонансных вибраций трубопроводов, износа подшипников маслонасосов и вентиляторов и др.) и внутренних систем (распрессовки обмоток, магнитопровода, вибрационных перемещений магнитных шунтов и др.).

Вибрации трансформаторов представляют собой полигармонические колебания с частотами, кратными 100 Гц. Источником вибрации у трансформаторов являются магнитопроводы. Это обусловлено явлением магнитострикции.

Так же самостоятельными источниками вибрации являются электродвигатели маслонасосов и вентиляторов, но их энергия гораздо меньше.

Частота воздействия навесного оборудования обусловлена частотой вращения электродвигателей, которая составляет примерно 720-1440 об/мин.

Вибрации от источников передаются на другие узлы и элементы трансформатора. Первым делом при обследовании измеряются вибрации бака трансформатора. Наиболее важными вибрационными характеристиками являются:

- виброскорость, характеризующая энергию вибрации. Её значения используют для оценки состояния бака трансформатора, а так же для оценки воздействия трансформатора на фундамент4
- виброускорение – характеризует инерционные силы, действующие на бак трансформатора в результате перемещения его внутренних элементов;
- виброперемещение – характеризует вибрационные нагрузки, от которых зависит состояние бака трансформатора, сварных швов и других элементов.

Для измерения вибрации используется переносной виброанализатор в режиме измерения виброускорений, виброскоростей или среднеквадратичных значений виброперемещений. [11]

Рисунок 1.10 – Виброанализатор ТОПАЗ-В

Основой метода является регистрация на вводах расшинованного трансформатора индуцированной на обмотках ЭДС, возникающей при импульсном механическом воздействии. Это процесс имеет вид затухающих колебаний.

Недостатками данного метода являются:

- особые требования к способу крепления датчика вибрации;
- зависимость параметров вибрации от большого количества факторов и сложность выделения вибрационного сигнала обусловленного наличием неисправности, что требует глубокого применения методов корреляционного и регрессионного анализа.
- точность диагностирования в большинстве случаев зависит от числа сглаженных (осреднённых) параметров, например числа оценок SPM.

1.2.9 Метод низковольтных импульсов (НВИ)

Импульсное дефектографирование (ИД), или метод низковольтных импульсов (НВИ), силовых трансформаторов известен с 1966 г. Впервые были предложены и опубликованы польскими учеными-электротехниками Лехом и Тымински. За прошедшее время дефектографирование методом НВИ стало неотъемлемой частью диагностики и ремонта оборудования электростанций, распределительных сетей и подстанций. В России внедрение (ИД) производилось компанией «Самараэнерго. У истоков создания аппаратуры для диагностики обмоток трансформаторов методом НВИ стояли Е.А. Попов, Г.В. Аветиков, Е.И. Левицкая и др. [10].

Первым и основным прибором на котором проводился данный метод является установка типа "Импульс" (рис.1.11, 1.12). За период с 1974—1991 гг. накоплены данные замеров методом НВИ нескольких сотен трансформаторов разнообразных конструкций мощностью от 0,1 до 1000 МВА [12]. Применение диагностических установок «Импульс» позволило обнаружить механические деформаций обмоток таких трансформаторов, как ТЦ-1000000/300 («Донбассэнерго»), АТДЦТН-200000/330 («Ленэнерго»),

АТДЦТН-200000/220 («Челябэнерго»), ТД-80000/110 и АОДЦТН-167000/500 («Мосэнерго») и многих других. Это позволило своевременно и обоснованно вывести трансформаторы из эксплуатации, тем самым не допустив возможные тяжелые аварии. Разборка трансформаторов подтвердила данные о наличии деформации обмоток.

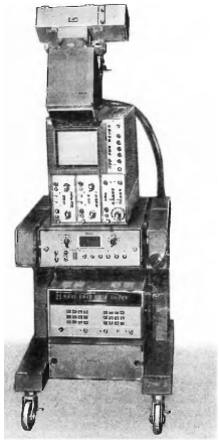


Рисунок 1.11 – Комплекс диагностики механического состояния обмоток силовых трансформаторов «Импульс-5»

Рисунок 1.12 – Комплекс диагностики механического состояния обмоток силовых трансформаторов «Импульс-9»

Методика измерений основывается на подачи прямоугольного зондирующего импульса напряжением 100–500 В на одну из обмоток или в нейтраль трансформатора от специального генератора. Одновременно происходит снятие и фиксирование с помощью осциллографа реакции обмоток на воздействие приложенного импульса. Основой метода является принцип последовательного импульсного дефектографирования. Вначале эксплуатации трансформатора (как правило, на заводе изготовителе)

происходит снятие нормограмм. Затем, происходит сравнение с дефектограммами (осциллограммами, полученными при последующих измерениях после ввода трансформатора в эксплуатацию). Отклонение дефектограммы от нормограммы свидетельствуют о наличии электрических повреждений или механических деформаций обмоток. Если нормограммы отсутствуют, то анализ состояния обмоток проводится путем сравнения разных фаз трансформатора [10].

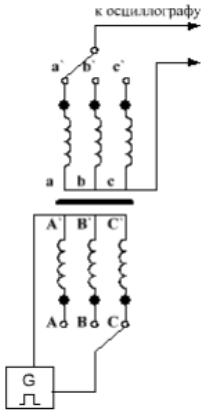


Рисунок 1.13 – Схема измерений методом НВИ

Данный метод считают одним из эффективных в связи, с его большой чувствительностью даже к незначительным изменениям геометрических размеров. Даже небольшие механические перемещения в обмотках существенно меняют емкость отдельных элементов (межвитковые, межкатушечные), а существенные деформации приводят к изменениям индуктивности деформированных элементов. Все это изменяет собственные частоты колебаний, что фиксируется на осциллограммах импульсных токов и напряжений. Контроль методом НВИ имеет более высокую чувствительность в отличие от измерения сопротивления КЗ.

Основой метода являются параметры импульса. Для повышения чувствительности метода возможно применение импульса амплитудой около 100 – 300 В и длительностью 50 – 500 нс с фронтом 5 – 10 нс [13]. Уменьшение длительности зондирующего импульса до 50..300 нс с временем нарастания фронта 5..10 нс исключает появление тока в индуктивных элементах системы. Сигнал отклика в этом случае представляет собой

падение напряжения только на емкостных элементах системы, что в свою очередь позволяет повысить чувствительность процедуры контроля состояния обмотки (можно увидеть смещения обмоток на 2..3%) и как результат – существенно увеличить точность постановки диагноза [14].

Деформации, возникающие при протекании по обмоткам сквозных токов КЗ, не всегда сразу приводят к витковым замыканиям, т.е. не вызывают срабатывания защит. Несвоевременный вывод трансформатора с деформированными обмотками в ремонт, как правило, приводит, к дальнейшему развитию деформаций и витковым замыканиям даже без КЗ, которые вынуждают утилизировать трансформатор. Своевременное обнаружение деформаций дает возможность вывести трансформатор в ремонт с заменой поврежденных узлов и максимально использовать неповрежденные [15].

Таким образом, можно сделать вывод, что необходимо создание устройства диагностики механических деформаций обмоток силовых трансформаторов под нагрузкой (т.е. непрерывного выявления).

Достоинства НВИ:

- обладает высокой чувствительностью;
- отличие от традиционных методов, тем, что НВИ может определить почти все виды деформаций в трансформаторе;
- нет необходимости разбирать трансформатор

Недостатки НВИ:

- при постановке диагноза предположительного повреждения по результатам НВИ необходимо использовать накопленный опыт дефектографирования и каталог повреждений силовых трансформаторов, составленный по результатам электродинамических испытаний;
- возможна лишь качественная оценка деформаций и не всегда удается с полной уверенностью интерпретировать изменения в кривых НВИ.

1.2.10 Метод частотного анализа (МЧА)

Метод НВИ имеет ряд недостатков, которые, в полной мере, не позволяют решать проблему нахождения деформаций в трансформаторе. Более предпочтительным методом нахождения деформаций можно назвать метод анализа частотных характеристик (FRA). Данный метод меньше зависит от схемы измерений (взаимного расположения измерительных кабелей, влияния ошиновки вблизи объекта измерений, внешних помех в условиях действующей подстанции и т.п.), а также позволяет количественно оценивать возникающие в обмотках остаточные деформации [16].

Процедура измерений по методу частотного анализа предполагает запись приложенного импульса и соответствующего ему отклика с использованием высокоточных аналого-цифровых преобразователей (АЦП). После чего результаты преобразуются в частотную область с помощью алгоритма быстрого преобразования Фурье (БПФ). Рассчитанная таким образом передаточная функция будет зависеть только от параметров испытуемого объекта и не зависит от приложенного сигнала и схемы измерений. Поэтому изменения в объекте могут быть отчетливо идентифицированы и отделены от внешних факторов, что существенно облегчает анализ результатов [17].

Параллельно данному методу развивался другой: вместо импульсного воздействия на ввод обмотки подается синусоидальное напряжение, которое изменяется по частоте в широком диапазоне, а с других вводов снимается амплитудно-частотная характеристика – реакция обмоток на приложенное воздействие. Оба способа получили достаточно широкое распространение.

Создателем метода анализа частотных характеристик является Доктор Ричард Малевски. Его предложение состояло в том, чтобы снятые осциллограммы тока и напряжения трансформатора разложить на частотные спектры, а также, по ним определить передаточную функцию обмоток трансформатора.

Двухканальный аналого-цифровой преобразователь записывает по каналу №1 сигнал, который подаётся на ввод обмотки, а по каналу №2 – реакцию обмотки на приложенное воздействие. После этого рассчитывается передаточная функция. Передаточная функция представляет собой отношение спектров входного и выходного сигналов. Степень отличия передаточных функций, рассчитанных до и после воздействия на трансформатор электродинамических сил короткого замыкания или других механических воздействий, производится с помощью разных средств анализа.

При измерениях выход изменяющегося по частоте синусоидального сигнала и одного входа анализатора соединяют через экранированные коаксиальные кабели с одним выводом обмотки. Другой конец обмотки (например, нейтраль) подсоединяют через трансформатор тока ко второму входу анализатора.

Рассмотрим принцип действия метода анализа частотных характеристик (FRA) на примере трансформатора ТДЦ-80000/110 схемой соединения обмоток Y/Δ/Δ. Для исследования данного трансформатора были сняты нормограммы НВИ по схеме НН1-НН2. Также, после КЗ на стороне НН были сняты дефектограммы. Данные осциллограммы представлены на рис.1.14.

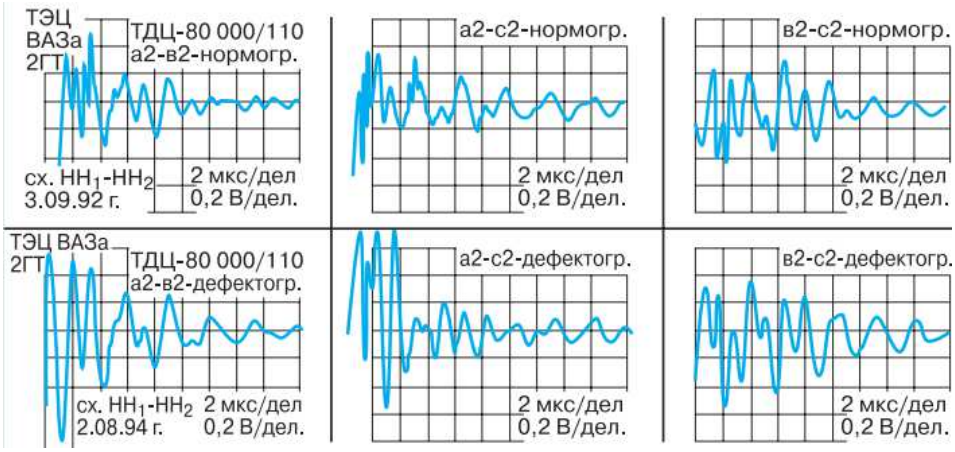


Рисунок 1.14 – Нормограммы (верхние) и дефектограммы (нижние) трансформатора типа ТДЦ-80000/110 снятые по схеме НН1-НН2.

Для более количественной оценки деформаций повреждений в обмотках трансформатора произведем математическую обработку измеренных сигналов с использованием преобразования Фурье.

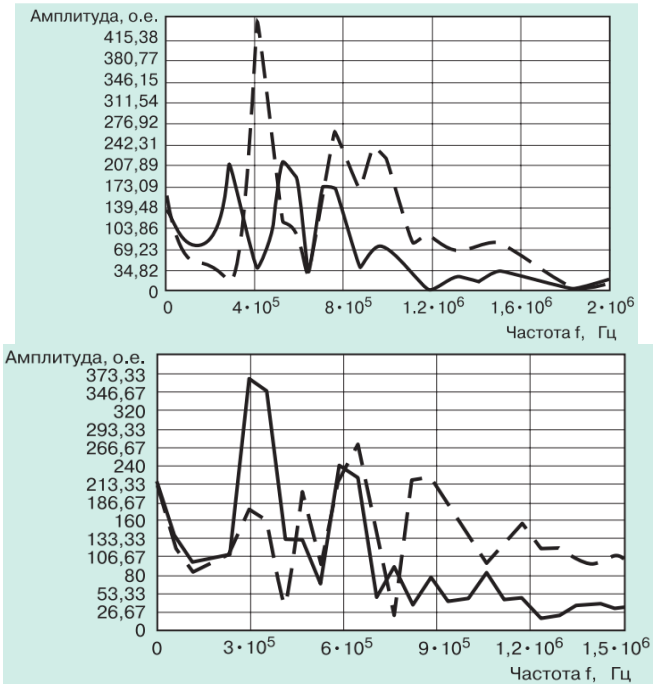


Рисунок 1.15 – Спектры сигналов обмотки НН до и после КЗ для осциллограмм «а-в» и «а-с» (сплошная линия — спектр сигналов до КЗ; пунктирная — после КЗ)

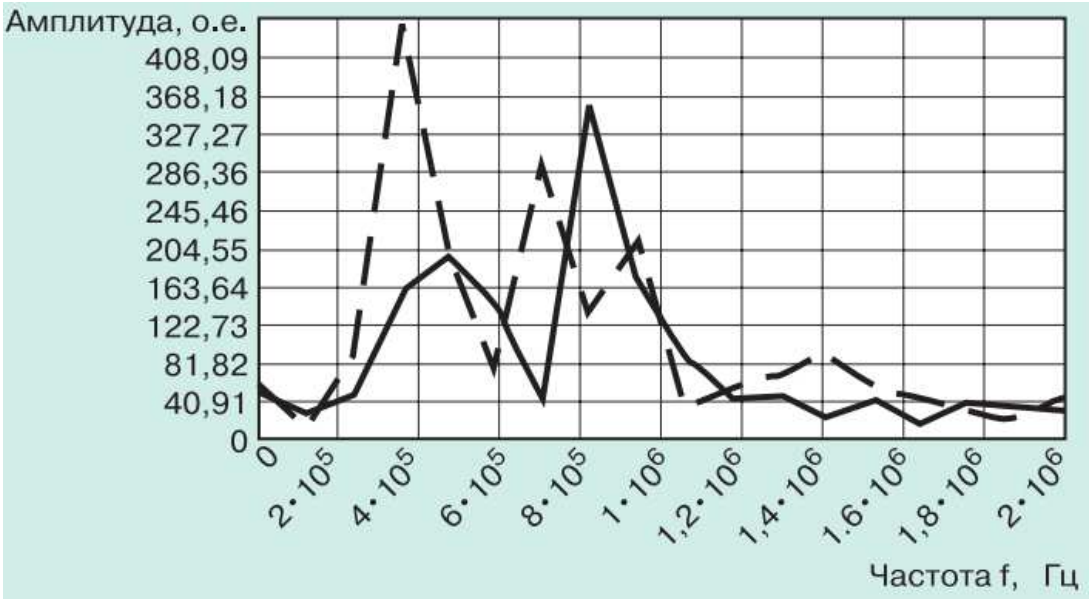


Рисунок 1.16 – Спектры сигналов обмотки НН до и после КЗ для осциллограмм «в-с»

На рис. 1.15 и 1.16 представлены спектры сигналов с диапазоном частот от 0 до 1,5-2 МГц. В спектрах сигналов, после КЗ, видно появление резонансных частот 400, 800 кГц. Это говорит о том, что на стороне НН возникли остаточные деформации предположительно с преимущественной потерей осевой устойчивости . Благодаря спектральному анализу возможно произвести оценку изменения частотного спектра при воздействии токов КЗ. Данная оценка увеличивает эффективность диагностики повреждений, а также, дает возможность определять деформации обмоток на ранних стадиях появлений [16].

При анализе результатов измерений частотного спектра учитываются влияния различных параметров, таких как: влияния заземления кабелей, особенно проявляющееся при высоких частотах; влияние наличия масла, так как испытания могут проводиться как при наличии масла в баке, так и без него.

Данный метод достаточно широко используется за рубежом, однако его техническая реализация весьма дорога, поскольку предполагает использование генератора синусоидальных колебаний с плавной разверткой по частоте в диапазоне от 0 до 2 МГц [16]. Существуют множество импортных моделей определения частотных характеристик. Наиболее встречающимся прибором является анализатор частотных характеристик марки *FRA – 5310* (рисунок 1.17) созданной фирмой *«Haefely»*. Данный анализатор выявляет смещение и механические повреждения трансформаторных обмоток, возникающие вследствие механических воздействий при транспортировке или при коротких замыканиях.

Рисунок 1.17 – Анализатор частотных характеристик *FRA – 5310*

Также имеются анализаторы русского производства, такие как ДИК-2, изготовляемой фирмой «Снежинсктехсервис» (рис. 1.18). Данный диагностический измерительный комплекс имеет генератор тестовых электрических сигналов, который способен производить плавную развертку по частоте в заданных диапазонах, что необходимо при проведении анализа частотных характеристик.

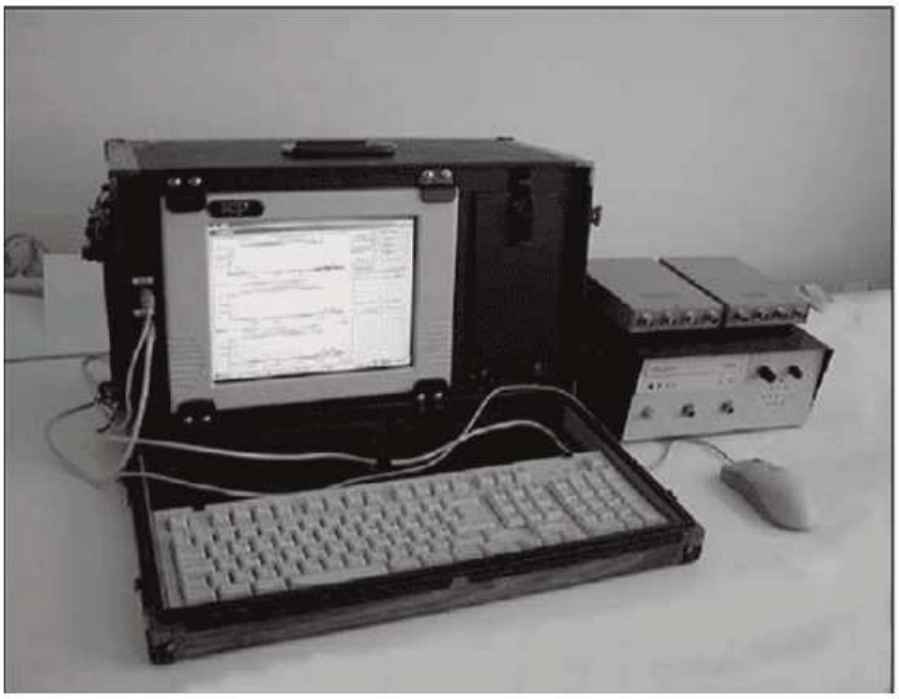


Рисунок 1.18 – Диагностический измерительный комплекс ДИК-2.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5АМ72	Десюков Никита Евгеньевич

Школа	ИШЭ	Отделение	ОЭЭ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	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*	Стоимость материальных ресурсов определялась по средней стоимости по г. Томску. Оклады – в соответствии с окладами сотрудников «НИ ТПУ».
2. *Нормы и нормативы расходования ресурсов*	Ставка по депозитам – 7%, премия за риск – 5% (в соответствии с методологией, принятой в энергетической отрасли: Приказ N 5994 от 25.05.16 г., Постановление правительства N 442 от 04.05.2012 г.). Дополнительная заработная плата 13%, 30% районный коэффициент
3. *Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования*	Общая система налогообложения, ставка дисконтирования 12 %
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. *Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ*	Анализ конкурентных технических решений. SWOT-анализ.
2. *Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок*	Формирование плана и графика разработки научного исследования: - определение контрольных событий проекта; - разработка графика Ганта. Формирование бюджета НИ: - материальные затраты; - заработная плата (основная и дополнительная); - отчисления во внебюджетные фонды; - накладные расходы.
3. *Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности*	Экономическая оценка эффективности инвестиций в проект
Перечень графического материала *(с точным указанием обязательных чертежей):*	
1.Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений *2.Итоговая матрица SWOT-анализа* *3.Иерархическая структура работ* *4.График Ганта* *5.Организационная структура проекта*	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Латышева Елена Владимировна	к.ф.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5АМ72	Десюков Никита Евгеньевич		

3 Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Основной задачей технико-экономического расчёта является определение величины экономического эффекта от использования в общественном производстве основных и сопутствующих результатов, получаемых при решении поставленной задачи в данной диссертации, цель работы которой является разработка технологии контроля состояния обмоток трансформаторов и нестандартной аппаратуры для ее реализации.

Объектом исследования стал трансформатор напряжения НТМИ-6-66. В процессе работы проводились экспериментальные исследования реакции обмоток при наличии и отсутствии дефектного состояния на данном трансформаторном оборудовании.

Конечным результатом работы является диагностический комплекс, обладающий высокой чувствительностью и способностью обнаруживать дефекты на ранней стадии их развития. Своевременное обнаружение любого вида дефекта, на ранней стадии развития в обмотках трансформатора, позволит существенно сэкономить денежные ресурсы во время замены или ремонта неисправной части оборудования.

3.1 Предпроектный анализ

3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Разрабатываемый комплекс для диагностики трансформаторного оборудования нацелен в первую очередь на рынок российских предприятий электроэнергетической отрасли, имеющих в своём ведении фонд трансформаторов, и в первую очередь это ПАО «ФСК ЕЭС». Также, в целевой рынок входят такие компании как:

- ООО «Газпром энерго»

• ООО "Эльмаш (УЭТМ)”

• АО «НК «Роснефть»

Сегментировать рынок услуг по разработке информационной системы можно по следующим двум наиболее значимым критериям: архитектура системы и размер нефтегазодобывающего предприятия.

Таблица 3.1 – Карта сегментирования рынка услуг по разработке оборудования для диагностики трансформаторного оборудования

Сфера деятельности компании	Диагностические комплексы		
	Импульс-5 (диагностика методом низковольтных импульсов)	**Megger FRAX-101** (диагностика методом амплитудночастотного анализа)	**Megger TTR310** (диагностика методом низковольтных импульсов)
Электроэнергетика			
Нефтегазовые			
Производственные			

–ООО «ЭЛЕКТРОНПРИБОР»

– ООО «Квадро Электрик»

– НПП «ЭКРА»

Как видно из таблицы 3.1, наиболее низкий уровень конкуренции наблюдается среди компаний, которые относятся к нефтегазовой сфере. Таким образом, в первую очередь планируется занять свободные сегменты рынка в нефтегазовой сфере, а также проводить конкурентную стратегию по внедрению разрабатываемого диагностического комплекса в электроэнергетические и производственные компании, которые на данный

момент пользуются продуктами «Квадро Электрик», «ЭЛЕКТРОНПРИБОР», НПП «ЭКРА».

3.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Произведем оценку анализа конкурентоспособности разработки с помощью оценочной карты.

На рынке оборудования для диагностики силовых трансформаторов можно выделить два основных крупных конкурента. Это диагностические комплексы, предназначенные для диагностики механического состояния обмоток силовых трансформаторов методом низковольтных импульсов (НВИ), производства фирм «ЭЛЕКТРОНПРИБОР» и «ЭКРА». Таким образом, оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений будет составлена для трех систем. В таблице 3.2, приведённой ниже, $Б_ф$ – разрабатываемый диагностический комплекс контроля состояния обмоток силовых трансформаторов на основе наносекундных прямоугольных импульсов, $Б_{к1}$ – диагностический комплекс «ЭЛЕКТРОНПРИБОР», $Б_{к2}$ – диагностический комплекс «ЭКРА».

Таблица 3.2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных решений

Критерии оценки	**Вес крите-рия**	**Баллы**			**Конкуренто-способность**		
		$Б_ф$	$Б_{к1}$	$Б_{к2}$	$К_ф$	$К_{к1}$	$К_{к2}$
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Удобство в эксплуатации	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
2. Помехоустойчивость	0,06	3	3	3	0,18	0,18	0,18
3. Надёжность	0,05	5	3	4	0,25	0,15	0,2
4. Чувствительность	0,1	5	3	3	0,5	0,3	0,3
5. Потребность в ресурсах памяти	0,01	4	5	4	0,04	0,05	0,04
6. Функциональная мощность	0,06	5	3	3	0,3	0,18	0,18

Продолжение таблицы 3.2

7. Простота эксплуатации	0,05	5	3	4	0,25	0,15	0,2
8. Качество интеллектуального интерфейса	0,06	5	5	5	0,3	0,3	0,3
9. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,01	5	5	5	0,05	0,05	0,05
10. Быстрота обучения персонала	0,06	5	3	3	0,3	0,18	0,18
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,09	5	3	4	0,45	0,27	0,36
2. Уровень проникновения на рынок	0,05	1	5	4	0,05	0,25	0,2
3. Цена	0,1	5	2	3	0,5	0,2	0,3
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	5	4	4	0,25	0,2	0,2
5. Финансирование научной разработки	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,4
6. Срок выхода на рынок	0,05	4	5	5	0,2	0,25	0,25
Итого	**1**	**69**	**60**	**63**	**4,52**	**3,51**	**3,72**

Анализ оценочной карты показал, что наивысший уровень конкурентоспособности (4,52 единицы) принадлежит разрабатываемой технологии контроля состояния обмоток силовых трансформаторов на основе наносекундных импульсов, так как технология обладает наибольшей чувствительностью, надежностью и функциональной мощностью, что является ключевым фактором при выборе диагностического оборудования. Выявление механических дефектов в обмотках силовых трансформаторов на ранних стадиях развития позволяет предотвратить масштабные аварии в энергосистеме, вовремя выводить оборудование в ремонт, тем самым продлевая срок службы оборудования. Разрабатываемая технология предполагает совместное использование метода низковольтных импульсов и метода амплитудно-частотного анализа, в то время как в основе диагностического оборудования остальных фирм-конкурентов лежит только один из перечисленных методов. Все вышеуказанные возможности разрабатываемого оборудования для диагностики силовых трансформаторов делают его наиболее конкурентоспособным по сравнению с конкурентами.

Диагностический комплекс фирмы «ЭКРА» также обладает высокой конкурентоспособностью, однако она уступает разрабатываемому комплексу из-за высокой цены и низкой чувствительности. Также данный комплекс значительно уступает разрабатываемому по функциональной мощности.

Диагностический комплекс, производимый фирмой «ЭЛЕКТРОНПРИБОР», имеет самую низкую среди всех конкурентоспособность. Это связно с тем, что он имеет наибольшую цену, которая не соответствует уровню чувствительности и надёжности.

Таким образом, конкурентоспособность разрабатываемого диагностического комплекса достигнута благодаря следующим показателям:

- надёжность;
- чувствительность;
- функциональная мощность;
- низкая цена.

3.1.3 SWOT-анализ

Для комплексного анализа научно-исследовательского проекта был применён SWOT-анализ, который представляет собой комплексный анализ внешней и внутренней среды проекта. Он проводился в несколько этапов.

На первом этапе были выделены сильные и слабые стороны проекта, а так же возможности и угрозы для его реализации.

Сильные стороны проекта:

- С1. Наличие прототипа научной разработки;
- С2. Низкая стоимость;
- С3. Заявленная надёжность, чувствительность и функциональная мощность;
- С4. Удобство и простота эксплуатации;
- С5. Квалифицированный персонал;
- С6. Наличие финансирования (гранты РФФИ);
- С7. Доступ к инновационной инфраструктуре ТПУ.

Слабые стороны проекта:

- Сл1. Малый опыт работы одного из исполнителей проекта
- Сл2. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца
- Сл3. Низкая помехоустойчивость
- Сл4. Не постоянная занятость в работе над проектом отдельных исполнителей

Возможности:

- В1. Повышение стоимости конкурентных разработок.
- В2. Наличие связи с предприятиями - изготовителями диагностических комплексов
- В3. Высокий уровень предложения на рынке комплектующих деталей

Угрозы:

- У1. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой;
- У2. Введение дополнительных требований к сертификации продукции;
- У3. Низкий уровень проникновения на рынок.

На втором этапе происходило выявление соответствия сильных и слабых сторон проекта внешним условиям среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений. По результатам данного этапа была составлена итоговая матрица SWOT-анализа, которая представлена в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – SWOT-матрица

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Наличие прототипа научной разработки С2. Низкая стоимость С3. Высокая надёжность, чувствительность и функциональная мощность С4. Удобство и простота эксплуатации С5. Квалифицированный персонал С6. Наличие финансирования (гранты РФФИ) С7. Доступ к инновационной инфраструктуре ТПУ	**Слабые стороны научно-исследовательского проекта:** Сл1. Малый опыт работы одного из исполнителей проекта Сл2. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца Сл3. Низкая помехоустойчивость Сл4. Не постоянная занятость в работе над проектом отдельных исполнителей
Возможности В1. Повышение стоимости конкурентных разработок. В2. Наличие у университета (ТПУ) связи с предприятиями-изготовителями диагностических комплексов В3. Высокий уровень предложения на рынке комплектующих деталей	В1С2С3С4 – Разработка стратегии конкуренции на рынке за счёт высоких технических характеристик комплекса и низкой стоимости по сравнению с конкурентами. В2С1С3С4С5С7 – Довести прототип научной разработки до 100% готовности к эксплуатации, а так же построить производство диагностического комплекса под ключ. Повысить существующие характеристики комплекса. В3С2 – Снижение стоимости продукта, без негативного влияния на его технические характеристики.	В1Сл2Сл3 – Использование материально-технической базы предприятий для проведений испытаний опытного образца и повышения его помехоустойчивости, В2Сл1 – Компенсировать недостаток опыта исполнителей проекта путем проведения консультаций с квалифицированными работниками предприятий.
Угрозы У1. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой У2. Введение дополнительных требований к сертификации продукции У3. Низкий уровень проникновения на рынок	У1С4С5С6 – Быстрая подготовка квалицированных кадров по работе с установкой за счёт её удобства и простоты эксплуатации на базе инновационной структуры ТПУ. У3С2С3С4 – Проработать стратегию проникновения на рынок, опираясь на сильные стороны разработки	У3Сл1 – Повысить помехоустойчивость для повышения спроса на разработку.

3.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения. В таблице 3.4 приведены показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенции разработчика научного проекта.[18]

Таблица 3.4 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1	Определен имеющийся научно-технический задел	4	4
2	Определены перспективы направления коммерциализации научно-технического задела	4	3
3	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	4	4
4	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	3	4
5	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	4	2
6	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	2	2
7	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	2	2
8	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	2	1
9	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	2	1
10	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	4	4
11	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	2	2

Продолжение таблицы 3.4

12	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	1	1
13	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	1	1
14	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	1	1
15	Проработан механизм реализации научного проекта	4	4
	Итого баллов	40	34

Значение суммарного балла позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. В нашем случае значение суммарного балла лежит в диапазоне от 44 до 30, что означает, что перспективность данного проекта средняя.

3.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

В качестве метода коммерциализации диагностического комплекса выбран инжиниринг, который предполагает предоставление на основе договора инжиниринга одной стороной, именуемой консультантом, другой стороне, именуемой заказчиком, комплекса или отельных видов инженерно-технических услуг.

3.2 Инициация проекта

3.2.1 Цели и результат проекта

Приведена информация о заинтересованных сторонах проекта, иерархии целей проекта и критериях достижения целей (табл. 3.5).

Таблица 3.5 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Руководитель и исполнители проекта	Получение акта о внедрение диагностического комплекса, написание публикаций, участие в конференциях для демонстрации полученных результатов, защита магистерской диссертации.
Университет (ТПУ), Отделение электроэнергетики и электротехники	Поднятие рейтинга университета благодаря публикационной активности полученных результатов магистерской диссертации, выполнение показателей кафедры посредством публикационной активности полученных результатов магистерской диссертации; привлечение грантов
ПАО «ФСК ЕЭС»	Ожидают использование диагностического комплекса для решения задач диагностики, повышения её эффективности; улучшение финансового состояния предприятия
РФФИ	Эффективное использование денежных средств, финансовые отчёты.

В таблице 3.6 представлена иерархия целей проекта и критерии достижения поставленных целей.

Таблица 3.6 – Цели и результаты проекта

Цели проекта:	Разработка технологии контроля состояния обмоток трансформаторов и нестандартной аппаратуры для ее реализации
Ожидаемые результаты проекта:	Диагностический комплекс, обладающий высокой чувствительностью и способностью обнаруживать дефекты на ранней стадии их развития.
Критерии приемки результата проекта:	1. Наличие руководства пользователя; 2. Наличие расчётно-пояснительной записки
Требования к результату проекта:	**Требование:**
	1. Должна быть обеспечена завяленная чувствительность
	2. Корректная и эффективная работа диагностического комплекса при его проверке
	3. Корректное определение вида дефекта обмотки силового трансформатора
	4. Заявленная надежность и помехозащищенность

3.2.2 Организационная структура проекта

В таблице 3.7 представлены члены рабочей группы, а также представлены роль и функции каждого участника проекта.

Таблица 3.7 – Рабочая группа проекта

№	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудо-затраты, час
1	Мытников Алексей Владимирович; ФГАОУ ВО НИ ТПУ, ИШЭ, ОЭЭ; доцент	Руководитель	Контроль за исполнением проекта, проверка правильности расчетов, выполненных исполнителями	1808
2	Десюков Никита Евгеньевич, студент ИШЭ ОЭЭ	Лаборант	Выполнение проекта	1488
3	Чирков Сергей Владимирович; ФГАОУ ВО НИ ТПУ, ИШЭ, ОЭЭ; научный сотрудник	Инженер	Выполнение проекта	1672
Итого:				4968

3.2.3 Ограничения и допущения проекта

В таблице 3.8 представлены ограничения и допущения проекта.

Таблица 3.8 – Ограничения и допущения проекта

Фактор	Ограничения/допущения
1. Бюджет проекта:	1 690 827руб.
1.1. Источник финансирования	ФГАОУ ВО НИ ТПУ
2. Сроки проекта:	
2.1. Дата утверждения плана управления проектом	04.09.18
2.2. Дата завершения проекта	28.05.2019 г.
3. Прочие ограничения и допущения	Бюджетное ограничение
	Ограничение по времени
	Ограниченные человеческие ресурсы
	Ограниченность в техническом оснащении

3.3 Планирование управления научно-техническим проектом

3.3.1 Иерархическая структура работ проекта

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта.

На рисунке 3.1 представлена иерархическая структура работ по проекту.

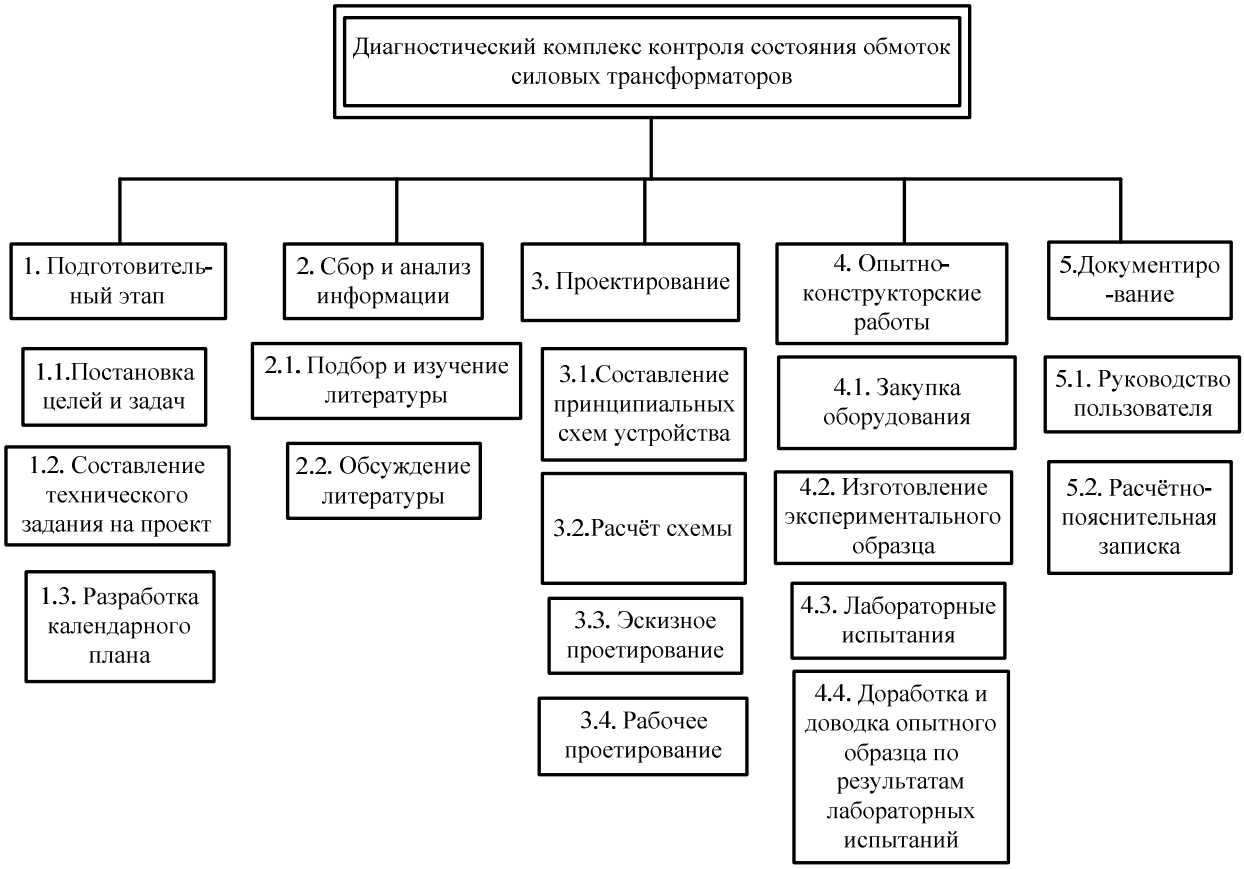


Рисунок 3.1 – Иерархическая структура работ по проекту

3.3.2 Контрольные события проекта

Планирование работ необходимо для эффективного распределения ресурсов и времени. В данном проекте имеются два исполнителя (руководитель и инженер), между которыми необходимо распределить работы и обязанности. В таблице 3.9 приведен перечень этапов и работ, а также их исполнитель.

Таблица 3.9 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

№ п/п	Контрольное событие	Дата	Результат (подтверждающий документ)
1	Подготовительный этап	04.09.18	Техническое задание; календарный план
2	Сбор и анализ информации	09.09.18	Отчёт
3	Проектирование	20.09.18	Рабочие чертежи
4	Опытно-конструкторские работы	26.10.18	Готовый диагностический комплекс
5	Документирование	26.10.18	Расчётно-пояснительная записка; руководство пользователя

3.3.3 План проекта

В данном разделе используем для построения линейного графика проведения научных работ диаграмму Ганта, которая представляет собой горизонтальный линейный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ приведем в календарных днях. Календарный план проекта представлен в таблице 3.10.

Таблица 3.10 – Календарный план проекта

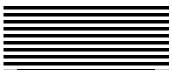
Код работы (из ИСР)	Название	Длитель-ность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
1.1	Постановка целей и задач	5	04.09.18	08.09.18	Лаборант, Руководитель
1.2	Составление технического задания	5	04.09.18	08.09.18	Руководитель Инженер
1.3	Разработка календарного плана	5	10.09.18	14.09.18	Инженер
2.1	Подбор и изучение литературы	5	10.09.18	14.09.18	Лаборант Руководитель
2.2	Обсуждение литературы	4	15.09.18	19.09.18	Лаборант Руководитель Инженер
3.1	Составление принципиальных схем устройства	17	20.09.18	09.10.18	Инженер Руководитель
3.2	Расчет схемы	15	10.10.18	26.10.18	Лаборант Руководитель
3.3	Эскизное проектирование	15	10.10.18	26.10.18	Инженер

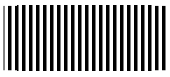
Продолжение таблицы 3.10

3.4	Рабочее проектирование	30	27.10.18	01.12.18	Руководитель, Инженер
5.2	Оформление расчётно-пояснительной записки	30	27.10.18	01.12.18	Лаборант
4.1	Покупка оборудования	30	27.10.18	01.12.18	Инженер, Руководитель
4.2	Изготовление опытного образца	80	03.12.18	15.03.19	Лаборант, Инженер, Руководитель
4.3	Лабораторные испытания	40	16.03.19	19.04.19	Лаборант, Руководитель
4.4	Доработка и доводка опытного образца по результатам лабораторных испытаний	30	20.04.19	28.05.19	Лаборант, Инженер
5.1	Составление руководства пользователя	30	20.04.19	28.05.19	Лаборант Руководитель

Обозначения в графике Ганта следующие:

– Лаборант

 – Инженер

 – Руководитель

Код работы (из ИСР)	Вид работы	Исполнители	$T_к$, кал, дни	Продолжительность выполнения работ																				
				Сентябрь			Октябрь			Ноябрь			Декабрь			Январь			Февраль			Март		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1.1	Постановка целей и задач	Лаборант, Руководитель	5																					
1.2	Составление технического задания	Руководитель Инженер	5																					
1.3	Разработка календарного плана	Инженер	5																					
2.1	Подбор и изучение литературы	Лаборант Руководитель	5																					
2.2	Обсуждение литературы	Лаборант Руководитель Инженер	4																					
3.1	Составление принципиальных схем устройства	Инженер Руководитель	17																					
3.2	Расчет схемы	Лаборант Руководитель	15																					
3.3	Эскизное проектирование	Инженер	15																					
3.4	Рабочее проектирование	Руководитель, Инженер	30																					
5.2	Оформление расчётно-пояснительной записки	Лаборант	30																					
4.1	Покупка оборудования	Инженер, Руководитель	30																					
4.2	Изготовление опытного образца	Лаборант, Инженер, Руководитель	80																					
4.3	Лабораторные испытания	Лаборант, Руководитель	40																					
4.4	Доработка и доводка опытного образца по результатам лабораторных испытаний	Лаборант, Инженер	30																					
5.1	Составление руководства пользователя	Лаборант Руководитель	30																					

Код работы (из ИСР)	Вид работы	Исполнители	$T_к$, кал, дни	Продолжительность выполнения работ					
				Апрель			Май		
				1	2	3	1	2	3
1.1	Постановка целей и задач	Лаборант, Руководитель	5						
1.2	Составление технического задания	Руководитель Инженер	5						
1.3	Разработка календарного плана	Инженер	5						
2.1	Подбор и изучение литературы	Лаборант Руководитель	5						
2.2	Обсуждение литературы	Лаборант Руководитель Инженер	4						
3.1	Составление принципиальных схем устройства	Инженер Руководитель	17						
3.2	Расчет схемы	Лаборант Руководитель	15						
3.3	Эскизное проектирование	Инженер	15						
3.4	Рабочее проектирование	Руководитель, Инженер	30						
5.2	Оформление расчётно-пояснительной записки	Лаборант	30						
4.1	Покупка оборудования	Инеженер, Руководитель	30						
4.2	Изготовление опытного образца	Лаборант, Инженер, Руководитель	80						
4.3	Лабораторные испытания	Лаборант, Руководитель	40						
4.4	Доработка и доводка опытного образца по результатам лабораторных испытаний	Лаборант, Инженер	30						
5.1	Составление руководства пользователя	Лаборант Руководитель	30						

3.3.4 Бюджет научного исследования

В данном разделе будет составлен бюджет проекта, который учитывает все расходы, которые будут затрачены при выполнении проекта.

Затраты на изготовление опытного образца

В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по изготовлению опытного образца.

Таблица 3.11 – Затраты на изготовление опытного образца

Наименование	Марка	Количество	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Батарея питания вольтметра 9 В	6F22 Minamoto	1	25	25
Сетевой выключатель	АС-002	1	57	57
Кнопка запуска геркона	КМД2-1	1	235	235
Кнопка "Ручной запуск"	П2К 2В	1	10	10
Геркон вакуумный	МКА-52141-ГрА	1	68	68
Тумблер включения питания вольтметра	П1Т-1-1В	1	250	250
Переключатель галетный	П2Г3-6П4Н	1	580	580
Держатель предохранителя	ДВП4-1	1	38	38
Предохранитель	ВП1-1, 0,5 А	1	15	15
Индикатор сетевого напряжения	N-805R 220 В	1	24	24
Индикатор состояния предохранителя	К-410Р	1	10	10
Лампа 12 В зеленая	N805-G	1	23	23
Трансформатор	ТА-7-220-50	1	820	820
Трансформатор	ТП 121-10	1	180	180
Диод	HER 208	1	5	5
Диодный мост	RB154(1,5 А 400 В)	1	10	10
Конденсатор	2J105K, 1 мкФ 630 В	2	25	25
Конденсатор	EC-100B-100 мкФ 20% (10x20) 105° Extra Co	1	11	11
Резистор	МЛТ-1 4,7 МОм	1	4,1	4,1
Резистор	МЛТ-2 10 МОм	1	2,80	2,80
Резистор	С2-33-2-10 кОМ 5%	1	2,8	2,8

Продолжение таблицы 3.11

Терминатор	BNC 50 Ом	1	39	39
Резистор	МЛТ-2 1,1 МОм	1	2,6	2,6
Резистор	МЛТ-0,5 5,1 МОм	1	1,2	1,2
Подстроечный резистор	3296W-1-304 300 кОм (СП5-2ВБ)	1	14	14
Резистор	КЭВ-1 220 МОм±10%	1	32	32
Катушка геркона	-	1	50	50
Кабель формирующий радиочастотный	РК-50-3-13 К56 2013	1 шт. 100 м	80 руб./ метр	8 000
Кабель формирующий радиочастотный	РК-50-3-13 К56 2013	1 шт. 50 м	80 руб./ метр	4 000
Кабель формирующий радиочастотный	РК-50-3-13 К56 2013	1 шт. 20 м	80 руб./ метр	1 600
Кабель формирующий радиочастотный	РК-50-3-13 К56 2013	1 шт. 10 м	80 руб./ метр	800
Кабель формирующий радиочастотный	РК-50-3-13 К56 2013	1 шт. 2 м	80 руб./ метр	160
Высокочастотные коаксиальные разъемы	BNC-8490	14	290	4 060
Вольтметр	ЕС-213В (РМ213В)	1	215	215
Корпус генератора	Кейс EXPLORER мод.5833	1	16 400	16 400
Кабели для присоединения осциллографа	РК-50-3-11	18шт. 8 м.	80 руб./ метр	11 520
Кабельные разъёмы	СР-50	36	350	12 600
Элемент присоединения кабелей к вводам 110 и 220 кВ	-	6	5 000	30 000
Всего за материалы, руб:				91 890
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				3 676
Итого по статье $С_М$				95 566

<u>Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ</u>

№	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудо-вания	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1	Двухканальный осциллограф Tektronix TDS2012	1	85 000	85 000
Всего				85 000
Транспортно-монтажные расходы (15%)				12 750
Итого				97 750

Основная заработная плата

Статья включает основную и дополнительную заработную плату работников, занятых выполнением НТИ, а также премии, доплаты [18]:

$$З_{ЗП} = З_{ОСН} + З_{ДОП} \quad (3.1)$$

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

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ($З_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_{р} \quad (3.2)$$

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

$Т_р$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.

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

$$З_{дн} = \frac{З_{м} \cdot М}{F_{д}} \quad (3.3)$$

где $З_м$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

М – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

- ✓ при отпуске в 48 раб. дней М=10,4 месяца, 6-дневная неделя;

$F_д$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 3.12).

Таблица 3.12 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	**Руководитель**	**Инженер**	**Лаборант**
Календарное число дней	365	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	66	66	66
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	61	48	48
Действительный годовой фонд рабочего времени	238	251	251

Месячный должностной оклад работника:

$$З_М = З_{тс} \cdot k_р \quad (3.4)$$

где $З_{тс}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_р$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Основная заработная плата руководителя, инженера и лаборанта рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда.

Таблица 3.13 – Расчёт основной заработной платы

	Руководитель	Инженер	Лаборант
Заработная плата по тарифной ставке, ($З_{тс}$), руб.	23 265	20 743	14 874
Районный коэффициент ($k_р$)	1,3		
Месячная заработная плата ($З_м$), руб.	30 245	26 966	19 336
Среднедневная заработная плата ($З_{дн}$), руб.	1 322	1 117	801
Продолжительность выполнения данного проекта ($Т_р$), раб. дни	261	216	239
Основная заработная плата, начисленная за выполнения данного проекта ($З_{осн}$), руб	345 042	241 272	191 439

<u>Дополнительная заработная плата</u>

В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле [18]:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} \quad (3.5)$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (0,10 – 0,15).

Таблица 3.14 – Заработная плата исполнителей НТИ

	Руководитель	Инженер	Лаборант
Основная заработная плата начисленная за выполнения данного проекта($З_{осн}$), руб	345 042	241 272	191 439
Коэффициент дополнительной заработной платы ($k_{доп}$)	0,13		
Дополнительная заработная плата исполнителей, ($З_{доп}$), руб.	44 856	31 366	24 887
Заработная плата ($З_{зп}$), руб.	389 898	272 637	216 326
Итого, руб.	878 861		

Отчисления во внебюджетные фонды

Социальные отчисления по грантам РФФИ при составлении трёхстороннего договора отсутствуют.

Накладные расходы

В эту статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему. Кроме того, сюда относятся расходы по содержанию, эксплуатации и ремонту оборудования, производственного инструмента и инвентаря, зданий, сооружений и др.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{накл} = k_{накл} \cdot \left(З_{осн} + З_{доп} \right) = 0,7 \cdot (777\ 753 + 101\ 109) = 615\ 203 \text{ руб.}$$

где $k_{накл}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Прочие материальные расходы

В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по данной теме. Количество потребных материальных ценностей определяется по нормам расхода.

Расчет стоимости материальных затрат производится по действующим прейскурантам или договорным ценам. В стоимость материальных затрат

включают транспортно-заготовительные расходы (3 – 5 % от цены). В эту же статью включаются затраты на оформление документации (канцелярские принадлежности, тиражирование материалов). Результаты приведены в таблице 3.15.

Таблица 3.15 – Сырье, материалы, комплектующие изделия

Наименование	Марка, размер	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Бумага для принтера	SvetoCopy	1	270	270
Тетрадь	48 л.	3	40	120
Ручки, карандаши	ErichKrause	4	10	40
Степлер	Kangaro Vertika-45	1	210	210
Скоросшиватели		1	50	50
Картридж для принтера	Cactus CS-D203S (Samsung)	1	1 940	1 940
Карта флеш – памяти	Transcend JetFlash 700 8 ГБ	1	690	690
Всего за материалы:				3 320
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				133
Итого по статье $С_М$				3 453

Полная смета

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости НТИ. Полная смета приведена в таблице 3.16.

Таблица 3.16 – Группировка затрат по статьям

№ п/п	Статьи	Затраты, руб.
1	Материальные затраты на сбор опытного образца	95 556
2	Специальное оборудование для научных работ	97 750
3	Основная заработная плата	777 753
4	Дополнительная заработная плата	101 109
5	Прочие расходы	3 453
6	Накладные расходы	615 203
Итого:		1 690 827

3.3.5 Организационная структура проекта

Наиболее подходящей организационной структурой является проектная.

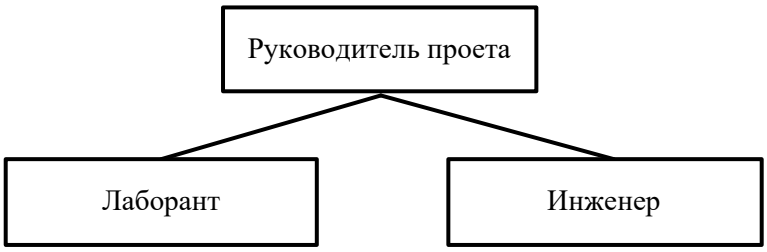


Рисунок 3.2 – Организационная структура проекта

3.3.6 Матрица ответственности

Для распределения ответственности между участниками проекта формируется матрица ответственности, представленная в виде таблицы 3.17.

Таблица 3.17 – Матрица ответственности

Этапы проекта	Руководитель	Инженер	Лаборант
Постановка целей и задач	О, И		И
Составление технического задания	О, И	И	
Разработка календарного плана		О, И	
Подбор и изучение литературы	О		И
Обсуждение литературы	О, И	И	И
Составление принципиальных схем устройства	О, И	И	
Расчет схемы	О		И
Эскизное проектирование		О, И	
Рабочее проектирование	О	И	
Оформление расчётно-пояснительной записки			О, И
Покупка оборудования	О	И	
Изготовление опытного образца	О, И	И	И
Лабораторные испытания	О		И
Доработка и доводка опытного образца по результатам лабораторных испытаний		О, И	И
Составление руководства пользователя	О		И

Степень участия в проекте может характеризоваться следующим образом:

- *Ответственный* (О)– лицо, отвечающее за реализацию этапа проекта и контролирующее его ход.
- *Исполнитель* (И) – лицо (лица), выполняющие работы в рамках этапа проекта.

3.3.7 План управления коммуникациями проекта

В таблице 3.18 приведен план управления коммуникациями, который отражает требования к коммуникациям со стороны участников проекта.

Таблица 3.18 – План управления коммуникациями

№ п/п	Какая информация передается	Кто передает информацию	Кому передается информация	Когда передает информацию
1	Статус проекта	Лаборант Инженер	Руководителю	Еженедельно (суббота)
2	Обмен информацией о текущем состоянии проекта	Лаборант Инженер Руководитель	Участникам проекта	Еженедельно (суббота)
3	Документы и информация по проекту	Лаборант	Руководителю	Еженедельно (суббота)
4	О выполнении контрольной точки	Лаборант Инженер	Руководителю	Не позже дня контрольного события по календарному плану

3.3.8 Реестр рисков проекта

Любой проект связан с неопределенностью и рисками. Под проектными рисками понимается, как правило, предполагаемое ухудшение итоговых показателей эффективности проекта. Причиной возникновения рисков являются неопределенности, существующие в каждом проекте.

Возможные риски проекта представлены в таблице 3.19.

Таблица 3.19 – Реестр рисков проекта

№	Риск	Потенциальное воздействие	Вероят-ность наступле-ния	Влияние риска	Уровень риска	Способы смягчения риска	Условия наступления
1	Недостаточность финансирования	Отсутствие возможности оплаты расходов	2	4	Средний	Привлечение сторонних инвесторов, планирование финансовых ресурсов	Не получение гранта
2	Потеря всех наработок (уничтожение жесткого диска)	Потеря временных и финансовых ресурсов	1	5	Средний	Хранение наработок в облачном хранилище	ЧП (пожар, землетрясение), поломка оборудования
3	Созданный диагностический комплекс не отвечает требованиям	Отсутствие спроса на продукт	3	3	Средний	Тщательный расчёт схем, проверка результатов расчётов	Ошибка расчётов вследствие невнимательности исполнителя
4	Получение недостоверных результатов измерений, и как следствие ошибочных данных	Получение неверного результата работы диагностического комплекса	4	5	Высокий	Проведение доп. консультаций с научным руководителем; калибровка прибора; повышение требований к условию эксперимента	Отсутствие необходимых знаний и навыков по проведению измерений
5	Поломка оборудования	Получение неверного результата	4	5	Высокий	Постоянное наблюдение за работой прибора	Брак производства

3.3.9 План управления контрактами и поставками

Этот план формируется в случае необходимости заключения контрактов для осуществления поставок или работ по проекту. Данные по этому разделу сводятся в табл. 3.20.

Таблица 3.20 – План закупок проекта

№	Закупаемые материалы	Коли-чество	Поставщик
1	Батарея питания вольтметра 9 В 6F22 Minamoto	1	ООО "Триггер" г.Томск, ул.Красноармейская, 89а
2	Сетевой выключатель АС-002	1	ИП Садовой П.К. г. Новосибирск, ул. Иванова, д. 17
3	Кнопка запуска геркона КМД2-1	1	ООО "Электроника и связь" г.Воронеж, ул. Депутатская, д.11
4	Кнопка "Ручной запуск" П2К 2В	1	ООО "Триггер" г.Томск, ул.Красноармейская, 89а
5	Геркон вакуумный МКА-52141-ГрА	1	ЗАО «ЧИП и ДИП» г.Москва, ул.Гиляровского, д.39, стр.1
6	Тумблер включения питания вольтметра П1Т-1-1В	1	ООО "Триггер" г.Томск, ул.Красноармейская, 89а
7	Переключатель галетный П2Г3-6П4Н	1	ЗАО «ЧИП и ДИП» г.Москва, ул.Гиляровского, д.39, стр.1
8	Держатель предохранителя ДВП4-1 с предохранителем ВП1-1, 0,5 А	1	ЗАО «ЧИП и ДИП» г.Москва, ул.Гиляровского, д.39, стр.1
9	Индикатор сетевого напряжения N-805R 220 В	1	ООО "Триггер" г.Томск, ул.Красноармейская, 89а
10	Индикатор состояния предохранителя	1	ЗАО «ЧИП и ДИП» г.Москва, ул.Гиляровского, д.39, стр.1
11	Лампа 12 В N805-G зеленая	1	ЗАО «ЧИП и ДИП» г.Москва, ул.Гиляровского, д.39, стр.1
12	Трансформатор ТА-7-220-50	1	ЗАО «ЧИП и ДИП» г.Москва, ул.Гиляровского, д.39, стр.1

Продолжение таблицы 3.20

13	Трансформатор ТП 121-10	1	ООО "Триггер" г.Томск, ул.Красноармейская, 89а
14	Диод HER 208	1	ООО "ЭлкоПро" г. Томск, пер. 1905 года, д. 18
15	Диодный мост RB154(1,5 А 400 В)	1	ООО "Триггер" г.Томск, ул.Красноармейская, 89а
16	Конденсатор 2J105K, 1 мкФ 630 В	2	ЗАО «ЧИП и ДИП» г.Москва, ул.Гиляровского, д.39, стр.1
17	Конденсатор ЕС-100В-100 мкФ 20% (10х20) 105° Extra Co	1	ЗАО «ЧИП и ДИП» г.Москва, ул.Гиляровского, д.39, стр.1
18	Резистор МЛТ-1 4,7 МОм	1	ЗАО «ЧИП и ДИП» г.Москва, ул.Гиляровского, д.39, стр.1
19	Резистор МЛТ-2 10 МОм	1	ООО "Электроника и связь" г.Воронеж, ул. Депутатская, д.11
20	Резистор С2-33-2-10 кОМ 5%	1	ЗАО «ЧИП и ДИП» г.Москва, ул.Гиляровского, д.39, стр.1
21	Терминатор BNC 50 Ом	1	ЗАО «ЧИП и ДИП» г.Москва, ул.Гиляровского, д.39, стр.1
22	Резистор МЛТ-2 1,1 МОм	1	ЗАО «ЧИП и ДИП» г.Москва, ул.Гиляровского, д.39, стр.1
23	Резистор МЛТ-0,5 5,1 МОм	1	ЗАО «ЧИП и ДИП» г.Москва, ул.Гиляровского, д.39, стр.1
24	Подстроечный резистор 3296W-1-304 300 кОм (СП5-2ВБ)	1	ООО "Триггер" г.Томск, ул.Красноармейская, 89а
25	Резистор КЭВ-1 220 МОм±10%	1	ООО "Триггер" г.Томск, ул.Красноармейская, 89а
26	Катушка геркона	1	ЗАО «ЧИП и ДИП» г.Москва, ул.Гиляровского, д.39, стр.1

Продолжение таблицы 3.20

27	Кабель формирующий радиочастотный РК-50-3-13 К56 2013	1 шт. 100 м	ЗАО «ЧИП и ДИП» г.Москва, ул.Гиляровского, д.39, стр.1
28	Кабель формирующий радиочастотный РК-50-3-13 К56 2013	1 шт. 50 м	ЗАО «ЧИП и ДИП» г.Москва, ул.Гиляровского, д.39, стр.1
29	Кабель формирующий радиочастотный РК-50-3-13 К56 2013	1 шт. 20 м	ЗАО «ЧИП и ДИП» г.Москва, ул.Гиляровского, д.39, стр.1
30	Кабель формирующий радиочастотный РК-50-3-13 К56 2013	1 шт. 10 м	ЗАО «ЧИП и ДИП» г.Москва, ул.Гиляровского, д.39, стр.1
31	Кабель формирующий радиочастотный РК-50-3-13 К56 2013	1 шт. 2 м	ЗАО «ЧИП и ДИП» г.Москва, ул.Гиляровского, д.39, стр.1
32	Высокочастотные коаксиальные разъемы BNC-8490	14	ООО "Триггер" г.Томск, ул.Красноармейская, 89а
33	Вольтметр ЕС-213В (РМ213В)	1	ООО "ЭЛГРАД г. Томск, ул. Усова 1
34	Корпус генератора (Кейс EXPLORER мод.5833)	1	ЗАО «БУДЬ ГОТОВ» г. Москва, ул. М. Семеновская, д.11а, стр.3
35	Двухканальный осциллограф типа Tektronix TDS2012	1	ООО "Компания "Астэна" г. Рязань, Куйбышевское шоссе, д. 25, стр. 17, офис 400
36	Кабели для присоединения осциллографа	18шт. 8 м.	ЗАО «ЧИП и ДИП» г.Москва, ул.Гиляровского, д.39, стр.1
37	Кабельные разъёмы	36	ЗАО «ЧИП и ДИП» г.Москва, ул.Гиляровского, д.39, стр.1
38	Элемент присоединения кабелей к вводам 110 и 220 кВ	6	ЗАО «ЧИП и ДИП» г.Москва, ул.Гиляровского, д.39, стр.1

3.4 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

3.4.1 Оценка абсолютной эффективности проекта

В основе проектного подхода к инвестиционной деятельности предприятия лежит принцип денежных потоков. Особенностью является его прогнозный и долгосрочный характер, поэтому в применяемом подходе к анализу учитываются фактор времени и фактор риска.

Выручка проекта считается с тем учетом, что в течение каждого года предполагается оказание услуг по диагностике силовых трансформаторов предприятиям, имеющим различные сферы производственной деятельности (заключение хоздоговора на проведение работ по диагностике силовых трансформаторов). Для проведения работы (диагностики) необходима команда, состоящая из двух человек. Стоимость проведения диагностики одного силового трансформатора примерно равна 40÷50 тыс. руб., время проведения работ – около 6 дней. Предположим, что в течение года будет произведена диагностика 18 трансформаторов. Стоимость услуг в первый год будет составлять 46,5 тыс. руб. за один трансформатор. В дальнейшем планируется увеличение стоимости на 5%

Степень устойчивости проекта по отношению к возможным изменениям условий реализации может быть охарактеризована показателями границ безубыточности и предельных значений таких параметров проекта, как количество оказываемых услуг цены услуг и пр. Под «безубыточным» понимается объем продаж, при котором чистая прибыль становится равной нулю. Для отрасли услуг удобнее рассчитывать точку безубыточности на основе целевой рентабельности работы. Рентабельность продаж – это установленное соотношение между ценой товара и его себестоимостью. Другими словами, мы сами определяем норму прибыли, которую планируем зарабатывать с продажи товара (наценку на его себестоимость). Зная целевую

рентабельность и постоянные затраты, можно определить необходимый размер выручки в точке безубыточности по следующей формуле [19]:

$$S = \frac{FC}{R},$$

где S – выручка от продаж за период;

R – целевая рентабельность продаж;

FC – постоянные затраты проекта.

Установим норму рентабельности продаж на уровне 75%. Прогнозируем, что наши постоянные затраты в год будут составлять 563 347 рублей (затраты на оплату работы двух сотрудников), а средняя цена услуги будет составлять 46 500 рублей. Таким образом, используя формулу, мы можем определить точку безубыточности проекта:

$$S = \frac{563347}{75\%} = 751\,130 \text{ руб.}$$

Средняя цена нашей услуги будет составлять 25 000 рублей, тогда для окупаемости проекта необходимо произвести диагностику 68 трансформаторов в год (Q – безубыточное количество):

$$Q = \frac{751130}{46500} = 18{,}15 \approx 16$$

В таблице 5.22 представлен план денежных потоков. Денежный поток в данном случае формируется для ТПУ и РФФИ, являющимся инвесторами проекта. Принимая в расчет структуру расходов по хоздоговорам, а именно: компенсация трудозатрат, отчисления во внебюджетные фонды, материальные затраты, накладные расходы – притоком денежных средств по хоздоговору будет являться величина хоздоговора, уменьшенная на сумму материальных и прочих расходов. Накладные расходы и отчисления во внебюджетные фонды предлагается отнести к денежным притокам, в целях оценки эффективности для бюджета в связи с тем, что РФФИ представляет именно бюджетные инвестиции. Примем норму дисконта E = 12%, исходя из метода кумулятивного построения: 7% – ставки по депозитам, 5% – премия за риск.

Таблица 3.22 – План денежных потоков

№	Показатель, тыс. руб.	Номер шага (периода) расчета (t), год		
		0	1	2
Операционная деятельность				
1	Поступления денежных средств от заключенных хоздоговоров	0	751	788,55
2	Материальные и прочие расходы	0	-3,4	-3,4
3	Денежный поток от производственной (операционной) деятельности (п.1-п.2)	0	747,6	785,15
Инвестиционная деятельность				
4	Коэффициент дисконтирования при ставке дисконтирования 12%	1	0,893	0,806
5	Капиталовложения, обслуживание инвестиций, приток от продажи активов	-1200	0	0
6	Сальдо от инвестиционной деятельности	-1200	0	0
7	Сальдо суммарного потока (п.3+п.6)	-1200	747,6	785,15
8	Сальдо накопленного потока ($п.8_{i-1}$+п.7)	-1200	-452,4	332,75
9	Дисконтированное сальдо суммарного потока (п.7*п.4)	-1200	667,61	632,83
10	Накопленное дисконтированное сальдо ($п.10_{i-1}$+п.9)	-1200	-532,39	100,44
11	Дисконтированные инвестиции (п.5*п.4)	-1200	0	0

Чистый доход (ЧД) указан в последнем столбце 2 года строки 8 таблицы 5.22: ЧД = 332,75 тыс. руб. Определим ЧДД проекта при норме дисконта E = 12%, приводя поток к шагу 0 (t_0 = 0).

Чистый дисконтированный доход определяется суммированием строки 9:

ЧДД = 100,44 тыс. руб.

Таким образом, проект является эффективным.

ВНД определяется, исходя из строки 7, подбором значения нормы дисконта. ВНД рассчитывается как значение ставки дисконтирования, при которой ЧДД = 0. Используя встроенную функцию расчета ВНД в программе Microsoft Excel (формула «ВСД»), получаем, что ВНД = 18%. Это еще раз подтверждает эффективность проекта, так как ВНД > *E*.

При оценке эффективности инвестиционных проектов так же часто используют индекс доходности инвестиций (ИД) – отношение суммы доходов от производственной (операционной) деятельности к абсолютной величине капитальных вложений. Если ЧД положителен, то индекс доходности инвестиций должен превышать 1.

$$ИД = 1 + \frac{ЧД}{К} = 1 + \frac{332,75}{1200} = 1,28$$

Кроме этого, также стоит оценить дисконтированный срок окупаемости инвестиций (DPP) – время, которое требуется, чтобы инвестиция обеспечила достаточные поступления денег для возмещения инвестиционных расходов, при этом учитывается временная стоимость денег.

$$DPP = j + \frac{-C_1}{C_2} = 0 + \frac{1200}{667,61} = 1,8 \ ,$$

где C_1 – накопленное дисконтированное сальдо 1-ого года;

C_2 – дисконтированное сальдо суммарного потока 2 года.

3.4.2 Оценка социальной эффективности проекта

Оценка социальной эффективности научного проекта позволяет учитывать социально-экономические последствия для общества в целом или отдельных категорий населений, в том числе как непосредственные результаты проекта, так и «внешние» результаты в смежных секторах экономики: социальные, экологические и иные внеэкономические эффекты. Результаты оценки социальной эффективности представлены в таблице 3.23.

Таблица 3.23 – Критерии социальной эффективности

До	После
Невозможность диагностики механического состояния обмоток трансформатора без его разбора	Разработанный диагностический комплекс позволяет проводить исследования по определению состояния обмоток силовых трансформаторов в целом, неразборном виде
Средняя степень риска возникновения аварии в энергосистеме	Снижение степени риска возникновения аварии в энергосистеме за счет своевременного и точного обнаружения механических дефектов обмоток силовых трансформаторов

3.5 Вывод по разделу

По итогам выполнения раздела была проведена оценка экономической эффективности и ресурсоэффективности проекта. Также был выбран целевой сегмент для распространения товара с низким проникновением конкурентов на рынок. Были спланированы этапы работы, определена трудоёмкость реализации проекта и построен календарный график, сформирован бюджет проекта. По результатам расчёта экономических показателей эффективности возврата инвестиций можно сделать вывод о том, что проект является инвестиционно-привлекательным (выгодным).