

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

Институт ЭНИН
Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Кафедра ЭЭС

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проектирование каскадного генератора высокого напряжения постоянного тока для лабораторного стенда.

УДК 621.313.12.018.2

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5АЗВ	Старцуев Саян Леонидович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мамашаев Б. К.			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Высоковольтные испытательные установки и измерения»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мамашаев Б. К.			

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель кафедры менеджмента	Потехина Н.В.	-		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Бородин Ю. В.	К.т.н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. Кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭЭС	Сулайманов А.О.	К.т.н.		

Томск – 2017 г.

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

Институт ЭНИН
Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Кафедра Электроэнергетических систем (ЭЭС)

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой ЭЭС

_____ А.О. Сулайманов
(Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
5А3В	Старцуеву Саяну Леонидовичу

Тема работы:

Проектирование каскадного генератора высокого напряжения постоянного тока для лабораторного стенда.
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Проектирование каскадного генератора высокого напряжения постоянного тока для использования его в качестве лабораторного стенда. Исходные данные: <ul style="list-style-type: none">• Напряжение генератора 20 кВ;• Допустимое падение напряжения ΔU не более 10%;• Допустимые пульсации напряжения δU не более 5%• Характер нагрузки: активная, сопротивлением не менее 50 Ом; емкостная, емкостью не более 1 мкФ.• Наглядность конечной установки в качестве лабораторного стенда.
---------------------------------	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке	На каждую ступень умножения каскадного генератора сделать выводы для измерения напряжения. К дополнительным вопросам относятся раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение», в котором производится технико-экономическое обоснование исследовательской работы, а также раздел «Социальная ответственность», в котором рассматриваются проблемы обеспечения безопасности жизнедеятельности.
Перечень графического материала	

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Высоковольтные испытательные установки и измерения	Мамашаев Б. К.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Потехина Н. В.
Социальная ответственность	Бородин Ю. В.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	3.02.2016
---	-----------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мамашаев Б. К.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А3В	Старцуев Саян Леонидович		

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

Студенту:

Группа	ФИО
5А3В	Старцуеву Саяну Леонидовичу

Институт	ЭНИН	Кафедра	ЭЭС
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Заработные платы рассчитывались на основе окладов ТПУ. Руководитель 17000 руб., инженер 17000 руб.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>0,3 премии 0,2 надбавки 0,16 накладные расходы 0,3 районный коэффициент</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>0,271 отчисления на социальные нужды</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Анализ технического решения по технологии QuaD</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Формирование плана и графика разработки: -определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; - разработка графика Ганта. Формирование бюджета затрат на научное исследование: - материальные затраты; -заработная плата (основная и дополнительная); - отчисления на социальные цели; - накладные расходы.</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

- Оценочная карта качества и перспективности разработки по технологии QuaD*
- Календарный план-график проведения проекта*
- Бюджет затрат на проект*

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Потехина Н.В.	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А3В	Старцуев Саян Леонидович		

Реферат

Данная выпускная квалификационная работа содержит 73 страницы, 35 рисунков, 25 таблиц, 11 источников.

Ключевые слова: каскадный генератор, программное моделирование падение напряжения, пульсации напряжения, делитель напряжения, вентиль.

Объектом исследования является проектирование каскадного генератора высокого напряжения постоянного тока.

Цель работы: Спроектировать каскадный генератор высокого напряжения постоянного тока для работы в качестве лабораторного стенда.

В процессе работы рассчитали элементы каскадного генератора, выбрали делители напряжения, произвели теоретический, экспериментальный анализ, а также анализ с помощью программного моделирования.

Данный стенд послужит для ознакомления с принципом работы, устройством и особенностями работы каскадного генератора высокого напряжения постоянного тока.

В результате работы сконструирован лабораторный стенд, а именно выбрали корпус лабораторного стенда, расположили элементы каскадного генератора внутри корпуса

Содержание

Введение.....	10
1. Обзор литературы	11
1.1. Общие положения	12
2. Расчет каскадного генератора	16
2.1. Выбор количества ступеней.....	16
2.2. Выбор вентиляей	17
2.3. Выбор емкостей	18
2.4. Определение основных электрических величин.....	19
2.5. Определение расчётного падения напряжения и выходного напряжения	19
2.6. Расчет делителей напряжения.....	27
2.7. Исследование каскадного генератора	33
3. Конструирование лабораторного стенда.....	39
3.1. Выбор корпуса лабораторного стенда.....	39
3.2. Расположение элементов каскадного генератора и делителей напряжения	40
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение ...	44
4.1. Оценка конкурентоспособности решений	44
4.2. Формирование плана и графика разработки	46
4.3. Формирование бюджета затрат на проектирование	52
5. Социальная ответственность	59
5.1. Производственная безопасность.....	59
5.2. Экологическая безопасность.....	64
5.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	65

5.4. Пожарная и взрывная безопасность	66
5.5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности....	69
Заключение	71
Список литературы	73

CD-R диск в конверте на обратной стороне обложки.

Введение

В данной выпускной квалификационной работе рассмотрим каскадный генератор высокого напряжения постоянного тока. Целью работы является проектирование лабораторного стенда каскадного генератора высокого напряжения постоянного тока.

Необходимость получения высокого постоянного напряжения диктуется потребностью испытания изоляции ряда элементов высоковольтного оборудования или использованием высоковольтных источников постоянного напряжения в качестве источника питания для ускорителей прямого действия. Например, при испытании изоляции высоковольтных синхронных машин в обязательном порядке используется метод испытания повышением выпрямленным напряжением с измерением токов утечки. По измерению токов утечки при этих испытаниях можно судить о скорости старения изоляции и прогнозировать остаточный ресурс [1].

Процесс выполнения выпускной работы предусматривает следующие этапы:

1. Расчет элементов каскадного генератора;
2. Расчет делителей напряжения;
3. Конструирование лабораторного стенда;
4. Исследование каскадного генератора.

1. Обзор литературы

Для написания данной работы использовались научные и учебно-методические литературы, а также статьи в периодических изданиях Российской Федерации, нормативно-законодательные акты Российской Федерации, справочные литературы.

Для теоретического анализа каскадного генератора высокого напряжения постоянного тока использовались работы, таких ученых как, Альбертинский В.И., Свиньин М.П.[2], а также Пашина М.М.[3] Изучив работу Веневцена И. Т., Скоромного Г.М., Ревуцкого Е.И., а именно расчет блока умножения каскадного генератора высокого напряжения постоянного тока, взяли за основу их метод расчета блока умножения. В этой работе показан также анализ потерь напряжения и пульсаций напряжения на каскадном генераторе. Также в работах описаны принцип работы и конструирование каскадного генератора. За основу расчета блока умножения выберем эту методику.

Актуальность исследовательской части работы заключается в следующем, с помощью стенда ознакомится с принципом работы, устройством и особенностями работы каскадного генератора высокого напряжения постоянного тока, а также с помощью современных средств моделирования электрических схем проанализировать существующие методики расчета. В данной части проанализируем электрическую схему в программе MicroCap[4]. Также проведем теоретический и экспериментальный анализ.

Выбор основных элементов для каскадного генератора и делителей напряжения производился на основе справочников Лавриненко В.Ю.[5] и Герасимов В.Г.[6]

1.1. Общие положения

Одним из способов получения выпрямленного постоянного напряжения является «Высоковольтный источник постоянного тока по схеме Кокрофта-Уолтона». Основными частями каскадного генератора являются (рисунок 1): блок питания (БП), Задающий генератор (ЗГ), Высоковольтный трансформатор (ВВТ), и блок умножения (БУ).



Рисунок 1 – Блок-схема каскадного генератора

Наиболее подробно рассмотрим основную часть каскадного генератора – блок умножения. Принцип действия представлен на примере однокаскадной схеме умножения напряжения (рисунок 2).

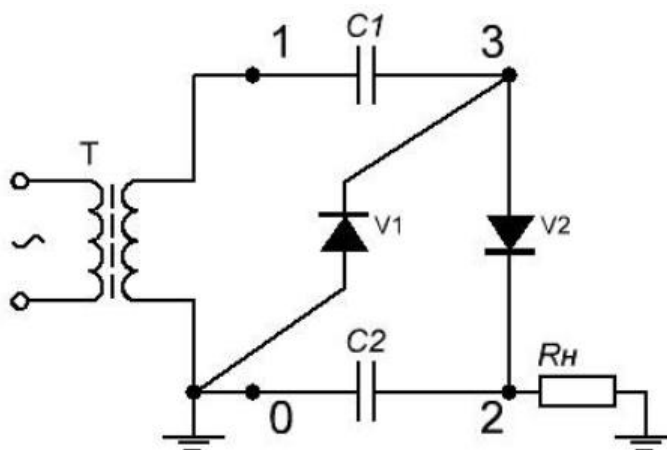


Рисунок 2 – Электрическая схема однокаскадной схемы умножения напряжения

Схема, представленная на рисунке 2 является основной частью каскадного умножения напряжения при получении высокого постоянного напряжения. Роль сглаживающего фильтра выполняет конденсатор $C2$ и заряжается пульсирующим напряжением, изменяющимся от 0 до $2U_m$ через выпрямитель $V2$. Это напряжение складывается из напряжения трансформатора и напряжения на конденсаторе $C1$ и достигает своего максимального значения,

когда выпрямитель V1 закрыт. Выпрямители в схеме работают поочередно в разные полупериоды переменного напряжения трансформатора.

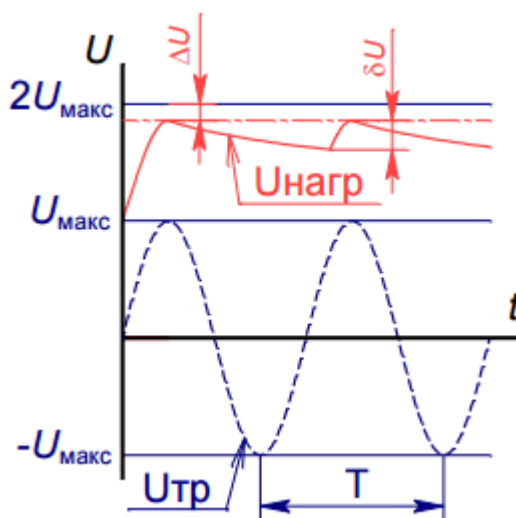


Рисунок 3 – Диаграмма напряжения трансформатора и на нагрузке однокаскадной схеме умножения напряжения

Если соединить последовательно несколько однокаскадных схем удвоения напряжения, то получим простейшую схему каскадного генератора. На рисунке 3 приведена схема каскадного генератора Кокрофта-Уолтона.

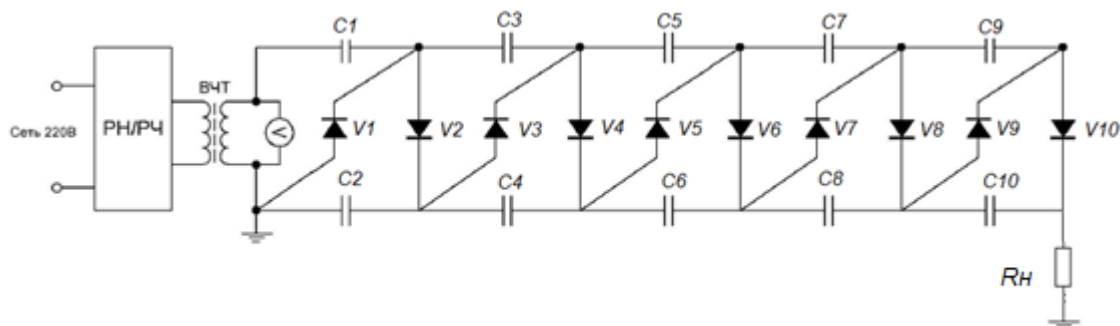


Рисунок 4 – Схема каскадного генератора Кокрофта-Уолтона

Кривая напряжения имеет три характерных участка. На участке 1 Открыты выпрямители с нечетными номерами (V1, V2, V3...). Подзаряжаются емкости C1, C3, C5... от емкостей C2, C4, C6... и разряд последовательно соединенных емкостей C2, C4, C6... на нагрузку. На участке 2 все вентили закрыты. На участке 2 происходит разряд последовательно соединенных емкостей на нагрузку. На участке 3 открыты выпрямители с четными номерами (V2, V4, V...). Происходит подзарядка емкостей C2, C4, C6... от емкостей C1,

С3, С5... и разряд последовательно соединенных емкостей С2, С4, С6...на нагрузку.

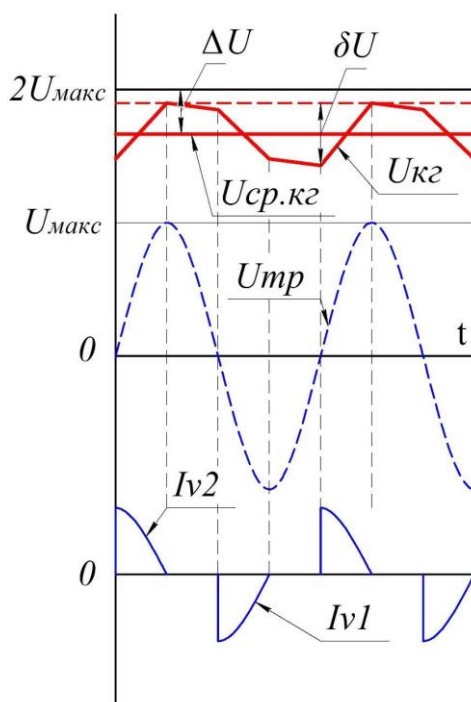


Рисунок 5 – Диаграмма напряжения в нагрузке схемы удвоения напряжения

Когда все емкости многоступенчатого каскадного генератора равны друг другу, падение напряжения на внутреннем сопротивлении генератора ΔU и пульсация δU определяются по следующим формулам:

$$\Delta U = \frac{I_{\text{ср}}}{fC} \left(\frac{2}{3}n^3 + \frac{1}{2}n^2 + \frac{1}{6}n \right), \quad (1.1)$$

$$\delta U = \frac{I_{\text{ср}}}{fC} (n+1)n, \quad (1.2)$$

где n – количество ступеней, $I_{\text{ср}}$ – средний ток нагрузки, f – частота питающего напряжения, C – емкость ступени [1].

Для проектирования каскадного генератора в качестве лабораторного стенда произведем расчет каскадного генератора, выберем оборудование, диоды, емкости. Произведем расчет активного делителя напряжения для измерения постоянного напряжения на нагрузке. Выполним теоретический анализ зависимости пульсаций напряжения на нагрузке и падения напряжения на внутреннем сопротивлении каскадного генератора от частоты питающего

напряжения на заданной полосе частот (от 10 Гц до 20 кГц). Также смоделируем электрическую принципиальную схему каскадного генератора для получения формы напряжения на нагрузке и для дальнейшего анализа.

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Экономическое обоснование исследования является важным фактором для поиска источника финансирования. Цель данного раздела – расчет экономических показателей по проектированию лабораторного стенда. Достижение цели связано с выполнением следующих задач:

- оценка перспективности технического решения;
- планирование работ;
- разработка календарного графика;
- расчет бюджет на проектирование лабораторного стенда.

4.1. Оценка конкурентоспособности решений

4.1.1. Технология QuaD

Технология QuaD (Quality Advisor) описывает качество новой разработки и ее перспективу на рынке, а также целесообразность вложений в работу денежных средств на проектирование лабораторного стенда.

Для лабораторного стенда определяются показатели оценки качества и перспективности, также учитывая технические и экономические особенности при проектировании.

Каждый показатель определяется экспертным путем по сто бальной шкале. Все показатели заполняются в таблицу 13.

Таблица 13 – Оценочная карта качества и перспективности разработки по технологии QuaD

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
1	2	3	4	5	
Показатели оценки качества разработки					
Надежность при работе	0,08 (4)	90	100	0,9	7,2
Уровень материалоемкости разработки	0,08 (4)	70	100	0,7	5,6
Уровень шума	0,08 (4)	80	100	0,8	6,4
Безопасность	0,08 (5)	90	100	0,9	7,2
Функциональная мощность	0,12(5)	20	100	0,2	2,4
Простота при работе	0,12 (5)	80	100	0,8	9,6
Ремонтопригодность	0,12 (5)	85	100	0,85	10,2
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
Перспективность рынка	0,08 (4)	65	100	0,65	5,2
Стоимость	0,12 (5)	75	100	0,75	9
Финансовая эффективность научной разработки	0,08 (4)	60	100	0,6	4,8
Итого	1				67,6

Оценку качества и перспективности по технологии QuaD можно определить по следующей формуле:

$$P_{cp} = \sum B_i \times B_i, \quad (6.1)$$

где P_{cp} – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки; B_i – вес показателя (в долях единицы); B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

Определив значения показателя P_{cp} , можно судить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Значение показателя $P_{cp} = 67,6$, перспективность проектирования лабораторного стенда выше среднего.

Это значит проектируемый лабораторный стенд перспективен, и для дальнейшего улучшения необходимо инвестирование в работу.

4.2. Формирование плана и графика разработки

4.2.1. Разработка структуры работ

Для проектирования лабораторного стенда составляется рабочая группа, куда входят руководитель и инженер. Для каждого рабочего выплачивается запланированная работа.

В данном пункте проведем следующие:

1. Составим перечень этапов и работ для проектирования стенда
2. Проведем распределение работы для руководителя и инженера

Составим перечень этапов и работ для проектирования, а также распределим исполнителей по данным видам работ.

Таблица 14 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Составление технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Изучение технической литературы	Инженер
	3	Выбор направления исследований	Инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Расчет каскадного генератора	Инженер
	6	Расчет делителя напряжения	Инженер
	7	Проектирование и монтаж лабораторного стенда	Инженер
Экспериментальные исследования	8	Экспериментальное и теоретическое исследование каскадного генератора	Инженер

Продолжение таблицы 14

Обработка результатов	9	Анализ теоретических и экспериментальных данных и анализ погрешностей	Инженер
Разработка технической документации и проектирование	10	Составление пояснительной записки	Инженер
Проверка готовой работы	11	Проверка готовой работы	Руководитель

4.2.2. Расчет трудоемкости работ и разработка графика проведения научного исследования

Основной частью стоимости разработки является трудовые затраты, поэтому сначала определим трудоемкость работ руководителя и инженера которые занимаются проектированием лабораторного стенда.

Трудоемкость выполнения проектирования определяется экспертным путем в человек-днях и является вероятностным характером, потому что зависит от многих факторов которые трудно учесть.

Ожидаемое (среднего) значение трудоемкости $t_{ожі}$ вычитывается по формуле:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (6.2)$$

Формула состоит из: $t_{ожі}$ – ожидаемой трудоемкости выполнения i -ой работы чел.-дн.; t_{mini} – минимальной возможной трудоемкости выполнения заданной i -ой работы (работа проводилась при наиболее благоприятных обстоятельствах), чел.-дн.; t_{maxi} – максимальной возможной трудоемкости выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: когда работа проводилась при наиболее неблагоприятных обстоятельствах), чел.-дн.

После определения ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p . Целью этих вычислений

является обоснованный расчет заработной платы, поскольку удельный вес заработной платы в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (6.3)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.; $t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн. $Ч_i$ – количество работников, выполняющие одну и ту же работу одновременно на данном этапе, чел.

Построим диаграмму Ганта, которая наглядно представляет график проведения работ.

Диаграмма Ганта представляет собой горизонтальный ленточный график, на котором работы показаны в виде отрезков протяженные во времени, с датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для построения графика, необходимо длительность работ преобразовать в календарные дни. Для преобразования воспользуемся формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (6.4)$$

где T_k – продолжительность выполнения работ в календарных днях; T_p – продолжительность выполнения работ в рабочих днях; $k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности представляется формулой №:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}, \quad (6.5)$$

где $T_{кал}$ – количество календарных дней в году; $T_{вых}$ – количество выходных дней в году; $T_{пр}$ – количество праздничных дней в году.

Рассчитанные значения в календарных днях каждой работы округляются до целого числа.

Для примера, произведем расчет работы для руководителя:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{\min} + 2 \cdot t_{\max}}{5} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 2}{5} = 2 \text{ чел-дней};$$

$$T_p = \frac{t_{ож}}{Ч} = \frac{2}{1} = 2 \text{ дня};$$

$$k_{калP} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 51 - 66} = 1,22;$$

$$T_k = T_p \cdot k_{кал} = 2 \cdot 1,22 = 2,44 \approx 3 \text{ дней}.$$

Для инженера $k_{калИ} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 102 - 16} = 1,48;$

Все рассчитанные значения сводим в таблицу 15.

Таблица 15 – Временные показатели проведения научного исследования

Название Работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях		Длительность работ в календарных днях	
	t_{\min} , чел-дни		t_{\max} , чел-дни		$t_{ож}$, чел-дни		T_{pi}		T_{ki}	
	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер
Составление и утверждение технического задания	1		2		2		2		3	
Изучение технической литературы		5		7		6		6		9
Выбор направления исследований		4		5		5		5		8
Календарное планирование работ по теме	1		2		2		2		3	

Продолжение таблицы 15

Расчет каскадного генератора		8		10		9		9		14
Расчет делителя напряжения		7		9		8		8		12
Конструирование и монтаж лабораторного стенда		6		10		8		8		12
Экспериментальное и теоретическое исследование каскадного генератора		6		9		8		8		12
Анализ теоретических и экспериментальных данных и анализ погрешностей		9		12		11		11		17
Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)		5		7		6		6		9
Проверка работы	1		2		2		2		3	

На основе таблицы 15 построится календарный план-график, разбив по месяцам и декадам (10 дней) за период работы.

Таблица 16 – Календарный план-график проведения проекта

№ работ	Вид работ	Исполнители	T _{кi} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ													
				февр		март			апрель			май			июнь		
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	3														
2	Изучение технической литературы	Инженер	9														
3	Выбор направления исследований	Инженер	8														
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель	3														
5	Расчет каскадного генератора	Инженер	14														
6	Расчет делителя напряжения	Инженер	12														
7	Конструирование и монтаж лабораторного стенда	Инженер	12														
8	Экспериментальное теоретическое исследование каскадного генератора	Инженер	12														

4.3.1. Расчет материалов

Для проектирования лабораторного стенда высокого напряжения каскадного генератора составим перечень материалов. В таблицу 13 приведены все материалы, используемые для проектирования лабораторного стенда.

Таблица 17 – Расчет материалов

Наименование	Ед. изм.	Кол-во.	Цена, руб.	Всего, руб.
Генератор низкочастотных сигналов Г-109	шт.	1	35000	35000
Конденсаторы К15-4	шт.	10	100	1000
Диоды КЦ108В	шт.	10	220	2200
Высокочастотный трансформатор	шт.	1	1500	1500
Делители напряжения	шт.	5	1500	7500
Корпус	шт.	1	500	500
Киловольтметр	шт.	1	30000	30000
Итого				77700

4.3.2. Расчёт затрат на специальное оборудование

В данной статье включаются все затраты, связанные с приобретением специального оборудования, необходимого для проведения работ по конкретной теме.

Таблица 18 – Затраты на специальное оборудование

№	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1	Компьютер	1	42000	42000
2	Осциллограф	1	125000	125000
Итого:				16700 руб.
Амортизация:				19090 руб.

Так как данное оборудования используются длительное время, нужно учитывать амортизационные отчисления в затратах.

Амортизационные отчисления определяются следующим образом:

-для компьютера:

$$H_A = \frac{1}{n} = \frac{1}{3} = 0,33, \quad (6.6)$$

где H_A – норма амортизации; n – срок полезного использования в количествах лет;

$$A = \frac{H_A \cdot I}{12} \cdot m = \frac{0,33 \cdot 42}{12} \cdot 3 = 3465 \text{ руб}, \quad (6.7)$$

где I – итоговая сумма в тыс. руб.; m – время использования в месяцах;

-для осциллографа:

$$H_A = \frac{1}{n} = \frac{1}{2} = 0,5, \quad (6.8)$$

$$A = \frac{H_A \cdot I}{12} \cdot m = \frac{0,5 \cdot 125}{12} \cdot 3 = 15625 \text{ руб}, \quad (6.9)$$

4.3.3. Основная заработная плата.

В эту статью входит основная заработная плата руководителя и инженера-работника, участвующих в проектировании лабораторного стенда. Величина расходов по заработной плате определяется в соответствии трудоемкости выполненных работ и существующей системы окладов и тарифных ставок. В основную заработную плату прибавляется премия, которая ежемесячно выплачивается из фонда. Размер премии составляет 20 –30 % от тарифа или оклада.

Зарботная плата работников включает в себя основную заработную плату и дополнительную заработную плату:

$$З_{зн} = З_{осн} + З_{дон} \quad (6.10)$$

Основная заработная плата работника рассчитывается по формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (6.11)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата работника; T_p – продолжительность работ, выполняемых работником; $Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника.

Среднедневную заработную плату рассчитываем по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_M}{N}, \quad (6.12)$$

где Z_M – месячная заработная плата работника, руб.; N – количество работ дней в месяце.

Месячная заработная плата работника определяется по формуле:

$$Z_M = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_{д}) \cdot k_p, \quad (6.13)$$

где $Z_{тс}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.; $k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3; $k_{д}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2; k_p – районный коэффициент города Томск, равный 1,3.

Пример расчета заработной платы для руководителя:

$$\begin{aligned} Z_M &= Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_{д}) \cdot k_p = \\ &= 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 33150 \text{ руб.}, \end{aligned}$$

$$Z_{дн} = \frac{Z_M}{26} = \frac{33150}{26} = 1275 \text{ руб.},$$

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p = 1275 \cdot 6 = 7650 \text{ руб.}$$

Пример расчета заработной платы для инженера:

$$\begin{aligned} Z_M &= Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_{д}) \cdot k_p = \\ &= 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 33150 \text{ руб.}, \end{aligned}$$

$$Z_{дн} = \frac{Z_M}{22} = \frac{33150}{22} = 1507 \text{ руб.},$$

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p = 1507 \cdot 61 = 91927 \text{ руб.}$$

Таблица 19 – Расчёт заработной платы

Исполнители	З _{гс} , руб.	k _{пр}	k _д	k _р	З _м , руб	З _{дн} , руб.	T _р , раб. дн.	З _{доп} , руб.	З _{осн} , руб.
Руководитель	17000	0,3	0,2	1,3	33150	1275	6	918	7650
Инженер	17000	0,3	0,2	1,3	33150	1507	61	11031	91927
Итого									99577

4.3.4. Дополнительная заработная плата

Дополнительная заработная плата начисляется за отклонение от нормальных условий труда. Например, совмещение работы с обучением, предоставление оплачиваемого отпуска и т.д. Величина доплат прописана в Трудовом кодексе Российской Федерации.

Дополнительная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (6.14)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы, принимается 0,12 – 0,15 на стадии проектирования).

Дополнительная заработная плата руководителя:

$$Z_{\text{доп}} = 0,12 \cdot 7650 = 918 \text{ руб.} \quad (6.15)$$

Дополнительная заработная плата инженера:

$$Z_{\text{доп}} = 0,12 \cdot 91927 = 11031 \text{ руб} \quad (6.16)$$

4.3.5. Отчисления в социальные фонды

Отчисления в социальные фонды являются обязательным отчислением по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Размер страховых взносов составляет 30%, в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ. Для образовательных

учреждений вводится пониженная ставка, которая составляет 27,1 %, на основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ.

Величина отчислений определим из следующей формулы:

Для руководителя

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) = 0,271 \cdot (7650 + 918) = 2322, \quad (6.17)$$

Для инженера

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) = 0,271 \cdot (91927 + 11031) = 27901, \quad (6.18)$$

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

Таблица 20 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	7650	918
Инженер	91927	11031
Коэффициент отчислений в социальные фонды	0,271	
Итого		
Руководитель	2322	
Инженер	27901	

4.3.6. Накладные расходы

В накладных расходах учитываются затраты организации, которые не попали в предыдущие статьи расходов. Этими затратами являются: затраты на печать и ксерокопия материалов, оплату услуг связи, электроэнергии и т.д. Накладные расходы определяются по формуле:

$$З_{накл} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{нр} = (77700 + 99577 + 11949 + 30223 + 19090) \cdot 0,16 = 38170 \text{ руб.}, \quad (6.19)$$

где $k_{нр}$ – коэффициент, который учитывает накладные расходы. Величину коэффициента накладных расходов принимаем в размере 16%.

4.3.7. Формирование бюджета затрат проекта

Основой для формирования стоимости бюджета является расчетная стоимость затрат на проектирование лабораторного стенда.

Таблица 21 – Бюджета затрат на проект

Наименование статьи	Сумма, руб.	%
1. Затраты на материалы	77700	28,08
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	99577	35,99
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	11949	4,32
4. Отчисления в социальные фонды	30223	10,92
5. Амортизация на оборудование	19090	6,9
6. Накладные расходы	38170	13,79
7. Бюджет затрат на проектирование	276709	100

Определили минимальное количество денежных средств, полученная сумма составила 276709, необходимых для проектирования лабораторного стенда. Полученное значение можно назвать оптимальным при проектировании. На основную заработную плату приходится 35,99% от всех затрат. Затраты на материалы составили 28,08%, это говорит о том, что при проектировании обошлись без дорогостоящих материалов.

В данном разделе для проектирования лабораторного стенда «Каскадный генератор высокого напряжения постоянного тока» рассчитан показатель, оценивающий перспективность данного оборудования, который показал, что уровень перспективности «выше среднего». Проектирование каскадного генератора является перспективным, требует 28,08% материальных затрат на создание лабораторного стенда. Рассчитанное значение минимальных денежных средств, которое понадобилось для проектирования, составило 276709 руб. На основную заработную плату исполнителей темы приходится 35,99% от всех затрат. Так же было произведено планирование работ, из календарного плана видно, что на руководителя приходится 9 дней работы и на инженера 93 дня. Из этого следует что планирование выполнено рационально. Данный стенд позволит повысить качество подготовки студентов.