

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

Институт неразрушающего контроля
 Направление подготовки – Электроника и наноэлектроника
 Кафедра промышленной и медицинской электроники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы	
Система управления высоковольтным источником питания	
УДК 621.311.6.027-52	

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1A21	Сазонов Александр Георгиевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ПМЭ	Огородников Дмитрий Николаевич	Кандидат технических наук		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заф. каф. менеджмента	Чистякова Наталья Олеговна	Кандидат экономических наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ЭБЖ	Мезенцева Ирина Леонидовна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ПМЭ ИНК	Ф.А. Губарев	к.ф.-м.н., доцент		

Томск – 2016 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Профессиональные компетенции	
P1	Использовать результаты освоения фундаментальных и прикладных дисциплин ООП магистратуры; понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения; демонстрировать навыки работы в научном коллективе. порождать новые идеи
P2	Анализировать состояние научно-технической проблемы путем подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников; определять цели, осуществлять постановку задач проектирования приборов наноэлектроники, схем и устройств различного функционального назначения с использованием современной элементной базы наноэлектроники, подготавливать технические задания на выполнение проектных работ
P3	Формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники, обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач.
P4	Осваивать принципы планирования и методы автоматизации эксперимента на основе информационно-измерительных комплексов как средства повышения точности и снижения затрат на его проведение, овладевать навыками измерений в реальном времени; разрабатывать физические и математические модели элементов наноэлектроники, компьютерное моделирование исследуемых физических процессов, приборов, схем и устройств, относящихся к профессиональной сфере
P5	Делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научно-технические отчеты, обзоры, рефераты, публикации по результатам выполненных исследований, доклады на научные конференции и семинары, научные публикации в центральных изданиях и заявки на изобретения

P6	Работать в качестве преподавателя в образовательных учреждениях среднего профессионального и высшего профессионального образования по учебным дисциплинам предметной области данного направления под руководством профессора, доцента или старшего преподавателя
Универсальные компетенции	
P7	Совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень. Самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности
P8	Использовать знания правовых и этических норм при оценке последствий своей профессиональной деятельности, при разработке и осуществлении социально значимых проектов. Участвовать в проведении технико-экономического и функционально-стоимостного анализа рыночной эффективности создаваемого продукта
P9	Разрабатывать планы и программы инновационной деятельности в подразделении, проявлять инициативу, в том числе в ситуациях риска, брать на себя всю полноту ответственности
P10	Способность использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов
P11	Обладать способностью к самостоятельному обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности

Форма задания на выполнение выпускной квалификационной работы

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт неразрушающего контроля
Направление подготовки (специальность) электроника и нанoeлектроника
Кафедра промышленной и медицинской электроники

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
1A21	Сазонов Александр Георгиевич

Тема работы:

Система управления высоковольтным источником питания	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 2784/с от 11.04.2016 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:

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 (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

Система управления ППН удовлетворяет параметрам: частота импульсов управления $f=25\text{кГц}$; максимальный коэффициент заполнения $\gamma=0.7$; плавный запуск (постепенное нарастание коэффициента заполнения);

Система управления ППН выполняет условия по: обеспечению пульсации выходного напряжения ППН в 1.5% ; возможности регулирования выходного напряжения в диапазоне 50-250 В;

Система управления инверторами удовлетворяет параметрам: частота импульсов управления $f=25\text{кГц}$; «Мёртвое время» $t_{dt}=1.2\text{мкс}$ с

	возможностью регулирования; коэффициент заполнения $\gamma=0.5$; время запаздывания между управляющими сигналами ячеек $t_{зан.}=10\text{мкс}$;
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	• Литературный обзор (виды источников наработки). • Разработка системы управления ППН (написание кода программы, проектирование принципиальной схемы, изготовление макета, исследование характеристик). • Разработка системы управления инверторами (написание кода программы, проектирование принципиальной схемы, исследование характеристик). • Проведение экспериментов (анализ характеристик ППН, анализ стабилизации выходного напряжения)
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	ПРИЛОЖЕНИЕ В ПРИЛОЖЕНИЕ Д
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Чистякова Наталья Олеговна
Социальная ответственность	Мезенцева Ирина Леонидовна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
-----------	-----	------------------------	---------	------

Доцент каф. ПМЭ	Огородников Дмитрий Николаевич	Кандидат технических наук		
--------------------	--------------------------------------	---------------------------------	--	--

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1A21	Сазонов Александр Георгиевич		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 110 с., 22 рис., 21 табл., 35 источников, 6 прил.

Ключевые слова: система управления, преобразователь постоянного напряжения, инвертор, гальваническая развязка, драйвер.

В процессе исследования проводились: Анализ технической литературы; Написание кода программы для управления ППН; Написание кода программы для управления инверторами; Экспериментальное подтверждение работоспособности программ; Проектирование схемы драйвера для управления ППН; Проектирование схемы драйвера для управления инверторами; Монтаж схемы драйвера для управления ППН на печатной плате; Тестирование и отладка системы управления ППН; Анализ эмпирических данных по настройке ПИ-регулятора для системы управления ППН; Анализ ресурсоэффективности; Анализ социальной ответственности;

Объектом исследования является: система управления высоковольтным источником питания

Цель работы : спроектировать систему управления высоковольтным источником питания

В результате исследования : получены практические параметры выходного напряжения ППН, практические результаты исследования системы управления инвертерами

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики:

Система управления ППН выполняет условия по: обеспечению пульсации выходного напряжения ППН в 1.5% ; возможности регулирования выходного напряжения в диапазоне 50-250 В; обеспечение частоты управляющих импульсов в 25кГц

Система управления инверторами удовлетворяет параметрам: частота импульсов управления $f=25\text{кГц}$; «Мёртвое время» $t_{dt}=1.2\text{мкс}$ с возможностью

регулирования; коэффициент заполнения $\gamma=0.5$; время запаздывания между управляющими сигналами ячеек $t_{зан.}=10\text{мкс}$;

Степень внедрения: система представляет собой гальванически развязную схему, следовательно, имеет возможность интеграция в смежные проекты.

Область применения: В качестве системы управления источником питания для накачки лазера.

Экономическая эффективность/значимость работы: согласно расчётному анализу ресурсоэффективности проект является наиболее экономически эффективным.

В будущем планируется: проектирования источника накачки лазера с применением данной системы управления

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ 18353-79 «Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов»
2. ГОСТ 12.1.006-84* «ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля»
3. ГОСТ 12.1.003-99 «Шум. Общие требования безопасности»
4. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). Издание седьмое.
5. ГОСТ 12.1.030-81 «Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление»
6. ГОСТ 12.2.032-78. «Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования»
7. СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 «Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (эми рч)»
8. СанПиН 5804-91 «Санитарные нормы и правила устройства и эксплуатации лазеров»

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

«Обозначения и сокращения»:

ППН – преобразователь постоянного напряжения. СУ – система управления.

Оглавление

Введение	13
Глава 1 Обзор литературы	14
1.1 Общие сведения о преобразователях постоянного напряжения	14
1.2 Общие сведения по автономным инверторам напряжения	20
1.3 Виды регуляторов	23
1.3.1 Пропорциональный регулятор	24
1.3.2 ПИ-регулятор	24
1.3.3 ПИД-регулятор	25
Глава 2 Расчёт ППН	Ошибка! Закладка не определена.
2.1 Расчёт параметров ППН	Ошибка! Закладка не определена.
2.2 Расчёт дросселя	Ошибка! Закладка не определена.
2.3 Расчёт конденсатора	Ошибка! Закладка не определена.
2.4 Расчёт диода	Ошибка! Закладка не определена.
2.5 Расчёт транзистора	Ошибка! Закладка не определена.
Глава 3 Алгоритм управления силовой частью	Ошибка! Закладка не определена.
3.1 Система управления ППН	Ошибка! Закладка не определена.
3.1.1 Алгоритм программы управления для ППН	Ошибка! Закладка не определена.
3.1.2 Пояснения к алгоритму управления для ППН	Ошибка! Закладка не определена.
3.2. Система управления инверторами	Ошибка! Закладка не определена.
3.2.1 Алгоритм программы управления для инверторов	Ошибка! Закладка не определена.
3.2.2 Пояснения к алгоритму управления для инверторов	Ошибка! Закладка не определена.
Глава 4 Принципиальная схема драйвера ППН	Ошибка! Закладка не определена.
4.1 Расчёт принципиальной схемы драйвера для ППН	Ошибка! Закладка не определена.
4.1.1 Расчёт вспомогательного источника питания	Ошибка! Закладка не определена.
4.1.2 Расчёт формирователя импульсов	Ошибка! Закладка не определена.
Глава 5 Принципиальная схема драйвера системы управления инверторов	Ошибка! Закладка не определена.
5.1 Расчёт принципиальной схемы драйвера системы управления инверторами	Ошибка! Закладка не определена.
Глава 6 Экспериментальная часть	Ошибка! Закладка не определена.
6.1 Полученные результаты в ходе проверки программы управления инверторами	Ошибка! Закладка не определена.

6.2	Полученные результаты в ходе проверки работоспособности ППН	
	Ошибка! Закладка не определена.	
Глава 7	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	56
7.1	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	56
7.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования	56
7.1.2	SWOT-анализ	57
7.2	Планирование научно-исследовательских работ	61
7.2.1	Структура работ в рамках научного исследования	61
7.2.2	Определение трудоемкости выполнения работ	62
7.2.3	Разработка графика проведения научного исследования	63
7.2.4	Бюджет научно-технического исследования	66
7.3	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	74
Глава 8	Социальная ответственность	Ошибка! Закладка не определена.
8.1	Введение	Ошибка! Закладка не определена.
8.2	Профессиональная социальная безопасность.	Ошибка! Закладка не определена.
8.2.1	Анализ выявленных вредных факторов при разработке эксплуатации проектируемого решения	Ошибка! Закладка не определена.
8.2.2	Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при проведении исследований.	Ошибка! Закладка не определена.
8.3	Экологическая безопасность	Ошибка! Закладка не определена.
8.3.1	Воздействие на атмосферу	Ошибка! Закладка не определена.
8.3.2	Воздействие на литосферу	Ошибка! Закладка не определена.
8.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	Ошибка! Закладка не определена.
8.5	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	Ошибка! Закладка не определена.
8.5.1	Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства.	Ошибка! Закладка не определена.
8.5.2	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	Ошибка! Закладка не определена.
Заключение		Ошибка! Закладка не определена.
Список использованных источников		Ошибка! Закладка не определена.
ПРИЛОЖЕНИЕ А		Ошибка! Закладка не определена.
ПРИЛОЖЕНИЕ Б		Ошибка! Закладка не определена.
ПРИЛОЖЕНИЕ В		Ошибка! Закладка не определена.
ПРИЛОЖЕНИЕ Г		Ошибка! Закладка не определена.
ПРИЛОЖЕНИЕ Д		Ошибка! Закладка не определена.
ПРИЛОЖЕНИЕ Е		Ошибка! Закладка не определена.

Введение

При конструировании источников питания прибегают к ряду схемотехнических решений, которые в свою очередь требуют ввода элемента управления. Главным параметром оценки системы управления для источника питания является стабильность выходных характеристик. Данное исследование как раз направлено на проектирование системы управления, удовлетворяющей условиям стабильности.

Применение систем управления данного типа направлено на работу в составе источника питания накачки лазера. Предусмотренное регулирования ППН, как следствие изменение выходного напряжения источника питания позволяет использовать устройство для лазеров с различными параметрами. Это необходимо для проведения исследований различных типов лазеров с другими техническими параметрами.

Данная система управления абсолютно гальванически развязана, что говорит о высокой возможности интеграции данной системы в другие проекты. Использование в качестве генераторов управляющих импульсов *STM32* позволяет производить настройку системы под конкретную задачу.

Глава 1 Обзор литературы

1.1 Общие сведения о преобразователях постоянного напряжения

При конструировании большинства приборов производителю приходится решать ряд схемотехнических вопросов и на определённом этапе конструирования прибегает к такому схемотехническому решению как преобразование постоянного напряжения

Различные типы преобразователей напряжения из постоянного в постоянное или из постоянного в переменное сочетаются с такими типами источников первичного электропитания, как солнечные батареи, топливные элементы, термоэлектрические генераторы, системы непрерывного электроснабжения и др[1].

В данной работе уделено внимание импульсным преобразователям постоянного напряжения. Для создания полноценной системы электропитания одной схемы ППН недостаточно, так как система должна содержать выходные и входные фильтры для подавления и исключения помех и ряд других дополнительных функциональных узлов.

Для начала стоит разобрать принцип работы понижающего преобразователя напряжений (рис 1.).

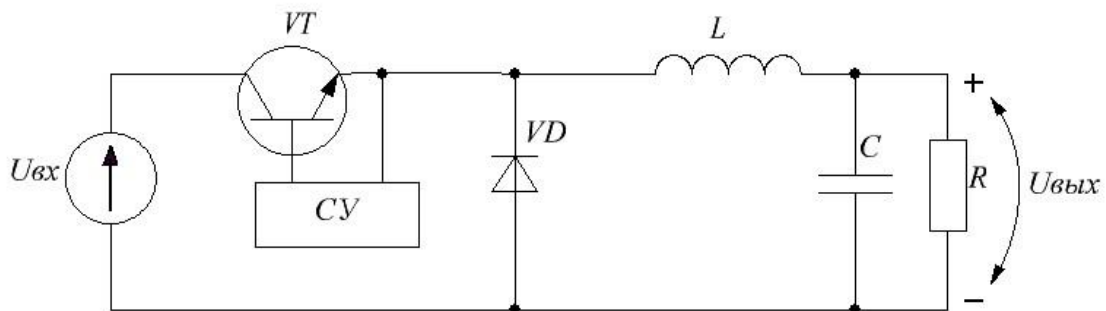


Рисунок 1.1.1 Схема понижающего преобразователя постоянного напряжения

Согласно рисунку 2 в начальный момент времени $t=0$ транзистор VT находится в открытом состоянии. Согласно диаграмме напряжения на VD (U_{VD}) напряжение питания $U_{вх}$ больше напряжения выхода $U_{н}$, ток I_L через дроссель L

при этом растёт, достигая максимального значения в момент времени t_u , когда транзистор перейдёт в закрытое состояние. Далее напряжение на дросселе L изменяет свою полярность и, как следует, на интервале $T-t_u$ ток дросселя уменьшается. Вариант режима работы схемы определяется характером изменения тока I_L на интервале его уменьшения. В конце времени t_u ток I_L может быть или положительным и равным I_a , или равным нулю. В первом случае дроссель не успевает отдать всю запасённую энергию в контур, а во втором успевает. Отсюда определяются два режима работы. Режим №1 Ток дросселя не равен нулю в течении всего цикла переключения (непрерывный режим). Режим №2 внутри цикла переключения имеется интервал времени, когда ток дросселя равен нулю[1].

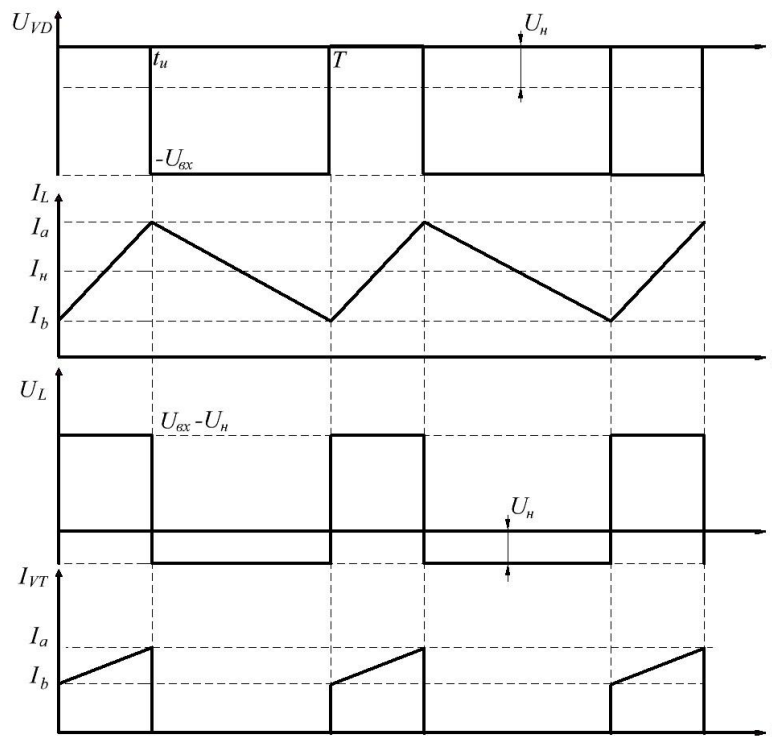


Рисунок 1.1.2 Диаграммы токов и напряжений понижающего ППН в непрерывном режиме

Для вычисления коэффициента передачи

$$K_u = \frac{U_H}{U_{BX}}$$

в непрерывном режиме следует воспользоваться условием равенства вольт-секундных интегралов напряжения на обмотке дросселя фильтра на этапах

накопления $\gamma \cdot T$ и передачи $(1-\gamma) \cdot T$ энергии (иначе говоря, среднее значение напряжения на обмотке дросселя в установившемся режиме равно нулю) можно записать[2]

$$(U_{\text{вх}} - U_{\text{н}})\gamma T = U_{\text{н}}(1 - \gamma)T$$

где γ - коэффициент заполнения. Преобразовав данное выражение найдём:

$$K_u = \gamma$$

Обеспечив разделение во времени процессов накопления энергии в реактивном элементе входной цепи и процесс трансмиссии этой энергии в реактивный элемент выходной цепи. С помощью изменения длительности этих двух процессов появляется возможность управления коэффициентом передачи, тогда как частота повторения этих процессов будет определяться величиной указанных реактивных элементов[3].

Для стабилизации среднего значения выходного напряжения на уровне или выше номинального среднего значения входного напряжения необходим преобразователь с коэффициентом преобразования по напряжению более единицы[3]. Этому условию удовлетворяет схема повышающего преобразователя постоянного напряжения (рис.3).

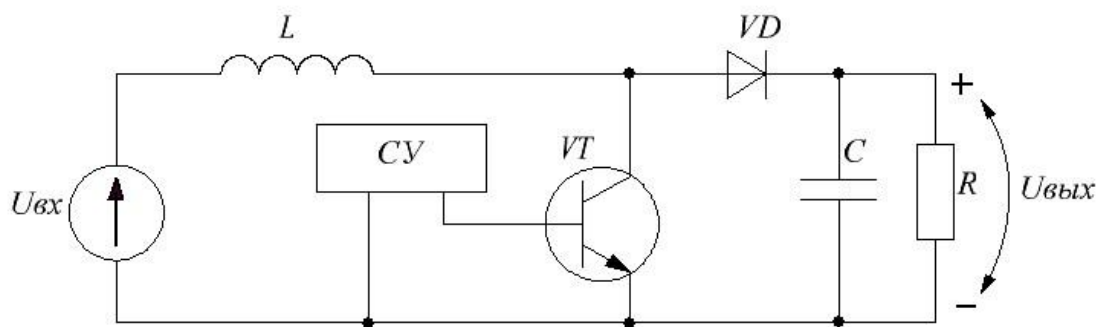


Рисунок 1.1.3 Схема повышающего преобразователя постоянного напряжения

Основные диаграммы токов и напряжений для непрерывного режима приведены на рисунке №4. Все рассуждения приводятся для идеальных характеристик элементов схемы. В начале цикла транзистор VT находится в открытом состоянии. При этом на интервале длительностью t_u ток I_L через дроссель линейно увеличивается от минимального I_a до максимального I_b

значения. В момент времени равный t_u транзистор VT переходит в запертое состояние и энергия, накопленная в дросселе на первом интервале поступает через открытый диод VD на выход схемы RC -цепь. При этом на втором интервале времени длительностью $T-t_u$ ток дросселя I_L линейно уменьшается. Если преобразователь работает в режиме непрерывного тока, то в конце каждого цикла I_L уменьшается до значения I_a не равным нулю. Однако если преобразователь работает в режиме прерывистого потока, то ток I_L на интервале времени равном длительности управляющего импульса транзистора уменьшается до нуля, т.е. вся энергия накопленная дросселем будет передана в RC -цепь[1].

Из условия равенства вольт-секундных интегралов напряжения на обмотке дросселя фильтра на этапах накопления $\gamma \cdot T$ и передачи $(1-\gamma) \cdot T$ энергии следует

$$U_{\text{вх}} \gamma T = (U_{\text{вх}} - U_{\text{н}})(1 - \gamma)T$$

Преобразовав данное выражение найдём:

$$K_u = \frac{1}{1 - \gamma}$$

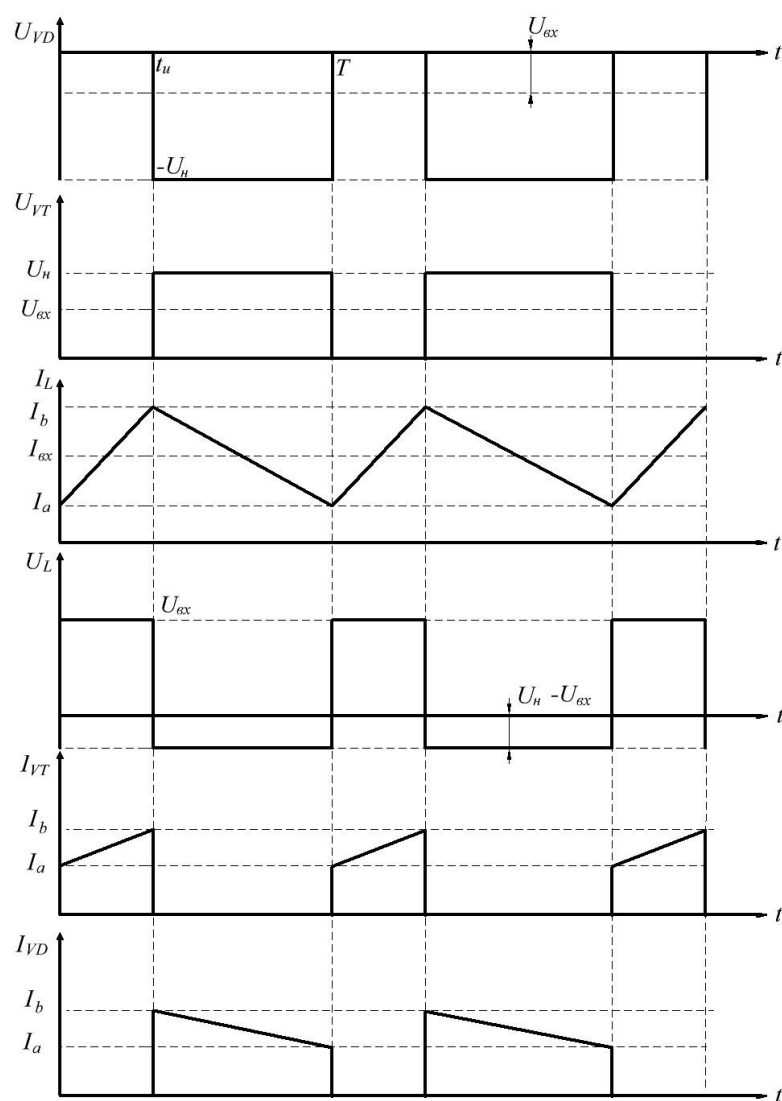


Рисунок 1.1.4 Диаграммы токов и напряжений повышающего ППН в непрерывном режиме

Следующий тип преобразователя постоянного напряжения подлежащий рассмотрению инвертирующий ППН (рис.5) или повышающе-понижающего преобразователь[3]. Инвертирующий преобразователь относится к обратноточным схемам. Его особенность: выходное напряжение преобразователя имеет отрицательную полярность относительно земли[4].

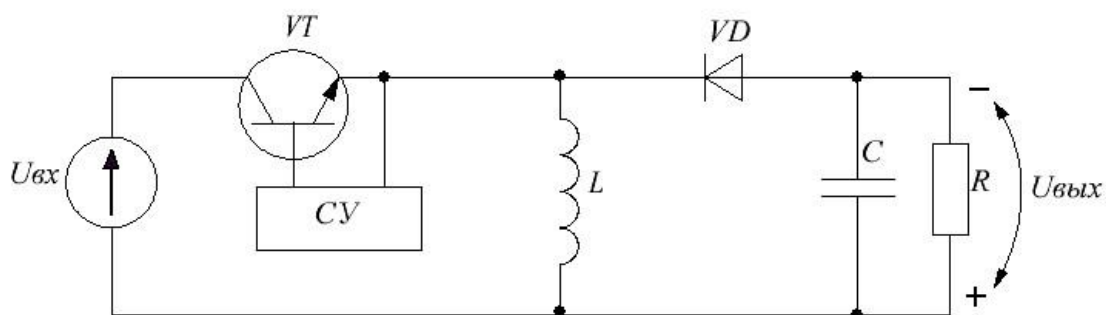


Рисунок 1.1.5 Схема инвертирующего преобразователя постоянного напряжения

Диаграммы напряжений и токов элементов схемы приведены на рисунке 6. При открытом транзисторе VT в накопительном дросселе L на интервале t_u запасается энергия. В пределе, корреляция тока i , на интервале t_u , стремится к нулю. Накопительный выходной конденсатор C , отключенный от входной цепи на этом интервале, передаёт энергию в нагрузку. На интервале $T-t_u$ при выключенном транзисторе VT ток дросселя I_L через диод VD передаёт энергию в нагрузку и заряжает конденсатор с соответственно полярностью противоположной входной[3].

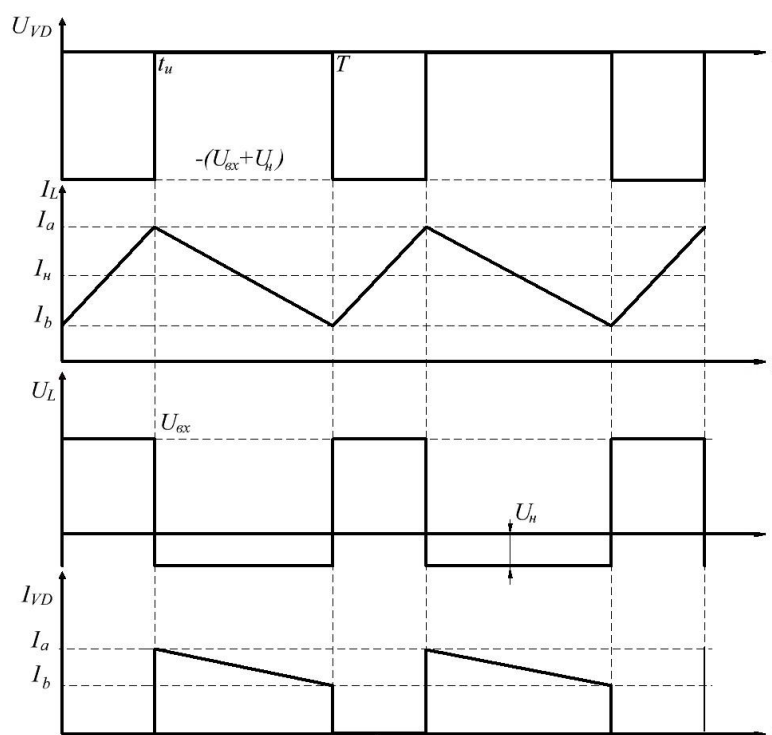


Рисунок 1.1.5 Схема инвертирующего преобразователя постоянного напряжения

Из условия равенства вольт-секундных интегралов напряжения на обмотке дросселя фильтра на этапах накопления $\gamma \cdot T$ и передачи $(1-\gamma) \cdot T$ энергии следует

$$U_{\text{вх}} \gamma T = U_{\text{н}} (1 - \gamma) T$$

Преобразовав данное выражение найдём:

$$K_u = \frac{\gamma}{1 - \gamma}$$

1.2 Общие сведения по автономным инверторам напряжения

Инвертирование есть процесс преобразования электрической энергии из постоянного тока в переменный. Сам термин «инвертирование» берёт начало от латинского слова *inversion* - переворачивание, перестановка. Впервые этот термин в преобразовательной технике был применен для обозначения процесса, обратного выпрямлению, при котором поток энергии изменяет свое направление на обратное и поступает от источника постоянного тока в сеть переменного тока. Этот режим был назван в противопоставление выпрямительному режиму инверторным, а преобразователь, выполняющий

функцию передачи энергии от источника постоянного тока в сеть переменного тока,- инвертором[5]. Так как электрические параметры преобразователя на стороне переменного тока в этом случае полностью определяются параметрами сети, инвертор такого типа называют ведомым сетью или зависимым. Исторически термин «инвертор» в преобразовательной технике распространился на все типы статических преобразователей электрической энергии постоянного тока в переменный.

Независимым (автономным) инвертором называется преобразователь постоянного тока в переменный, выходные параметры которого (форма, амплитуда и частота выходного напряжения) определяются режимом его работы, схемой преобразователя, системой управления, но в отличие от инвертора (ведомого сетью) выходные напряжение и частота которого соответствуют параметрам сетью[6].

Автономный инвертор по своей сути представляет собой электрическое устройство, силовая часть которого состоит в общем случае из следующих элементов: входного фильтра собственно инвертора, содержащего тиристоры, диоды и коммутирующие элементы, трансформатора и выходного фильтра[7].

По виду выходного напряжения автономные инверторы подразделяют на однофазные и трехфазные и выполняются по схемам мостовой, полумостовой, и со средней точкой трансформатора.

В зависимости от характера протекания электромагнитных процессов автономные инверторы подразделяют на три типа: инверторы тока, резонансные инверторы, инверторы напряжения.

Для инверторов тока характерно то, что при переключении тириستоров формируется ток прямоугольной формы, а форма и фаза выходного напряжения зависят от параметров нагрузки. Источник питания работает в режиме генератора тока, для чего во входной цепи включен дроссель с большой индуктивностью. Этот дроссель выполняет также роль фильтра высших гармоник, так как к нему прикладывается разность между неизменным напряжением источника питания и пульсирующим напряжением на входе

инвертора. Кроме того, входной дроссель препятствует разряду конденсатора C на источник питания во время коммутации тока в тиристорах и обеспечивает апериодический режим работы инвертора, характерный малыми пульсациями входного тока.

В зависимости от подключения коммутирующего конденсатора по отношению к нагрузке инверторы тока подразделяют на параллельные, последовательные и последовательно-параллельные.

В инверторах тока происходит энергообмен между коммутирующими и компенсирующими конденсаторами, включенными в цепи переменного тока, между реактивностями цепи нагрузки и дросселем цепи входного тока.

В режиме холостого хода параллельный инвертор тока неработоспособен из-за роста амплитуды обратных и прямых напряжений на тиристорах. Затруднена его работа и при перегрузках из-за недостатка времени, предоставляемого для восстановления запирающих свойств тиристоров. Инверторы тока имеют близкую к синусоиде форму кривой выходного напряжения, относительно малые пульсации входного тока, а параллельные инверторы тока - "мягкую" внешнюю характеристику.

В резонансных инверторах нагрузка, имеющая значительную индуктивность, образует с реактивными элементами схемы инвертора колебательный контур; ток тиристоров в течение всего времени проводимости изменяется по колебательному закону. Тиристоры резонансного инвертора выключаются в результате плавного спада их тока до нуля на каждом полупериоде. Собственная частота контура должна быть выше или равна рабочей частоте инвертора. Для резонансных инверторов характерен интенсивный энергообмен между реактивными элементами, входящими в состав схемы. Питаться резонансные инверторы могут как от источников напряжения (инверторы с открытым входом), так и от источников тока (инверторы с закрытым входом). В зависимости от включения конденсаторов колебательного контура относительно нагрузки резонансные инверторы могут быть параллельными, последовательными и последовательно-параллельными.

Резонансные инвертеры имеют близкие к синусоидальным кривые напряжения и тока в нагрузке, плавное нарастание и спад тока через вентили, что обеспечивает малые коммутационные потери мощности в последних.

В инверторах напряжения источник питания работает в режиме генератора напряжения. При питании от источника с большим внутренним сопротивлением на входе инвертора устанавливают конденсатор C большой емкости для обеспечения проводимости источника напряжения в обратном направлении C необходим, когда в цепи нагрузки имеются реактивные элементы любого типа. Через обратный выпрямитель, подключаемый на зажимы нагрузки, осуществляется энергообмен между накопителями, имеющимися в составе нагрузки, и источником питания или конденсатором C , а в многофазных инверторах - энергообмен между фазами нагрузки.

Конденсатор C выполняет также функции фильтра высших гармонических тока, так как через него протекает разность выходного и постоянного, в пределах полупериодов, входного тока.

Инверторы напряжения формируют на нагрузке напряжение прямоугольной формы ($U_{\text{вых}}$), форма и фазовый сдвиг тока определяются характером нагрузки. Инверторы напряжения могут работать в режиме холостого хода, обладают сравнительно "жесткой" внешней характеристикой[8].

1.3 Виды регуляторов

Для стабилизации выходного напряжения понижающего ППН следует рассмотреть способы его стабилизации.

Регулятор предназначен для вывода определенной физической регулируемой величины на заранее заданное номинальное значение и сохранять ее равной этому значению. Для этого регулятор должен правильно противодействовать влиянию возмущающих факторов[9].

1.3.1 Пропорциональный регулятор

Пропорциональный регулятор представляет собой линейный усилитель с пренебрежимо малым сдвигом фаз в рабочем частотном диапазоне и усилением g в контуре регулирования больше единицы[9].

Управляющее воздействие $U_{\text{упр}}(t)$, формируемое в регуляторе, пропорционально сигналу ошибки $U_{\text{ош}}(t)$:

$$U_{\text{упр}}(t) = K_p \cdot U_{\text{ош}}(t)$$

где K_p – коэффициент передачи регулятора. Передаточная функция регулятора равна

$$W_p(s) = \frac{U_{\text{упр}}(s)}{U_{\text{ош}}(s)} = K_p$$

Если объект управления не содержит интегрирующих звеньев, то система с П-регулятором является статической. Регулирование в этом случае характеризуется наличием статической ошибки, уменьшение которой ограничено условиями устойчивости[10].

1.3.2 ПИ-регулятор

Усиление пропорционального регулятора, как правило, не может быть выбрано сколь угодно большим по соображениям стабильности. Возможность улучшить точность настройки связана с увеличением коэффициента усиления контура регулирования на низких частотах. Ясно, что это не изменяет частотный ход усиления контура регулирования в окрестностях критической частоты, и следовательно, переходная характеристика остается неизменной. Однако остаточное рассогласование обращается в нуль[9].

Управляющее воздействие $U_{\text{упр}}(t)$, формируемое в регуляторе, содержит пропорциональную и интегральную составляющие:

$$U_{\text{упр}}(t) = K_p \cdot U_{\text{ош}}(t) + K_{\text{и}} \cdot \int_0^t U_{\text{ош}}(t) dt$$

где $K_{\text{и}}$ – коэффициент передачи для интегральной составляющей. Передаточная функция регулятора равна

$$W_p(s) = \frac{U_{\text{упр}}(s)}{U_{\text{ош}}(s)} = K_p + \frac{K_{\text{и}}}{s}$$

Достоинством ПИ-регулятора является то, что он устраняет статическую ошибку, обусловленную возмущением. Однако введение интегральной составляющей в регулятор ухудшает условия устойчивости[10].

1.3.3 ПИД-регулятор

При включении дифференциатора параллельно ПИ регулятору он расширяется до ПИД регулятора. Такая схема ведет себя как дифференциатор на частотах выше граничной частоты дифференцирования. В свою очередь на диаграмме Бode фазовый сдвиг возрастает до $+90^\circ$. Таким опережением по фазе можно воспользоваться на высоких частотах для частичной компенсации фазового отставания объекта регулирования в окрестностях критической частоты. Для этого надо установить более высокое пропорциональное усиление и получить повышенную критическую частоту, что приведет к ускорению переходного процесса[9].

Управляющее воздействие $U_{\text{упр}}(t)$, формируемое регулятором, содержит, кроме пропорциональной и интегральной составляющих, третью составляющую, пропорциональную производной сигнала ошибки:

$$U_{\text{упр}}(t) = K_p \cdot U_{\text{ош}}(t) + K_{\text{и}} \cdot \int_0^t U_{\text{ош}}(t)dt + K_{\text{д}} \frac{dU_{\text{ош}}(t)}{dt}$$

где $K_{\text{д}}$ – коэффициент передачи, определяющий величину воздействия по производной. Регулятор описывается передаточной функцией

$$W_p(s) = \frac{U_{\text{упр}}(s)}{U_{\text{ош}}(s)} = K_p + \frac{K_{\text{и}}}{s} + K_{\text{д}}s$$

Так как выполнить идеальное дифференцирование сигнала ошибки нельзя, в реальных системах передаточная функция ПИД- регулятора принимает вид

где – постоянная времени, характеризующая инерционные свойства реального дифференцирующего звена.

$$W_p(s) = \frac{U_{\text{упр}}(s)}{U_{\text{ош}}(s)} = K_p + \frac{K_i}{s} + \frac{K_d s}{T_d s + 1}$$

где T_d – постоянная времени, характеризующая инерционные свойства реального дифференцирующего звена[10].

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

Студенту:

Группа	ФИО
1A21	Сазонову Александру Герогиевичу

Институт	ИНК	Кафедра	ПМЭ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Электроника и наноэлектроника

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Сумма бюджета проекта: 762983. руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	В соответствии с нормами и нормативами расходования материалов.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Стандартная система налогообложения.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведена оценка коммерческого потенциала: 1. Потенциальные потребители результатов исследования. 2. SWOT-анализ.
2. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Определена ресурсная, финансовая, бюджетная эффективность исследования посредством расчета интегрального финансового показателя, интегрального показателя ресурсоэффективности и эффективности.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

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

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заф. каф. менеджмента	Чистякова Наталья Олеговна	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1A21	Сазонов Александр Георгиевич		

Глава 7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

7.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

7.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование. Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. В свою очередь, сегмент рынка – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками. Сегментирование – это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга). Можно применять географический, демографический, поведенческий и иные критерии сегментирования рынка потребителей, возможно применение их комбинаций с использованием таких характеристик, как возраст, пол, национальность, образование, любимые занятия, стиль жизни, социальная принадлежность, профессия, уровень дохода. В зависимости от категории потребителей (коммерческие организации, физические лица) необходимо использовать соответствующие критерии сегментирования. Например, для коммерческих организаций критериями сегментирования могут быть: месторасположение; отрасль; выпускаемая продукция; размер и др. Для физических лиц критериями сегментирования могут быть: возраст; пол; национальность; образование; уровень дохода; социальная принадлежность; профессия и др. Из выявленных критериев целесообразно выбрать два наиболее значимых для рынка. На основании этих критериев строится карта сегментирования рынка

Форма выпуска систем управления Потребитель	Единичный выпуск	Партия
Мелкое предприятия		
Крупное предприятия		

Рисунок 7.1.1.1 Карта сегментирования рынка спроса на систему управления

 - существует спрос;  - спрос отсутствует.

Из карты сегментирования рынка видно, что при производстве единичного экземпляра системы управления спрос может быть как от мелких так и крупных предприятия что увеличивает конкуренцию предприятий на получения продукта.

7.1.2 SWOT-анализ

Для представления общей картины бакалаврской выпускной работы в данном разделе представлен SWOT-анализ, данное исследование направлено в первую очередь на выявления конкурентно способных преимуществ и детальное понимание недостатков данной специфики работы.

Таблица 7.1.2.1 Матрица SWOT

Сильные стороны	Слабые стороны
1. Гальваническая развязка блоков управляющей системы	1. Сложная настройка ПИД-регулятора
2. Интегральность системы	2. Нет отдельного корпуса для управляющей системы
3. Высокая помехозащищенность, за счёт использования дискретных сигналов	3. Высокая стоимость микропроцессора
4. Выполнение операций с плавающей точкой	4. Ошибка дискретизации сигнала обратной связи
5. Настраиваемый ПИД-регулятор	5. Сложность организации процесса массового производства
6. Практическая завершённость проекта	6. Работа системы гарантирована только в лабораторных условиях
7. Устойчивость системы к «короткому замыканию».	7. Зависимость от иностранного производителя элементной базы
8. Высокая дискретность детектирования сигнала обратной связи	
9. Устойчивость системы от самовозбуждения	
10. Малая конкуренция	

Возможности	Угрозы
1. Использование проекта в смежных целях 2. При использовании информационных ресурсов ТПУ выход на нескольких конечных потребителей. 3. Программирование любого режима управления. 4. Использование ряда других номиналов подходящих элементов системы 5. Повышение стоимости проекта 6. Повышение интеграции системы 7. Увеличение спроса на систему	1. Подорожание элементов вследствие экономической политики. 2. Увеличение разброса сетевого напряжения, с последующим выходом из строя системы 3. Несвоевременное финансирование проекта 4. Большой срок транспортировки элементной базы 5. Изменение в таможенной политике.

Второй этап

Таблица 7.1.2.2 Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны											
Возможности		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
	B1	+	+	+	-	+	-	-	+	+	-
	B2	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+
	B3	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-
	B4	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
	B5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
	B6	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
	B7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+

Из интерактивной матрицы наиболее весомая сильная сторона проекта это «Интегральность системы»»

Третий этап

Таблица 7.1.2.3 SWOT-анализ

	Сильные стороны	Слабые стороны
	1. Гальваническая развязка блоков управляющей	1. Сложная настройка ПИД-регулятора 2. Нет отдельного

	системы 2. Интегральность системы 3. Высокая помехозащищенность, за счёт использования дискретных сигналов 4. Выполнение операций с плавающей точкой 5. Настраиваемый ПИД-регулятор 6. Практическая завершённость проекта 7. Устойчивость системы к «короткому замыканию». 8. Высокая дискретность детектирования сигнала обратной связи 9. Устойчивость системы от самовозбуждения 10. Малая конкуренция	корпуса для управляющей системы 3. Высокая стоимость микроконтроллера 4. Ошибка дискретизации сигнала обратной связи 5. Сложность организации процесса массового производства 6. Работа системы гарантирована только в лабораторных условиях 7. Зависимость от иностранного производителя элементной базы
Возможности 1. Использование проекта в смежных целях 2. При использовании информационных ресурсов ТПУ выход на нескольких конечных потребителей.	Главным преимуществом системы следует выделить, возможность использование результатов в смежных проектах и ряд решённых электротехнических проблем. Так же стоит отметить, что наряду с	Благодаря информационной поддержке ТПУ, отдалённость зависимость от иностранного производителя и высокая стоимость микроконтроллера

3. Программирование любого режима управления. 4. Использование ряда других номиналов подходящих элементов системы 5. Повышение стоимости проекта 6. Повышение интеграции системы 7. Увеличение спроса на систему	эксклюзивностью разработки при небольшой трудоёмкости можно изменить систему под другой источник питания или иной тип электронного устройства.	становится не такой критичной, так как имеется возможность одновременного заказа элементов для разных проектов, и как следствие уменьшение себестоимости продукта и расширение рынка поставщиков.
Угрозы 1. Подорожание элементов вследствие экономической политики. 2. Увеличение разброса сетевого напряжения, с последующим выходом из строя системы 3. Несвоевременное финансирование проекта 4. Большой срок транспортировки элементной базы 5. Изменение в таможенной политике.	За счёт ряда решённых проблем схемотехническим и программным способом, система останется конкурентно способной при изменении стоимости всей системы. Так как практическая часть проекта завершена то пункты «Угрозы» 1,3,4,5 могут повлиять только на последующие разработки. Так же из-за малой конкуренции и практической завершенности проекта легко выйти на потребителя или получить заказ на смежный продукт.	Главной проблемой является доступность компонентной базы и наряду с эти несвоевременное финансирование проекта ,что в купе может привести к увеличению времени на производство конечного продукта.

7.2 Планирование научно-исследовательских работ

7.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

При создании нового продукта предприятию необходимо правильно планировать сроки выполнения отдельных этапов работ, учитывать расходы на материалы, зарплату. А также оценивать наиболее правильный вариант изготовления рабочего продукта.

В первую очередь определяется полный перечень проводимых работ, а также продолжительность на каждом этапе. В результате планирования формируется график реализации проекта. Для построения работ необходимо соотнести соответствующие работы каждому исполнителю.

Таблица 7.2.1.1 Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Постановка целей и задач, получение исходных данных	Руководитель
	2	Составление и утверждение ТЗ	Руководитель, инженер
Выбор направления исследований	3	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель, инженер
	4	Выбор направления исследований	Руководитель, инженер
	5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, инженер
Теоретическое обоснование работы	6	Выбор структурной схемы устройства	Руководитель, инженер
	7	Выбор принципиальной схемы устройства	Руководитель, инженер
	8	Расчет принципиальной схемы устройства	Инженер
Практическая работа над проектом	9	Разработка макета устройства	Инженер
	10	Написание программы	Инженер
	11	Проведение экспериментальных исследований	Руководитель, инженер

Оформление отчета по НИР	12	Оформление расчетно-пояснительной записки	Инженер
	13	Оформление материала	Инженер
	14	Подведение итогов	Руководитель, инженер

7.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Определим продолжительность работ на каждом этапе проектирования. Продолжительность работ определяется по следующей формуле.

$$t_{oji} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} \quad (1)$$

где

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

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

В данном дипломном проекте трудоемкость рассчитывается исходя из работ, которые выполняют инженер и научный руководитель. Исходя из полученной трудоемкости рассчитывается продолжительность работ, на каждом этапе проектирования, по следующей формуле:

$$T_{pi} = \frac{t_{oji}}{ч_i} \quad (2)$$

где

T_{pi} — продолжительность одной работы, раб.дн.

t_{oji} — ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел. дн.

$ч_i$ — численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на одном этапе, чел.

7.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Для отображения этапов проектирования используется график сетевой, либо линейный. Для удобства построения графика необходимо каждый этап перевести в календарные дни. Рассчитывается по следующей формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} \quad (3)$$

где

T_{ki} — продолжительность одной работы в календарных днях.

$k_{\text{кал}}$ — коэффициент календарности.

Коэффициент календарности рассчитывается по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} \quad (4)$$

где

$T_{\text{кал}}$ — календарных дней году (366).

$T_{\text{вых}}$ — выходных дней в году (104).

$T_{\text{пр}}$ — праздничных дней в году (15).

$$k_{\text{кал}} = \frac{366}{366 - 104 - 15} = 1.48 \quad (5)$$

Полученные данные, которые были рассчитаны вышеуказанными формулами, заносятся в таблицу. Используя

таблицу можно построить календарный план-график выполнения работ.

Таблица 7.3.2.1 Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ									Исполните ли			Длительно сть работ в рабочих днях, T_{pi}			Длительно сть работ в календарн ых днях, T_{ki}		
	t_{min} , чел- дни			t_{max} , чел- дни			$t_{ож}$, чел- дни											
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3			
Постановка целей и задач, получение исходных данных	2	2	2	5	5	5	3,2	3,2	3,2	Руководите ль			3,2	3,2	3,2	4,7	4,7	4,7

Подведение итогов	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Руководите ль, инженер	0,9	0,9	0,9	1,3	1,3	1,3
----------------------	---	---	---	---	---	---	-----	-----	-----	------------------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Таблица 7.3.2.2 Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№	Вид работ	Исполнители	Т _{кi} , кал. дни	Продолжительность выполнения работ											
				Фев.		Март			Апр.			Май			
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	Постановка целей и задач, получение исходных данных	Руководитель	4,7	■											
2	Составление и утверждение ТЗ	Руководитель, инженер	2,4	■	■										
3	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель, инженер	9,5		■	■									
4	Выбор направления исследований	Руководитель, инженер	1,1			■									
5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, инженер	1,3			■									
6	Выбор структурной схемы устройства	Руководитель, инженер	2,7			■	■								
7	Выбор принципиальной схемы устройства	Руководитель, инженер	4,7			■	■								
8	Расчет принципиальной схемы устройства	Инженер	13,3				■	■							
9	Разработка макета устройства	Инженер	9,5					■	■						
10	Написание программ	Инженер	6,8						■	■					
11	Проведение экспериментальных исследований	Руководитель, инженер	2,4							■	■				
12	Оформление расчетно-пояснительной записки	Инженер	4,1								■	■			
13	Оформление материала	Инженер	20,7									■	■		
14	Подведение итогов	Руководитель, инженер	1,3										■	■	

■ - руководитель, □ - Инженер

7.2.4 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

7.2.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта:

- приобретаемые со стороны сырье и материалы, необходимые для создания научно-технической продукции;
- покупные материалы, используемые в процессе создания научно-технической продукции для обеспечения нормального технологического процесса и для упаковки продукции или расходуемых на другие производственные и хозяйственные нужды (проведение испытаний, контроль, содержание, ремонт и эксплуатация оборудования, зданий, сооружений, других основных средств и прочее), а также запасные части для ремонта оборудования, износа инструментов, приспособлений, инвентаря, приборов, лабораторного оборудования и других средств труда, не относимых к основным средствам, износ спецодежды и других малоценных и быстроизнашивающихся предметов;

- покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, подвергающиеся в дальнейшем монтажу или дополнительной обработке;
- сырье и материалы, покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, используемые в качестве объектов исследований (испытаний) и для эксплуатации, технического обслуживания и ремонта изделий – объектов испытаний (исследований);

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) * \sum_{i=1}^m C_i + N_{расхi}, \quad (6)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Величина коэффициента (k_T), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов. Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносим в таблицу 7.

Таблица 7.2.4.1.1 Материальные затраты

Наименование	Ед. изм	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы(Z_m), руб		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Микроконтроллер STM32F101	шт.	1	0	1	140	140	140	168	0	168

Микроконтроллер STM32F407VG	шт.	1	5	1	832	832	832	998,4	4992	998,4
Микросхема IR2153	шт.	1	1	1	148	148	148	177,6	177,6	177,6
Микросхема IR2110S		4	4	8	228	228	228	1094,4	1094,4	2188,8
Микросхема L78L33ABUTR		1	1	1	53	53	53	63,6	63,6	63,6
Микросхема TLP250	шт.	1	1	1	161	161	161	193,2	193,2	193,2
Печатная плата	шт.	5	5	5	500	500	500	3000	3000	3000
Диоды	шт.	8	8	12	4,2	4,2	4,2	40,3	40,3	60,5
Конденсаторы	шт.	20	20	32	1	1	1	24	24	38,4
Резисторы	шт.	19	19	30	0,9	0,9	0,9	20,52	20,52	32,4
Сердечник ETD34	шт.	1	1	1	56	56	56	67,2	67,2	67,2
Бумага для принтера	уп.	1	1	1	150	150	150	180	180	180
Припой	м.	1	1	1	15	15	15	18	18	18
Соединительные провода НГТФ	м.	1	1	1	140	140	140	168	168	168
Стабилитрон VD5408	шт.	4	4	8	5	5	5	24	24	48
Транзистор IRFD014	шт.	2	2	2	13	13	13	31,2	31,2	31,2
Транзистор IRF9540N	шт.	1	1	1	21	21	21	25,2	25,2	25,2
Транзистор IRF530	шт.	1	1	1	21	21	21	25,2	25,2	25,2

Итого:	6319	10144	7484
--------	------	-------	------

7.2.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме.

Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене. Расчет затрат по данной статье заносится в таблицу X. При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены. Стоимость оборудования, используемого при выполнении конкретного НТИ и имеющегося в данной научно-технической организации, учитывается в калькуляции в виде амортизационных отчислений

Таблица 7.2.4.2.1 Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования

№ п/п	Наименование оборудования	Количество единиц оборудования			Цена единицы оборудования, тыс. руб.			Общая стоимость оборудования, тыс. руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1	Цифровой осциллограф Tektronix TBS1000	1	1	1	225	225	225	225	225	225
2	Паяльная станция	1	1	1	5	5	5	5	5	5
3	Персональный компьютер	1	1	1	34	34	34	34	34	34
Итого:								264	264	264

7.2.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НТИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп}, \quad (7)$$

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

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $З_{осн}$).

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

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p, \quad (8)$$

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (табл. 6);

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_m * M}{F_d}, \quad (9)$$

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

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года ($M=10,4$ месяца, 6-дневная рабочая неделя, при отпуске в 48 раб.дня);

F_o – действительный годовой фонд рабочего времени научно – технического персонала, раб. дн (таблица 9).

Таблица 7.2.4.3.1 Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	366	366
Количество нерабочих дней – выходные дни - праздничные дни	119	119
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезням	30	30
Действительный годовой фонд рабочего времени	217	217

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{tc} (1 + k_{пр} + k_d) k_p, \quad (10)$$

где Z_{tc} - заработная плата по тарифной ставке, руб ();

$k_{пр}$ - премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от Z_{tc});

k_d - коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2-0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20% от Z_{tc});

k_p - районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Расчет основной заработной платы приведен в таблице

Таблица 7.2.4.3.2 Расчет основной заработной платы

Исполнители	Разряд	Z_{tc} , руб	$k_{пр}$	k_d	k_p	Z_m , руб	$Z_{дн}$, руб	T_p , раб.дн	$Z_{осн}$, руб
-------------	--------	-------------------	----------	-------	-------	----------------	-------------------	-------------------	--------------------

Руководитель	Доцент, к. ф-м. н.	27 484	0,3	0,2	1,3	53594	2568,6	84,5	217063
Инженер	1	6976,2	0,3	0,2	1,3	13604	652,0	84,5	55097
Итого, руб									272160

7.2.4.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} \quad (11)$$

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

7.2.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (12)$$

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

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

Отчисления во внебюджетные фонды рекомендуется представлять в табличной форме (табл. 10).

Таблица 7.2.4.5.1 Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			Дополнительная заработная плата, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Руководитель проекта	217063	217063	217063	26047,6	26047,6	26047,6
Студент - дипломник	55097	55097	55097	6611,6	6611,6	6611,6
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271					
Итого						
Исполнение 1	82606					
Исполнение 2	82606					
Исполнение 3	82606					

7.2.4.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (13)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

7.2.4.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в табл.11.

Таблица 7.2.4.7.1 Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Материальные затраты НТИ	6319	10144	7484	Пункт 3.4.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	264000	264000	264000	Пункт 3.4.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	272160	272160	272160	Пункт 3.4.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	32659	32659	32659	Пункт 3.4.4
5. Отчисления во внебюджетные фонды	82606	82606	82606	Пункт 3.4.5
6. Накладные расходы	105239	105851	105425	16 % от суммы ст. 1-5
7. Бюджет затрат НТИ	762983	767420	764334	Сумма ст. 1- 6

7.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{\text{pi}}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (14)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп. i}}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i-го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{тах}}$ – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Таблица 7.3.1 Расчет интегрального финансового показателя

№ исполнения	Стоимость исполнения	Максимальная стоимость исполнения	Интегральный финансовый показатель
1	762983	767420	0,994
2	767420		1
3	764334		0,996

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (15)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i-го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i-го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i-го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (табл. 13).

Таблица 7.3.2 Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5	4	4
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	4	3	3
3. Помехоустойчивость	0,15	5	4	4
4. Энергосбережение	0,25	5	3	4
5. Надежность	0,15	4	4	4
6. Материалоемкость	0,20	5	3	3
ИТОГО	1			

$$I_{p-исп1} = 5*0,1 + 4*0,15 + 5*0,15 + 5*0,25 + 4*0,15 + 5*0,20 = 4,7;$$

$$I_{p-исп2} = 4*0,1 + 3*0,15 + 4*0,15 + 3*0,25 + 4*0,15 + 3*0,20 = 3,4;$$

$$I_{p-исп3} = 4*0,1 + 3*0,15 + 4*0,15 + 4*0,25 + 4*0,15 + 3*0,20 = 3,65.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки (

$I_{исп.i}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр.1}}, \quad I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр.2}} \quad \text{и т.д.} \quad (16)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (см. табл. 17) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта (Эср):

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} \quad (17)$$

Таблица 7.3.3 Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.
---	------------	-------	-------	------

п/п				3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,994	1	0,996
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,7	3,4	3,65
3	Интегральный показатель эффективности	4,7	3,4	3,7
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,7191	0,775

Исходя из таблицы 7.3.3, наиболее предпочтительным является исполнение под номером один.