

Школа **Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности**
 Направление подготовки **11.03.04 Электроника и нанoeлектроника**
 Отделение **электронной инженерии**

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проектирование источника питания процессора

УДК 621.311.6-047.84:004.383.3

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1А6А	Муканов Акедил Мейрашевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Огородников Дмитрий Николаевич	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Маланина Вероника Анатольевна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Гуляев Милий Всеволодович	—		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Иванова Вероника Сергеевна	к.т.н.		

Планируемые результаты обучения

Код	Результат обучения
Общие по направлению подготовки	
P1	Применять базовые и специальные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания в комплексной инженерной деятельности при разработке, исследовании, эксплуатации, обслуживании и ремонте современной высокоэффективной электронной техники
P2	Ставить и решать задачи комплексного инженерного анализа и синтеза с использованием базовых и специальных знаний, современных аналитических методов и моделей
P3	Выбирать и использовать на основе базовых и специальных знаний необходимое оборудование, инструменты и технологии для ведения комплексной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и иных ограничений
P4	Выполнять комплексные инженерные проекты по разработке высокоэффективной электронной техники различного назначения с применением базовых и специальных знаний, современных методов проектирования для достижения оптимальных результатов, соответствующих техническому заданию с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений
P5	Проводить комплексные инженерные исследования, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных с применением базовых и специальных знаний и современных методов для достижения требуемых результатов
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование в предметной сфере электронного приборостроения, обеспечивать его высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды
P7	Использовать базовые и специальные знания в области проектного менеджмента для ведения комплексной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности
P8	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе, в том числе на иностранном языке, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности

P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, проявлять навыки руководства группой исполнителей, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, с делением ответственности и полномочий при решении комплексных инженерных задач
P10	Демонстрировать личную ответственность, приверженность и готовность следовать профессиональной этике и нормам ведения комплексной инженерной деятельности
P11	Демонстрировать знание правовых социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, компетентность в вопросах охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности
P12	Проявлять способность к самообучению и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности
Элективная группа «Промышленная электроника»	
P13	Осуществлять профессиональную деятельность в области разработки, проектирования и эксплуатации преобразователей электрической энергии высокоэффективной электронной техники.
P14	Разрабатывать, проектировать, использовать в профессиональной деятельности устройства, приборы и системы аналоговой и цифровой электронной техники различного назначения.
P15	Проектировать, проводить технологическое сопровождение создания и осуществлять эксплуатацию электронных средств и электронных систем для обеспечения долговечного бесперебойного функционирования бортовых комплексов управления (БКУ).

<p>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></p>	<p>Аналитический обзор литературы предмета исследования; Разработка структурной схемы; Расчёт и выбор элементов схемы; Разработка принципиальной схемы; Моделирование преобразователя напряжения;</p>
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Принципиальная схема устройства</p>

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Маланина Вероника Анатольевна</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Гуляев Милий Всеволодович</p>

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

-

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>17.02.20</p>
--	-----------------

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Доцент ОЭИ</p>	<p>Огородников Дмитрий Николаевич</p>	<p>к. т. н.</p>		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>1А6А</p>	<p>Муканов Акедил Мейрашевич</p>		

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

Школа **Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности**

Направление подготовки **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**

Уровень образования **бакалавриат**

Отделение **электронной инженерии**

Период выполнения _____ (осенний / весенний семестр 2019 /2020 учебного года)

Форма представления работы:

бакалаврская работа

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

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	18.06.2020
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
03.03.2020	<i>Обзор литературы</i>	20
05.05.2020	<i>Расчет схемы источника напряжения</i>	30
10.05.2020	<i>Моделирование источника питания</i>	30
31.05.2020	<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	10
05.06.2020	<i>Социальная ответственность</i>	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Огородников Дмитрий Николаевич	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Иванова Вероника Сергеевна	к.т.н.		

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

Студенту:

Группа	ФИО
1А6А	Муканов Акедил Мейрашевич

Школа	Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности	Отделение школы (НОЦ)	ОЭИ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	11.03.04.Электроника и нанoeлектроника

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оклад руководителя - 37506 руб. Оклад студента - 12240 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Премияльный коэффициент руководителя 30%; Премияльный коэффициент инженера 30%; Дополнительной заработной платы 12%; Накладные расходы 16%; Районный коэффициент 30%.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30,2 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	- Описание потенциальных потребителей; - Анализ конкурентных технических решений; - SWOT-анализ
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Планирование работ; Разработка графика Ганта. Формирование бюджета затрат на научное исследование.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Многоугольник конкурентоспособности
2. Диаграмма Ганта

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	17.02.2020
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Маланина Вероника Анатольевна	к.э.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1А6А	Муканов Акедил Мейрашевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1А6А	Муканов Акедил Мейрашевич

Школа	Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности	Отделение школы (НОЦ)	ОЭИ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление	11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Тема ВКР

Проектирование источника питания процессора	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования.	Объектом исследования является источник питания для беспроводных датчиков (16в корпус, 241 аудитория).
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	Рассмотреть специальные правовые нормы трудового законодательства; организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.
2. Производственная безопасность	<p>Анализ потенциально возможных вредных и опасных факторов проектируемой производственной среды.</p> <p>Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов</p> <ul style="list-style-type: none"> – повышенный уровень шума на рабочем месте; – недостаточная освещенность рабочей зоны; – повышенный уровень электромагнитных полей (ЭМП); – неудовлетворительный микроклимат – повышенный уровень напряженности электростатического поля; – повышенная концентрация вредных веществ в воздухе; – Электроопасность; – Опасность термического поражения;
3. Экологическая безопасность	<ul style="list-style-type: none"> – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы, утилизация компьютерной техники и периферийных устройств); – решение по обеспечению экологической безопасности.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<ul style="list-style-type: none"> – Анализ возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. – Пожаровзрывоопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные

	средства пожаротушения)
--	-------------------------

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	17.02.2020
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель отделения общетехнических дисциплин	Гуляев Милий Всеволодович			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1А6А	Муканов Акедил Мейрашевич		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 84 с., 20 рис., 18 табл., 38 источник., 3 прил.

Ключевые слова: однофазный источник питания процессора, многофазный источник питания, электронный ключ, преобразователь напряжения, импульсный регулятор напряжения.

Объектом исследования является источник питания для процессора.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка источника питания для процессора с использованием большого количества фаз.

В процессе исследования выполнен сравнительный анализ и выбор схемы преобразователя напряжения, был произведен расчет и выбор элементов схемы. Было осуществлено моделирование источника питания.

Областью применения являются источники питания ЭВМ.

Экономическая эффективность/значимость работы в том, что позволяет оптимизировать энергопотребление.

В будущем планируется разработать аналогичную систему для устройства с большей потребляемой мощностью.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

«Трудовой кодекс Российской Федерации» от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 16.12.2019).

ГОСТ 12.2.032-78. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.

ГОСТ 12.0.003-2015. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация, 2015.

ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях, 2011.

ГОСТ Р 22.0.02-2016. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения основных понятий, 2016.

СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы, 2003.

СанПиН 2.2.4.1191-03. Электромагнитные поля в производственных условиях, 2003.

СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений, 1996.

СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий, 2003.

СанПиН 2.2.2.542-96. Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы, 1996.

СП 5.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования, 2009.

СП 52.13330.2011. Естественное и искусственное освещение, 2011.

СП 952-72. Санитарные правила организации процессов пайки мелких изделий сплавами, содержащими свинец.

СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки, 1996.

НПБ 104-03. Проектирование систем оповещения людей о пожаре в зданиях и сооружениях, 2013.

Специальная оценка условий труда в Томском политехническом университете, 2019.

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Рабочий цикл сигнала – это отношение длительности импульса к длительности периода.

Диод – это полупроводниковый электронный компонент, пропускающий электрический ток через себя только в одну сторону, при протекании электрического в обратную сторону представляет собой достаточно большое сопротивление.

В данной работе применены следующие обозначения и сокращения:

ШИМ – широтно-импульсная модуляция;

VRM – voltage regulator module;

VRD – Voltage Regulator Down.

Оглавление

Реферат	12
Введение	18
1 Обзор литературы.....	19
1.1 Материнская плата	19
1.2 Устройство и принцип действия импульсного преобразователя напряжения	20
1.3 Электронный ключ.....	22
1.4 Низкочастотный фильтр	23
1.5 Стабилизация выходного напряжения.....	25
1.6 Импульсный регулятор напряжения	26
1.7 Многофазный регулятор напряжения	27
1.8 Схемы регуляторов напряжения	30
1.9 Динамическое переключение фаз	33
1.10 Маркетинг.....	36
2 Выбор, обоснование и расчет схемы	39
2.1 Структурная схемы питания.....	39
2.2 Расчёт однофазного LC-фильтра.....	39
2.3 Расчет многофазной схемы питания.....	40
2.4 Выбор элементов схемы	41
3 Моделирование источника питания.....	43
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение....	46
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	46
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	47

4.1.3 SWOT-анализ.....	49
4.2 Планирование научно-технического исследования	50
4.2.1 Структура научно-технического исследования.....	50
4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ.....	52
4.2.3 Разработка графика проведения научно-технического исследования .	53
4.3 Бюджет научно-технического исследования.....	54
4.3.1 Материальные затраты.....	55
4.3.2 Амортизационные отчисления	56
4.3.3 Заработная плата исполнителей	57
4.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	59
4.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	59
4.3.6 Формирование бюджета затрат	61
5 Социальная ответственность	62
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	62
5.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства	62
5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	63
5.2 Производственная безопасность	64
5.2.1 Анализ потенциально возможных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований.....	64
5.2.2 Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов	66
5.3 Экологическая безопасность	73
5.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду.....	73
5.3.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду.....	74
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	74
5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС	74
5.4.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при проведении исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС	76

Заключение	79
Список литературы	80
Приложение А	84
Приложение Б.....	85
Приложение В	86

Введение

Современные блоки питания способны питать на выходе нагрузку напряжением ± 12 В, ± 5 В и ± 3.3 В. Однако на сегодняшний день современным моделям процессоров необходимо более малое значение напряжения. У большинства для работы необходимо напряжение порядка 1 вольта – 1,2 или 1,5 В.

Для питания процессоров используются материнские платы с различным количеством фаз питания и выходной мощностью. Эти данные указаны в спецификациях и обзорах моделей.

В спецификации любой модели процессора указывается такой параметр как расчетная тепловая мощность (TDP). Terminal design power – величина, показывающая, на какую тепловую мощность должна быть рассчитана система охлаждения. Данная величина примерна равна величине энергопотребления самого процессора.

В данной работе для примера был взят процессор Intel Core i7-7700. TDP данного процессор составляет 65 ВтВ данной работе для примера был взят процессор Intel Core i7-7700 65 Вт[1].

1 Обзор литературы

1.1 Материнская плата

Источник питания компьютера – используется для создания питающих напряжений компьютерных элементов, таких как монитор, материнская плата процессор и прочее. Задача блока питания в том, чтобы обеспечивать стабильное напряжение питания и защита от помех питающего напряжения.

Материнская плата представляет собой печатную плату, которая является основой для построения модульного устройства. Является связующим звеном всех внутренних элементов компьютера. Также на ней установлены разъемы для непосредственной установки самого процессора. Для запитывания данного устройства необходимо преобразовать напряжение, генерируемое блоком питания, в постоянное напряжение.

Для понижения напряжения источника питания используются преобразователи напряжения. Задача DC-DC преобразователей понизить входное напряжение номиналом ± 12 , ± 5 и $+3,3$ В в выходное номиналом 1,2 В. Эти преобразователи уже установлены на материнской плате.

На практике используется несколько способов преобразования постоянного напряжения: линейный (аналоговый) преобразователь и импульсный преобразователь.

Изменение напряжение на линейном преобразователе происходит благодаря делению напряжения на резисторах. Также используются радиаторы для рассеивания части потребляемой мощности в виде тепла на резисторах. При работе с большими мощностями требовались и более мощные радиаторы, из-за сильного нагрева элементов схемы. Это вызвало б увеличение массогабаритных параметров схем и плат. По этой причине такие преобразователи напряжения больше не эксплуатируются, так как с каждым днем возрастает необходимость в потреблении электронными компонентами больших мощностей.

Возникла необходимость использовать другой преобразователь напряжения. Для работы с такими мощностями подходит импульсный преобразователь напряжения питания.

VRM и VRD – данные импульсные преобразователи постоянного напряжения схожи, но имеют лишь одну разницу. Модуль VRM – внешний модуль, устанавливаемый в специальный слот. Модуль VRD – модуль, расположенный непосредственно на материнской плате.

На сегодняшний день модули VRM практически не используются, по причине того, что модуль VRD способен обеспечивать необходимую мощность для питания процессора. Но название самого модуля VRM стало общепринятым, так что его используют также для обозначения модулей VRD.

Принципу действия модулей VRM и VRD не отличается. Имеется различие лишь по количеству фаз и напряжению, подаваемому на нагрузку. Основными показателями преобразователя напряжения являются входное напряжение и напряжение на нагрузке. Входное напряжение варьируется от 5 до 12В.

В ранних моделях материнских плат на вход преобразователя подавалось напряжение 5В. В более современных моделях используется напряжение 12В.

Напряжение питания подается на процессор через специальный разъем на материнской плате. На современных моделях плат имеется разъем питания ATX и количеством до 24 штук. В дополнение имеет 4 или 8 контактный разъем питания.

1.2 Устройство и принцип действия импульсного преобразователя напряжения

Импульсный преобразователь напряжения (ключевой стабилизатор напряжения, импульсный преобразователь, импульсный источник питания) – стабилизатор, регулируемый электронный ключ. Преобразователь работает в

импульсном режиме, то есть элемент управления – электронный ключ периодически открывается и закрывается.

Входное напряжение подается через электронный ключ импульсами, которые заданы так, чтобы на выходе было стабильное среднее значение. Сглаживаются пульсации напряжения на выходе фильтра с помощью группы элементов, способных накапливать электрическую энергию и отдавать её на нагрузку.

У импульсного стабилизатора нагрев регулирующего элемента меньше, чем в сравнении с линейным. Уменьшение нагрева элементов увеличивает энергоэффективность, использовать радиатор с меньшим размером.

ШИМ-контроллер подключен к LC-фильтру и линией питания, для сглаживания пульсации на нагрузке.

Этот контроллер генерирует импульсные сигналы напряжения для управления электронным ключом. Данный сигнал – это прямоугольный сигнал, предназначенный для управления. Параметры такого сигнала являются амплитуда, частота и скважность. Пример такого сигнала показан на рисунке 1.

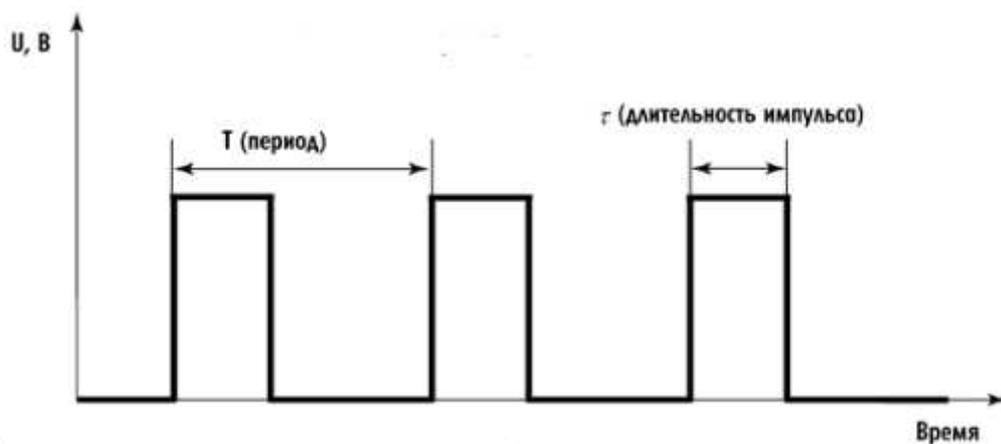


Рисунок 1 - ШИМ-сигнал и его основные характеристики

Скважность сигнала - это величина, показывающая отношение между длительности импульса к периоду повторения импульсов.

$$\gamma = \frac{\tau}{T}$$

Амплитудное значение такого сигнала должна быть достаточно большой, чтобы быть способной управлять электронным ключом с заданной частотой. Величина напряжения линии питания равна 12В.

Получаем прямоугольные импульсы на выходе электронного ключа. При прохождении прямоугольного импульса через LC-фильтр, на нагрузку подается питающее напряжение величиной, относительно величины линии питания равной 12В. Величина напряжения прямоугольного импульса равна напряжению линии питания 12В. Частота и скважность эквиваленты сигналу управления, получаемого от генератора (ШИМ-контроллера).

Структурная схема источника питания процессора показана на рисунке 2.



Рисунок 2 - Структурная схема преобразователя напряжения.

1.3 Электронный ключ

Ключом в регуляторе напряжения в материнской плате является два транзисторов. Это два полевых МОП-транзистора с N-каналом. Данный ключ собран так, чтобы сток верхнего транзистора был подключен к линии питания величиной 12В, а исток был подключен ко входу сглаживающего фильтра. Нижний транзистор через сток подключен к истоку верхнего транзистора и входу фильтра. Исток же в свою очередь заземлен.

В общем принцип работы электронного ключа основан на попеременной работе обоих транзисторов. В случае, когда открыт нижний транзистор,

верхний транзистор закрыт. В обратном случае аналогично, верхний открыт, нижний открыт.

Управляются оба транзистора сигналом, получаемом от ШИМ-контроллера. В современных моделях материнских плат, сигнал управления подается через специальную схему, представляющую собой драйвер управления фазами питания. Такой драйвер работает на частоте эквивалентной частоте управляющего импульса, получаемого от ШИМ-контроллера. Сигнал от ШИМ-контроллера подается на затворы обоих транзисторов.

Если рассматривать работу электронного ключа более конкретно, то в момент, когда верхний транзистор открыт, а нижний соответственно закрыт, сглаживающий фильтр через сток – исток верхнего транзистора подключен напрямую к линии питания. В обратном случае, когда верхний транзистор закрыт, а нижний открыт, нагрузка оказывается отключена от линии питания, и через фильтр заземлена.

1.4 Низкочастотный фильтр

Данный фильтр, используется для преобразования импульсного напряжения в постоянное напряжение питания, с малым коэффициентом пульсации. Данный фильтр представляет собой последовательное соединение дросселя и конденсатора, подключенного параллельно нагрузке. Схема сглаживающего фильтра, включенного в фазу питания, показана рисунке 3.

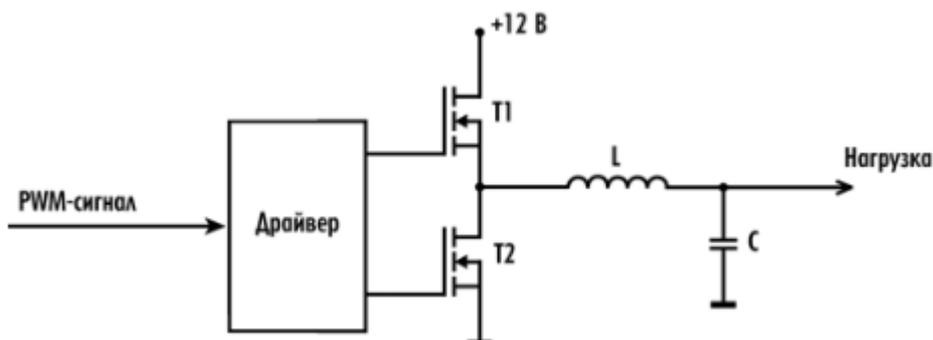


Рисунок 3 – Схема импульсного преобразователя напряжения питания

Важная особенность данной схемы состоит в том, что выходное напряжение будет зависеть от параметров фильтра, а именно реактивных величин индуктивности и емкости.

Коэффициент передачи сигнала для данного фильтра:

$$K(f) = \frac{U_{\text{ВЫХ}}(f)}{U_{\text{ВХ}}(f)}$$

Коэффициент пульсации фильтра без нагрузки:

$$K(f) = \frac{Z_C}{Z_L + Z_C} = \frac{1}{1 - (2\pi f)^2 * LC}$$

Если ввести замену в обозначении $f_0 = 2\pi\sqrt{LC}$, то получается:

$$K(f) = \frac{1}{1 - \left(\frac{f}{f_0}\right)^2}$$

По формуле видно, что коэффициент пульсации фильтра без добавления нагрузки, стремится к бесконечности в случае, когда частота f стремится к частоте f_0 . При дальнейшем анализе формулы, ясно, что при последующей увеличении частоты f по сравнению с частотой f_0 , коэффициент пульсации уменьшается обратно пропорционально значению f^2 . Далее коэффициент начинает стремиться к величине равную 0. В обратном случае, при уменьшении частоты f , данный коэффициент стремится к значению равный 1. Вывод по формуле такой, что частота f_0 является частотой среза фильтра.

Условие $f_0 = \sqrt{2\pi LC}$ необходимо для проектирования импульсного преобразователя напряжения прямоугольного импульса. Необходимо чтобы условие, при котором частота управления будет существенно больше частоты среза фильтра, подтверждалось. Используя это условие в дальнейшем можно подобрать номиналы индуктивности и емкости схемы фильтра.

В момент времени, когда верхний транзистор открыт, а нижний закрыт, напряжение передается от линии питания через фильтр к нагрузке. Из-за возникновения обратного ЭДС в дросселе, изменение тока в фильтре

происходит постепенно. Так как нагрузка подключена к линии питания, в дросселе начинает накапливаться энергия. Параллельно с этим заряжается конденсатор.

После отключения фильтра от линии питания (верхний транзистор закрыт), полученная ЭДС дросселя сохраняет прежнее направление тока. Ток протекает от дросселя к нагрузке. В момент, когда открывается нижний транзистор, схема оказывается заземлена. Нижний транзистор обеспечивает замкнутость схемы. Ток протекает через фильтр к емкости, включенную параллельно нагрузке, от емкости к нижнему транзистору, от транзистора к дросселю.

Сглаживающий LC-фильтр подает на нагрузку напряжение, эквивалентное напряжению скважности управляющих импульсов, подаваемых электронным ключом.

Данный метод особенен тем, на нагрузке наблюдается сигнал с некоторой пульсацией. Подобная диаграмма напряжения показана на рисунке 4. Величина пульсации зависит от следующих параметров схемы: номиналы значения индуктивности и емкости, а также от частоты и скважности питающего прямоугольного напряжения.

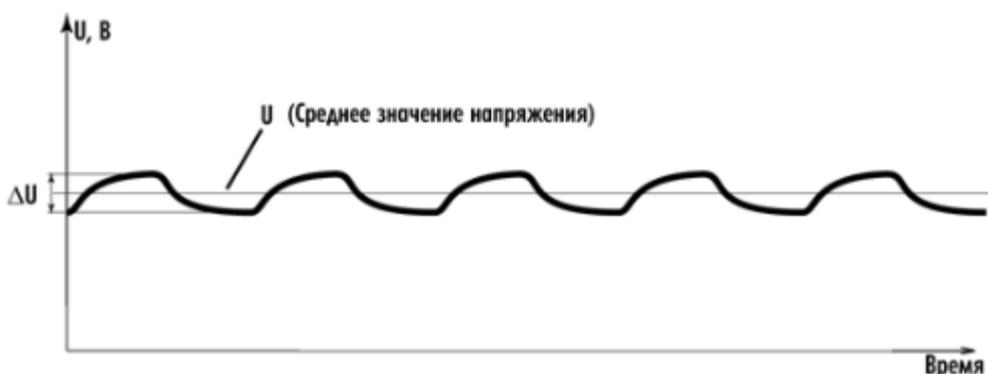


Рисунок 4 – Пульсации выходного напряжения

1.5 Стабилизация выходного напряжения

Выходное напряжение, подаваемого на выход схемы зависит от многих факторов. Таких как: скважность управляющего импульса, частоты управления

ШИМ-контроллера, параметров электронного ключа и сглаживающего фильтра, а также сопротивления самой нагрузки. При расчетах необходимо учитывать, что нагрузочный ток динамически изменяется.

С выпуском более новых моделей процессоров, возрастает также требования к источнику. Необходимо обеспечивать стабильный выходной сигнал напряжения питания.

На практике часто используется следующий метод стабилизации – использование обратной связи. Она обеспечивает связь между ШИМ-контроллером и нагрузкой схемы. Благодаря этому методу ШИМ-контроллер может отслеживать изменение напряжения на выходе схемы. В ШИМ-контроллере формируется референсное напряжение, которое должно быть на нагрузке. Контроллер сравнивает референсное напряжение с выходным. При получении разницы ΔU , данную разницу у сигналов используют для корректировки рабочего цикла управляющего импульса. Возникает зависимость $\Delta \gamma \sim \Delta U_{\text{вых}}$.

1.6 Импульсный регулятор напряжения

Однофазную схема регулятора напряжения переключения достаточно просто реализовать на практике. Однако у такой схемы имеются свои некоторые пределы и недостатки.

Недостатком регулятора напряжения с одной фазой является: величина максимального тока у элементов схемы, такие как транзистор, дроссель, диод и конденсатор. Например, в некоторых моделях материнской платы максимальный протекающий ток через электронный ключ достигает порядка 30А.

Допустим, если для работы процессора требуется питающее напряжение номиналом в 1 В и мощностью порядка около 110 Вт. В итоге выходит, что потребление тока превышает значение в 110 А. Понятно, что при

использования однофазного регулятора напряжения, элементы схемы не выдержат большого тока и банально «сгорят».

Также необходимо учитывать, что имеет место быть большое значение коэффициента пульсации выходного напряжения необходимое для питания процессора. Данный показатель оказывает негативное влияние на процессор.

Для уменьшения протекающих токов в схеме необходимо использовать многофазное соединение. Большое количество многофазных импульсных регуляторов напряжения позволяет также уменьшить коэффициент пульсации выходного напряжения[8].

1.7 Многофазный регулятор напряжения

В многофазной системе каждая выходная фаза питания напряжения формируется сглаживающим LC-фильтром, на который подается импульсный сигнал от электронного ключа. Для управления системой требуется один ШИМ-регулятор с множеством каналов управления, к которому параллельно подключено несколько фаз питания. Пример многофазной системы питания показано на рисунке 5.

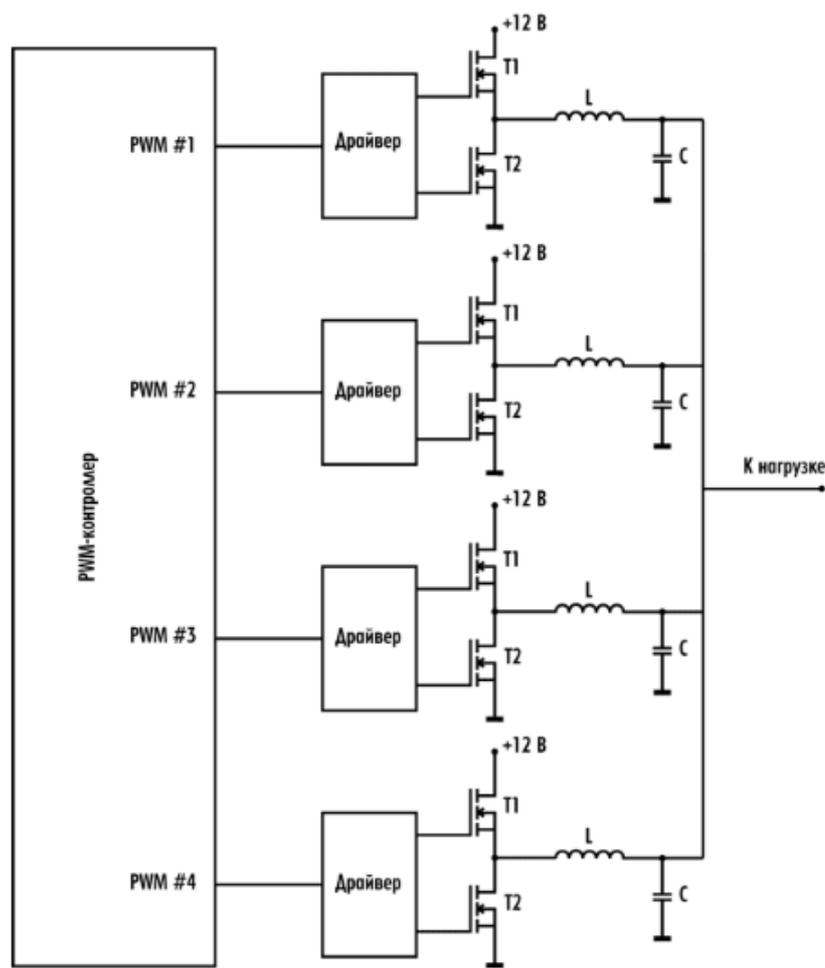


Рисунок 5 - Структурная схема многофазного источника питания

Использование системы с большим числом фаз позволяет равномерно распределить протекающие токи по всем фазам. В многофазной системе считается, что ток, протекающий через одну фазу, будет в N раз меньше тока нагрузки[9].

Синхронная работа фаз питания уменьшает пульсацию на выходном напряжении преобразователя напряжения.

Отрезком времени сдвига в каждой фазе можно принять промежуток времени равный T/N , где T – период сигнала управления, N – количество используемых фаз питания. ШИМ-регулятор обеспечивает сдвиги и синхронизацию сигналов в каждой фазе.

Пример сдвига фаз показан на рисунке 6.

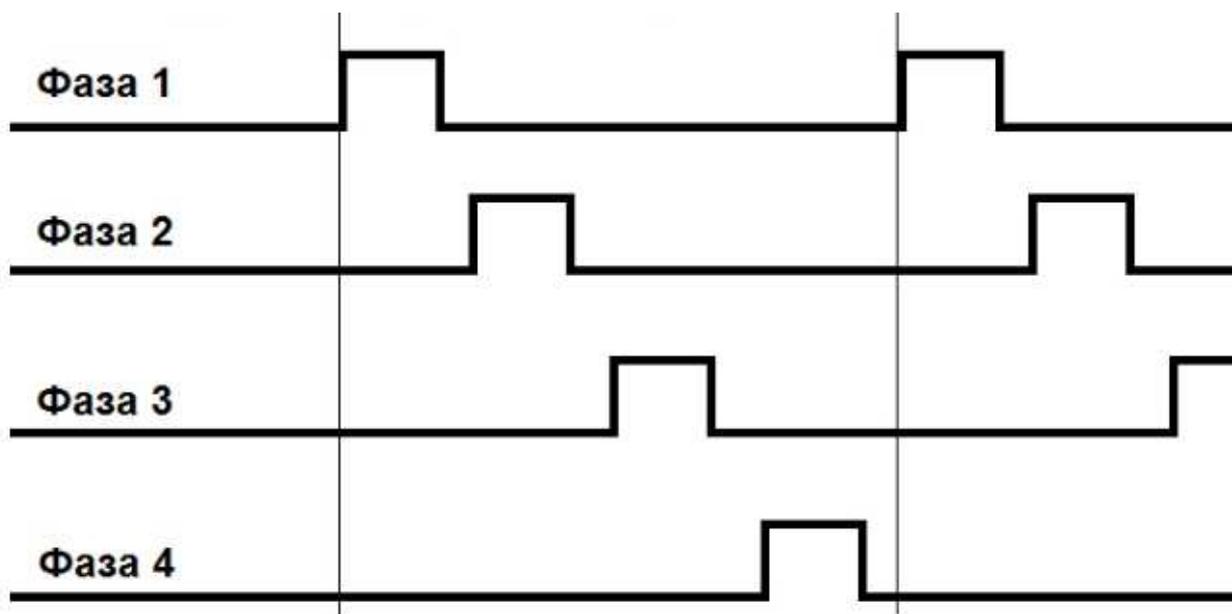


Рисунок 6 - Диаграммы напряжения на фазах со сдвигом

Так как фазы питания работают в равном сдвиге относительно друг друга, то пульсация напряжения нагрузки и токи также будут сдвинуты по оси времени относительно друг друга. Суммарный ток, протекающий на нагрузке, будет формироваться из токов, протекающих в каждой фазе. Пульсация выходного тока у многофазной схемы значительно меньше пульсации тока у однофазной схемы.

Выходная диаграмма тока многофазной системы показана на рисунке 7.

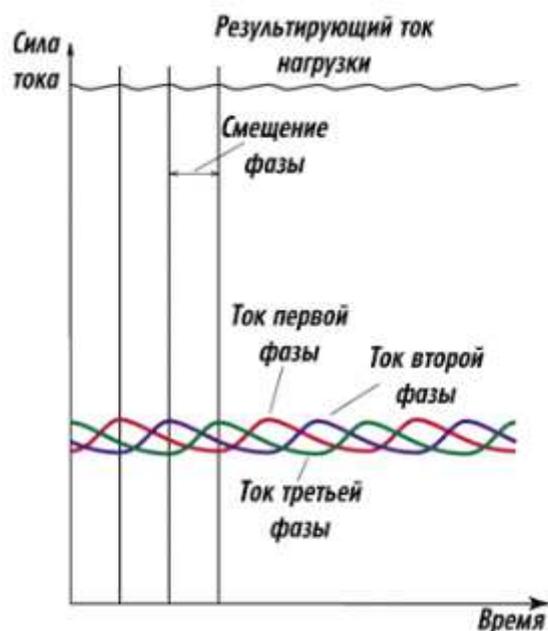


Рисунок 7 - Выходной ток многофазной системы

Основное преимущество многофазной системы питания основывается на том, что они работают при необходимости питания процессором большим током, и обеспечить низкое выходное напряжение при тех же номиналах емкости и индуктивности фильтра[11].

1.8 Схемы регуляторов напряжения

В основе каждой фазы находится управляющий драйвер, электронный ключ, состоящий из двух транзисторов, дросселя и конденсатора. Для управления несколькими фазами может использоваться один ШИМ-регулятор. Конструктивной особенностью материнских плат является дискретность. То есть, на плате располагается отдельно несколько микросхем управляющего драйвера, два отдельных транзистора, и отдельное соединение дросселя и конденсатора. Данный дискретный метод используется многими производителями материнских плат. Например, существуют такие известные производители плат – ASUS, Gigabyte, ECS, AsRock и т.д.

Также практикуется альтернативный метод. Данный метод основывается на использовании отдельных микросхем, объединяющие в одну драйвера управления и пары транзисторов. Данная технология называется DrMOS (Driver+Mosfet). Разработана технология компании Intel. Как и для первого метода, используется многоканальный ШИМ-регулятор, и для сглаживания импульса отдельные дроссели и конденсаторы.

Использование технологии DrMOS практикуется при изготовлении материнской платы серии MSI.

К примеру, если говорить о новых платах MSI для процессоров семейства Intel Core i7, то в них применяется DrMOS-микросхема Renesas R2J20602 (рисунок 8). На плате MSI Eclipse Plus используется 6-фазный регулятор напряжения питания процессора (рисунок 9) на базе 6-канального ШИМ-контроллера Intersil ISL6336A (рисунок 10) и DrMOS-микросхем Renesas R2J20602.



Рисунок 8 - DrMOS-микросхема Renesas R2J20602



Рисунок 9 - Шестифазный регулятор напряжения питания процессора



Рисунок 10 - Шестиканальный ШИМ-контроллер Intersil ISL6336A

DrMOS-микросхема Renesas R2J20602 поддерживает частоту переключения MOSFET-транзисторов до 2 МГц и отличается очень высоким КПД. При входном напряжении 12 В, выходном 1,3 В и частоте переключения 1 МГц ее КПД составляет 89%. Ограничение по току — 40 А. Понятно, что при шестифазной схеме питания процессора обеспечивается как минимум двукратный запас по току для DrMOS-микросхемы. При реальном значении тока в 25 А энергопотребление (выделяющееся в виде тепла) самой

микросхемы DrMOS составляет всего 4,4 Вт. Также становится очевидным, что при использовании DrMOS-микросхем Renesas R2J20602 нет необходимости применять более шести фаз в регуляторах напряжения питания процессора[15].

Компания Intel в своей материнской плате Intel DX58S0 на базе чипсета Intel X58 для процессоров Intel Core i7 также использует 6-фазный, но дискретный регулятор напряжения питания процессора. Для управления фазами питания применяется 6-канальный ШИМ-контроллер ADP4000 от компании On Semiconductor, а в качестве MOSFET-драйверов — микросхемы ADP3121 (рисунок 11). ШИМ-контроллер ADP4000 поддерживает интерфейс PMBus (Power Manager Bus) и возможность программирования на работу в режиме 1, 2, 3, 4, 5 и 6 фаз с возможностью переключения числа фаз в режиме реального времени. Кроме того, с помощью интерфейса PMBus можно считывать текущие значения тока процессора, его напряжения и потребляемой мощности. Остается лишь сожалеть, что компания Intel не реализовала эти возможности чипа ADP4000 в утилите мониторинга состояния процессора[16].

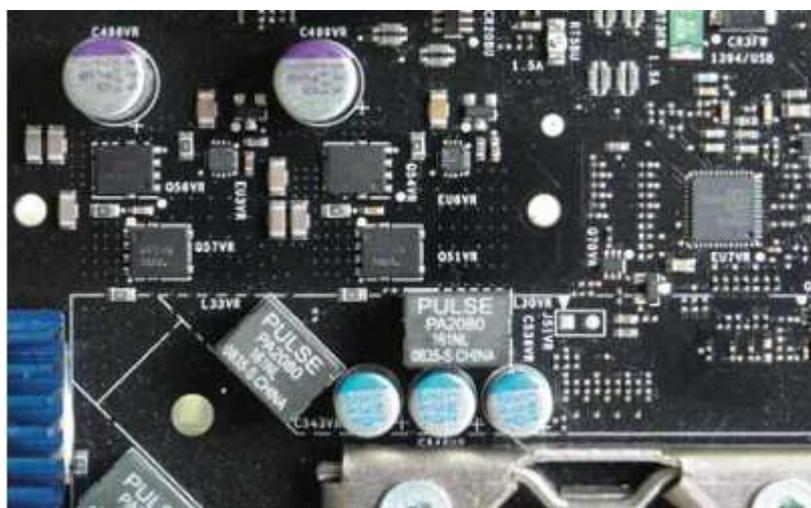


Рисунок 11 - Шестифазный регулятор напряжения питания процессор на базе ШИМ-контроллера ADP4000 и MOSFET-драйверов ADP3121 на плате Intel DX58S0

1.9 Динамическое переключение фаз

В настоящее время в новых моделях материнских плат для питания получил достаточно широкое распространение способ динамического переключения фаз. Данный способ был придуман компанией Intel и широко применяется в материнских платах и процессорах, разработанных данной компанией. Данный способ был придуман достаточно давно, но не нашёл своего применения т.к. не было широкой необходимости в его использовании, ввиду того что снижение энергопотребления компьютеров раньше не была достаточно важной задачей. Сейчас же всё изменилось и получение относительно небольшого энергопотребления одна из важных задач для сегодняшних инженеров. Каждая компания, которая производит материнские платы старается выдать эту технологию за свою фирменную и называет её по-своему. К примеру, у компании Gigabyte она называется Advanced Energy Saver (AES), у ASRock — Intelligent Energy Saver (IES), у ASUS — EPU, у MSI — Active Phase Switching (APS). Необходимо учитывать, что, не смотря на различные названия, все эти технологии представляют собой одно и тоже и практически не имеют отличий друг от друга. Более того, возможность переключения фаз питания процессора заложена в спецификацию Intel VR 11.1 и все ШИМ-контроллеры, совместимые со спецификацией VR 11.1, поддерживают ее. Собственно, у производителей материнских плат выбор здесь небольшой. Это либо ШИМ-контроллеры компании Intersil (например, 6-канальный ШИМ-контроллер Intersil ISL6336A), либо ШИМ-контроллеры компании On Semiconductor (например, 6-канальный ШИМ-контроллер ADP4000). Контроллеры других компаний применяются реже. Контроллеры и Intersil, и On Semiconductor, совместимые со спецификацией VR 11.1, поддерживают динамическое переключение фаз питания. Вопрос лишь в том, как производитель материнской платы использует возможности ШИМ-контроллера.

Данную технологию называют энергосберегающей ввиду особенности своей работы. Например, при небольшой нагрузке процессора, у которого материнская плата с шестифазным регулятором напряжения, не имеет особого смысла использовать все шесть фаз, когда для нормальной работы будет достаточно всего двух таких фаз. В случае гораздо большей нагрузки тогда уже будут использоваться все фазы регулятора напряжения. Отсюда можно сказать, что чем меньше потребление, тем меньше фаз можно использовать. За переключения количества необходимого количества фаз и отвечает данная технология. Может возникнуть вопрос в актуальности применения данной технологии так как это всегда использование дополнительных элементов, что приводит к увеличению стоимости. Для ответа на вопрос актуальности необходимо учитывать следующее: любой регулятор напряжения сам потребляет часть преобразуемой им электроэнергии, которая выделяется в виде тепла. Поэтому одной из характеристик преобразователя напряжения является его КПД, или энергоэффективность, то есть отношение передаваемой мощности в нагрузку (в процессор) к потребляемой регулятором мощности, которая складывается из мощности, потребляемой нагрузкой, и мощности, потребляемой самим регулятором. Энергоэффективность регулятора напряжения зависит от текущего значения тока процессора (его загрузки) и количества задействованных фаз питания (рисунок 12).

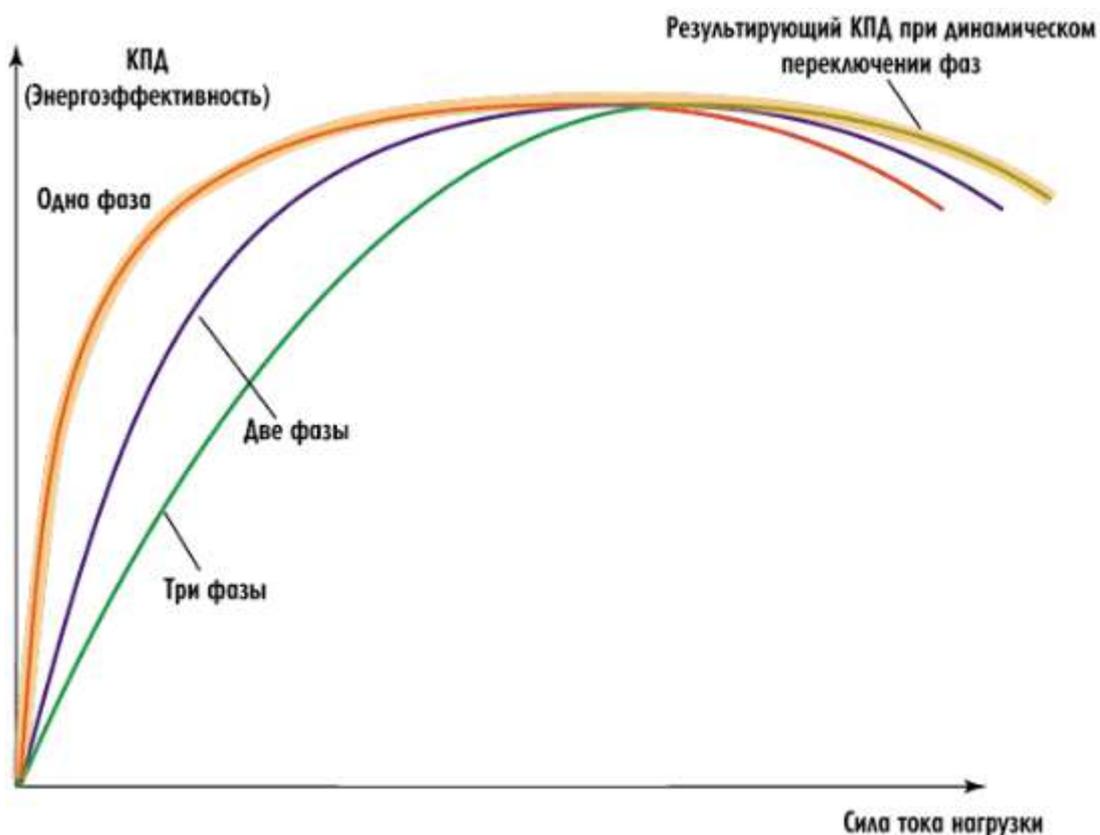


Рисунок 12 - Зависимость энергоэффективности (КПД) регулятора напряжения от тока процессора при различном количестве фаз питания

Из данной зависимости видно, что при любом количестве используемых фаз изначально с ростом потребляемого тока растёт и КПД регулятора напряжения. После достижения определённой величины потребляемого тока КПД достигает своего максимального значения. Стоит отметить следующую особенность, что при различном количестве максимальный КПД достигается при разных потребляемых токах. Поэтому при использовании технологии динамического переключения фаз можно поддерживать КПД регулятора напряжения питания на максимально возможном высоком уровне.

Сравнивая зависимости энергоэффективности регулятора напряжения от тока процессора для различного количества фаз питания, можно сделать вывод: при малом токе процессора (при незначительной загрузке процессора) более эффективно задействовать меньшее количество фаз питания. В этом случае меньше энергии будет потребляться самим регулятором напряжения и выделяться в виде тепла. При высоких значениях тока процессора использование малого количества фаз питания приводит к снижению энергоэффективности

регулятора напряжения. Поэтому в данном случае оптимально применять большее количество фаз питания.

С теоретической точки зрения использование технологии динамического переключения фаз питания процессора должно, во-первых, снизить общее энергопотребление системы, а во-вторых — тепловыделение на самом регуляторе напряжения питания. Причем, по заявлениям производителей материнских плат, данная технология позволяет снизить энергопотребление системы на целых 30%. Конечно же, 30% — это число, взятое с потолка. Реально технология динамического переключения фаз питания позволяет снизить суммарное энергопотребление системы не более чем на 3-5%. Дело в том, что данная технология позволяет экономить электроэнергию, потребляемую лишь самим регулятором напряжения питания. Однако основными потребителями электроэнергии в компьютере являются процессор, видеокарта, чипсет и память, и на фоне суммарного энергопотребления этих компонентов энергопотребление самого регулятора напряжения достаточно мало. А потому, как ни оптимизируй энергопотребление регулятора напряжения, добиться существенной экономии просто невозможно.

1.10 Маркетинг

У современных производителей есть много разных способ мотивировать внимание клиента к своему товару. Одним из таких способов является увеличение фаз питания процессора. Данный метод способен мотивировать покупателя на покупку.

Если на немного ранних моделях материнских плат имелось только шесть фаз преобразования напряжения, то на более новых моделях используются большее количество фаз — 10, 12, 16, 18 и может достигать 24.

Многофазный преобразователь напряжения имеет также свои и преимущества и недостатки.

Например, при эксплуатации большого количества фаз, можно использовать большее количество элементов, такие как МДП-транзистор, дроссели и емкости. При этом снижаются требования к самим элементам.

Теперь многие компании могут использовать более мощный конденсатор и ферритовый металл, у которых предел тока достигает не менее 40А. Существуют транзисторы с пределом тока до 75А. Когда это ограничено каждой фазой волны, достаточно использовать шесть энергетических фаз. Такие сети напряжения могут обеспечить электропитание более 200 А и, следовательно, потреблять более 200 Вт. Очевидно, что даже при разгоне процессора таких значений потребления энергии достичь невозможно.

На сегодня не производятся модели с фазами питания больше шести. При использовании большего количества фаз, изготовителю необходимо установить дополнительные ШИМ-контроллеры, которые будут работать синхронно. Однако, сигналы управления ШИМ-контроллеров имеют задержку относительно друг друга, но это в рамках одного контроллера. Выходит, что при использовании 6 канального ШИМ-контроллера для создания 12 каналов преобразователя напряжения питания, фазы питания попарно соединены с фазами другого контроллера. То есть, одна фаза питания первого ШИМ-контроллера будет работать синхронно с другой фазой питания второго контроллера. Они также будут переключаться динамически синхронно. По итогу, получается своеобразный 12 фазный преобразователь напряжения, в составе которого имеется два 6 фазных преобразователя с двумя каналами в каждой фазе.

На рисунке 13 показана структурная 8-фазная по 2 канала в каждой схема питания.

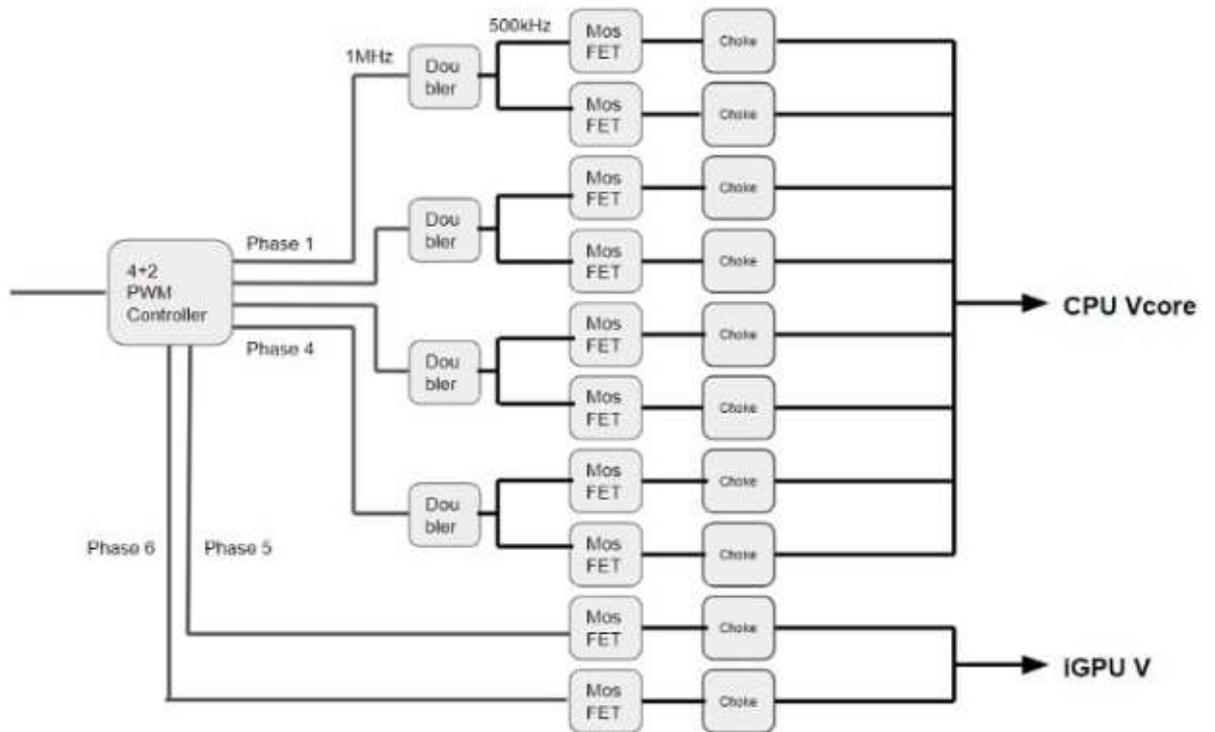


Рисунок 13 – Структурная 8-фазная схема по 2 канала в каждой

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Данный раздел выпускной квалификационной работы предназначен для анализа конкурентоспособности, ресурсоэффективности и расчёта бюджета проводимой разработки. Настоящая работа проводится в лаборатории 241 16в корпуса ТПУ и предполагает исследование эффективности способа решения поставленной инженерной задачи – проектирования более дешевого источника питания для процессора. Оценка перспективности, планирование и формирование бюджета научного исследования позволяют анализировать его экономическую эффективность.

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

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Объектом разработки является схема многофазного источника питания процессора. Потенциальными потребителями системы многофазного источника питания процессора могут быть, те кто пользуется ПК, лаборатории, предприятия, где используются сервера. Сегментирование рынка проводится по сфере использования и по размеру компании-заказчика. Карта сегментирования приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Карта сегментирования

		Сфера использования		
		Промышленные предприятия	Объекты ЖКХ	Лаборатории
Размер организации	Крупные			
	Средние			
	Мелкие			

■ - существует спрос; □ - спрос отсутствует.

Из карты сегментирования рынка видно, что данная разработка может использоваться в промышленных предприятиях среднего и крупного размеров, отличием будет только то, что для среднего предприятия будет достаточно использования относительно дешевого образца, в случае с крупным предприятием необходимо использовать более дорогую и мощную систему. Для объектов ЖКХ будет использоваться лишь в том случае, если необходимо создание локального сервера или некоторая замена материнской платы как источника питания. В лабораториях использование данной системы необходимо при эксплуатации ЭВМ.

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Для успешного внедрения разработки необходимо изучить преимущества и недостатки конкурирующих способов питания. В качестве таких конкурентов будут выступать другие производители материнских плат или бесперебойных источников питания. Основное внимание обращено на стабильность и выделяемую мощность для питания процессора, так же при разработке желательно использовать более дешёвые компоненты.

Обозначения:

Р – разрабатываемая система;

К – системы конкурентов.

Таблица 2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных методов источника питания

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Р	К	К _Р	К _К
1. Безопасность	0,1	4	3	0,4	0,3
2. Поддерживаемая мощность	0,3	4,5	4	1,35	1,2
3. Энергоэкономичность	0,1	4	3	0,4	0,3
4. Количество каналов	0,25	4	5	1	1,25
5. Надёжность	0,15	4	4	0,6	0,6
6. Помехоустойчивость	0,05	5	3	0,25	0,15
7. Стоимость оборудования	0,05	3	5	0,15	0,25
Итого	1			4,35	3,75

В таблице представлены основной конкурент и критерии оценки конкурентоспособности. Каждый показатель оценивается по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей определяются в соответствии с их значимостью. Из оценочной карты можно заметить, что поддерживаемая мощность разрабатываемой системы немного выше чем у конкурентов. Наибольшим недостатком будущей разработки является количество используемых каналов, их поменьше чем у конкурентных предложений. На рисунке 4.1 представлен многоугольник конкурентоспособности, по которому видно плюсы и минусы используемого метода с конкурентом.

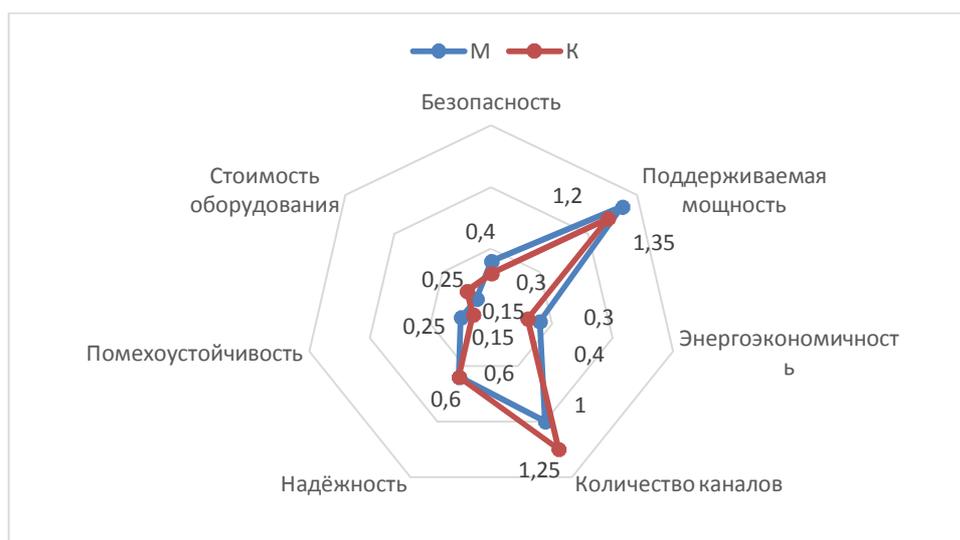


Рисунок 20 – Многоугольник конкурентоспособности

По рисунку можно отметить что ещё одним из преимуществ является более дешёвая цена используемого оборудования.

4.1.3 SWOT-анализ

SWOT анализ – это метод оценки ситуации и будущих перспектив проекта, основная задача которого: определить сильные и слабые стороны, возможности и угрозы со стороны внешней окружающей среды. На основании анализа делается вывод: правильно развивается проект, какие риски нужно предусмотреть, что следует делать, каковы перспективы проекта.

Таблица 3 – Матрица SWOT проекта

	Сильные стороны	Слабые стороны
	1. Долгий срок эксплуатации. 2. Стабильная работа. 3. Более дешёвая элементная база.	1. Зависимость от иностранного производителя элементной базы 2. Длительный срок окупаемости. 3. Необходимость периодического обслуживания

Продолжение таблицы 3

<p>Возможности</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Увеличение числа каналов. 2. Уменьшение стоимости производства. 3. Увеличение спроса на систему. 	<p>Для новых серверов требуются бесперебойные источники питания различной мощности.</p>	<p>В перспективе данную систему можно использовать при ремонте материнской платы или для питания процессоров в серверах.</p>
<p>Угрозы</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Подорожание элементов вследствие экономической политики. 2. Большой срок транспортировки элементной базы. 3. Изменение в таможенной политике. 4. Использование других источников питания. 	<p>Так как сегодня повсеместно используются персональные компьютеры, ноутбуки, сервера спрос на данную систему будет актуален.</p>	<p>Из-за увеличения цены на элементную базу, может сильно вырасти стоимость. Из-за Сложной самостоятельной установки данного источника питания требуется руководство пользователя.</p>

Из матрицы SWOT видно, что необходимо сделать упор на такие сильные стороны, как безопасность, стабильность и увеличение мощности питания прибора, так как именно эти сильные стороны проекта связаны с наибольшим количеством возможностей. Что касается слабых стороны, необходимо обратить внимание на улучшение технических параметров и на использование более качественного оборудования для паяния платы. Работа над этими недостатками позволит повысить конкурентоспособность, уменьшить влияние внешних угроз на проект.

4.2 Планирование научно-технического исследования

4.2.1 Структура научно-технического 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. Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Таблица 4 – Перечень работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Постановка целей и задач, получение исходных данных	Научный руководитель
	2	Составление и утверждение ТЗ	Научный руководитель, студент
Теоретическая подготовка к выполнению работы	3	Подбор и изучение материалов по теме	Научный руководитель, студент
	4	Календарное планирование работ по теме	Научный руководитель, студент
Теоретическое исследование	5	Разработка структурной схемы	Студент
	6	Разработка принципиальной схемы	Научный руководитель, студент
Практическая работа над проектом	7	Симулирование схемы	Студент
	8	Проведение экспериментальных исследований	Студент
	9	Анализ полученных результатов, вывод	Научный руководитель, студент
Оформление отчета по ВКР	10	Оформление расчетно-пояснительной записки	Студент
	11	Оформление материала	Студент

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости используется следующая формула [20]:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (18)$$

где $t_{ожі}$ – 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 студент, научный руководитель и консультант. Исходя из полученной трудоемкости рассчитывается продолжительность работ, на каждом этапе проектирования, по следующей формуле [20]:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (19)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб.дн.

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел. дн.

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

4.2.3 Разработка графика проведения научно-технического 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 [20]:

$$T_{Ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (20)$$

где T_{Ki} – продолжительность одной работы в календарных днях.

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

Коэффициент календарности рассчитывается по следующей формуле [20]:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (21)$$

где $T_{\text{кал}}$ – календарных дней году (366);

$T_{\text{вых}}$ – выходных дней в году (104);

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

$$k_{\text{кал}} = \frac{366}{366 - 104 - 15} = 1,48 \quad (22)$$

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

Таблица 5 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях, T_{pi}	Длительность работ в календарных днях, T_{ki}
	t_{min} , чел-дни	t_{max} , чел-дни	$t_{\text{ож}}$, чел-дни			
Постановка целей и задач, получение исходных данных	2	5	3,2	Руководитель	3,00	5,00
Составление и утверждение ТЗ	2	5	3,2	Руководитель, студент	2,00	3,00

Продолжение таблицы 5

Подбор и изучение материалов по теме	15	19	16,6	Руководитель, студент	8,00	12,00
Календарное планирование работ по теме	1	3	1,8	Руководитель, студент	1,00	2,00
Разработка структурной схемы	2	6	3,6	Студент	4,00	6,00
Разработка принципиальной схемы	4	8	5,6	Руководитель, студент	6,00	9,00
Симулирование схемы	6	10	7,6	Студент	8,00	12,00
Проведение различных исследований	15	20	17	Студент	17,00	26,00
Анализ полученных результатов, вывод	6	10	7,6	Руководитель, студент	4,00	6,00
Оформление расчётно-пояснительной записки	3	6	4,2	Студент	4,00	6,00
Оформление материала	10	15	12	Студент	12,00	18,00

4.3 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета НТИ обеспечиваем полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета используем следующие группировки по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- амортизационные отчисления;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- накладные расходы.

4.3.1 Материальные затраты

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);
- 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:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i + N_{расxi}, \quad (23)$$

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

$N_{расxi}$ – 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 6.

Таблица 6 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (Зм), руб.
Транзисторы	шт.	8	96,12	884,304
Резисторы	шт.	1	6	6,9
Конденсаторы	шт.	4	63	289,8
Дроссели	шт.	4	120	552
Диоды	шт.	4	150	690
ШИМ-контроллеры	шт.	4	25	115
Макетная плата	шт.	1	240	276
Монтажные провода	шт.	60	2	138
Припой с флюсом	шт.	1	140	161
Итого				3113,004

4.3.2 Амортизационные отчисления

Расчет амортизации ПК: первоначальная стоимость 40000 рублей; срок полезного использования составляет 2-3 года, берем 3 года; планируем использовать ПК для написания ВКР в течение 4 месяцев.

Норма амортизации:

$$A_n = \frac{1}{n} \cdot 100\% = \frac{1}{3} \cdot 100\% = 33,33\% \quad (24)$$

Годовые амортизационные отчисления:

$$A_r = 40000 \cdot 0,33 = 13200 \text{ рублей} \quad (25)$$

Ежемесячные амортизационные отчисления:

$$A_m = \frac{13200}{12} = 1100 \text{ рублей} \quad (26)$$

Итоговая сумма амортизации основных средств:

$$A_n = 1100 \cdot 4 = 4400 \text{ рублей} \quad (27)$$

4.3.3 Заработная плата исполнителей

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 [20]:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (28)$$

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

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

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле [20]:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (29)$$

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (табл. 5);

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле [20]:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_{\phi}}, \quad (30)$$

где Z_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_{ϕ} – действительный годовой фонд рабочего времени научно – технического персонала, раб. дн (таблица 7).

Таблица 7 – Баланс рабочего времени.

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

Месячный должностной оклад работника [20]:

$$Z_m = Z_{тс} (1 + k_{пр} + k_d) k_p, \quad (31)$$

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

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

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 $Z_{тс}$);

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

Таблица 8 – Расчет основной заработной платы

Исполнитель	Разряд	$Z_{тс}$, руб	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$Z_{м}$, руб	$Z_{дн}$, руб	$T_{р}$, раб.д н	$Z_{осн}$, руб
Руководитель	К.т.н.,доцент	19234,3 2	0,3	0,2	1,3	37506,9 2	1797,5 7	24	43141,6 0
Студент	-	6276,7	0,3	0,2	1,3	12239,5 7	586,60	66	38715,3 8
Итого, руб									81856,9 8

4.3.4 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 [20]:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (32)$$

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

Тогда:

$$Z_{доп} = 81856,98 \cdot 0,15 = 12278,55 \text{ руб}$$

4.3.5 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 [20]:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (33)$$

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 законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30,2%.

Отчисления во внебюджетные фонды рекомендуется представлять в табличной форме (табл. 9).

Таблица 9 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	43141,60	6471,24
Студент	38715,38	5807,31
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,302	
Итого	28428,931	

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:

$$Z_{\text{накл}} = k_{\text{нр}} \cdot (Z_{\text{мат}} + Z_{\text{амор}} + Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} + Z_{\text{внеб}}) \quad (34)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

4.3.6 Формирование бюджета затрат

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основной для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку. Данные бюджета затрат НИИ приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Бюджет затрат

Наименование	Сумма, руб.	Удельный вес, %
Материальные затраты	3113,004	2,03
Затраты на амортизацию	6668	4,34
Затраты на основную заработную плату	81856,98	53,32
Затраты на дополнительную заработную плату	12278,55	8,00
Страховые взносы	28428,931	18,52
Накладные расходы	21175,274	13,79
Общий бюджет	153520,74	100

В данном разделе был выполнен расчет бюджета научно-исследовательской работы – источник питания процессора. Потенциальными потребителями данной системы являются промышленные предприятия, лаборатории. Данная система является конкурентоспособной благодаря своим преимуществам: безопасность, стабильность и мощность питания. Были проанализированы слабые и сильные стороны работы, способы устранения их и использования для продвижения исследовательской работы. Был проведен прогноз внешних угроз и возможностей, учитывая которые можно повысить конкурентоспособность данного проекта. В данном разделе было произведено распределение обязанностей по научно-исследовательской работе и рассчитано время, необходимое для выполнения работы. Общая продолжительность работ составила 105 дней. Также был сформирован бюджет затрат НИИ, который составил 153520,74 руб., на зарплату приходится больший процент затрат, равный 61,32%.