

Школа - Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки - 15.03.06 «Мехатроника и робототехника»
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Интегрированная система управления освещением тепличного полигона УДК 004.896:631.544.4:629.9

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Е61	Кузь Владимир Игоревич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Скороспешкин Максим Владимирович	К.Т.Н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОАР ИШИТР	Тутов Иван Андреевич			

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Конотопский Владимир Юрьевич	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Матвиенко Владимир Владиславович			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Мамонова Татьяна Егоровна	К.Т.Н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Применять глубокие естественно-научные, математические знания в области анализа, синтеза и проектирования для решения научных и инженерных задач производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств и систем, в том числе их систем управления
P2	Воспринимать, обрабатывать, анализировать и обобщать научно-техническую информацию, передовой отечественный и зарубежный опыт в области теории, проектирования, производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств и систем, принимать участие в командах по разработке и эксплуатации таких устройств и систем
P3	Применять полученные знания для решения инженерных задач при разработке, производстве и эксплуатации современных мехатронных и робототехнических устройств и систем (в том числе интеллектуальных) с использованием технологий мирового уровня, современных инструментальных и программных средств
P4	Определять, систематизировать и получать необходимую информацию в области проектирования, производства, исследований и эксплуатации мехатронных и робототехнических модулей, устройств и систем
P5	Планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования для целей проектирования, производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических средств и систем с использованием передового отечественного и зарубежного опыта, уметь критически оценивать полученные теоретические и экспериментальные данные и делать выводы
<i>Универсальные компетенции</i>	
P6	Интегрировать знания в области анализа, проектирования, производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств и систем со знаниями из смежных областей
P7	Понимать используемые современные методы, алгоритмы, модели и технические решения в мехатронике и робототехнике и знать области их применения, в том числе в автоматизированных производствах.
P8	Эффективно работать в профессиональной деятельности индивидуально и в качестве члена команды
P9	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально-экономических различий
P10	Проявлять широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, демонстрировать понимание вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду.
P11	Следовать кодексу профессиональной этики и ответственности и международным нормам инженерной деятельности
P12	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности

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

Школа - Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки - 15.03.06 «Мехатроника и робототехника»
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

 (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
8Е61	Кузь Владимиру Игоревичу

Тема работы:

Интегрированная система управления освещением тепличного полигона	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:

	15.05.2020
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	
<i>(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.).</i>	Разработка должна быть универсальной, с возможностью применения под разные размеры помещений и типы осветительных приборов. Разработка системы управления освещением должна производиться с учётом имеющейся лабораторной базы, а именно: <ul style="list-style-type: none"> • Среда Matlab. • Среда Proteus

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><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>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Обзор аналогов 2) Разработка структурной схемы 3) Разработка и расчет принципиальных схем 4) Моделирование принципиальных схем
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Структурная схема, принципиальные схемы.</p>

<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Конотопский Владимир Юрьевич, доцент ШИП, к.э.н.</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Матвиенко Владимир Владиславович, ассистент ООД ШБИП</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>Нет</p>	
<p> </p>	
<p> </p>	

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

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Старший преподаватель ОАР ИШИТР</p>	<p>Тутов Иван Андреевич</p>	<p> </p>	<p> </p>	<p> </p>

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>8Е61</p>	<p>Кузь Владимир Игоревич</p>	<p> </p>	<p> </p>

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

Школа - Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки - 15.03.06 «Мехатроника и робототехника»
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники
 Уровень образования – бакалавр
 Период выполнения – 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:	15.05.2020
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
25.04.2020	Основная часть	75
04.05.2020	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
13.05.2020	Социальная ответственность	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Скороспешкин Максим Владимирович	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Мамонова Татьяна Егоровна	к.т.н.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Е61	Кузь Владимиру Игоревичу

Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.06 «Мехатроника и робототехника»

Тема ВКР:

Интегрированная система управления освещением тепличного полигона

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<i>Объектом исследования является система управления освещением для поддержания требуемого уровня освещения с заданным спектром в зависимости суток для эффективного роста и развития растений. Рабочая зона оператора располагается в специально оборудованном помещении, где работник занимается непосредственно своими обязанностями. Область применения объекта – производственные помещения, улица, тепличные хозяйства, жилые помещения.</i>
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<i>Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 05.02.2018).</i> <i>Требования к организации оборудования рабочих мест с ПК регулируется СанПиН 2.2.2/4.1340-03.</i> <i>Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования ГОСТ 12.2.032-78.</i> <i>Система "Человек-машина". Кресло человека-оператора. Общие эргономические требования ГОСТ 21889-76.</i>
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	<i>1. Повышенное значение электромагнитного излучения.</i> <i>2. Недостаточная освещенность рабочей зоны.</i> <i>3. Вероятность получения удара электрическим током.</i> <i>4. Отклонение показателей микроклимата</i>
3. Экологическая безопасность:	<i>Литосфера – бытовой мусор.</i>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<i>Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией является пожар</i>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Матвиенко Владимир Владиславович			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Е61	Кузь Владимир Игоревич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8Е61	Кузь Владимиру Игоревичу

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.06 «Мехатроника и робототехника»

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Использовать действующие ценники и договорные цены на потребленные материальные и информационные ресурсы, а также указанную в МУ величину тарифа на эл. энергию
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	—
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Действующие ставки единого социального налога и НДС (см. МУ, ставка дисконтирования $i=0.1$)

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Оценка готовности полученного результата к выводу на целевые рынки, краткая характеристика этих рынков
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Построение плана-графика выполнения ВКР, составление соответствующей сметы затрат, расчет величины НДС и цены результата ВКР
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Качественная и количественная характеристика экономического и др. видов эффекта от внедрения результата, определение эффективности внедрения

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 - выполнить
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ - выполнить

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Конотопский Владимир Юрьевич	К. Э. Н.		26.02.2020 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Е61	Кузь Владимир Игоревич		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 63 страницы, 23 рисунка, 15 таблиц, 14 источников.

Ключевые слова: система управления освещением, регулирование, наложение сигнала, передача управляющего сигнала, преобразование сигнала.

Объектом исследования является интегрированная система управлением освещения тепличного полигона.

Цель работы: Разработка системы управления освещением, основанной на наложении управляющего сигнала на питающее напряжение.

В данной работе была разработана система управления освещением тепличного полигона, используя передачу управляющего сигнала и питающего напряжения по одной шине.

Предполагается, что внедрение разработанной системы в производство позволит упростить монтаж осветительных приборов, по сравнению с другими системами управления. Предполагается, что данная работа будет использоваться в тепличном полигоне, но так же может быть использована в жилых помещениях, на улице, в производственных помещениях.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2010, системы автоматического проектирования электронных схем Proteus, системы автоматизированного и программного обеспечения Matlab Simulink.

Оглавление

Введение.....	11
1 Разработка системы управления.....	14
1.1 Преобразование управляющего сигнала	14
1.1.1 Расчет и моделирование генератора синусоидального сигнала	14
1.2 Наложение управляющего сигнала на питающее напряжение	16
1.2.1 Моделирование балансного смесителя.....	17
1.3 Выделение управляющего сигнала приемником.....	19
1.3.1 Выбор, расчет и моделирование фильтра.....	19
1.3.1.1 Фильтр Лежандра	21
1.3.1.2 Фильтр Чебышева	22
1.4 Регулировка тока на нагрузке	25
1.4.1 Расчет, моделирование и подбор элементов понижающего импульсного преобразователя	26
1.4.1.1 Выбор дросселя	27
1.4.1.2 Выбор выходного конденсатора.....	27
1.4.1.3 Выбор диода	29
1.4.1.4 Выбор транзистора.....	29
1.4.1.5 Выбор микроконтроллера	30
1.4.2 Использование ПИ-регуляторов.....	31
1.5 Полученный результат.....	32
2 Социальная ответственность	35
2.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	35
2.3 Анализ опасных и вредных производственных факторов	38
2.3.1. Недостаточная освещенность рабочей зоны	38
2.3.2 Повышенное значение электромагнитного излучения	39
2.3.3 Вероятность получения удара электрическим током.....	40
2.3.4 Отклонение показателей микроклимата.....	41
2.4 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя.....	42

2.5 Экологическая безопасность.....	42
2.5.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду	42
2.6 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	44
2.6.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований	44
2.6.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований.....	44
2.6.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС	45
2.7 Заключение по разделу Социальная ответственность	46
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	47
3.1 Планирование научно-исследовательских работ.....	47
3.2 Продолжительность этапов работ	48
3.3 Расчет сметы затрат на выполнение проекта	53
3.3.1 Расчет затрат на материалы	53
3.3.2 Основная заработная плата исполнителей темы.....	53
3.3.4 Расчёт затрат на электроэнергию	55
3.3.5 Расчёт амортизационных расходов	56
3.3.6 Расчет расходов, учитываемых непосредственно на основе платежных (расчетных) документов (кроме суточных).....	58
3.3.8 Расчёт общей себестоимости разработки	58
3.3.9 Расчёт прибыли	59
3.3.10 Расчёт НДС	59
3.3.11 Цена разработки НИР	59
3.3.12 Оценка экономической эффективности проекта	59
Заключение	61
Список используемых источников.....	62

Введение

Назначение интегрированных систем управления освещением – это, прежде всего увеличение энергоэффективности, повышение комфорта жилья, улучшение эксплуатационных характеристик производственных зданий. Как сказано выше, системы управления освещением или значительно экономят электроэнергию или же используются для комфорта в умных домах. Для значительной экономии электроэнергии, подобные системы управления освещением применяют на самых разных объектах:

- складские помещения;
- офисные и административные здания;
- гостиницы;
- парковки и охраняемые территории;
- многоквартирные жилые дома;
- промышленные предприятия;
- торговые комплексы;
- учебные учреждения;

Очень важно грамотно спроектировать систему управления освещением еще на этапе планирования здания, но возможно её применение и в эксплуатируемом здании. Применить в проекте подходящее и надежное оборудование, продумать управление группами освещения, спланировать алгоритм работы системы, все это необходимо для стабильной работы системы. Естественно, что для каждого типа объекта система управления будет индивидуальна, но и типовые решения для помещений также имеются.

Основная функция подобных систем – изменение яркости осветительного прибора в зависимости от времени суток, либо по заранее заданным потребителем параметрам. Тем самым выполняется еще несколько важных функций: увеличение энергоэффективности, увеличение срока службы осветительных приборов, повышение экономии электроэнергии. Так же с помощью данной системы можно создавать необходимые оптимальные

условия для выращивания каких-либо растений в тепличных хозяйствах.

На сегодняшний день такие системы управления освещением довольно широко распространены, одним из наиболее популярных аналогов является системы управления DALI[4]. Но данная система довольно сложна в монтаже, особенно в масштабных проектах, тем самым достаточно дорога в установке (рисунок 1).

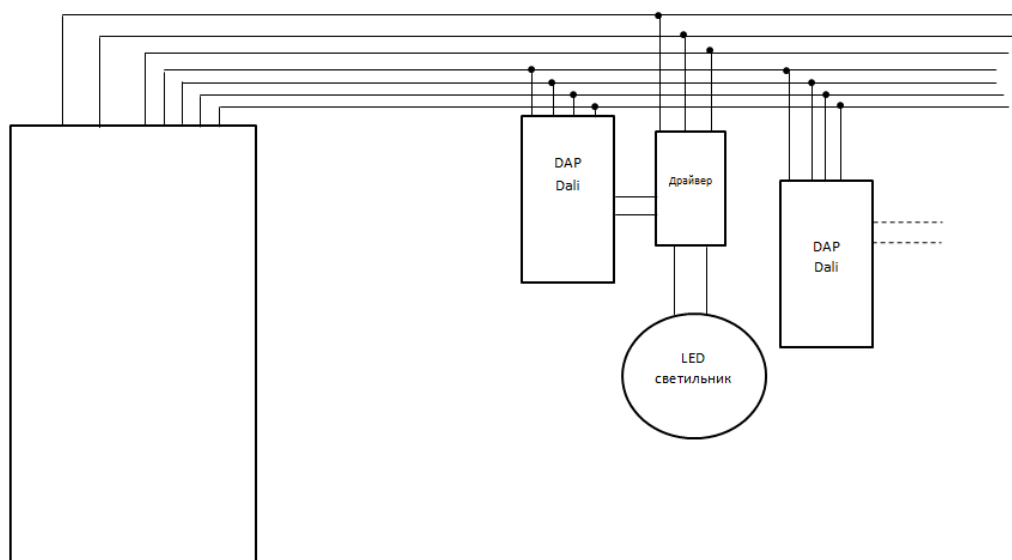


Рисунок 1 – Пример системы управления DALI

На рисунке 1 показан так называемый шкаф автоматизации, от которого протянуты силовые провода 220 В, так же к DAP DALI(блок преобразования сигнала интерфейса) протянута шина интерфейса и шина питания 24 В, далее от преобразователя протянуты еще два сигнальных провода к драйверу светодиодного светильника, который так же подключен к силовой проводке. Таким образом можно сделать вывод, что система имеет достаточно большое количество соединений, что при значительном количестве светильников серьезно усложняет монтаж данной системы.

Цель разработки:

задача разработки заключается в том, чтобы создать более удобную для монтажа систему управления освещением, используя наложение цифрового управляющего сигнала на питающее напряжение, чтобы уменьшить количество необходимых соединений.

Таким образом, данную задачу можно разделить на несколько подзадач, которые приведены ниже:

- преобразовать управляющий сигнал, чтобы наложить его на питающее переменное напряжение сети
- наложить сигналы друг на друга
- принять управляющий сигнал
- регулировать значение тока на осветительном приборе

Далее пошагово решим задачу каждого из этапов, произведем выбор и расчет необходимых схем.

1 Разработка системы управления

1.1 Преобразование управляющего сигнала

В силу того, что необходимо накладывать прямоугольные импульсы цифрового сигнала на питающее напряжение сети, имеющее синусоидальную форму, то можно сделать вывод, что «единицу» такого сигнала так же необходимо преобразовать в сигнал, имеющий постоянную частоту. Было решено преобразовывать цифровой сигнал в синусоидальную форму, так как синусоида передается на большие расстояния почти без искажений и, так как в дальнейшем нам необходимо будет отфильтровать этот сигнал, то фильтры выделяют именно гармонический сигнал. «Ноль» преобразовывать нет необходимости. Решением такой задачи является использование генератора синусоидального сигнала.

1.1.1 Расчет и моделирование генератора синусоидального сигнала

В качестве генератора был выбран RC-автогенератор с фазосдвигающей RC-цепью. Такие автогенераторы иногда называют цепочечными генераторами типа RC. Для получения положительной обратной связи фазосдвигающие (или фазовращающие) цепи должны обеспечивать на рабочей частоте поворот фазы выходного напряжения усилителя относительно входного на 180° . Эта задача решается с помощью фазовращающей цепи, состоящей из нескольких обратных Г-образных RC-звеньев. Так же для возникновения автоколебаний необходимо выполнить условие баланса амплитуд, т.е. произведение коэффициента обратной связи и коэффициента усиления ОУ должно быть равным единице (рисунок 2).

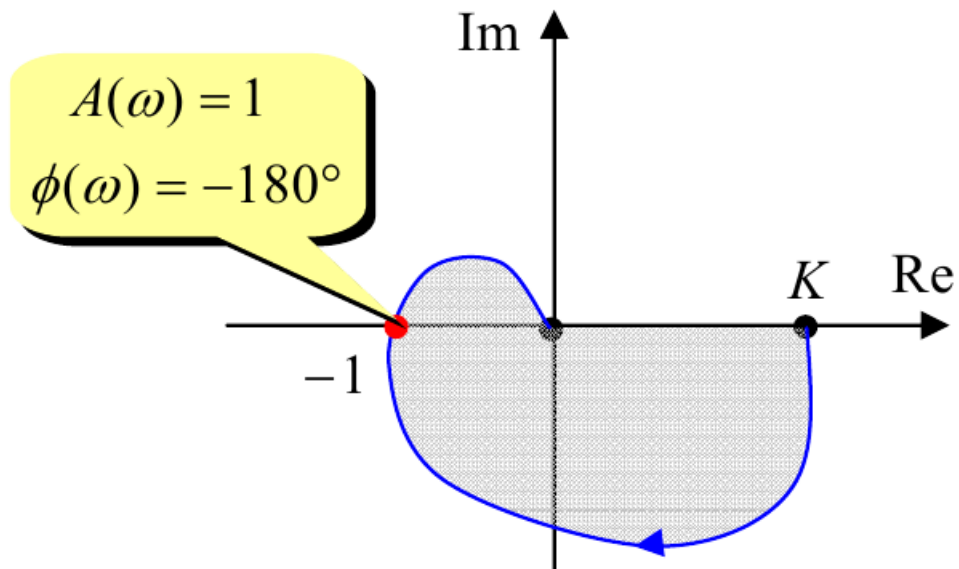


Рисунок 2 – Годограф Найквиста на границе устойчивости

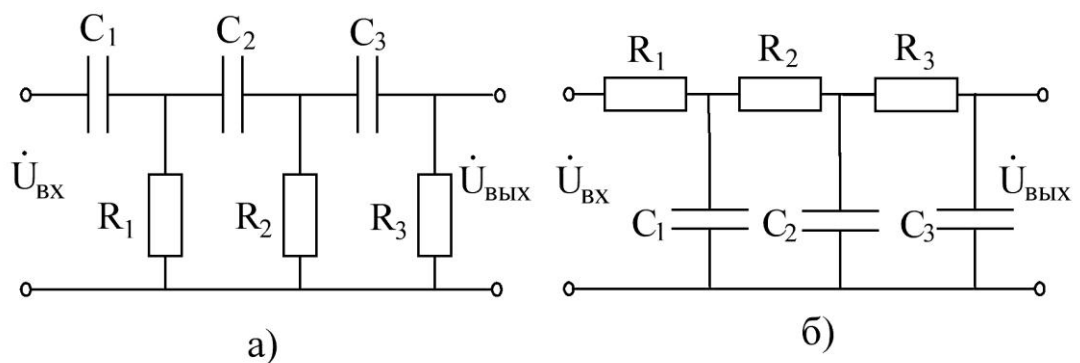
Изменение фазы зависит от числа звеньев и равно:

$$\varphi = \frac{180}{n}, \quad (1)$$

где φ – изменение фазы;

n – число звеньев, шт.

Существует два варианта фазовращающих цепей, получивших названия соответственно «R-параллель» и «C-параллель» (рисунок 3).



а) R-параллель; б) C-параллель

Рисунок 3 – Варианты фазовращающих цепочек

На квазирезонансной частоте генерации трехзвенная RC-цепь положительной обратной связи имеет вещественное значение коэффициента передачи, равное $\frac{1}{29}$, и вносит фазовый сдвиг, равный π . Поэтому для

обеспечения в автогенераторе баланса амплитуд необходимо выбирать коэффициент усиления усилителя больше или равным 29. Можно показать, что квазирезонансная частота генерации определяется формулой[2]:

$$f = \frac{\sqrt{6}}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot C} = \frac{0,39}{R \cdot C}, \quad (2)$$

где R – сопротивление резистора RC-цепи, Ом;

C – ёмкость конденсатора RC-цепи, Ф.

Выберем частоту генерации равной 20 кГц.

Тогда, согласно формуле (2):

$$R \cdot C = 19,5 \cdot 10^{-6} \quad (3)$$

Примем сопротивление резистора равным 10 кОм, тогда емкость конденсатора будет равна 19,5 нФ.

Коэффициент усиления рассчитывается по формуле:

$$Ku = \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{ВХ}}} = 1 + \frac{R2}{R1} \quad (4)$$

На рисунке 4 представлена схема генератора.

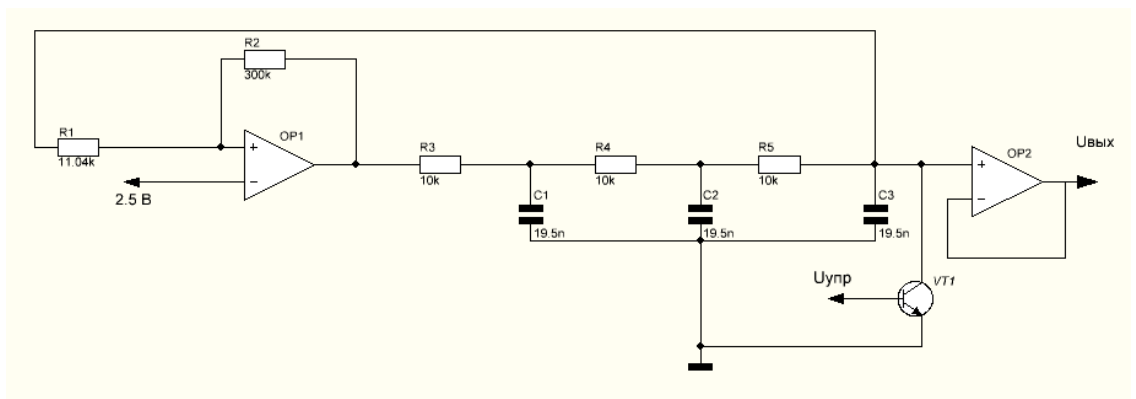


Рисунок 4 – Схема генератора синусоидального сигнала

Так же в схеме присутствует повторитель, отвечающий за то, чтобы нагрузка не влияла на частоту генерируемого сигнала, и транзистор, который будет управлять включение и выключением генератора.

1.2 Наложение управляющего сигнала на питающее напряжение

После того, как управляющий сигнал преобразован в необходимый

вид, необходимо решить задачу наложение этого сигнала на питающее напряжение. Одним из решений такой задачи является использование балансного смесителя. Смесители — это устройства преобразования частоты, которые, имея на входе два сигнала, формируют на выходе сигнал с частотой, строго зависящей (обычно равной сумме или разности) от частот входных сигналов. Работа смесителя основана на взаимной модуляции двух колебаний на нелинейном (преобразующем) элементе.

1.2.1 Моделирование балансного смесителя

Смесители на полупроводниковых диодах характеризуются невысоким уровнем шумов, высокой надежностью, низким коэффициентом передачи напряжения и мощности, могут работать на более высоких частотах, чем смесители на транзисторах. В диодных смесителях желательно использовать высокочастотные кремниевые диоды, обладающие большим отношением обратного и прямого сопротивлений и малой емкостью перехода.

Простейшая схема смесителя представлена на рисунке 5.

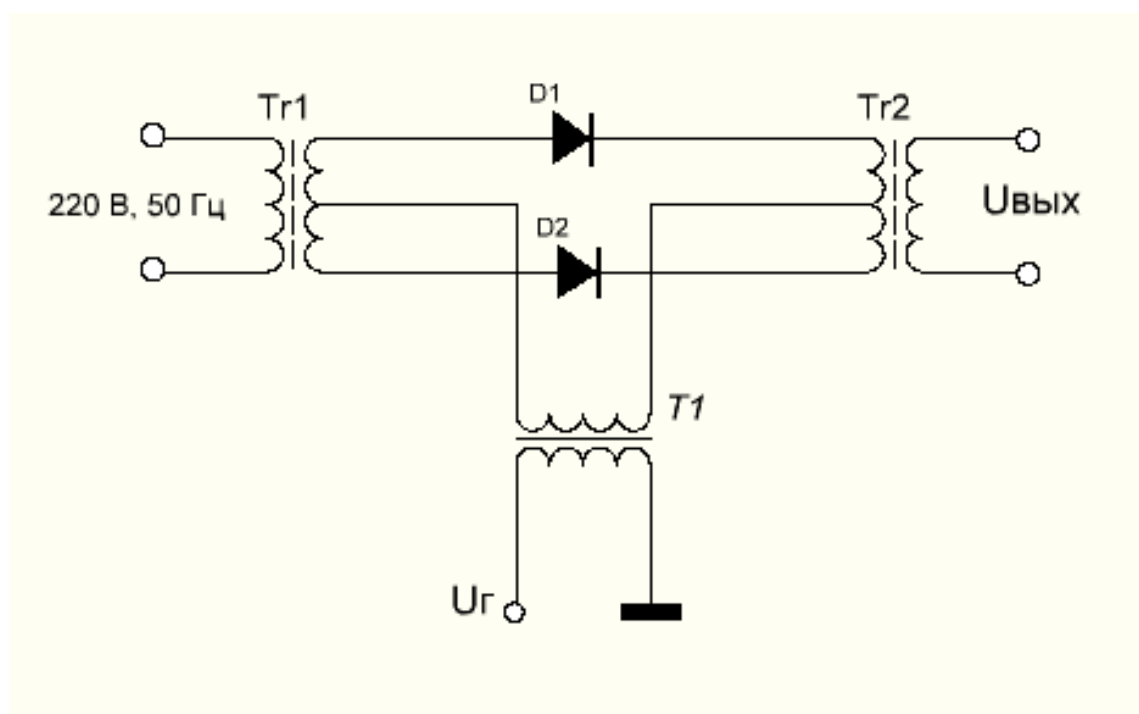


Рисунок 5 – Схема смесителя

Далее, чтобы наглядно показать работу смесителя, был приведен следующий рисунок (рисунок 6).

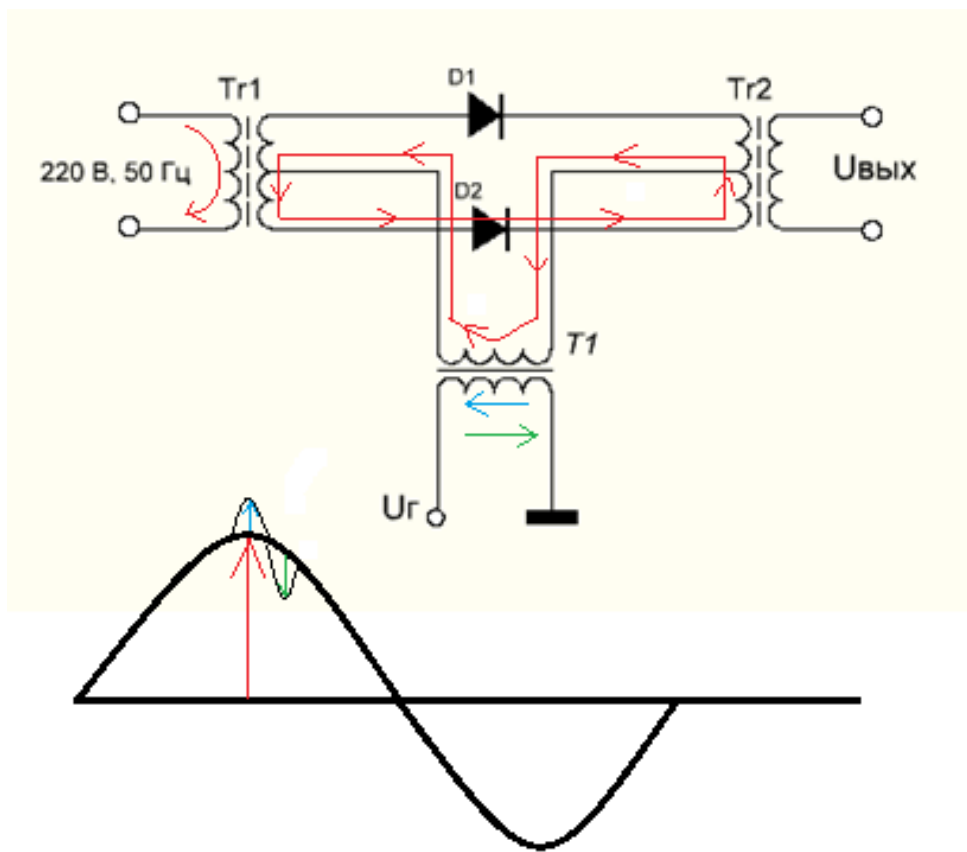


Рисунок 6 – Прохождение положительной полуволны

Красным цветом показано течение тока при прохождении положительной полуволны, синим и зеленым – направление сигнала генератора. В нижней части рисунка образно показано, каким образом происходит наложение сигнала. Таким же образом происходит наложение на отрицательной полуволне.

Далее эта схема была собрана в симуляторе и проверена на работоспособность (рисунок 7).

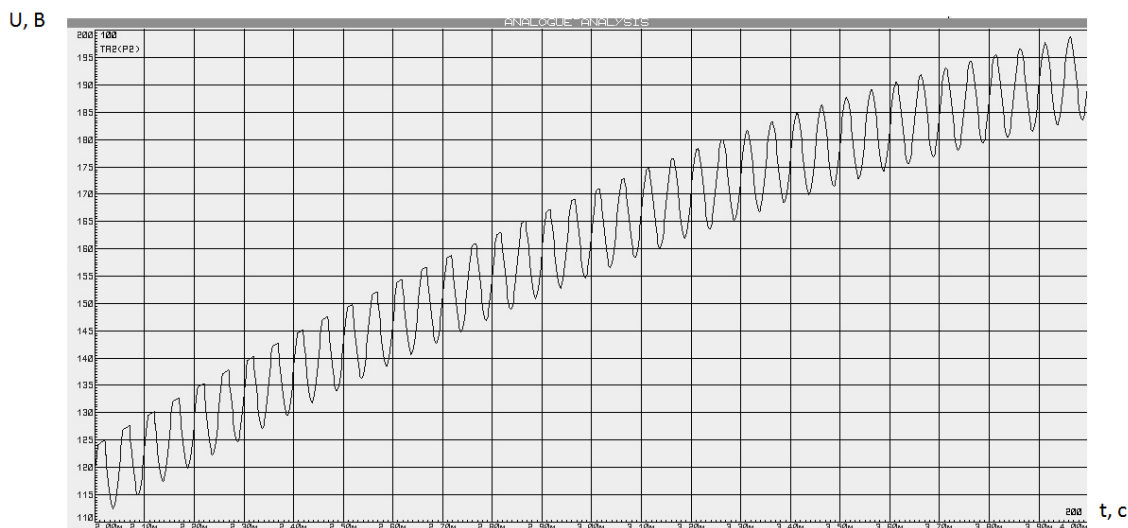


Рисунок 7 – Выходной сигнал смесителя

Таким образом можно сделать вывод, что схема работоспособна.

1.3 Выделение управляющего сигнала приемником

После того, как суммарный сигнал был передан, необходимо считать его приемником, которым является микроконтроллер. Для этого необходимо отфильтровать полученный сигнал. Для этого был использован активный полосовой фильтр первого порядка. На этом этапе необходимо сделать выбор между несколькими фильтрами, основываясь на том, что главным критерием для выбора является время переходного процесса фильтра.

1.3.1 Выбор, расчет и моделирование фильтра

Электрический фильтр – это устройство для выделения желательных компонентов спектра (частот) электрического сигнала и/или для подавления нежелательных. Для остальных частот, которые не входят в полосу пропускания, фильтр создает большое затухание, вплоть до полного их исчезновения. Было решено использовать активный полосовой фильтр первого порядка, т.е. на операционном усилителе. К преимуществам активных фильтров в первую очередь следует отнести:

- способность усиливать сигнал, лежащий в полосе пропускания фильтра;

- простота настройки;
- малые масса и объем, которые слабо зависят от полосы пропускания, что особенно важно при разработке устройств, работающих в низкочастотной области;
- простота каскадного включения при построении фильтров высоких порядков.

Полосовой фильтр пропускает сигналы, частоты которых лежат выше и ниже резонансной частоты в установленных пределах. Ширина полосы пропускания определяется избирательностью (добротностью Q) этих схем. Поэтому составляющие сигнала с частотами выше и ниже полосы пропускания, будут ослабляться, или отфильтровываться, в то время как составляющие с частотами, находящимися в полосе пропускания, проходят с умеренным затуханием.

Первым делом необходимо выбрать более подходящий для данной задачи фильтр. Выбор состоит между фильтром Чебышева и фильтром Лежандра, так как они обладают наиболее подходящими АЧХ.

Так же необходим пассивный фильтр, для того чтобы не подать на ОУ напряжение 310 В.

Они строятся по одной схеме (рисунок 8), так как реализованы по образу схемы Саллена-Ки, но имеют разные номиналы элементов[3].

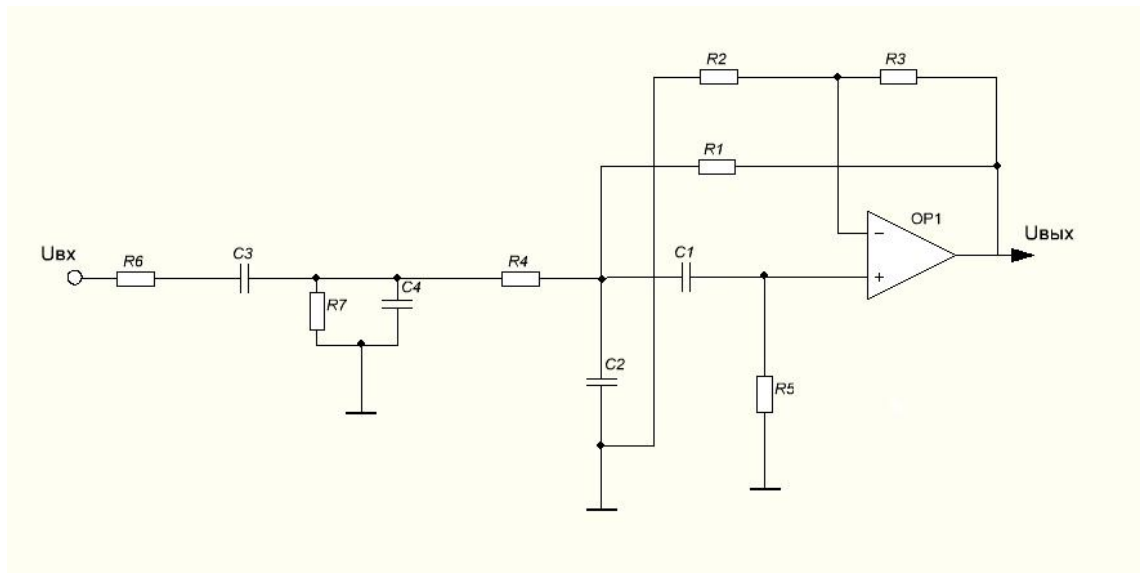


Рисунок 8 – Схема активного полосового фильтра первого порядка

Так как для генератора синусоидального сигнала была выбрана частота 20 кГц, соответственно и квазирезонансная частота активного фильтра равна 20 кГц.

Примем ширину полосы пропускания равной 100 Гц.

Соответственно добротность фильтра определяется по формуле:

$$Q = \frac{f}{\Delta f} = 200, \quad (5)$$

где f – квазирезонансная частота фильтра, Гц;

Δf – ширина полосы пропускания, Гц.

1.3.1.1 Фильтр Лежандра

Первым рассмотрим фильтр Лежандра.

Передаточная функция данного фильтра имеет вид[3]:

$$W(s) = \frac{628,3 \cdot S}{S^2 + 628,3 \cdot S + 1,579 \cdot 10^{10}} \quad (6)$$

Построим АЧХ данного фильтра (рисунок 9).

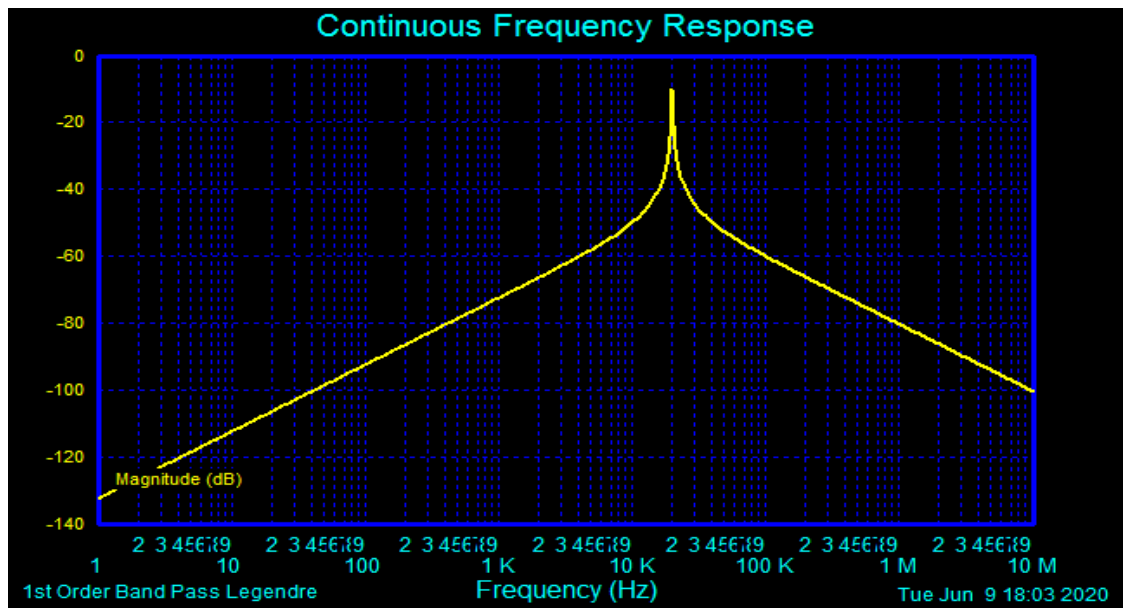


Рисунок 9 – АЧХ фильтра Лежандра

Из рисунка 9 можно увидеть, что данный фильтр дает спад 40 дБ на декаду.

Так как решающим фактором выбора является время переходного процесса, то построим график этого переходного процесса (рисунок 10).

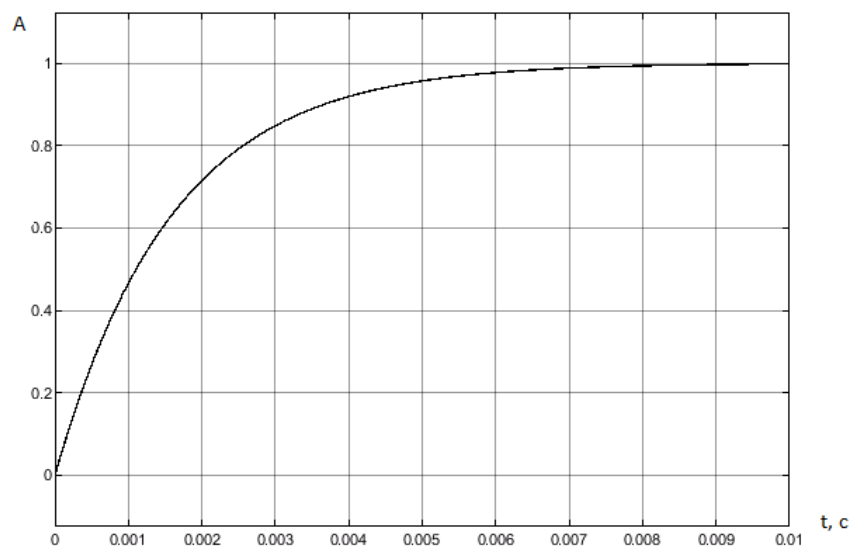


Рисунок 10 – Переходный процесс фильтра Лежандра

1.3.1.2 Фильтр Чебышева

Далее будет рассмотрен фильтр Чебышева.

Передаточная функция фильтра имеет вид[3]:

$$W(s) = \frac{5839 \cdot S}{S^2 + 5839 \cdot S + 1,579 \cdot 10^{10}} \quad (7)$$

АЧХ данного фильтра будет иметь такой вид (рисунок 11):

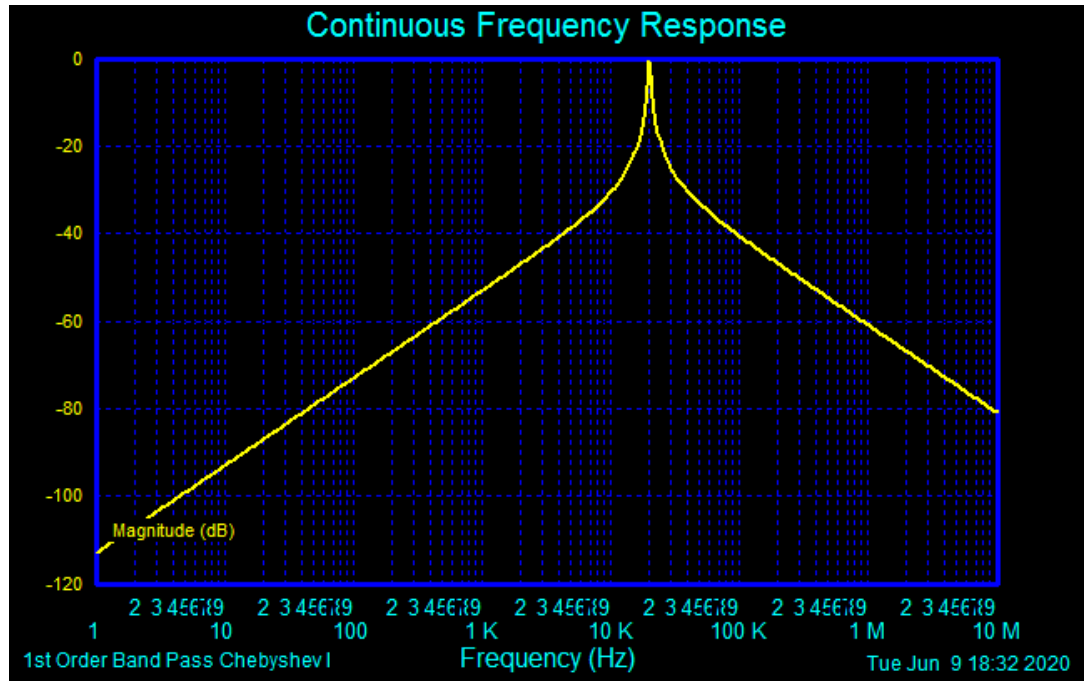


Рисунок 11 – АЧХ фильтра Чебышева

Из рисунка 11 можно увидеть, что данный фильтр дает спад 20 дБ на декаду.

График переходного процесса представлен на рисунке 12.

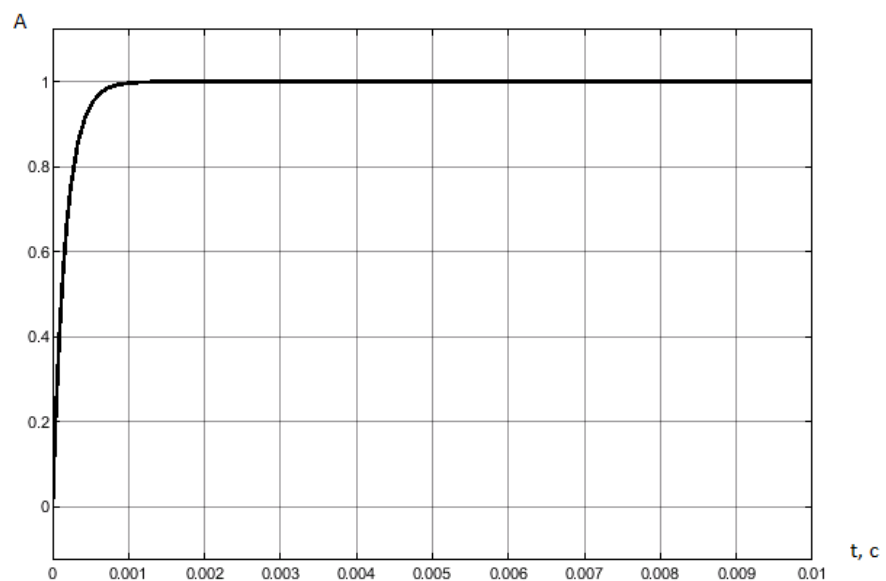


Рисунок 12 – График переходного процесса фильтра Чебышева

По полученным данным можно сказать, что фильтр Лежандра имеет

большой спад, чем фильтр Чебышева, соответственно и более узкую АЧХ на полосе пропускания, что позволяет сильнее подавлять сигналы, близкие к граничным значениям полосы пропускания. Но при этом для фильтра Лежандра необходимо больше времени для того, чтобы амплитуда выходного сигнала достигла необходимого значения. В следствии этих данных был выбран фильтр Чебышева, так как главным критерием является время переходного процесса.

Построим данный фильтр в симуляторе и пропустим через него сигналы разных частот.

Задав входной сигнал частотой 20 кГц, получим следующий сигнал на выходе (рисунок 13).

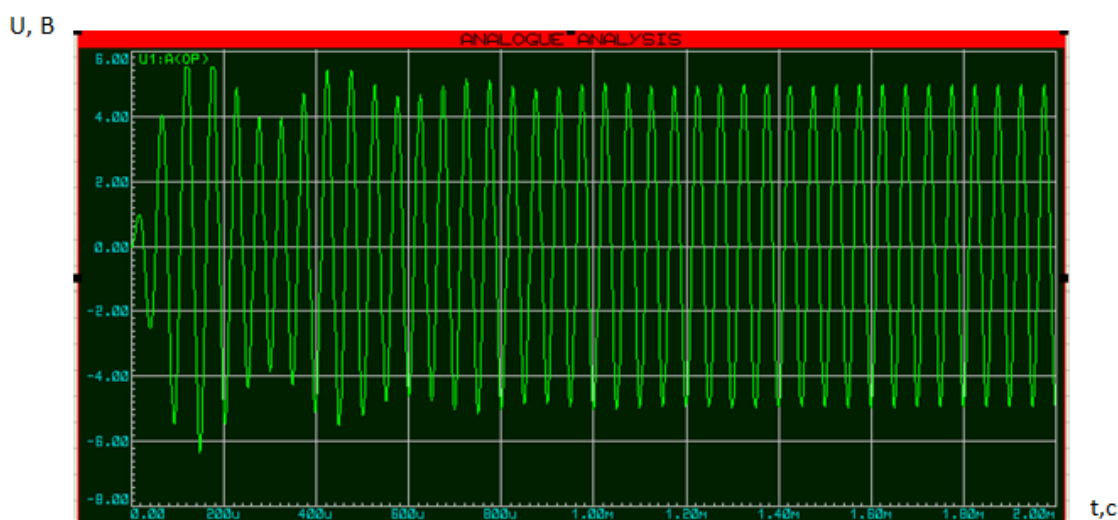


Рисунок 13 – Выходной сигнал фильтра Чебышева при частоте 20 кГц

Уменьшив частоту входного сигнала до 10 кГц, получим на выходе следующий сигнал (рисунок 14).

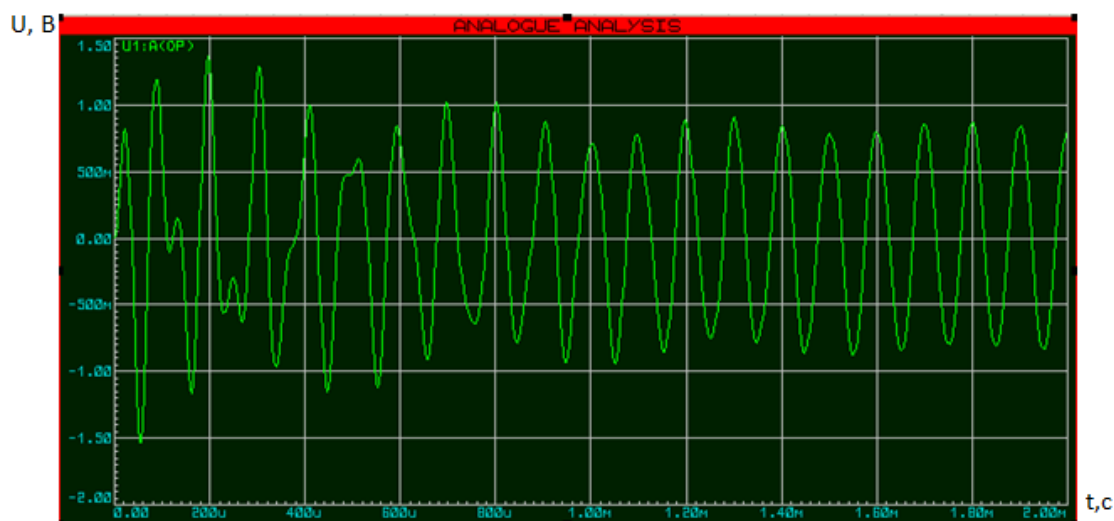


Рисунок 14 – Выходной сигнал фильтра Чебышева при частоте 10 кГц
 Далее зададим частоту входного сигнала 30 кГц (рисунок 15).

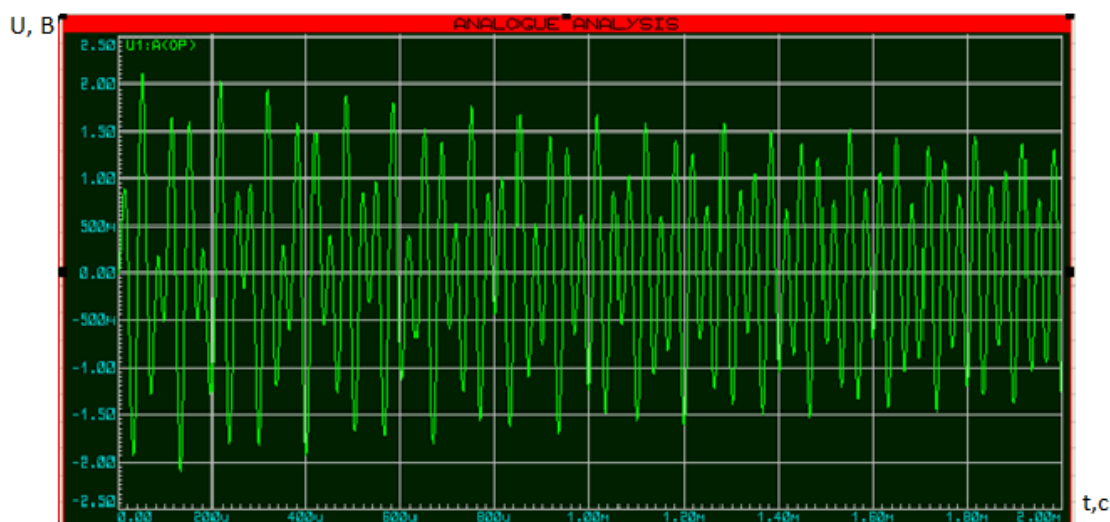


Рисунок 15 – Выходной сигнал фильтра Чебышева при частоте 30 кГц
 По полученным данным можно увидеть, что амплитуда сигнала частоты, не входящий в полосу пропускания, значительно ослабляется, в то время как сигнал квазирезонансной частоты имеет стабильную амплитуду. Переходный процесс при этом занимает 800 мкс.

1.4 Регулировка тока на нагрузке

После того, как управляющий сигнал был успешно отфильтрован, необходимо заново сформировать его подчиненным устройством. Для этой

цели в работе используется микроконтроллер. Для регулировки значений тока и освещенности, на ПЛК реализован ПИ-регулятор по освещенности, и на микроконтроллере реализован ПИ-регулятор по току. Регулировка тока происходит при помощи понижающего импульсного преобразователя. Т.е. сигнал с фильтра подается на микроконтроллер, в котором формируется уставка для регулятора. В системе используется каскадное включение регуляторов, т.е. есть два регулятора, один ведущий и один ведомый. Ведущим является ПИ-регулятор по сигналу с фотодатчика. Ведомым является ПИ-регулятор по току. Микроконтроллер получает уставку для регулятора, вычисляет ошибку и производит выходной сигнал, который регулирует скважность ШИМа, подаваемого на транзистор импульсного преобразователя. Таким образом регулируется проходящий через осветительный прибор ток, а следовательно и освещенность.

1.4.1 Расчет, моделирование и подбор элементов понижающего импульсного преобразователя

Понижающий импульсный преобразователь (рисунок 16) состоит из последовательно включенного коммутирующего элемента Т1, индуктивного накопителя энергии L1, нагрузки в виде светодиодной лампы LED1-3, а также включенным параллельно нагрузке конденсатором фильтра C1. Так же в схеме присутствует диодный мост и сглаживающий конденсатор C2. Резистор R1 используется в качестве датчика тока. С помощью АЦП микроконтроллера снимается напряжение, считается ток, сравнивается с заданным значением и регулируется скважность с помощью ПИ-регулятора.

В момент времени, когда транзистор Т1 открыт, энергия накапливается в индуктивном накопителе энергии. После того, как транзистор закроется, запасенная в катушке энергия через диод D1 будет рассеиваться на нагрузке, а конденсатор C1 будет сглаживать пульсации напряжения.

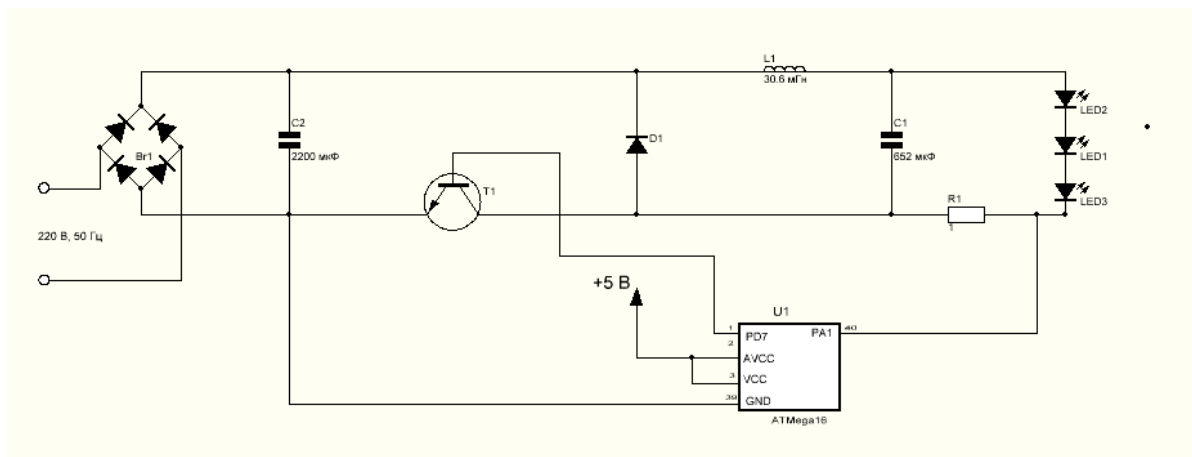


Рисунок 16 – Схема понижающего импульсного преобразователя

1.4.1.1 Выбор дросселя

Данный преобразователь работает в режиме непрерывного тока, что является типичным случаем для таких схем. Это означает, что пока коммутирующий элемент закрыт, дроссель разряжается не полностью. Приведенные ниже формулы справедливы для идеального коммутирующего элемента, т.е. в открытом состоянии его сопротивление равно нулю, а в закрытом состоянии – бесконечное, а так же нулевое время переключения, и идеального диода. Индуктивность равна[1]:

$$L = (U_{ВХ} - U_{ВЫХ}) \cdot \frac{U_{ВЫХ}}{U_{ВХ}} \cdot \frac{1}{f} \cdot \frac{1}{LIR \cdot I_n}, \quad (8)$$

где $U_{ВХ}$ – входное напряжение ($U_{ВХ} = 310$), В;

$U_{ВЫХ}$ – выходное напряжение ($U_{ВЫХ} = 190$), В;

f – частота ШИМа ($f = 8$), кГц;

LIR – коэффициент, выраженный как процент от максимального выходного тока, описывающий пульсации тока на дросселе ($LIR = 0,3$);

I_n – ток нагрузки ($I_n = 1$), А.

Получим значение индуктивности катушки равное 30,6 мГн.

1.4.1.2 Выбор выходного конденсатора

Выходной конденсатор требуется для минимизации выбросов

напряжения и пульсаций на выходе понижающего преобразователя. Большие выбросы вызываются недостаточной выходной емкостью, а большие пульсации напряжения — недостаточной емкостью и высоким эквивалентным последовательным сопротивлением (ESR) выходного конденсатора.

Таким образом, для обеспечения требований к пульсациям необходимо включать выходной конденсатор с достаточной емкостью и низким ESR.

Проблема выброса (когда выходное напряжение превышает напряжение стабилизации во время внезапного отключения полной нагрузки от выхода) требует, чтобы выходной конденсатор был достаточно большим для предотвращения передачи энергии дросселя, уровень которой выше определенного максимума. Величина превышения выходного напряжения может быть рассчитана по следующей формуле[1]:

$$\Delta U = \left(\sqrt{U_{\text{ВЫХ}}^2 + \frac{L \cdot \left(I_{\text{Н}} + \frac{\Delta I_{\text{ДР}}}{2}\right)^2}{C}} \right) - U_{\text{ВЫХ}}, \quad (9)$$

где $U_{\text{ВЫХ}}$ – выходное напряжение ($U_{\text{ВЫХ}} = 190$), В;

L – индуктивность дросселя ($L = 30,6$), мГн;

$I_{\text{Н}}$ – ток нагрузки ($I_{\text{Н}} = 1$), А.

$\Delta I_{\text{ДР}}$ – величина пульсаций тока на дросселе ($\Delta I_{\text{ДР}} = 0,3$), А;

C – емкость конденсатора, Ф.

Преобразуя формулу (9), получим:

$$C = \frac{L * \left(I_{\text{Н}} + \frac{\Delta I_{\text{ДР}}}{2}\right)^2}{(\Delta U + U_{\text{ВЫХ}})^2 - U_{\text{ВЫХ}}^2} \quad (10)$$

Примем превышение выходного напряжения равным 100 мВ.

Подставив данные, получим значение емкости равное 652 мкФ.

1.4.1.3 Выбор диода

Максимальный ток, протекающий в схеме, равен 1 А, для надежности возьмем диод на 2 А.

В таблице 1 приведены несколько образцов для выбора.

Таблица 1 – Характеристики диодов

Название	HER205	RL204	1N5399
Максимальное обратное напряжение, В	400	400	600
Максимальное импульсное обратное напряжение, В	400	480	800
Максимальный прямой ток, А	2	2	1,5
Максимально допустимый прямой импульсный ток, А	60	70	50
Цена, руб	7	4	6

Таким образом, был выбран диод RL204.

1.4.1.4 Выбор транзистора

В качестве ключа используется биполярный NPN транзистор.

В таблице 2 приведены параметры нескольких образцов для выбора

Таблица 2 – Параметры транзисторов

Название	MJE13005G	MJE13005	2SC4458
Напряжение К-Э, В	400	400	500
Ток коллектора, А	2	4	7
Частота перехода, МГц	4	4	18
Цена, руб	98	180	300

В качестве ключа был выбран MJE13005G, подходящий по всем параметрам.

1.4.1.5 Выбор микроконтроллера

- Устройство управления должно получать информацию от датчиков обратной связи и выдавать управляющие воздействия.
- Микроконтроллер, используемый как устройство управления, должен иметь достаточное количество входов аналогового ввода, АЦП или аналоговых компараторов.
- Приемлемая цена и распространенность контроллера для возможности замены и ремонта.

Проведем сравнительный анализ представленных на рынке устройств (таблица 3).

Таблица 3 – Характеристики микроконтроллеров

Характеристики	ATtiny13	ATMega 8	ATMega16	PIC18	PIC18FXX2
Напряжение питания, В	2,7 - 5,5	4,5 - 5,5	4,5 - 5,5	3-5,5	2 - 5,5
Тактовая частота, МГц	0 - 10	0 - 16	0 - 16	0 - 16	0 - 40
Число портов ввода-вывода	8	30	40	25	40
Объем FLASH – памяти, Кбайт	1	8	16	16	32
Разрядность, бит	8	8	8	8	8
Температурный диапазон, С	+10 - +40	+10 - +40	+10 - +40	+10 - +40	+10 - +40
Количество ШИМ-каналов	2	3	4	2	4
Цена, руб	59	130	160	200	400

Исходя из данных таблицы, был выбран микроконтроллер ATtiny13.

Распиновка и внешний вид микроконтроллера представлены на рисунке 17[5].

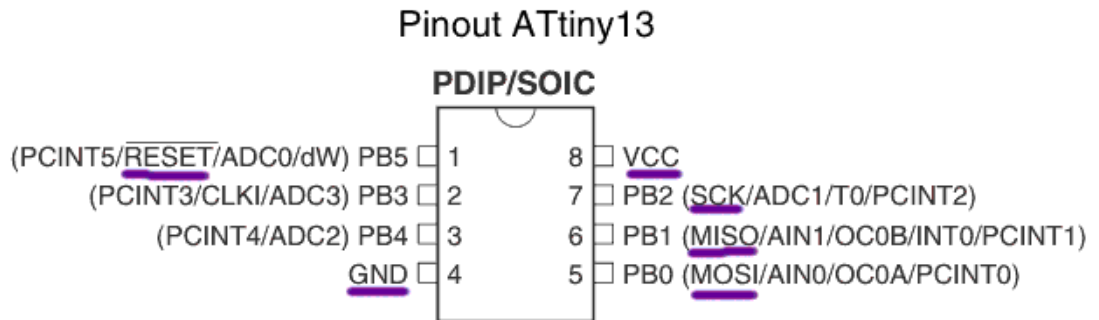


Рисунок 17 – ATtiny13

1.4.2 Использование ПИ-регуляторов

Использование ПИ-регуляторов в работе обусловлено тем, что светодиод – нелинейный элемент, соответственно вносит нелинейность в систему. Зависимость светового потока от прямого тока через светодиод так же нелинейная (рисунок 18). Соответственно, чтобы избежать статической ошибки, используются ПИ-регуляторы освещенности и тока.

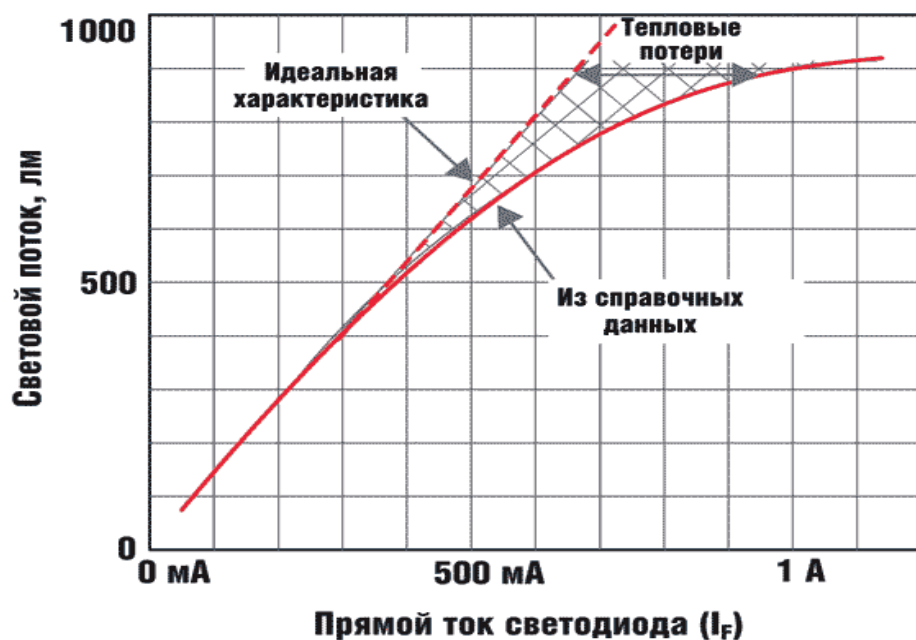


Рисунок 18 – Зависимость светового потока от тока

Работа регулятора была сделана в среде Matlab Simulink (рисунок 19).

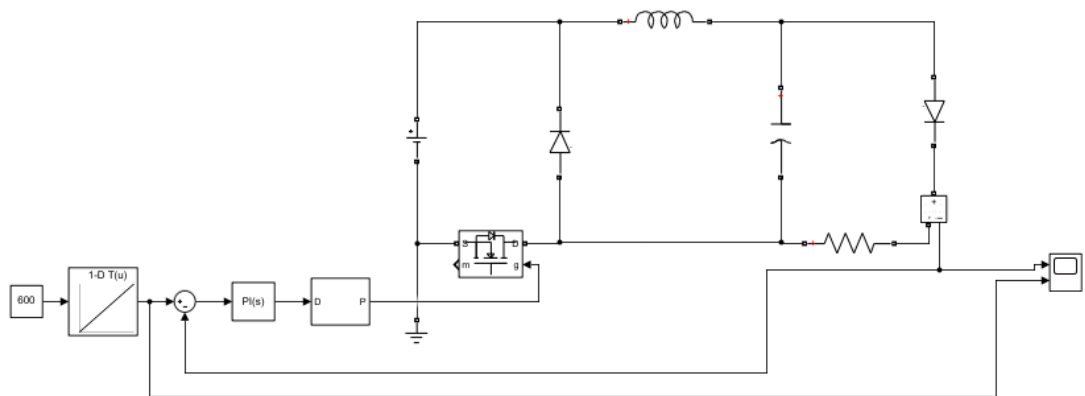


Рисунок 19 – Схема в Simulink

Важным критерием качества переходного процесса была отсутствие перерегулирования. Время переходного процесса не имело значения. Блок LookUpTable в схеме отвечает за нелинейность зависимости между световым потоком и прямым током.

В результате был получен следующий график зависимости тока через светодиоды по времени (рисунок 20).

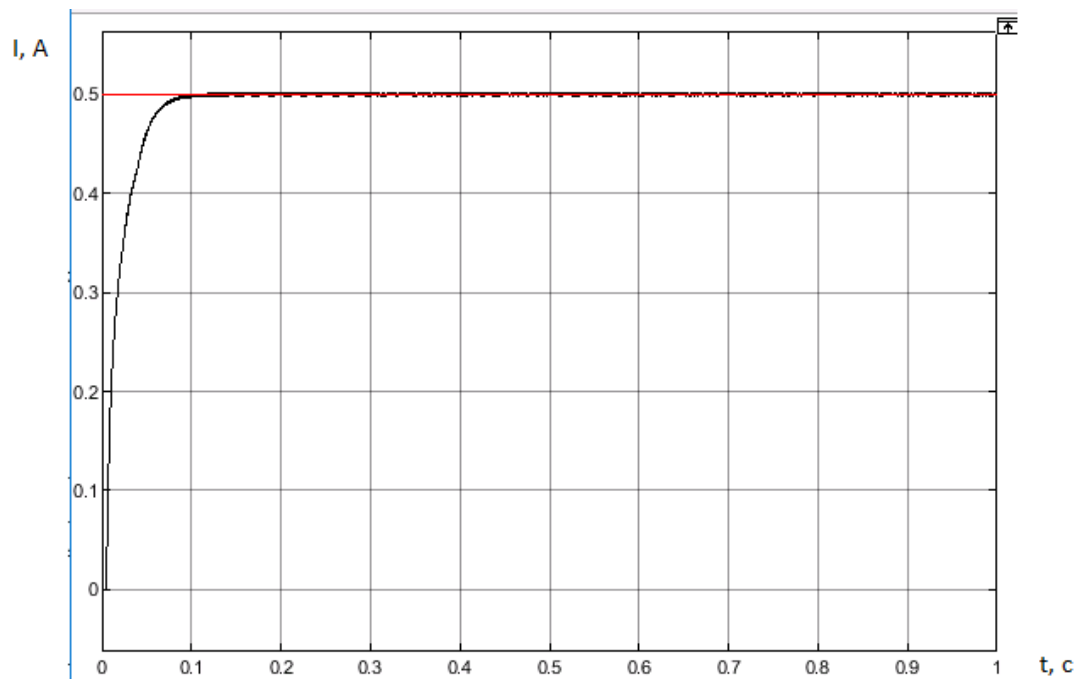


Рисунок 20 – Результат регулирования

1.5 Полученный результат

После решения всех задач, поставленных в начале работы, в результате получаем систему управления, структурная схема которой представлена на рисунке 21.

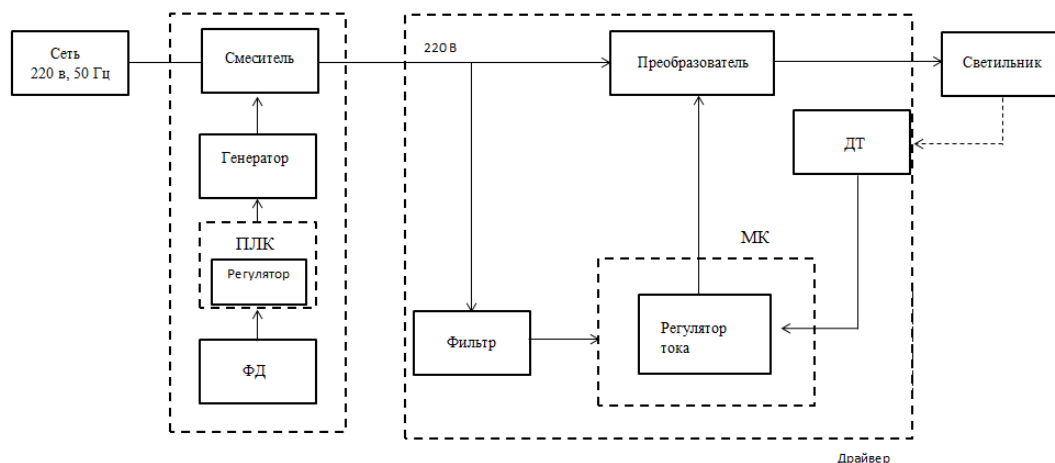


Рисунок 21 – Структурная схема системы управления

Здесь:

ФД – фотодатчик.

ДТ – датчик тока.

МК – микроконтроллер.

ПЛК – программируемый логический контроллер.

Подводя итог, опишем принцип работы системы. Он заключается в том, что на ПЛК приходит определенное значение с фотодатчика, далее в ПЛК посредством ПИ-регулятора по освещенности формируется уставка для второго ПИ-регулятора по току. Далее эта уставка формируется в цифровой сигнал и подается на генератор синусоидального сигнала, через который «единица» преобразуется в синусоиду частотой 20 кГц. Далее этот сигнал подается на балансный смеситель, где он накладывается на питающее напряжение. Далее суммарный сигнал подается на полосовой фильтр и понижающий импульсный преобразователь. Сигнал с фильтра подается на микроконтроллер, в котором формируется уставка для второго регулятора. В системе используется каскадное включение регуляторов, т.е. есть два

регулятора, один ведущий и один ведомый. Ведущим является ПИ-регулятор по сигналу с фотодатчика. Ведомым является ПИ-регулятор по току, выходной сигнал которого регулирует скважность ШИМа, подаваемого на транзистор импульсного преобразователя. Таким образом регулируется проходящий через осветительный прибор ток, а следовательно и освещенность.

Количество проводов и соединений, необходимых для установки, показано на рисунке 22.

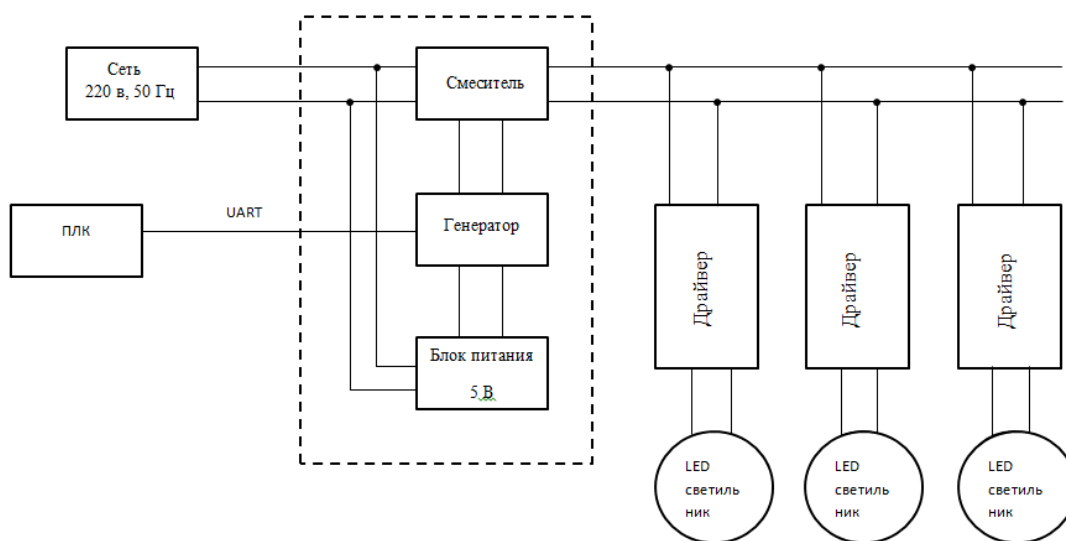


Рисунок 22 – Пример установки

Таким образом, если сравнить этот рисунок с рисунком 1, на котором показаны соединения аналога данной работы, то можно сказать что удалось значительно сократить количество необходимых соединений для установки системы управления освещением, тем самым значительно упростив монтаж.

2 Социальная ответственность

Ни одна область человеческой деятельности не может быть не сопряжена с воздействием вредных и опасных факторов. Одной из главных задач на сегодняшний день является снижение влияния этих факторов на организм человека и окружающую природу.

Работа посвящена разработке интегрированной системы управления освещением для поддержания требуемого уровня освещения с заданным спектром в зависимости от времени суток.

Назначение интегрированных систем управления освещением – это, прежде всего увеличение энергоэффективности, повышение комфорта жилья, улучшение эксплуатационных характеристик производственных зданий. Как сказано выше, системы управления освещением или значительно экономят электроэнергию или же используются для комфорта в умных домах. Для значительной экономии электроэнергии, подобные системы управления освещением применяют на самых разных объектах: складские помещения, офисные и административные здания, гостиницы, парковки и охраняемые территории, многоквартирные жилые дома, промышленные предприятия, торговые комплексы, учебные учреждения. Основным отличием от существующих аналогов является более простой монтаж, так как используется гораздо меньше соединений, за счет наложения управляющего сигнала на питающее напряжение.

Предполагается, что данная работа будет использоваться в тепличном полигоне.

2.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Трудовые отношения между работником и работодателем регулируются Трудовым кодексом Российской Федерации. В нём описываются основные нормы и правила, которые обязаны соблюдать

рабочий и работодатель в случае возникновения трудовых отношений.

График работы персонала должен соответствовать 16 главе трудового кодекса, регламентирующей режим рабочего времени.

Т.к. технологический процесс является автоматическим, то постоянное пребывание оператора на рабочем месте не требуется. Наиболее подходящим является ненормированный режим рабочего времени. Работники могут по распоряжению работодателя при необходимости эпизодически привлекаться к выполнению своих трудовых функций за пределами установленной для них продолжительности рабочего времени.

Безопасность труда работника регламентируется нормативным документом под названием «Система стандартов безопасности труда» (ССБТ). Обслуживание данной автоматизированной системы управления подразумевает работу с персональным компьютером. В данном случае рабочее место сотрудника регулируется ГОСТ 12.2.032-78. Оптимальным является размещение предметов труда и документации следующим образом (рисунок 23):

- Моноблок со встроенным дисплеем располагается в центральной части зоны 3;
- Клавиатура располагается в зоне 1;
- Мышь располагается в зоне 2 справа;
- документация, необходимая при работе – в зоне легкой досягаемости ладони – 3, а в выдвижных ящиках стола – литература, неиспользуемая постоянно.

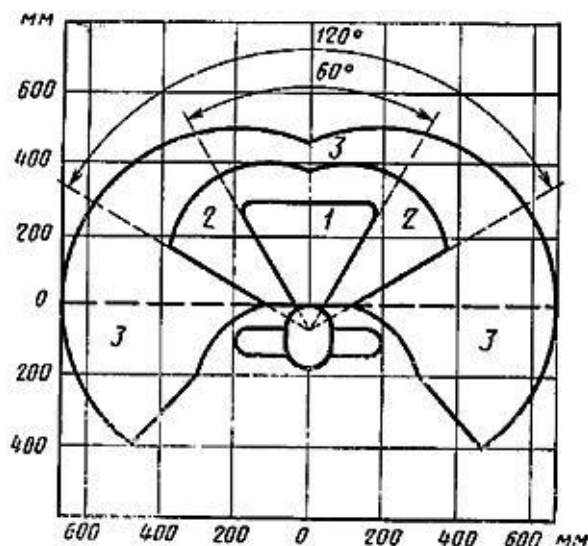


Рисунок 23 – Зоны для выполнения ручных операций и размещения органов управления

2.2 Производственная безопасность

Таблица 4 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработк а	Изготовле ние	Эксплуа тация	
1. Недостаточная освещенность рабочей зоны			+	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 "Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий"
2. Повышенное значение электромагнитного излучения	+	+	+	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 "Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинами организации работы"

Продолжение таблицы 4 – Возможные опасные и вредные факторы

3.Вероятность получения удара электрическим током	+	+	+	ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность.
4.Отклонение от показателей микроклимата.	+	+	+	Общие требования и номенклатура видов защиты.
				ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений (1 октября 1996 г. N 21)

2.3 Анализ опасных и вредных производственных факторов

2.3.1. Недостаточная освещенность рабочей зоны

Недостаточная освещённость рабочей зоны приводит к снижению зрения рабочего и уменьшению внимания. Недостаточная освещённость может быть результатом неправильного расположения источников

искусственного света и неправильной планировки окон.

Требования к освещению на рабочих местах при работе с ПК представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Требования к освещению на рабочих местах

Освещенность на рабочем столе	300-500 лк
Освещенность на экране ПК	не выше 300 лк
Блики на экране	не выше 40 кд/м ²
Прямая блёсткость источника света	200 кд/м ²
Показатель ослеплённости	не более 20
Показатель дискомфорта	не более 15
Отношение яркости:	
– между рабочими поверхностями	3:1–5:1
– между поверхностями стен и оборудования	10:1
Коэффициент пульсации:	не более 5%

Для снижения влияния недостаточной освещённости применяется использование дополнительных источников искусственного света.

2.3.2 Повышенное значение электромагнитного излучения

Электромагнитные излучения оказывают негативное влияние на сердечно-сосудистую, нервную и эндокринную систему, а также могут привести к раковым заболеваниям. Источниками электромагнитного излучения являются системный блок и кабели, соединяющие электрические цепи. Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ указаны в таблице 6.

Таблица 6 – Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц-2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц-400 кГц	2,5 В/м

Продолжение таблицы 6 – Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ

Плотность магнитного поля	в диапазоне частот 5 Гц-2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц-400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		500 В

Для снижения воздействия электромагнитного излучения применяют следующие меры:

- расстояние от монитора до работника должно составлять не менее 50 см;
- применение экранных защитных фильтров, а также средств индивидуальной защиты.

2.3.3 Вероятность получения удара электрическим током

Удар электрическим током возможно получить при соприкосновении с токоведущими частями оборудования.

Помещение, в котором расположено рабочее место, относится к категории без повышенной опасности и соответствует следующим условиям:

- напряжение питающей сети 220 В, 50 Гц;
- относительная влажность воздуха 50%;
- средняя температура около 24°C;
- наличие непроводящего полового покрытия.

Для снижения вероятности поражения электрическим током ПЭВМ должны быть оборудованы защитным занулением; подача электрического тока в помещение должна осуществляться от отдельного независимого источника питания; необходима изоляция токопроводящих частей и ее непрерывный контроль; должны быть предусмотрены защитное отключение, предупредительная сигнализация и блокировка.

2.3.4 Отклонение показателей микроклимата

В рабочем помещении на микроклимат могут влиять разные вещи, вентиляция, нагревательные батареи, температура за окном, а также количество включенной техники в лаборатории.

Микроклимат помещения, в котором человек находится длительное время, играет большую роль в работоспособности, а также возможности комфортно отдохнуть и расслабиться. Состояние внутренней среды здания может как плодотворно влиять на здоровье человека, так и оказывать негативное воздействие. Микроклимат любых помещений характеризуется температурой воздуха, его влажностью и скоростью движения.

Исходя из требований СанПиН [5], были приведены, в таблицах 4 и 5 соответственно, оптимальные и допустимые величины показателей микроклимата. По степени физической тяжести, работа инженера-программиста относится к категории 1а, категории лёгких работ.

Таблица 7 – Оптимальные величины показателей микроклимата

Период года	Категория работ по уровням энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхности, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	1а (до 139)	23-25	21-25	40-60	0,1
Теплый	1а (до 139)	20-22	22-26	40-60	0,1

В зимнее время в помещении предусмотрена система отопления. Она обеспечивает достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха. В целях защиты, работающих от возможного перегревания или охлаждения, при температуре воздуха на рабочих местах выше или ниже допустимых величин, время пребывания на рабочих местах (непрерывно или суммарно за

рабочую смену) должно быть ограничено.

Таблица 8 – Допустимые величины показателей микроклимата

Период года	Категория работ, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин			Диапазон температур воздуха ниже оптимальных величин	Диапазон температур воздуха выше оптимальных величин
Холодный	1а (до 139)	20,0-21,9	24,1-25	19-26	15-75	0,1	0,1
Теплый	1а (до 139)	21,0-22,9	25,1-26	20-29	15-75	0,1	0,2

2.4 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя

Рабочий процесс находится в помещении, относящееся к категории «без повышенной опасности». Осмотр рабочего места перед началом работы позволит заранее увидеть оголённые провода и снизить риск поражения электрическим током.

Работа оператора ПЭВМ подразумевает напряжённую зрительную работу. Для снижения зрительного напряжения регулярно проводится комплекс упражнений для глаз.

2.5 Экологическая безопасность

2.5.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Для разработки системы управления необходим компьютер, следовательно, в нашем случае воздействие на литосферу происходит при утилизации персонального компьютера. Так же в процессе работы электрические узлы стенда потребляют электроэнергию, при выработке которой, наносится вред окружающей среде. По истечению срока эксплуатации, будет необходимо утилизировать составные электронные компоненты устройства, что повлечет возможное загрязнение литосферы.

2.5.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду

В процессе исследования происходит утилизация различных электрических компонентов, люминесцентных ламп, батареек, так как в процессе работы они приходят в негодность.

2.5.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды.

Федеральный закон № 89 от 1998г. «Об отходах производства и потребления» [9] запрещает юридическим лицам самовольно избавляться от опасных отходов. Этим видом деятельности, согласно постановлению Правительства РФ № 340 от 2002 г. [10], могут заниматься только специализированные структуры. В их число входят и фирмы, которые занимаются утилизацией электронных отходов.

Обращение с отходами регламентируется ГОСТ Р 53692-2009 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами» [11].

Поэтому, при необходимости утилизировать вышедшую из употребления электронику наиболее безопасным для окружающей среды способом необходимо обращаться в специализированную компанию по утилизации. Такие компании действуют на всей территории Российской Федерации, в том числе и в Томской области. Также существуют компании, занимающиеся утилизацией энергосберегающих ламп. Причина опасности данных ламп заключается в наличии ртути в их составе.

Специализированные компании занимаются демеркуризацией и утилизацией ртутных отходов. Данные компании имеют специальные лицензии на сбор, использование, транспортировку отходов. В случае выхода из строя используемой электроники или ламп, отходы передаются в соответствующие компании.

Одной из таких организаций по утилизации является компания «ЭкоАрхитектура», находящаяся по адресу: Россия, Томск, проспект Ленина, 110, оф. 465.

2.6 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

2.6.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований

При выполнении работ наиболее вероятной ЧС является возникновение пожара в месте установки. Пожарная безопасность должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями.

Исходя из установленной номенклатуры обозначений зданий по степени пожарной опасности, анализируемое в данной работе помещение относится к категории В. Основные источники возникновения пожара: Неработоспособное электрооборудование, неисправности в проводке, розетках и выключателях. Электрические приборы с дефектами. Перегрузка в электроэнергетической системе и короткое замыкание в электроустановке. Для предупреждения возникновения пожара необходимо соблюдать правила пожарной безопасности. До начала работ удостовериться в исправности используемого оборудования.

2.6.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований

При проведении исследований вероятные ЧС остаются те же, что были описаны выше.

2.6.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС

Человек, выполняющий работы в помещении, в случае возникновения пожара или его признаков (задымление, запах горения или тления различных материалов, повышение температуры и т.п.) обязан:

- Немедленно сообщить об этом по телефону «01» в пожарную часть (при этом необходимо четко назвать адрес учреждения, место возникновения пожара, а также сообщить свою должность и фамилию).
- Задействовать систему оповещения людей о пожаре, приступить самому и привлечь других лиц к эвакуации людей из здания в безопасное место согласно плану эвакуации.
- Принять по возможности меры по тушению пожара имеющимися в учреждении средствами пожаротушения и сохранности материальных ценностей.
- Известить о пожаре руководителя или другого работника.

Меры безопасности обеспечиваются системами предотвращения пожара и противопожарной защиты исходя из требований пожарной безопасности.

Средствами обеспечения пожаробезопасности являются:

- Огнетушитель, которым обеспечено помещение, а также пожарный кран, находящийся в здании.
- Системы автоматической пожарной сигнализации.
- Средства организации эвакуации, в том числе технические.

Мероприятиями, обеспечивающими пожаробезопасность, являются:

- Обучение, в т.ч. распространение знаний о пожаробезопасном поведении (о необходимости установки домашних индикаторов

задымленности и хранения зажигалок и спичек в местах, недоступных детям).

- Пожарный надзор, предусматривающий разработку государственных норм пожарной безопасности и строительных норм, а также проверку их выполнения.
- Обеспечение оборудованием и технические разработки (установка переносных огнетушителей и изготовление зажигалок безопасного пользования).

2.7 Заключение по разделу Социальная ответственность

В ходе выполнения работы над разделом «Социальная ответственность» были выявлены опасные и вредные факторы, воздействию которых может подвергнуться человек при проектировании алгоритма построения карты глубины. Был проведен анализ нормативной документации.

В целом, рабочее место удовлетворяет требованиям безопасности. Выполняемая работа не сопряжена с высоким риском травматизма.

Освещение на рабочем месте соответствует нормам – используется несколько энергосберегающих ламп.

Микроклиматические условия соблюдаются за счет использования систем отопления и кондиционирования.

Во время работы делаются перерывы для снижения нагрузки и предотвращения нервно-психических перегрузок.

Помещение оборудовано согласно требованиям электробезопасности.

В случае выхода из строя используемой электроники или ламп, отходы передаются в соответствующие компании.

Рабочее помещение оборудовано в соответствии с требованиями пожарной безопасности. Имеется порошковый огнетушитель, а также пожарная сигнализация.

3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

3.1 Планирование научно-исследовательских работ

Для выполнения научного исследования формируется рабочая группа, в состав которой входят инженер и один научный руководитель. Порядок этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	НР – 100%
Составление и утверждение ТЗ	НР, И	НР – 100% И – 10%
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	НР – 30% И – 100%
Разработка календарного плана	НР, И	НР – 100% И – 10%
Обсуждение литературы	НР, И	НР – 30% И – 100%
Выбор структурной схемы устройства	НР, И	НР – 100% И – 70%
Выбор принципиальной схемы устройства	НР, И	НР – 70% И – 100%
Расчет принципиальной схемы устройства	И	И – 100%
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	И – 100%
Оформление графического материала	И	И – 100%
Подведение итогов	НР, И	НР – 60% И – 100%

3.2 Продолжительность этапов работ

Для расчета ожидаемого значения продолжительности работ $t_{ож}$ применяется две оценки: t_{min} и t_{max} (метод двух оценок).

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5}, \quad (11)$$

где t_{min} – минимальная трудоемкость работ, дн.;

t_{max} – максимальная трудоемкость работ, дн.

Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести ее в календарные дни. Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях (ТРД) ведется по формуле:

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \cdot K_{Д}, \quad (12)$$

где $t_{ож}$ – продолжительность работы, дн.;

$K_{ВН}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, в частности, возможно $K_{ВН} = 1$;

$K_{Д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ ($K_{Д} = 1-1,2$; в этих границах конкретное значение принимает сам исполнитель).

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_{К}, \quad (13)$$

где $T_{КД}$ – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

$T_{К}$ – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, и рассчитываемый по формуле:

$$T_K = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}}, \quad (14)$$

где $T_{КАЛ}$ – календарные дни ($T_{КАЛ} = 365$), дн;

$T_{ВД}$ – выходные дни ($T_{ВД} = 52$), дн;

$T_{ПД}$ – праздничные дни ($T_{ПД} = 10$), дн.

$$T_K = \frac{365}{365 - 52 - 10} = 1,205,$$

Для выполнения перечисленных в таблице 9 работ требуются специалисты: инженер, научный руководитель. Результаты расчетов представлены в таблице 10, календарный план в таблице 11.

Таблица 10 – Временные показатели проведения научного исследования

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.-дн.			
					$T_{РД}$		$T_{КД}$	
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	НР	И	НР	И
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	3	5	3,8	4,56	–	5,49	–
Составление и утверждение ТЗ	НР, И	4	6	4,8	5,76	0,576	6,94	0,69
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	7	10	8,2	2,952	9,84	3,56	11,86
Разработка календарного плана	НР, И	2	3	2,4	2,88	0,288	3,47	0,35
Обсуждение литературы	НР, И	1	2	1,4	0,504	1,68	0,6	2,02
Выбор структурной схемы устройства	НР, И	15	17	15,8	18,96	13,272	22,85	15,99
Выбор принципиальной схемы устройства	НР, И	12	15	13,2	11,088	15,84	13,36	19,09

Продолжение таблицы 10 – Временные показатели проведения научного исследования

Расчет принципиальной схемы устройства	И	10	15	12	–	14,4	–	17,35
Сборка образца системы	И	11	13	11,8	–	14,16	–	17,06
Оформление пояснительной записки	И	6	9	7,2	–	8,64	–	10,41
Подведение итогов	НР, И	2	3	2,4	1,728	2,88	2,08	3,47
Итого:				83	48,43	81,58	58,36	98,3

3.3 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

3.3.1 Расчет затрат на материалы

К данной статье расходов относится стоимость материалов, покупных изделий, полуфабрикатов и других материальных ценностей, расходуемых непосредственно в процессе выполнения работ над объектом проектирования. В таблице 12 представлены данные о стоимости единицы товара и количество штук, используемых в проекте, а также общая сумма.

Таблица 12 – Материальные затраты на создание проекта.

Наименование	Количество, шт	Цена за ед., руб.	Сумма, руб
Микроконтроллер ATmega16	1	150	150
Контроллер ОВЕН ПЛК150	1	19830	19 830
Резистор	20	220	4 400
Операционный усилитель	4	10	40
Трансформатор	2	3000	6 000
Диод	10	20	200
Светодиодный светильник	1	1000	1000
ПЭВМ	1	30000	30 000
Шлейф проводов	1	250	250
Лист текстолита	1	500	500
Конденсатор элетролит.	25	170	4 250
Припой(катушка)	1	250	250
Итого:			66 870

Было допущено, что ТЗР составляют 5 % от отпускной цены материалов, тогда расходы на материалы с учетом ТЗР равны $S_{\text{мат}} = 66\,870 * 1,05 = 70\,213,5$ рублей.

3.3.2 Основная заработная плата исполнителей темы

Данная статья расходов включает заработную плату научного

руководителя и инженера (в его роли выступает исполнитель проекта), а также премии, входящие в фонд заработной платы. Среднедневная тарифная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{\text{дн-т}} = MO/25,083 \quad (15)$$

Учитывается, что в году 301 рабочий день и, следовательно, в месяце в среднем 25,083 рабочих дня (при шестидневной рабочей неделе). Для учета в составе заработной плате, премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется следующий ряд коэффициентов: $K_{\text{ПР}} = 1,1$; $K_{\text{доп.ЗП}} = 1,188$; $K_{\text{р}} = 1,3$. Таким образом, для перехода от тарифной (базовой) суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку (зарплатной части сметы) необходимо первую умножить на интегральный коэффициент $K_{\text{и}} = 1,1 \cdot 1,188 \cdot 1,3 = 1,699$. В таблице 13, приведены расчёты затрат на полную заработную плату. Месячные оклады были взяты из приложения 1, из источника [12].

Таблица 13 – Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./раб.день	Затраты времени, раб.дни	Коэффицие нт	Фонд з/платы, руб.
НР	24 960	995,2	48,43	1,699	81 887,61
И	9 489	378,3	81,58	1,699	52 434,05
Итого:					134 315,66

3.3.3 Расчёт затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30% от полной заработной платы по проекту, т.е. $C_{\text{соц.}} = C_{\text{ЗП}} \cdot 0,3$. Исходя из этих данных, для данной работы:

$$C_{\text{соц.}} = 134\,315,66 \cdot 0,3 = 40\,294,7 \text{ рублей.}$$

3.3.4 Расчёт затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$C_{\text{эл.об.}} = P_{\text{об}} \cdot t_{\text{об}} \cdot \text{Ц}_{\text{Э}}, \quad (16)$$

где $P_{\text{об}}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$\text{Ц}_{\text{Э}}$ – тариф на 1 кВт·час, рублей;

$t_{\text{об}}$ – время работы оборудования, час.

Для ТПУ $\text{Ц}_{\text{Э}} = 6,59$ руб./кВт·час (с НДС).

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 2 для инженера ($T_{\text{рд}}$) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{\text{об}} = T_{\text{рд}} \cdot K_t, \quad (17)$$

где $K_t \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к $T_{\text{рд}}$, определяется исполнителем самостоятельно. В ряде случаев возможно определение $t_{\text{об}}$ путем прямого учета, особенно при ограниченном использовании соответствующего оборудования.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{\text{об}} = P_{\text{ном}} \cdot K_C, \quad (18)$$

где $P_{\text{ном}}$ – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_C \geq 1$ – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности $K_C = 1$.

Работа за ноутбуком производилась практически каждый день. Работа с паяльником проводилась в течении 2 недель, если учитывать, что рабочая

неделя состоит из 6 дней, а рабочий день состоит из 8 часов, то получается 96 часов. Так же во время испытаний использовалась тестовая лампа. Расчеты затрат на электроэнергию для технологических целей приведен в таблице 14.

Таблица 14 – Затраты на электроэнергию технологическую

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{об}$, час	Потребляемая мощность $P_{об}$, кВт	Затраты $C_{эл.об.}$, рублей
Ноутбук	652	0,384	1649,9
Лампа	10	0,06	3,95
Паяльная станция	96	0,7	442,85
Осциллограф	10	0,03	2
Итого:			2 098,7

3.3.5 Расчёт амортизационных расходов

В статье «Амортизационные отчисления» рассчитывается амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта.

Для расчёта амортизационных расходов будет использоваться формула, представленная ниже.

$$C_{AM} = \frac{N_A \cdot C_{ОБ} \cdot t_{рф} \cdot n}{F_D}, \quad (19)$$

где N_A – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$C_{ОБ}$ – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР. При невозможности получить соответствующие данные из бухгалтерии она может быть заменена действующей ценой, содержащейся в ценниках, прейскурантах и т.п.;

F_D – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или фактического режима его использования в текущем календарном году. При этом второй вариант позволяет получить более объективную оценку C_{AM} .

$t_{рф}$ – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта;

n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Для определения N_A следует обратиться к приложению 2 из [12], в котором имеются фрагменты постановления правительства РФ «О классификации основных средств, включенных в амортизационные группы». Оно позволяет получить рамочные значения сроков амортизации (полезного использования) оборудования $\equiv CA$. N_A определяется как величина обратная CA .

Вначале были определены значения N_A . Для этого из приложения 2 была взята информация о рамочных значениях сроков для использованного оборудования. Паяльная станция (ПС) – $7 \div 10$. Принято 8 лет, что даёт $N_A = \frac{1}{8} = 0,125$. Для ноутбука (Н), осциллографа (О) и лампы (Л) был выбран диапазон $2 \div 3$, принято 2,5 года, что даёт $N_A = \frac{1}{2,5} = 0,4$. Значения F_d , были использованы по фактическому времени использования оборудования.

Далее используя формулу (18), были найдены следующие значения.

$$C_{AM}(ПС) = \frac{0,125 \cdot 6\,532,5 \cdot 96 \cdot 1}{800} = 97,99 \text{ рублей};$$

$$C_{AM}(Н) = \frac{0,4 \cdot 31\,500 \cdot 381 \cdot 1}{2\,384} = 3\,445,97 \text{ рублей};$$

$$C_{AM}(О) = \frac{0,4 \cdot 20\,000 \cdot 10 \cdot 1}{592} = 135,13 \text{ рублей};$$

$$C_{AM}(ЗУ) = \frac{0,4 \cdot 500 \cdot 10 \cdot 1}{144} = 13,88 \text{ рублей}.$$

В итоге, после суммирования полученных значений, было получено значение $C_{AM} = 3692,97$ рублей.

3.3.6 Расчет расходов, учитываемых непосредственно на основе платежных (расчетных) документов (кроме суточных)

Во время проведения выпускной работы командировок не проводилось и специального оборудования не арендовалось.

3.3.7 Расчёт прочих расходов

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов, то есть

$$C_{\text{проч}} = (C_{\text{мат}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{эл.об.}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{нр}}) \cdot 0,1$$

Для данной работы это:

$$\begin{aligned} C_{\text{проч}} &= (70\,213,5 + 134\,315,66 + 40\,294,7 + 2\,098,7 + 3\,692,97 + 0) \cdot 0,1 \\ &= 25\,061,55 \text{ рублей.} \end{aligned}$$

3.3.8 Расчёт общей себестоимости разработки

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость проекта. Результат представлен в таблице 15.

Таблица 15 – Затраты на разработку

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	70 213,5
Основная заработная плата	$C_{\text{зп}}$	134 315,66
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	40 294,7
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.об.}}$	2 098,7
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам}}$	3 692,97
Непосредственно учитываемые расходы	$C_{\text{нр}}$	0

Продолжение таблицы 15 – Затраты на разработку

Прочие расходы	$C_{\text{проч}}$	25 061,55
Итого:		275 677, 08

Таким образом, затраты на разработку составили $C = 275\ 677, 08$ рублей.

3.3.9 Расчёт прибыли

Прибыль от реализации проекта в зависимости от конкретной ситуации (масштаб и характер получаемого результата, степень его определенности и коммерциализации, специфика целевого сегмента рынка и т.д.) может определяться различными способами. В связи с тем, что данный проект планируется произвести только в одном экземпляре, то можно прибыль принять равной 20% от полной себестоимости проекта. В данном случае, прибыль составит 55 135,41 рублей.

3.3.10 Расчёт НДС

НДС составляет 20% от суммы затрат на разработку и прибыли. Для данной работы это $(275\ 677, 08 + 55\ 135, 41) * 0,2 = 66\ 162, 5$.

3.3.11 Цена разработки НИР

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС. Для данной работы составляет $C_{\text{НИР}} = 275\ 677,08 + 55\ 135,41 + 66\ 162,5 = 396\ 937,99$ рубля.

3.3.12 Оценка экономической эффективности проекта

Так как результатом выполнения и внедрения проекта является более быстрый рост растений в тепличном хозяйстве, то предполагаемый экономический эффект состоит в увеличении объема реализации продукции и соответственно прибыли от нее. Однако отсутствие необходимой

объективной и точной информации для расчета прибыли делает невозможной количественную оценку экономической эффективности реализации данной разработки.

Заключение

В ходе работы по разработке интегрированной системы управления освещением тепличного полигона была спроектирована общая структурная схема, рассчитаны все необходимые электрические схемы. Был произведен анализ и выбор необходимого фильтра для данной системы. Так же эти схемы были смоделированы в симуляторе и проверены на работоспособность.

В ходе выполнения работы над разделом «Социальная ответственность» были выявлены опасные и вредные факторы, воздействию которых может подвергнуться человек при проектировании алгоритма построения карты глубины. Был проведен анализ нормативной документации.

В ходе выполнения работы над разделом «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение», было проведено:

- разработка таблицы временных показателей, рассчитана заработная плата разработчиков системы
- расчет затрат на разработку, которые составили 401 276,12 руб.
- оценка ресурсоэффективности проекта.

Список используемых источников

1. Попков О.З. Основы преобразовательной техники: учеб. пособие для вузов / О.З. Попков. 3-е изд., стереот. - М. : Издательский дом МЭИ, 2010. -200 с.: ил.
2. Красько А.С. Схемотехника аналоговых электронных устройств: Учебное пособие. Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2005. 178 с.
3. Мошиц Г., Хорн П. Проектирование активных фильтров: Пер. с англ.— М.: Мир, 1984. — 320 с, ил.
4. Система управления освещением DALI [Электронный ресурс] – Режим доступа <http://electricalschool.info/main/lighting/827-sistema-upravlenija-osveshheniem-dali.html> (Дата обращения: 11.04.2020).
5. ATtiny13 Datasheet [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://static.chipdip.ru/lib/059/DOC000059583.pdf> (Дата обращения: 30.04.2020).
6. ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
7. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
8. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
9. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
10. ТОО Р-45-084-01 Типовая инструкция по охране труда при работе на персональном компьютере.
11. Федеральный закон № 89 от 1998г. «Об отходах производства и потребления».
12. Методические указания к выполнению раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» для всех

специальностей/ сост. В.Ю. Конотопский; Томский политехнический университет. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2015. – 29 с.

13. Устройства приема и обработки сигналов. Преобразователи частоты: Метод. указания / сост.: В. М. Бардин, А. В. Брагин. – Саранск: Изд-во Мор-дов. Ун-та, 2012 – 14 с.

14. Аристов, Е.В. Основы микропроцессорной и преобразовательной техники: учеб. пособие / Е.В. Аристов. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2008. – 115 с.