

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

---

Институт – Энергетический  
Направление подготовки – Электроэнергетика и электротехника  
Кафедра – ЭПЭО

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
Система управления вторичным источником постоянного напряжения в системе автономного электропитания

УДК 621.311.6.015-047.64

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ГЗА	Сидоренко Дмитрий Олегович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Михальченко С.Г.	д.т.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Грахова Е. А.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Король И. С.	к.х.н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭПЭО	Дементьев Ю. Н.	к.т.н., доцент		

Томск – 2017 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра электропривода и электрооборудования

УТВЕРЖДАЮ:

Зав.кафедрой \_\_\_\_\_ Ю.Н.Дементьев

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

ЗАДАНИЕ на выполнение  
выпускной квалификационной работы

Студенту гр. 5Г3А          Сидоренко Дмитрию Олеговичу

1. Тема выпускной квалификационной работы

**«Система управления вторичным источником постоянного напряжения в системе автономного электропитания»**

утверждена приказом ректора (распоряжением  
директора ЭНИН) от \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_

2.Срок сдачи студентом готовой работы \_\_\_\_\_

3.Исходные данные к работе для повышающего преобразователя  
постоянного напряжения:

Электрические параметры:

$U_{пит} = 5 \text{ В}$ ,  $U_z = 16.4 \text{ В}$ ,  $I_z = 6.3 \text{ А}$ ,  $K'_{п} = 0.05$  (коэффициент пульсации),  $n = 40 \text{ кГц}$  (частота ШИМ)

4. Содержание текстового документа (перечень подлежащих разработке вопросов)

4.1 Введение

4.2 Обзор солнечных систем

4.3 Обзор и выбор аккумуляторных батарей

4.4 Математическое моделирование

4.5 Имитационное моделирование

4.6 Макетирование

4.7 Дальнейшее развитие проекта

4.8 Социальная ответственность

4.9 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.10 Заключение

5. Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы

---

Руководитель \_\_\_\_\_

(подпись, дата)

Задание принял к исполнению

---

(подпись, дата)

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 81 с., 20 рис., 17 табл., 24 источника.

Ключевые слова: Повышающий преобразователь постоянного напряжения, солнечная панель, солнечная батарея, отладочная плата, обратная связь, автономное электропитание, система управления, ШИМ, коэффициент заполнения (скважность), вторичный источник питания, обратная связь.

Объектом исследования является повышающий преобразователь напряжения, входящий в состав зарядного устройства аккумуляторной батареи автомобиля.

Цель работы – Проект зарядного устройства для АБ легкового автомобиля, предназначенный для использования в автономных условиях. Разработать повышающий преобразователь постоянного напряжения с ШИМ и обратной связью. Выбрать АКБ, солнечную панель.

В процессе исследования проводился расчет элементов повышающего преобразователя, выбор аккумуляторной батареи, выбор солнечной панели. Были выбраны средства защиты зарядного устройства. Исследована работа ППН. Произведено имитационное моделирование работы повышающего преобразователя как с обратной связью так и без неё в программе LTspice. Был написан программный код системы управления преобразователем, генерирующий ШИМ сигнал, формируемый по уровню напряжения обратной связи.

В результате исследования построены графики напряжения заряда АБ. Отмоделирована работа преобразователя в режиме изменения питающего напряжения, нагрузки и коэффициента заполнения. Разработана структурная схема зарядного устройства и в соответствии со схемой выбрано необходимое оборудование.

Область применения: используется для передачи энергии солнечных батарей для заряда аккумуляторов легковых автомобилей. Есть возможность использования частными лицами в целях поддержания заряда аккумулятора.

Экономическая эффективность/значимость работы: преобразователь обеспечивает стабилизацию напряжения заряда АБ, что увеличивает срок

эксплуатации батареи, более качественный и быстрый заряд АБ и обеспечивает энерго-эффективность.

### ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

ВИЭ – возобновляемый источник энергии; ФЭУ – фотоэлектрическая установка; АБ – аккумуляторная батарея; СЭ – солнечные элементы; СП - солнечные панели; ШИМ – широтно-импульсная модуляция, ППН-повышающий преобразователь напряжения.

## Оглавление

Введение.....	8
Глава 1. Обзор солнечных систем.....	12
1.1 Использование систем солнечной энергии в мире. ....	12
1.2 Солнечная энергетика в России.....	14
1.3 Состав солнечных батарей.....	16
Глава 2. Обзор и выбор аккумуляторных батарей.....	19
2.1 Автомобильные аккумуляторные батареи.....	19
2.2 Методы зарядки аккумуляторных батарей.....	23
2.3 Проблемы при зарядке АКБ и методы защиты от них.....	25
2.4 Выбор аккумуляторной батареи.....	26
Глава 3. Математическое моделирования.....	28
3.1 Принцип работы ППН.....	28
3.2 Расчет силовой цепи.....	30
3.3 Выбор солнечной батареи.....	31
Глава 4. Имитационное моделирование.....	32
4.1 Имитационное моделирование силовой цепи ППН с разомкнутой ОС в программном пакете LTspice.....	32
4.2 Имитационное моделирование силовой цепи ППН замкнутой по обратной связи, модулируемой математическими формулам в программном пакете LTspice.....	38

Глава 5. Макетирование.....	40
5.1 Проектирование системы управления ППН на базе отладочной платы Texas Instruments.....	40
Глава 6. Дальнейшее развитие проекта.....	47
Глава 7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .....	51
Глава 8. Социальная ответственность.....	70
Заключение .....	77
Список литературы.....	80

## Введение

### Альтернативная энергетика

Альтернативная энергетика становится все более актуальной. Несмотря на некоторое отставание в применении автономных источников питания от Запада, наши разработки идут в ногу со временем. Наиболее успешно автономные источники электроэнергии используются в системах жизнеобеспечения умный дом. Все больше желающих устанавливать дополнительные автономные источники тока среди жильцов загородных домов, где не редко случаются перебои в основной сети.

Что же представляет собой автономный источник питания? Это система, включающая в себя целый комплекс элементов:

- солнечные батареи;
- ветрогенератор;
- дизельный или бензогенератор;
- аккумуляторные батареи;
- контроллеры заряда;
- инверторы и конверторы.

Использование солнечной энергии – мечта фантастов прошлого. Сегодня это совершенно доступная технология. Солнечные батареи устанавливаются на дачах и коттеджах в качестве резервного источника энергии. Также сегодня можно приобрести комплект солнечных батарей и организовать домашнюю электростанцию на солнечных батареях.

Основные преимущества в использовании солнечной энергии:

- практическая неиссякаемость;
- достаточно высокая экологичность технологии;
- длительный срок эксплуатации от 50 лет; объясняется тем, что панели солнечных батарей не имеют движущихся частей и не изнашиваются;
- независимость от основных энергопоставщиков;
- если не учитывать стоимость оборудования, энергия солнца совершенно бесплатна.

При этом система на солнечных батареях до сих пор имеет КПД меньше, чем у традиционных источников энергии. Это объясняется не только сложностями технологических процессов, но и солнечным насыщением. Дело в том, что солнце светит только днем, и только в ясную погоду можно



получить максимальный результат. Поэтому для того, чтобы иметь независимость электроснабжения в комплексе с солнечными батареями всегда используются аккумуляторы.

Основные виды солнечных батарей:

- монокристаллические;
- поликристаллические;
- тонкопленочные.

Где можно купить солнечные батареи? Есть несколько вариантов:

- напрямую с завода солнечных батарей;
- у известного производителя солнечных батарей;
- в специализированном магазине солнечных батарей.

Ветрогенератор – достаточно давно используемое оборудование для получения электроэнергии. Их применение ограничено различной ветровой насыщенностью разных областей России. Открытые пространства, где минимум леса, обладают большими преимуществами для использования ветряной электростанции. В лесных районах для применения ветрогенераторов используют самые высокие места и специальные мачты хорошей длины. Практически и научно доказано, чем выше ветрогенератор, тем он более эффективен.

Существует несколько основных разновидностей ветрогенераторов. В основном устройства подразделяют по направленности оси вращения:

- горизонтальные ветрогенераторы;
- вертикальные ветрогенераторы.

Вертикальный ветрогенератор стал более популярен в последнее время. Использование вертикальных роторных ветрогенераторов обусловлено следующими преимуществами:

- нет необходимости в направленности на ветер;
- малая скорость ветра для начала выработки электроэнергии;
- отлично подходят для турбулентных ветров;
- удобство обслуживания, благодаря наземному размещению;
- низкий шумовой уровень до 30 дБ.

Солнечная энергетика – это одно из направлений альтернативной энергетики, которое основано на использовании солнечного излучения в качестве источника энергии и последующем ее преобразовании в один из видов энергии. В солнечной энергетике используются неисчерпаемый источник энергии. Такая энергия является «экологически чистой», другими словами во время активной фазы использования не производится вредных отходов. Количество получаемой энергии зависит от количества света, поступающего на поверхность солнечной панели. Панель солнечных элементов – это набор пластин на специальной подложке, являющийся основным элементом солнечных устройств широкого спектра.

На сегодняшний день существующие виды солнечных батарей можно условно разделить на следующие классы:

- Батарея маломощная – предназначена для зарядки таких электроприборов, как смартфон и малогабаритной техники;
- Батарея универсальная – предназначена для питания электроприборов в полевых условиях, часто используется туристами:

Способы получения электричества, тепла и топлива из солнечного излучения:

фотовольтаика — прямое преобразование фотонов в электроэнергию с помощью фотоэлементов;

гелиотермальная энергетика — нагревание поверхности, поглощающей солнечные лучи, и последующее распределение и использование тепла (фокусирование солнечного излучения на сосуде с водой или солью для последующего использования нагретой воды для отопления, горячего водоснабжения или в паровых электрогенераторах). В качестве особого вида станций гелиотермальной энергетике принято выделять солнечные системы концентрирующего типа (CSP — Concentrated solar power). В этих установках энергия солнечных лучей с помощью системы линз и зеркал фокусируется в концентрированный луч света. Этот луч используется как источник тепловой энергии для нагрева рабочей жидкости, которая расходуется для электрогенерации по аналогии с обычными ТЭЦ или накапливается для сохранения энергии. Преобразование солнечной энергии в электричество осуществляется с помощью таких тепловых машин как:

- двигатель Стирлинга;

- газовая турбина

Термовоздушные электростанции (преобразование солнечной энергии в энергию воздушного потока, направляемого на турбогенератор).

Солнечные аэростатные электростанции (генерация водяного пара внутри баллона аэростата за счет нагрева солнечным излучением поверхности аэростата, покрытой селективно-поглощающим покрытием). Преимущество — запаса пара в баллоне достаточно для работы электростанции в темное время суток и в ненастную погоду

Система, основанная на использовании солнечных батарей, – одна из наиболее перспективных. Ежеминутно солнце производит огромное количество энергии, брать которую легко и приятно, ведь это происходит незаметно для человека, безопасно для окружающей среды и абсолютно бесплатно.

Солнечные батареи (панели) представляют собой фотоэлементы, преобразующие солнечную энергию в электрический ток. Они имеют квадратную или прямоугольную форму, в бытовых условиях монтируются, как правило, на крыше дома, но возможна установка на балконах, фасадах зданий или других поверхностях.

Устанавливаются они таким образом, чтобы на панель попадало как можно больше солнца. Для увеличения КПД системы можно использовать трекеры – автоматические конструкции, которые поворачивают модули вслед за движением солнца. Так батареи будут работать максимально эффективно.

Каждая система солнечных батарей автономного электроснабжения включает в себя: солнечные батареи (панели), контроллер заряда, инвертер и аккумуляторы. Мощность каждого компонента рассчитывается в зависимости от нужд потребителя. Срок службы солнечных панелей 40-50 лет, контроллера и инвертера 15-20 лет, аккумуляторов в зависимости от типа и характера использования - 4-10 лет. [1]

## Глава 1

### 1.1 Использование систем солнечной энергии в мире

Системы использования солнечной энергии совершенны и экологически безопасны. Во всем мире люди начинают отказываться от использования традиционных видов топлива из-за роста цен на газ и нефть. Так, в Германии 47% домов имеют солнечные коллекторы для нагрева воды.

Во многих странах мира разработаны государственные программы развития использования солнечной энергии. В Германии это программа “100000 солнечных крыш”, в США аналогичная программа “Миллион солнечных крыш”. В 1996г. архитекторы Германии, Австрии, Великобритании, Греции и др. стран разработали Европейскую хартию о солнечной энергии в строительстве и архитектуре. В Азии лидирует Китай, где на основе современных технологий внедряются системы солнечных коллекторов в строительство зданий и использование солнечной энергии в промышленности.

Эксперты отмечают, рынок систем солнечной энергии на территории России, Украины и Белоруссии только формируется. Солнечные системы никогда не производились в больших масштабах, потому что сырьевые ресурсы были настолько дешевы, что дорогостоящее оборудование гелиосистем было не востребовано... Выпуск коллекторов, в России, например, почти полностью прекращен.

В связи с подорожанием традиционных энергоносителей, наметилось оживление интереса к применению солнечных систем. В ряде регионов этих стран, испытывающих дефицит энергоресурсов, принимаются локальные программы по использованию гелиосистем, но широкому потребительскому рынку солнечные системы практически не знакомы.

Главная причина медленного развития рынка продажи и использования солнечных систем является, во-первых, их высокая начальная стоимость, во-вторых, недостаток информации о возможностях солнечных систем, передовых технологиях их использования, о разработчиках и изготовителях гелиосистем. Все это не может дать возможности правильно оценить эффективность применения систем, работающих на солнечной энергии.

Надо иметь в виду, что солнечный коллектор – не конечная продукция. Для получения конечной продукции – тепла, электроэнергии, горячей воды –

надо пройти путь от проектирования, монтажа до пуска гелиосистем. Небольшой имеющийся опыт использования солнечных коллекторов показывает, что эта работа не сложнее монтажа традиционного отопления, но экономическая эффективность значительно выше.

В Белоруссии, России, на Украине есть множество фирм, занимающиеся проектировкой и монтажом оборудования отопления, но приоритет имеют сегодня традиционные энергоносители. Развитие экономических процессов, мировой опыт использования систем солнечной энергии показывает, что будущее за альтернативными источниками энергии. На ближайшее будущее можно отметить, что гелиосистемы являются новой, практически не занятой позицией нашего рынка.

Сетевое энергоснабжение за счет малоформатных электростанций активно продвигается в Израиле. Идея израильских ученых базируется на простых логических доводах, что в каждой семье энергопотребление носит нерегулярный характер, поэтому могут быть излишки, а также недостаток энергии, энергию можно не только получать из центральных сетей, но и отдавать излишки. В Израиле 95% многоквартирных домов оснащены солнечными установками, поэтому для реализации идеи необходимо только создать необходимую инфраструктуру.

Во всех странах поддержка правительством стран «зеленых» технологий энергообеспечения проводится с помощью государственных программ «зеленого тарифа», что предполагает гарантированную продажу электроэнергии, полученной из возобновляемых источников в центральную энергосеть. Как правило, «зеленый тариф» в 1,2-2 раза превышает стоимость оптового тарифа на электроэнергию. В развитых странах этот тариф колеблется в рамках \$0,40-0,75 за 1 кВт\*ч.

За последние годы в Испании и Германии частные владельцы мини-электростанций начали вносить значительный вклад в ранее монопольную энергосистему. Солнечные электростанции становятся выгодным бизнесом, который способен приносить стабильный доход индивидуальным предпринимателям. Развитие энергетической системы по модной GRID-технологии является одним из интересных направлений развития российской солнечной энергетики, в которую будут, таким образом, привлечены индивидуальные инвестиции. Подобный подход позволит оптимизировать

центральную энергосистему и сократить степень монополизации энергорынка.

Совокупная мощность солнечных электростанций в мире в последующие годы будет стремительно наращиваться. В «солнечную» гонку будут включены все страны, которые имеют достаточное количество солнечного излучения для эффективного производства электроэнергии. Коммерческая эффективность солнечной энергии с развитием «солнечных» технологий и повышением эффективности преобразования солнечного света будет только увеличиваться.

Анонсирование европейского проекта Desertec и создание новой европейской энергетической инфраструктуры на базе электрических станций, работающих на возобновляемом топливе, является основным прорывом солнечной энергетики и энергетики на базе возобновляемых источников. Desertec — это яркий пример того, что мировая общественность признала, что солнечная энергетика может быть эффективной частью мировой энергетической инфраструктуры.

Фактический прорыв в солнечной энергетике уже произошел, но полное замещение ископаемых энергоресурсов возможно только при экспоненциальном технологическом развитии.

## **1.2 Солнечная энергетика в России**

На данный момент Российская федерация является страной, обладающей передовыми технологиями получения электрической энергии из солнечной. В настоящее время существует ряд организаций и предприятий, разрабатывающих и совершенствующих технологию фотоэлектрических преобразователей, основанных на кремниевых или на много переходных структурах. Существуют разработки использующих концентрирующие системы для солнечных электростанций.

Считается, что в России сейчас суммарный объем мощностей, получаемых от солнечной энергии не превышает 5 МВт, причем большая часть этой энергии приходится на домохозяйства. Самый крупный промышленный объект на территории России это, введенная в эксплуатацию в 2010 году, Белгородская электростанция, чья мощность составляет 100кВт.

Развитие солнечной энергетики в России обусловлено рядом факторов:

1) Климатические условия – фактор, который влияет на тот тип солнечной установки, который стоит выбрать в определенном регионе.

2) Стоимость солнечной фотоэлектрической установки – на сегодняшний момент, солнечные электростанции это один из самых дорогих способов получения электроэнергии. Стоит заметить, что с каждым годом повышается КПД солнечных электростанций, уменьшение технологических затрат и увеличение спроса на солнечную энергию. Потенциально снижение стоимости 1 кВт энергии может достигать 5-15% ежегодно.

3) Экологические нормы- в случае пересмотра Киотского протокола, а именно ужесточение экологических норм (штрафов и ограничений). Изменение норм может привести к экономической стимуляции рынка солнечных фотоэлектрических установок.

4) Баланс спроса и предложения электроэнергии, полученной из солнечной энергии

5) Наличие проблем с технологическим подсоединением к централизованной системе электроснабжения.

б) инициативы местных властей- региональные и муниципальные органы управления могут реализовывать собственные программы по развитию солнечной энергетики или, более широко, возобновляемых/нетрадиционных источников энергии. Сегодня такие программы уже реализуются в Красноярском и Краснодарском краях, Республике Бурятия и др.;

7) развитие собственного производства- российское производство СФЭУ может оказать положительное влияние на развитие российского потребления солнечной энергетики. Во-первых, благодаря собственному производству усиливается общая осведомленность населения о наличии солнечных технологий и их популярность. Во-вторых, снижается стоимость СФЭУ для конечных потребителей за счет снижения промежуточных звеньев дистрибьюторской цепи и за счет снижения транспортной составляющей

### 1.3 Состав солнечных батарей

Солнечная батарея состоит из следующих основных частей:

1. Алюминиевая рамка
2. Закаленное стекло с антибликовой поверхностью
3. Передняя ламинирующая пленка (EVA)
4. Элементы (ячейки), соединенные последовательно плоскими проводниками
5. Задняя ламинирующая пленка (EVA)
6. Задняя защитная пленка (PET, TPE, TPT)
7. Соединительная распаечная коробка с защитными диодами и соединительными кабелями.



Рисунок 1 – состав солнечной батареи

Защитные диоды необходимы для предотвращения перегрева и выхода из строя частично затененных элементов солнечной панели. Без них вся панель может выйти из строя из-за выгорания одного из элементов.

Ламинирующие пленки используются для полной герметизации элементов и их плотного прилегания к стеклу (без воздушного зазора) с целью избежать дополнительного преломления света и, как следствие, потери мощности. Кроме того, герметизация защищает элементы от атмосферных воздействий и возможной коррозии.



Как видно из рисунка 1, для того, чтобы свет Солнца достиг элементов, ему необходимо пройти через стекло и ламинирующую пленку EVA. Таким образом, качество этих двух деталей имеет сильное влияние на характеристики панели. И если стекло у большинства производителей не имеет значительных отличий, а также не меняет своих светопропускающих свойств со временем, то ламинирующая пленка бывает разного качества.

Снижение мощности панели со временем ее эксплуатации не связано с самими элементами (их характеристики практически не меняются, если это элементы Grade A), а обусловлено, в основном, качеством применяемой ламинирующей пленки, т.к. при длительном воздействии ультрафиолетового излучения у нее ухудшается прозрачность. Соответственно меньше света доходит до солнечных элементов и панель выдает меньшую мощность. К сожалению, пощупать или как-то проверить эту пленку нельзя, поэтому остается только доверять производителю.

#### Качество элементов в модуле

- **Grade A** — после ускоренного теста старения (PID test) снижение мощности элементов составляет **не более 5%**, т.е. элементы продолжают выдавать более 95% от своего номинала.
- **Grade B** — после ускоренного теста старения (PID test) снижение мощности элементов составляет **не более 30%**, т.е. элементы продолжают выдавать более 70% от своего номинала.
- **Grade C** — после ускоренного теста старения (PID test) снижение мощности элементов составляет **более 30%**, т.е. элементы продолжают выдавать менее 70% от своего номинала.

Количество солнечных элементов определяет номинальное напряжение модуля. Каждый элемент, независимо от размера, по сути представляет собой кремниевый фотодиод с напряжением в точке максимальной мощности ~0.5 Вольта. Стандартный модуль с номинальным напряжением 12 Вольт состоит из 36 элементов независимо от мощности (на мощность влияют размеры каждого из 36 элементов: чем больше размеры, тем больше мощность). 36 последовательно соединенных элементов по 0.5 Вольта — это ~18 Вольт в точке максимальной мощности. Именно такое напряжение необходимо для заряда 12-и вольтового аккумулятора, т.к. для полной зарядки напряжение на нем должно достичь 14,1–14,8 В в зависимости от типа аккумулятора, но нужен еще и небольшой запас на потери в проводах, контроллере и при нагреве модуля.

Если в модуле 72 элемента, то, скорее всего, он рассчитан на номинальное напряжение 24 В. Но, также существуют модули из 72 элементов с номинальным напряжением 12 В (с последовательно-параллельным соединением). Такие модули имеют более низкую цену, так как они сделаны из отходов солнечных элементов (не из целых квадратных элементов, а из их частей) и имеют более низкую надежность из-за в два раза большего количества соединений и возможных микротрещин в элементах.

Если же в модуле не 36 и не 72 элемента, то это нестандартный модуль и чтобы использовать его на полную мощность, в большинстве случаев нужен только МРРТ-контроллер, т.к. при использовании PWM-контроллера потери могут достигать 30-40% от номинала.

Таким образом, выбирая солнечный модуль, нужно отталкиваться от напряжения системы (12, 24 или 48 Вольт) и при планируемом использовании PWM-контроллера число элементов должно быть кратно 36.

Серийно выпускаемые в настоящее время монокристаллические и поликристаллические элементы имеют эффективность 12 — 19 %. Для конечного пользователя эта цифра означает только физический размер солнечной панели. То есть, панель мощностью 100 Вт с эффективностью элементов 12% будет иметь большую площадь, чем панель с такой же мощностью, но эффективностью 19%.

Однако есть небольшой нюанс, связанный с эффективностью — это напряжение в точке максимальной мощности. Чем ниже это напряжение, тем более эффективным будет использование такой батареи с PWM контроллером, поскольку в случае использования PWM контроллера, мощность солнечной батареи используется не полностью и чем ближе напряжение в точке максимальной мощности к номинальному напряжению системы, тем большую мощность отдаст панель. Например, для 12-и вольтовых панелей, напряжение в точке максимальной мощности варьируется в пределах 17,0 — 18,0 В. И, хотя выигрыш по мощности составит единицы процентов, он никогда не будет лишним.

## Глава 2.

### 2.1 автомобильные аккумуляторные батареи

Аккумуляторная батарея в автомобиле – это основной источник питания для всех электрических систем транспорта, и в тоже время является непростым выбором для автовладельцев. Неправильный выбор аккумулятора может стать основной причиной возникновения неполадок. Задаваясь вопросом, какой из предложенных в автомагазинах аккумуляторных батарей обладает лучшими профессиональными характеристиками, зачастую водитель не имеет никакого представления о том, какая батарея подходит к его транспортному средству.

Сегодня магазины могут предложить два вида аккумуляторных батарей для легкового автомобиля – мало обслуживаемые и полностью необслуживаемые. В мало обслуживаемых батареях необходимо регулярно контролировать электрические параметры. Они требуют добавления электролита и воды. Во всем мире обслуживаемые аккумуляторы считаются немного устаревшими, но они все еще достаточно распространены. Причиной этого является цена таких аккумуляторов. Аккумуляторы необслуживаемого типа имеют вид герметичных батарей, которые не требуют вмешательства владельца автомобиля. Эти аккумуляторы будут служить на протяжении пяти-семи лет, а может и более. Правда стоимость необслуживаемых батарей отличается от вышеперечисленных батарей. Есть еще один критерий классификации аккумуляторных батарей для легковых автомобилей – вид пластин, которые устройства используют. Это свинцово-сурьмянистые, свинцово-кальциевые и гибридные пластины. Свинцово-сурьмянистые пластины – самые несовершенные. Такие аккумуляторы имеют высокие показатели расхода электролита и воды и обладают небольшой мощностью. Батареи со свинцово-кальциевыми пластинами обладают высокой мощностью даже в самые экстремальные морозы, а показатели саморазряда минимальны.

Традиционные АКБ содержат в составе свинцовых пластин  $\geq 5\%$  сурьмы. Часто их еще называют классическими, традиционными. Но такое название на сегодняшний день уже не актуально, так как классическими уже стали АКБ с меньшим содержанием сурьмы.

Сурьму добавляют в свинец, чтобы увеличить прочность пластин. Но из-за этой добавки резко усиливается, ускоряется процесс электролиза, который начинается уже при 12 вольтах. Из-за выделяющихся газов (кислород и водород) кажется, что вода кипит. Из-за того, что вода улетучивается наружу

в большом количестве, меняется концентрация электролита и оголяются верхние края электродов. Для компенсации «выкипевшей» воды в АКБ заливают дистиллированную воду.

Аккумуляторы с высоким содержанием сурьмы делают легко обслуживаемыми. Это вызвано тем, что приходится довольно часто, не реже одного раза в месяц, производить проверку плотности электролита и заливку воды.

Сейчас АКБ данного типа уже не устанавливаются на автомобили, т.к. прогресс уже давно ушел вперед. «Сурьмянистые» батареи могут устанавливаться на стационарные установки, где важнее неприхотливость источников питания и где нет особых проблем с их обслуживанием. Все автомобильные аккумуляторы изготавливаются с малым содержанием сурьмы или же совсем без нее.

Мало сурьмянистые. Для уменьшения интенсивности «выкипания» воды в аккумуляторах стали использовать пластины со сниженным количеством сурьмы (меньше 5%). Это позволило избавиться от необходимости часто проверять уровень электролита. Также снизился уровень саморазряда АКБ при хранении.

Такие аккумуляторы чаще всего называют мало обслуживаемыми или вовсе необслуживаемыми, подразумевая, что данные АКБ не требуют контроля и ухода. Хотя термин «необслуживаемый» больше маркетинговый, чем реальный, так как не получилось абсолютно избавиться от потерь воды из электролита. Вода все равно понемножку «выкипает», хоть и гораздо в меньших количествах, чем у обычных обслуживаемых аккумуляторов. Огромным плюсом мало сурьмянистой батареи является ее нетребовательность к качеству электрооборудования автомобиля. Даже при перепадах напряжения бортовой сети характеристики данной АКБ не меняются так необратимо, как это бывает с более современными аккумуляторами, например, кальциевыми или гелиевыми.

Мало сурьмянистые аккумуляторные батареи больше подходят для легковых автомобилей российского производства, так как отечественные авто пока не могут похвастаться обеспечением стабильности напряжения бортовой сети. Тем более, мало сурьмянистые аккумуляторы отличаются минимальной стоимостью по сравнению с другими.

Кальциевые. Еще одним решением снизить интенсивность «выкипания» воды в аккумуляторе было использование вместо сурьмы другого материала в

решетках электродов. Наиболее подходящим оказался кальций. Аккумуляторные батареи данного типа часто имеют маркировку «Ca/Ca», что обозначает, что пластины обоих полюсов содержат в своем составе кальций. Также в состав пластин иногда добавляют еще и серебро в малых количествах, что снижает внутреннее сопротивление АКБ. Это положительно сказывается на энергоемкости и КПД батареи.

Применение кальция позволило значительно снизить интенсивность газовыделения и потери воды, по сравнению с мало сурьмянистыми аккумуляторами. Фактически, потери воды за весь срок службы батареи составили столь малую величину, что отпала необходимость в проверке плотности электролита и уровня воды в банках. Таким образом, кальциевые аккумуляторные батареи имеют право называться необслуживаемыми.

Кроме низкой скорости «выкипания» воды, кальциевые аккумуляторы имеют еще и сниженный почти на 70%, по сравнению с мало сурьмянистыми, уровень саморазряда. Это позволяет кальциевым батареям дольше сохранять свои эксплуатационные свойства при долгом хранении. Т.к. использование кальция вместо сурьмы позволило повысить напряжение начала электролиза воды с прежних 12 до 16 вольт, перезаряд стал не так страшен.

Однако кальциевые аккумуляторные батареи имеют не только плюсы, но и минусы. Одним из главных минусов аккумуляторов данного типа является капризность в отношении перезаряда. Достаточно 3-4 раза чересчур разрядить, как необратимо снижается уровень энергоемкости, т.е. резко уменьшается количество тока, которое батарея способна накопить. Аккумуляторную батарею в таких случаях, как правило, просто меняют.

Кальциевые аккумуляторы чувствительны к напряжению бортовой сети автомобиля, крайне плохо перенося резкие перепады. Перед покупкой аккумуляторной батареи данного типа следует убедиться в стабильности напряжения автомобиля.

Еще одним минусом является более высокая цена кальциевых аккумуляторов. Но это уже не является недостатком, а вынужденной платой за качество. Чаще всего кальциевые аккумуляторные батареи устанавливаются на иномарках среднего ценового диапазона и выше, т.е. на те автомобили, где качество и стабильность электрооборудования гарантировано. При покупке аккумулятора данного типа следует иметь в виду, что батарея в эксплуатации более требовательна, чем мало сурьмянистая, но зато при должном уходе Вы

получаете высококачественный и надежный источник питания для Вашего автомобиля.

Гибридные. Часто обозначаются как «Са+». В гибридных аккумуляторах пластины электродов сделаны по разным технологиям: положительные – мало сурьмянистые, отрицательные — кальциевые. Это позволяет совместить положительные качества обоих типов аккумуляторных батарей. Расход воды у гибридных батарей в два раза меньше, чем у мало сурьмянистых, но все равно больше, чем у кальциевых. Зато выше устойчивость к переразрядам и перезарядам. По характеристикам гибридные аккумуляторные батареи находятся между мало сурьмянистыми и кальциевыми.

Гелевые и AGM аккумуляторные батареи содержат электролит не в «классическом» жидком виде, а в связанном, гелеобразном состоянии (отсюда и название типа батареи).

И в гелиевых, и в AGM батареях электролит находится в гелеобразном состоянии. Отличие в том, что в AGM аккумуляторах помимо этого между пластинами-электродами находится специальный пористый материал, дополнительно удерживающий электролит и защищающий электроды от осыпания. Сама аббревиатура «AGM» так и расшифровывается — Absorbent Glass Mat (абсорбирующий стекломатериал). Т.к. гелиевые и AGM аккумуляторы имеют почти схожие характеристики, далее по тексту под гелиевыми будут иметься в виду и AGM батареи. В случае имеющих различий об этом будет указано отдельно.

Отличная виброустойчивость — это не единственное положительное качество гелиевых аккумуляторов. Данные типы батарей имеют низкую скорость саморазряда, благодаря чему их можно хранить долгое время без критического снижения заряда. Хранить следует в заряженном состоянии.

Гелиевые АКБ могут выдавать одинаково высокий ток вплоть до полного разряда. При этом они не боятся переразряда, полностью восстанавливая после подзарядки свою номинальную емкость.

Если при разряде гелиевые аккумуляторы менее капризны, чем классические, то с зарядом батарей ситуация совсем иная. Недопустим ускоренный заряд — процесс зарядки гелиевых аккумуляторных батарей должен происходить гораздо меньшим током. Для этого даже используются специальные зарядные устройства, подходящие для зарядки только гелиевых аккумуляторов. Хотя на рынке имеются и универсальные ЗУ, умеющие, по

заверениям производителей, производить зарядку всех типов батарей. Насколько это соответствует действительности — необходимо смотреть внимательно, обращая внимание на репутацию и гарантии производителя.

К сожалению, гелиевые батареи при очень низких температурах ведут себя хуже, чем классические. Это связано с тем, что гель становится менее проводимым при снижении температуры. При благоприятных условиях эксплуатации гелиевые аккумуляторные батареи могут работать до 10 лет.

Благодаря своей абсолютной герметичности, относительной виброустойчивости и своей фактической (а не просто маркетинговой) необслуживаемости гелиевые батареи широко применяются там, где классические АКБ использовать опасно или невыгодно: внутри помещений (например, в источниках бесперебойного питания), в мототехнике (мотоцикл, в отличие от автомобиля, едет, периодически отклоняясь от вертикальной плоскости), в морском и речном транспорте (данные аккумуляторы не боятся качки, свойственной судам). Разумеется, гелиевые батареи также применяются и в автомобилях. Чаще всего — в престижных иномарках, что обусловлено довольно высокой ценой этих АКБ (плата за качество и надежность).

## **2.2 методы зарядки аккумуляторных батарей**

Зарядные устройства на солнечных батареях сегодня мало кого удивляют. Если раньше они были достаточно дорогими и даже имиджевыми устройствами, то теперь это массовый продукт. Их может позволить себе практически любой пользователь. Основными преимуществами солнечных зарядок является автономность и функционирование даже при рассеянном освещении. Немаловажным плюсом является их универсальность. Такие устройства могут быть подключены к различным типам телефонов, планшетов, навигаторов, плееров ноутбуков и других устройств. Для этого производители включают в комплект поставки существенный набор переходников. При этом нужно понимать, что некоторые зарядки на солнечных батареях по своей мощности просто не смогут потянуть зарядку устройств с большой ёмкостью аккумулятора. То есть, солнечная зарядка для телефона не сможет осилить зарядку ноутбука. Дело здесь как в ёмкости батареи, так и в разных выходных параметрах (зарядный ток и напряжение).

Существует два основных метода зарядки аккумуляторной батареи. Во-первых, заряжать можно током постоянной силы. Во-вторых, можно это делать и при постоянном напряжении. Но есть также и комбинированный вариант – самый щадящий и эффективный – сначала постоянным током и с варьирующим напряжением, потом, в конце процесса зарядки, постоянным напряжением и спадающим током.

Заряд АКБ при стабильной силе тока. При таком методе зарядки сам процесс предъявляет повышенные требования к внимательности вовлеченного человека. Проверять аккумулятор требуется примерно каждые два часа, особенно внимательным нужно быть под конец зарядки. Основная причина такого внимания – при зарядке высоким током и соответствующем перегреве аккумулятор просто может закипеть и взорваться.

Начинать процесс зарядки нужно на силе тока, равной численно в амперах емкости заряжаемой аккумуляторной батареи в Ач. В таком режиме зарядка должна происходить 20 часов. Таким образом, для батареи емкостью 90 Ач выставляем ток 9 А. Постоянство силы тока выдерживается регулирующим устройством. Для более эффективного процесса зарядки рекомендуется снижать силу тока со временем, а напряжение, наоборот, повышать. Это объясняется тем, что ЭДС аккумуляторной батареи направлена именно на напряжение, соответственно при его повышении нужно повышать и напряжение. А вот сила тока уменьшается из-за все увеличивающегося сопротивления батареи. Такой ступенчатый режим – это уже комбинированный метод. В наши дни он используется на большинстве зарядных устройств.

Для необслуживаемых батарей рекомендуется использовать напряжение повыше, около 16 В. Но при это нужно снизить силу тока в два раза. Вообще, и для традиционных батарей можно использовать пониженное значение силы тока – это повысит КПД зарядки, аккумулятор задействует в реакции больше вещества, а сам процесс зарядки будет более мягким и поможет дольше сохранить батарею. К тому же при низкой силе тока вероятность закипания электролита снижается в разы.

Аккумулятор можно считать заряженным в том случае, когда напряжение и ток заряда остаются неизменными в течении двух часов. Ток



должен упасть практически до нуля, а напряжение в случае необслуживаемой батареи будет составлять 16,5 В.

Заряд АКБ при стабильном напряжении. Здесь прямая зависимость заряда батареи от подаваемого на нее напряжения. В таком режиме автомобильная аккумуляторная батарея на 12 В в течении 24 часов зарядится на 75-85% при подаваемом напряжении 14,4 В. Если повысить напряжение до 15 В, до заряд достигнет 85-90%. При 16 В аккумулятор будет заряжен на 95-98%. Полностью зарядить аккумулятор за сутки можно при напряжении 16,4 В.

При таком методе зарядки сигналом окончания процесса будет служить стабилизировавшееся напряжение аккумулятора на уровне 14,4 В. Зарядное устройство покажет это загоревшейся лампочкой, а автоматическое устройство само прекратит процесс зарядки. Вообще рекомендуется заряжать меньшим напряжением, около 14,5 В. В таком режиме батарея зарядится на 95 %, но на это потребуются более суток. Зато это более щадяще для самой батареи. Вообще зарядка стабильным напряжением менее подвержена закипанию электролита, и имеет свои удобные стороны в виде меньшей требовательности к наблюдающему человеку. Ведь в таком режиме ток зарядки автомобильного аккумулятора будет падать в конце процесса, что и будет лучшим образом сказываться на батарее.

Мы выбираем тип зарядки АКБ, при котором заряд осуществляется стабильном напряжении в силу простоты данного типа зарядки и меньшей степенью вовлеченностью человека в данный процесс.

### **2.3 Проблемы при зарядке АКБ и методы защиты от них**

Защита от переплюсовки зарядного устройства вещь очень полезная, а иногда и необходимая. При неправильном подключении автомобильной АКБ может выйти из строя как АКБ так и зарядное устройство.

Схема (рис.2) реализуется следующим способом: диод устанавливается между плюсовыми шинами аккумулятора и зарядного устройства анодом к плюсу зарядного устройства и катодом к плюсу аккумулятора. Ток через диод будет проходить только в том случае, если полярность соблюдена. Эта схема является одной из простейших и наиболее дешевых. Однако данная схема на основе диода имеет значительный недостаток, это потеря мощности и падение

напряжения на диоде около 0.7 – 0.8 В, данное значение не столь велико, однако в условиях зарядки АКМ достаточно весомо и ведет к лишним потерям энергии. Диод Шоттки позволит решить данную проблему, падение напряжение на нём составляет всего 0.3-0.4 вольта. На нижеприведенной блок схеме показан способ подключения диода Шоттки.

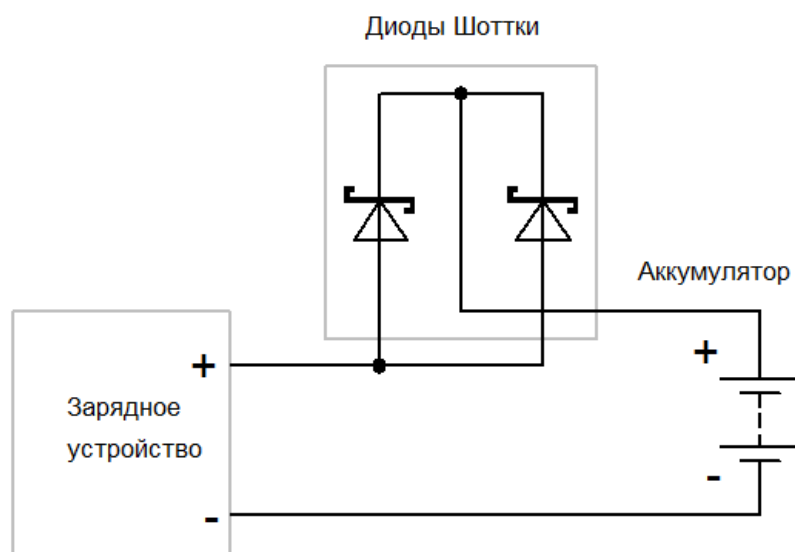


Рисунок 2 – схема защиты аккумулятора от переплюсовки.

## 2.4 выбор аккумуляторной батареи

Выберем АКБ Varta silver dynamic 63 а/ч о.п. (563 400) D15 со следующими характеристиками:

Емкость	63
Пусковой ток	610
Габариты АКБ	242x175x190
Полярность	[ - + ] Обратная
Напряжение	12V
Тип Клемм	T1 Европейский
Торговая марка	Varta
Тип Корпуса	Европа

Таблица 1 – характеристики АКБ Varta silver dynamic

Ток заряда аккумулятора определим, как 0,1 емкости аккумулятора, получим  $I_z=6,3$  А.

Напряжение заряда аккумулятора:  $U_z=16,4$  В.

## Глава 3 Мат. Моделирования

### 3.1 Принцип работы ППН

Основной принцип работы импульсных преобразователей электрической энергии основан на периодической, высокочастотной коммутации электронных ключей. В работе рассматривается метод широтно-импульсной модуляции (ШИМ), позволяющий управлять уровнем выходных электрических переменных, за счет чего повышаются показатели энергосбережения.

Схема замещения непосредственного преобразователя электрической энергии с ШИМ, выполняющего роль стабилизатора напряжения (рис. 3).

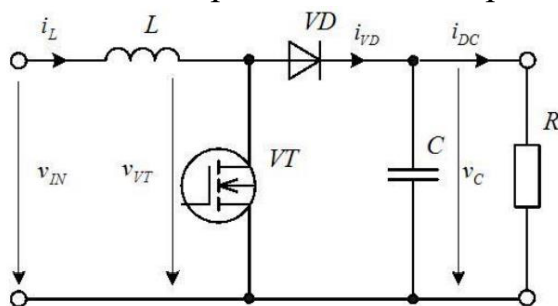


Рис. 3. Схема импульсного повышающего преобразователя напряжения

Данная схема содержит два коммутационных элемента VT1 и VD1 и два реактивных элемента L и C. Математическая модель силовой части схемы описывается двумя дифференциальными уравнениями относительно  $\frac{di_L(t)}{dt}$ ,  $\frac{dv_C(t)}{dt}$ .

На рис. 4 изображены диаграммы токов на индуктивности L и диоде VD от времени.

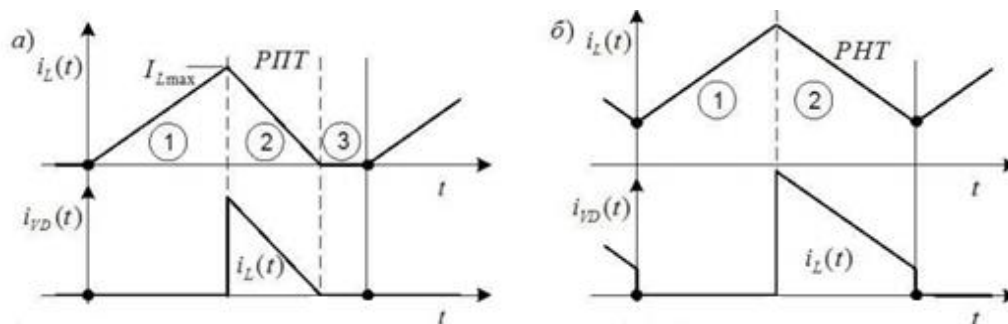


Рис. 4. Диаграммы токов индуктивности L и диоде VD от времени (символы)

На каждом интервале непрерывности внутри периода коммутации TS схема преобразователя описывается системой нижеприведенных линейных

дифференциальных уравнений. Рассмотрим работу преобразователя на каждом из интервалов непрерывности.

На интервале накопления энергии в индуктивности  $t \in [0, t_{ON}]$  транзисторный ключ открыт, все входное  $v_{IN}(t)$  напряжение приложено к индуктивности  $L$ . Поведение схемы на интервале накопления описывается в базисе переменных состояния следующей системой дифференциальных уравнений второго порядка:

$$\begin{cases} \frac{di_L(t)}{dt} = \frac{1}{L} \cdot v_{IN}(t) \\ \frac{dv_C(t)}{dt} = -\frac{1}{RC} \cdot v_C(t) \end{cases}, t \in [0, t_{ON}], \quad (1)$$

где  $[i_L(t), v_C(t)]^T$  - вектор переменных состояния;  $i_L(t)$  - ток входной индуктивности;  $v_C(t)$  - напряжение выходной емкости;  $v_{IN}(t)$  - внешнее входное напряжение.

На интервале накопления происходит линейное нарастание тока индуктивности  $i_L(t)$  от нулевого уровня и накопление в ней энергии по формуле

$$i_L(t) = \frac{v_{IN}}{L} \cdot t. \quad (2)$$

При этом диод находится под обратным напряжением и закрыт, выходная цепь отделена от входной, емкость  $C$  медленно разряжается через сопротивление нагрузки  $R$ .

Во время интервала отдачи энергии индуктивностью и заряда конденсатора транзисторный ключ  $VT$  закрыт, а диод  $VD$  открыт под действием суммы входного напряжения и ЭДС самоиндукции индуктивности  $L$ . К индуктивности приложена разность входного и выходного напряжений. Ток индуктивности протекает через диод  $VD$  и заряжает выходной конденсатор. Этот процесс описывается уравнением:

$$\begin{cases} \frac{di_L(t)}{dt} = -\frac{1}{L} \cdot v_C(t) + \frac{1}{L} \cdot v_{IN}(t) \\ \frac{dv_C(t)}{dt} = \frac{1}{C} \cdot i_L(t) - \frac{1}{RC} \cdot v_C(t) \end{cases}, t \in [t_{ON}, t_{ON} + t_{OFF}]. \quad (3)$$

Интервал отсечки (характерен только для режима прерывистых токов), на нём ток индуктивности равен нулю, при этом не происходит ни накопление, ни передача энергии. Транзисторный ключ и диод закрыты, происходит только разряд выходной емкости. Это процесс описывается выражением (4).

$$\begin{cases} \frac{di_L(t)}{dt} = 0 \\ \frac{dv_C(t)}{dt} = -\frac{1}{RC} \cdot v_C(t) \\ i_L(t) = 0. \end{cases}, \quad t \in [t_{ON} + t_{OFF}, T], \quad (4)$$

Управление током и выходным напряжением преобразователя при ШИМ осуществляется путем изменения длительности  $t_{ON}$  открытого состояния транзисторного ключа VT, т.е. длительности интервала накопления энергии. [2], [3]

### 3.2 Расчет силовой цепи

Расчет проводится для схемы, изображенной на рис. 7

$$\text{Сопротивление нагрузки: } R_H = \frac{U_{\text{вых}}}{I_H} = \frac{16,4}{6} = 2,73 \text{ Ом.}$$

Где  $U_{\text{вых}}$  – напряжение на нагрузке,  $I_H$  – номинальный ток нагрузки.

Из ряда номинальных значений Е 24 выбираем резистор с сопротивлением  $R = 3 \text{ Ом}$ .

Относительная длительность включения транзистора в установившемся состоянии (коэффициент заполнения или скважность):

$$\gamma = \frac{U_{\text{вых}} - U_{\text{вх}}}{U_{\text{вых}}} = \frac{16,4 - 5}{16,4} = 0,69$$

Где  $U_{\text{вх}}$  – напряжение на входе повышающего преобразователя

$$\text{Индуктивность катушки: } L_{\min} = \frac{U_{\text{вх}} * \gamma * (1 - \gamma)}{2 * I_{H\max} * f} = \frac{5 * 0,69 * (1 - 0,69)}{2 * 60 * 40000} = 0,00023 \text{ мГн}$$

Где  $I_{H\max}$  - максимальное значение тока нагрузки

Из ряда номинальных значений Е 24 выбираем индуктивность со значением  $L = 2,4 \text{ мГн}$ .

$$\text{Ёмкость конденсатора: } C = \frac{\gamma * (1 + K'_n)}{2 * R_H * f * K'_n} = \frac{0,69 * (1 + 0,03)}{2 * 2,73 * 40000 * 0,03} = 0,0001 \text{ Ф.}$$

Из ряда номинальных значений Е 24 выбираем конденсатор со значением  $C = 100 \text{ мкФ}$ .

Выбор диода и транзистора был проведен с учетом протекающих по ним токов и приложенного напряжения. [4], [5]

### 3.3 Выбор солнечной батареи

Выбор солнечной батареи проводится исходя из значения требуемой мощности в пиковом режиме, то есть когда ток нагрузки  $I_{нMax}$  достигается своего максимального значения.

Рассчитаем требуемое значение мощности  $P_{треб\ max}$  при максимальном токе:

$$P_{треб\ max} = I_{нMax} * U_{вых} = 60 * 16.4 = 984Вт$$

Округлим полученное значений:  $P_{треб\ max} = 1кВт$

Получаем, что необходима солнечная батарея максимальной мощностью 1 кВт.[7]

## Глава 4

### 4.1 Моделирование силовой цепи ППН с разомкнутой ОС в программном пакете LTspice

Исследуемая модель повышающего преобразователя напряжения выполненная в программе LTspice приведена на рис. 5.

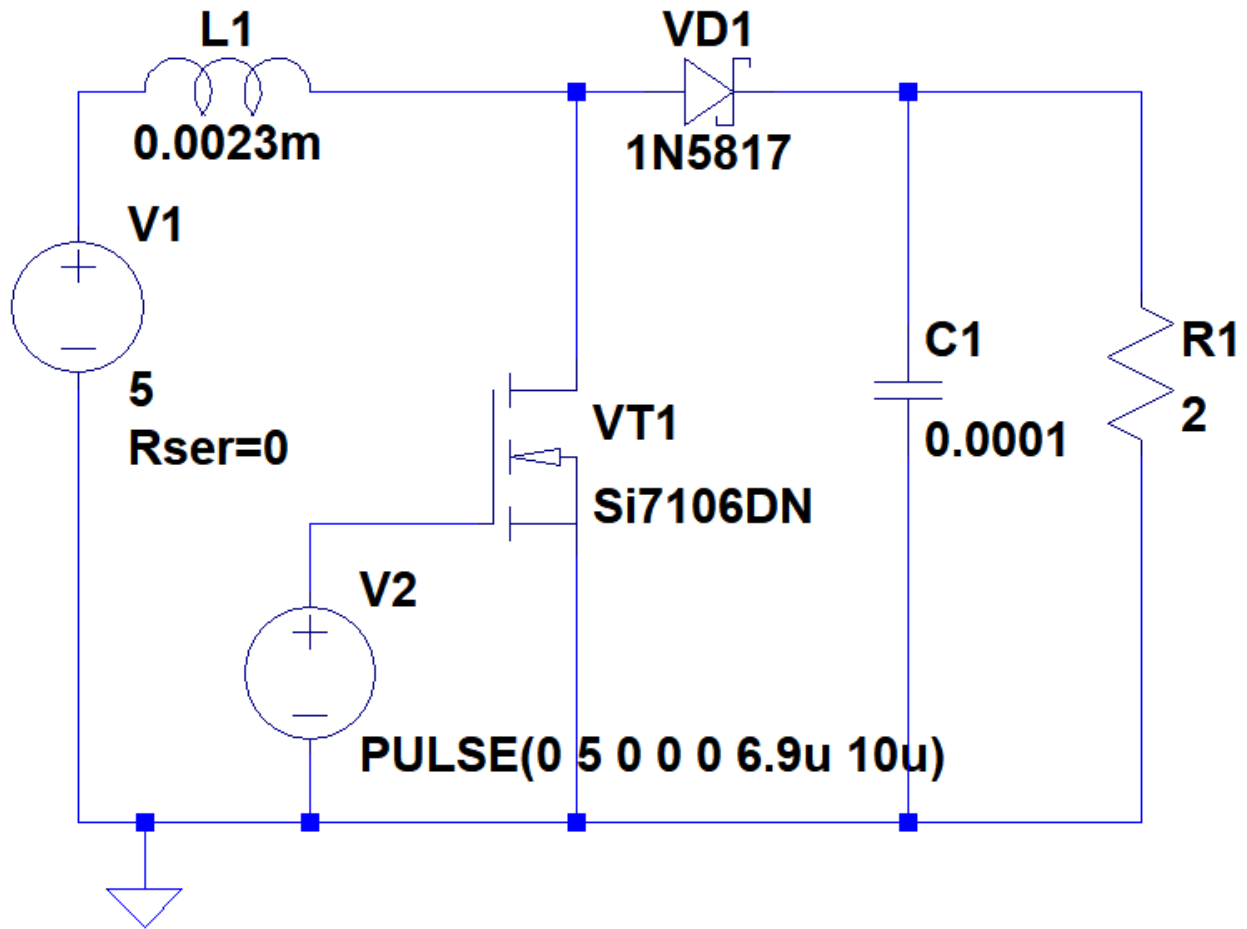


Рис. 5. Модель силовой цепи ППН без ОС в программном пакете LTspice  
На рис. 6 изображен переходный процесс выходного напряжения  $U_{вых}$ .



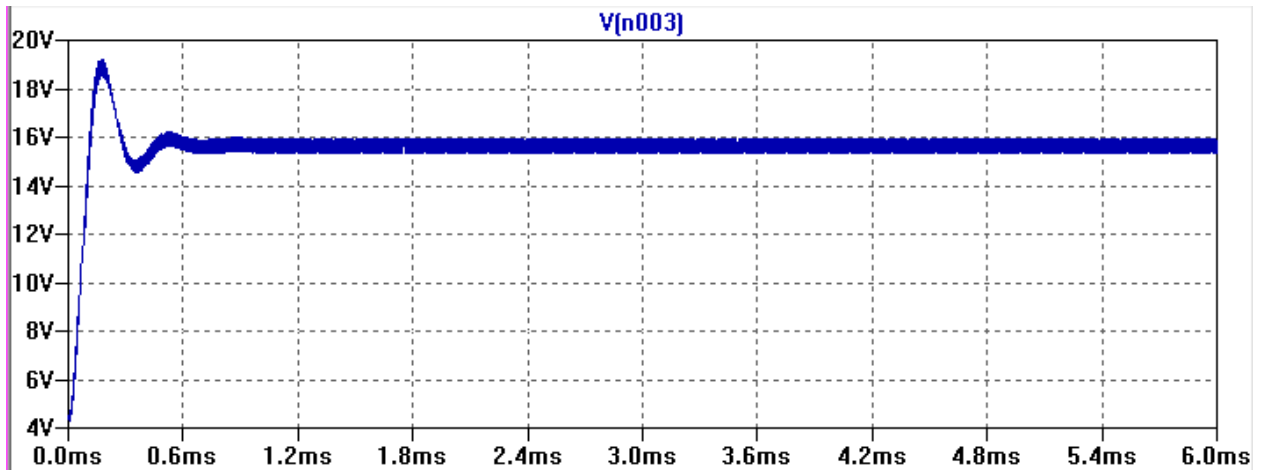


Рис. 6. Переходный процесс выходного напряжения  $U_{\text{вых}}$ , полученная в программе LTspice

Исходя из диаграммы переходного процесса, видим, что переходный процесс длится 1 мс. А на достижение первого максимума тратится 0,38 мс и значение напряжения в этой точке равно 19,2 В, а также превышает установившееся значение в 1,2 раз.

Был проведен ряд исследований, в ходе которого получены результаты, изложенные ниже.

*Исследование зависимости выходного напряжения от коэффициента заполнения.*

Данная зависимость  $U_{\text{вых}}$  ( $\gamma$ ) исследована на модели (рис. 5) и результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2. Значения зависимости  $U_{\text{вых}}$  от коэффициента заполнения  $\gamma$

$\gamma$	$U_{\text{вых}}$ , В
0,1	5,08
0,2	5,82
0,3	6,8
0,4	8,2
0,5	10,25
0,6	12,2
0,7	16,2
0,8	22,1
0,9	32

Так же построен график данной зависимости (рис.7).

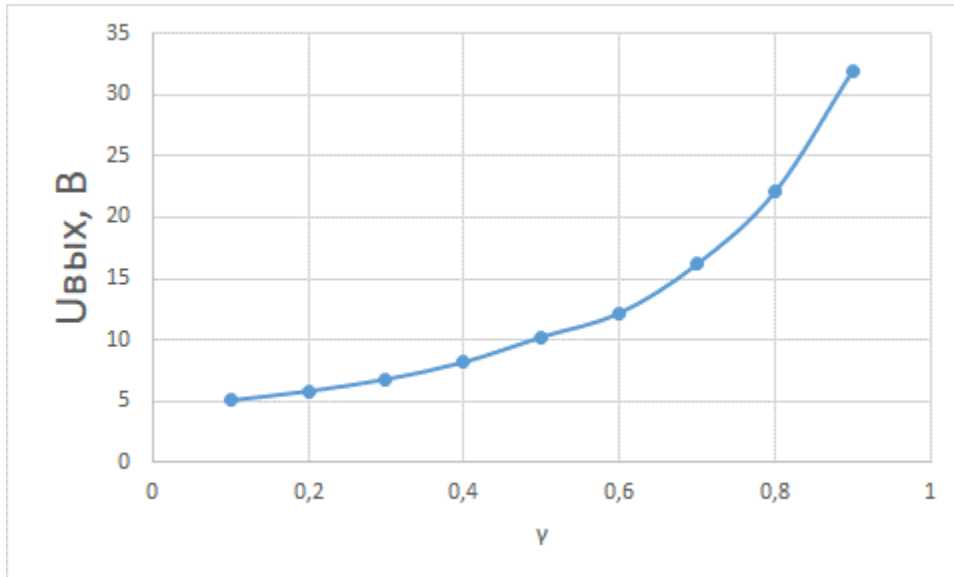


Рис. 7. График зависимости выходного напряжения  $U_{\text{вых}}$  от коэффициента заполнения  $\gamma$

Как видим, выходное напряжение  $U_{\text{вых}}$  может изменяться в довольно широком диапазоне (от 5 до 32 В), чем больше коэффициент  $\gamma$ , тем сильнее изменение напряжения.

На рисунках 7-9 изображены временные зависимости выходного напряжения и сигнала ШИМ от коэффициента заполнения  $\gamma$ .

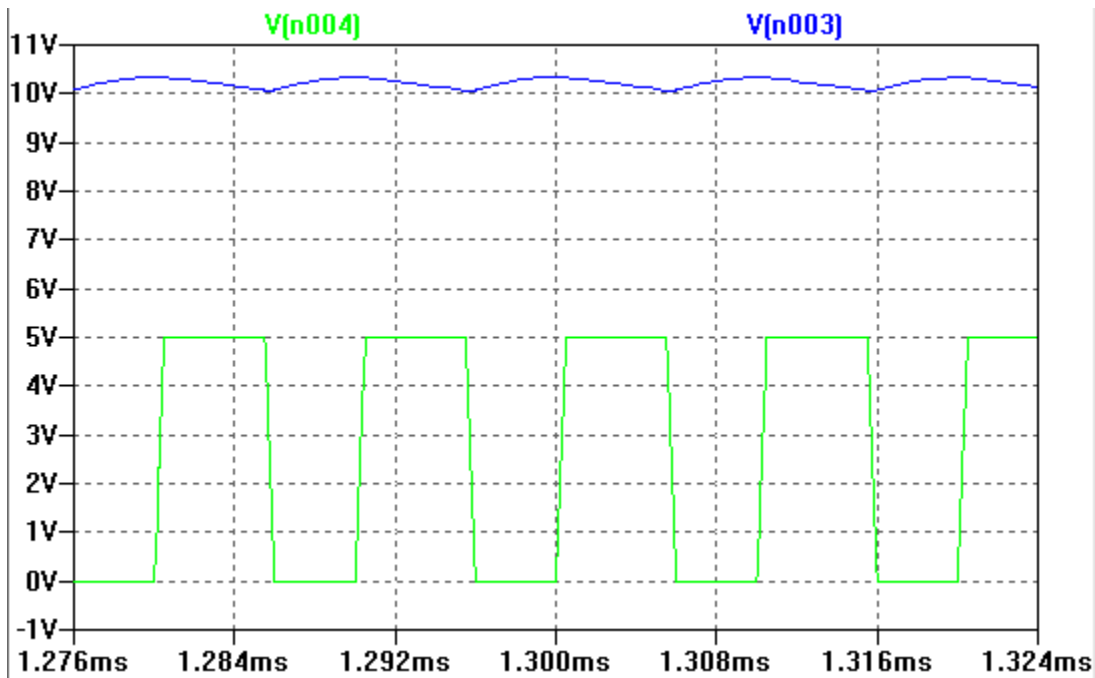


Рис. 7. Диаграмма выходного напряжения (V(n003)) и сигнала ШИМ (V(n004)) при  $\gamma = 0,5$ , полученная в программе LTspice

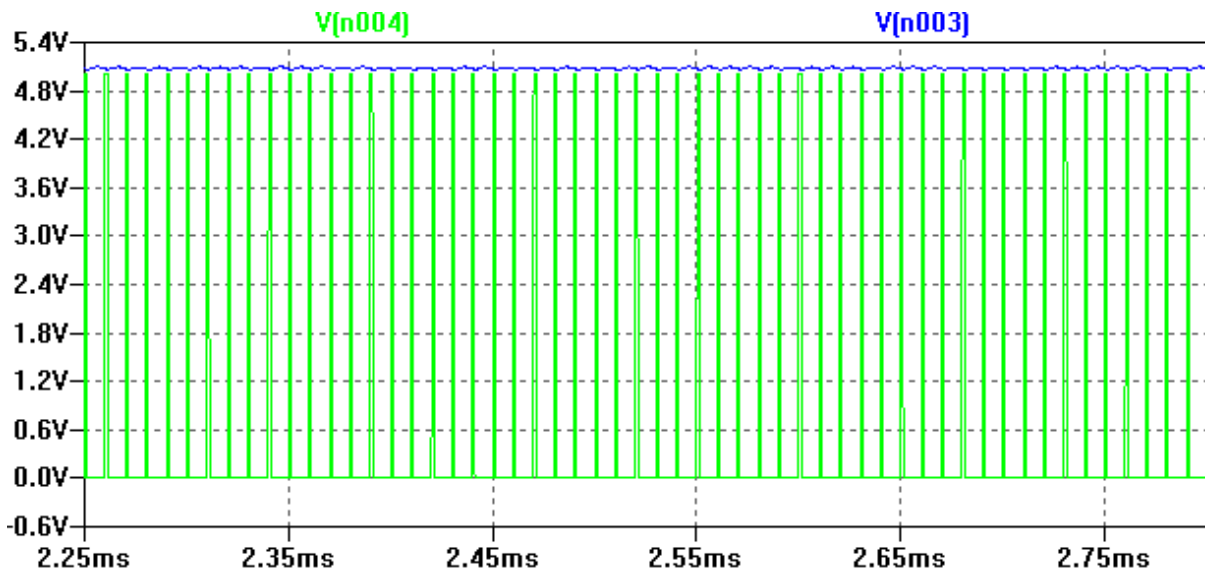


Рис. 8. Диаграмма выходного напряжения (V(n003)) и сигнала ШИМ (V(n004)) при  $\gamma = 0,1$ , полученная в программе LTspice

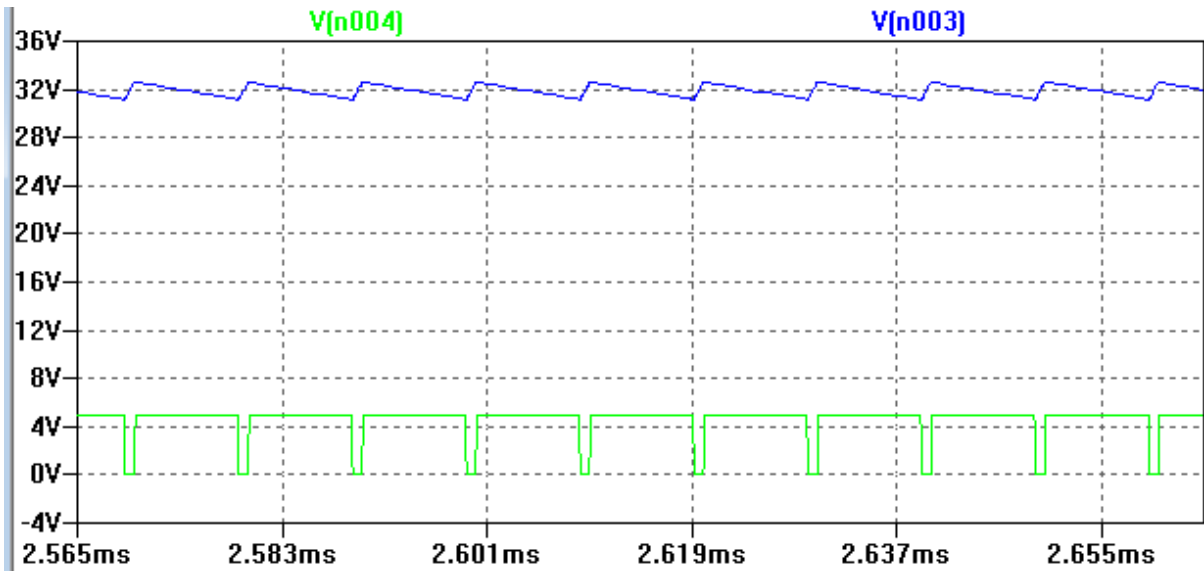


Рис. 9. Диаграмма выходного напряжения (V(n003)) и сигнала ШИМ (V(n004)) при  $\gamma = 0,9$ , полученная в программе LTspice

Как видно из рисунков 7-9, форма выходного напряжения зависит от коэффициента заполнения.

*Исследование зависимости выходного напряжения от входного.*

Данная зависимость  $U_{\text{вых}}$  ( $U_{\text{вх}}$ ) исследована на модели (рис. 5) и результаты приведены в таблице 3.

Таблица 3. Значения зависимости выходного  $U_{\text{вых}}$  напряжения от входного  $U_{\text{вх}}$

$U_{\text{вх}}$	$U_{\text{вых}}$
1	3
2,5	8
5	16.0
7,5	24
10	32
15	48
25	80
50	158
75	234
100	298

Так же построен график данной зависимости (рис.10).

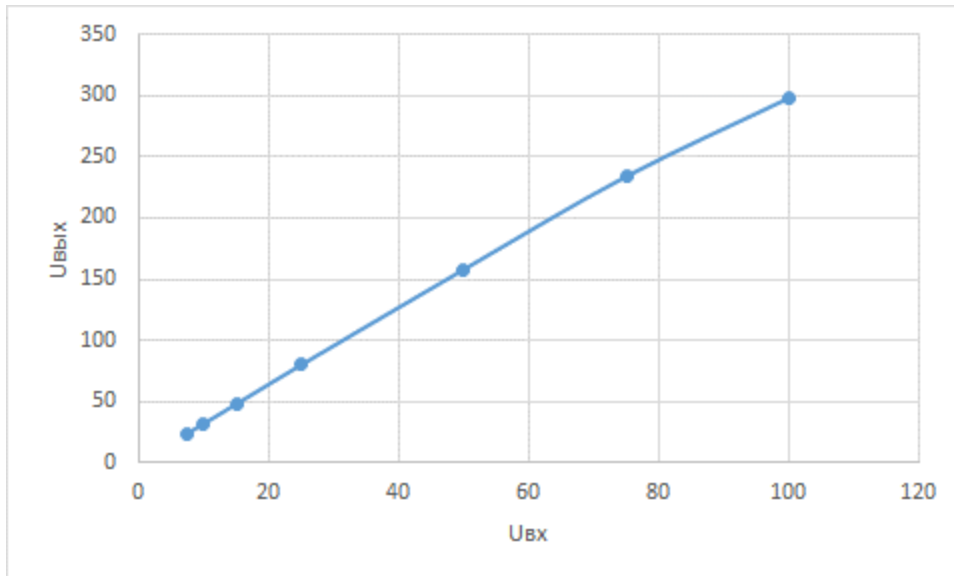


Рис. 10. График зависимости выходного напряжения  $U_{\text{вых}}$  от значения входного напряжения  $U_{\text{вх}}$

Как видно на рис. 10, изменение выходного напряжения  $U_{\text{вых}}$  строго линейно зависит от изменения входного напряжения  $U_{\text{вх}}$ .

*Исследование зависимости отношения выходного напряжения к входному  $U_{\text{вых}}/U_{\text{вх}}$  от коэффициента заполнения  $\gamma$ .*

Данная зависимость  $U_{\text{вых}}(U_{\text{вх}})$  исследована на модели (рис. 5) и результаты приведены в таблице 4.

Таблица 4. Значения зависимости  $U_{\text{вых}}/U_{\text{вх}}$  ( $\gamma$ )

$\gamma$	$U_{\text{вых}}/U_{\text{вх}}$
0,1	1,016
0,2	1,164
0,3	1,36
0,4	1,64
0,5	2,05
0,6	2,44
0,7	3,24
0,8	4,42
0,9	6,4

Так же построен график данной зависимости (рис.11).

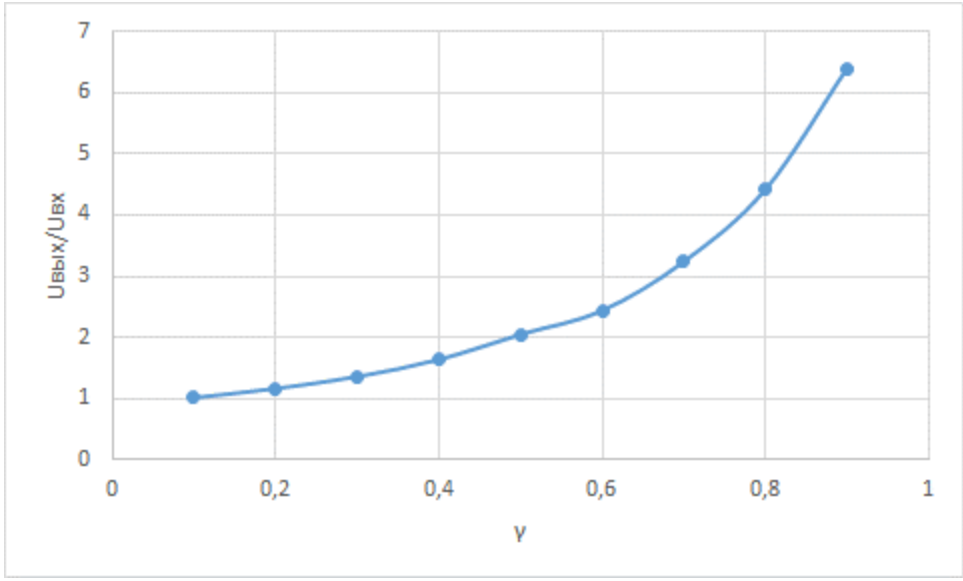


Рис. 11. График зависимости отношения выходного напряжения к входному  $U_{\text{вых}}/U_{\text{вх}}$  от коэффициента заполнения  $\gamma$

**4.2 Моделирование силовой цепи ПН замкнутой по обратной связи, модулируемой математическими формулам в программном пакете LTspice**

Модель ПН с замкнутой обратной связью приведена на рис. 12.

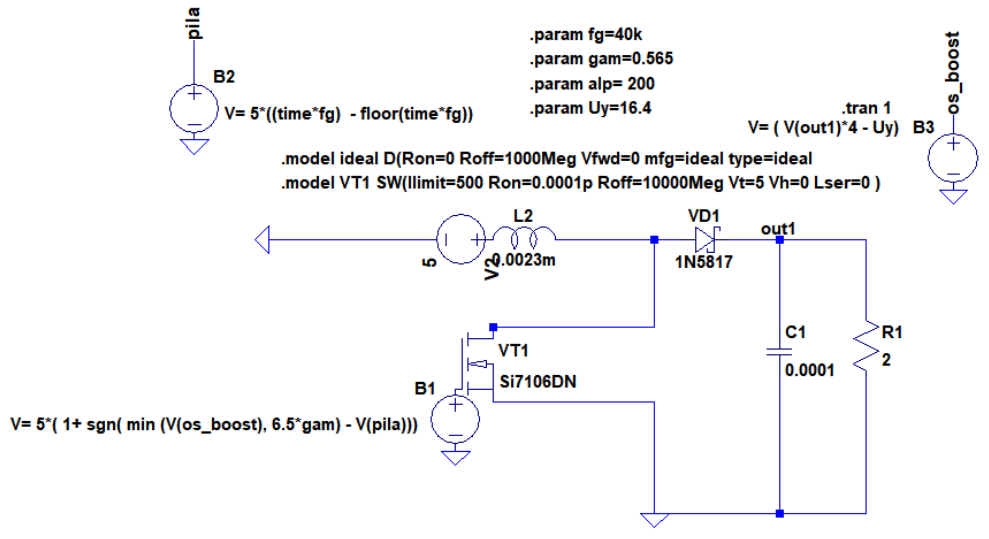


Рис. 12. Модель силовой цепи ППН замкнутой по обратной связи, модулируемой математическими формулам в программном пакете LTspice

На рис. 13 изображен переходный процесс выходного напряжения  $U_{\text{вых}}$ .

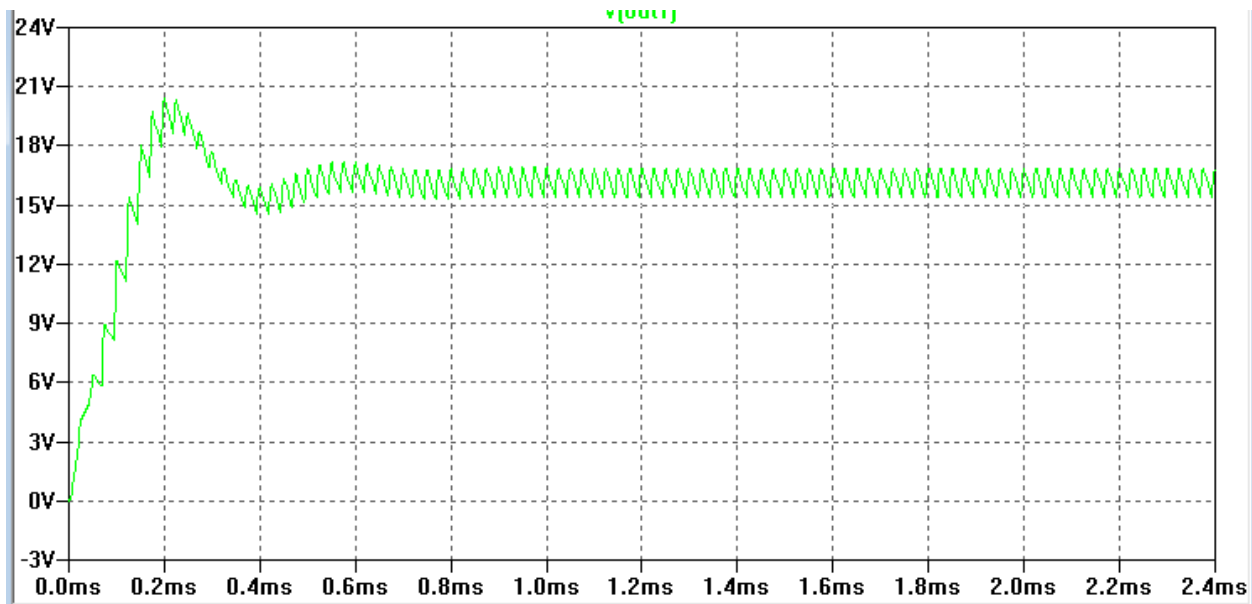


Рис. 13. Переходный процесс выходного напряжения  $U_{\text{вых}}$

Переходный процесс завершается за 0,6 мс, это в 1,66 раза быстрее, чем при использовании схемы без обратной связи. Первый максимум достигается спустя 0,2 мс, это быстрее в 1,9 раз. Перерегулирование равно 1.3. величина пульсаций не превышает 5%.

## Глава 5

### Проектирование системы управления ППН на базе отладочной платы Texas Instruments

Микроконтроллеры MSP (MCU) от Texas Instruments (TI) - это 16-разрядные и 32-разрядные процессоры смешанного сигнала, разработанные таким образом, что потребляет малое количество мощности. Микроконтроллеры MCU предлагают самое низкое энергопотребление и идеальное сочетание интегрированных периферийных устройств для тысяч приложений. Texas Instruments также предоставляет все аппаратные и программные инструменты, необходимые для работы с этим микроконтроллером. Кроме того, TI имеет множество дополнительных компонентов. Новые микроконтроллеры MSP432™ представляют собой 32-разрядные микроконтроллеры, предлагающие более высокую производительность со стандартизованным ARM®, при этом потребляя меньше энергии.[9]

Обладает следующими особенностями:

- Несколько режимов малой мощности.

Система управления тактовыми сигналами MSP MCU имеет возможность включать и отключать различные тактовые сигналы и генераторы, которые позволяют микроконтроллеру входить в различные режимы малой мощности (LPM). Гибкая система синхронизации оптимизирует общее потребление тока за счет определённой работы тактового генератора.

- Автономная периферия

Интеллектуальные аналоговые и цифровые периферийные устройства могут работать автономно в режимах с низким энергопотреблением. Это позволяет MCU работать максимально эффективно.

- Таймеры

Маломощные таймеры (RTC), доступные на всех MCU MSP, обладают высокой точностью и обеспечивают необходимые импульсы через определенные промежутки времени. Некоторые микроконтроллеры также



включают в себя переключаемую резервную систему батарей, которая поддерживает выполнение программы при сбое основного источника питания.

- Прямой доступ к памяти

MCU MSP также имеют контроллер прямого доступа к памяти, позволяющий осуществлять передачу данных без вмешательства процессора. Это означает более высокую пропускную способность периферийных модулей и более низкую мощность системы.

- Автономная периферия

Интеллектуальные аналоговые и цифровые периферийные устройства могут работать автономно в режимах с низким энергопотреблением. Это позволяет MCU от компании Texas Instruments работать максимально эффективно.

- FRAM

FRAM или Ferroelectric Random Access Memory, является энергонезависимой памятью, которая сочетает в себе скорость, сверхнизкую мощность и гибкость SRAM с надежностью и стабильностью Flash память, это обеспечивает потребление наименьшей мощности и является самой простой в использовании архитектурой микроконтроллеров. [10]

На рисунке 14 представлена исследуемая плата MSP 430

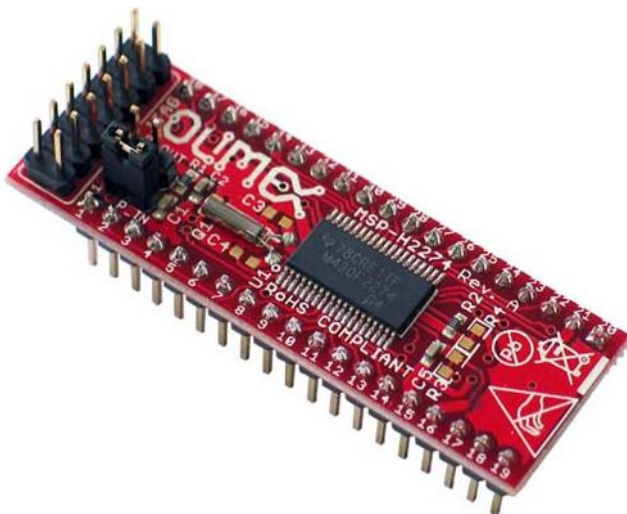


Рис 14– отладочная плата MSP 430

Так же на рисунке 15 приведена функциональная схема контроллера MSP430G2553.

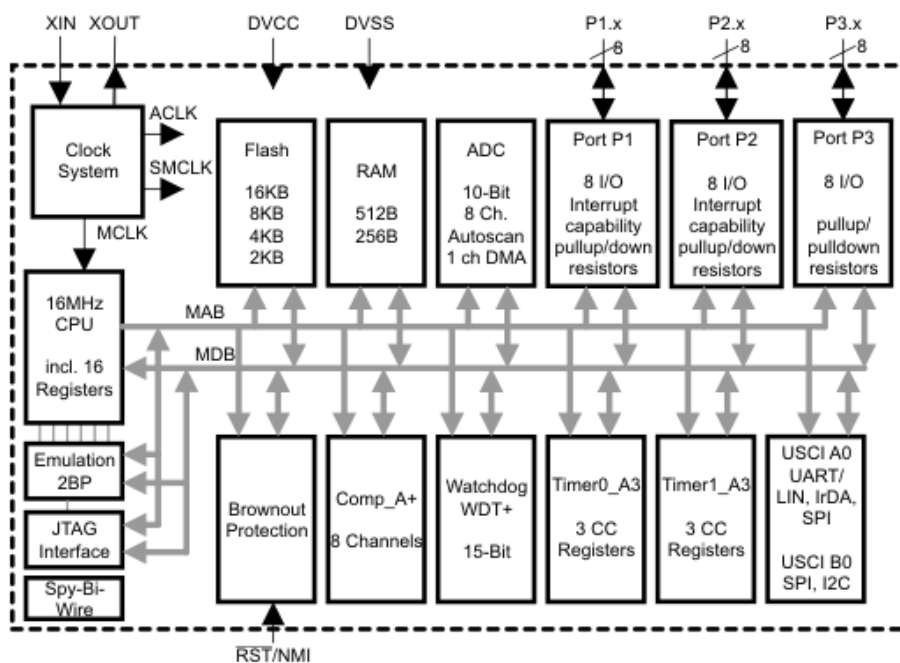


Рисунок 15 - функциональная схема контроллера MSP430G2553

Для программирования отладочной платы от компании Texas Instruments необходима отладочная среда Code Composer Studio. Интегральная среда проектирования Code Composer Studio версии 4 (CCSv4) предназначена для разработки программного обеспечения ко всем процессорам, выпускаемым компанией Texas Instruments Incorporated (TI). Среда CCSv4 включает такие инструменты, как редактор исходных текстов, компилятор, линковщик, отладчик, симуляторы для всех типов процессоров от TI, средства визуализации и целый ряд других вспомогательных инструментов. Это единый графический пользовательский интерфейс, позволяющий производить пошаговую разработку и отладку программного кода. Интуитивно понятные инструменты позволяют разработчикам быстро начать свою собственную разработку, постепенно осваивая новые функциональные возможности и улучшая производительность своих решений. Средство разработки CCSv4 базируется на программном обеспечении с открытым исходным кодом Eclipse. Использование именно этого продукта обосновано тем, что Eclipse

обеспечивает превосходную структуру программного обеспечения (ПО), которую поддерживают многие продавцы встраиваемых решений. В CCSv4 совмещаются преимущества Eclipse и лучшие решения от TI, что позволяет реализовать удобную и многофункциональную среду проектирования.

На рисунке 16 приведена программа позволяющая смоделировать сигнал ШИМ частотой 40кГц и регулируемой скважностью. [8]

```

1 #include <msp430p2553.h>
2
3 /*
4  * main.c
5  */
6 volatile int CMP, A;
7
8 int main(void)
9 {
10     MDCTCL = MDTPW | MDTHOLD; // Stop watchdog timer
11     //100Hz
12     IF (CALBC1_10MHZ==0xFF) // If calibration constant erased
13     {
14         while(1); // do not load, trap CPU!!
15     }
16     DCOCTL = 0; // Select lowest DCOx and MODx settings
17     BCSCCTL1 = CALBC1_10MHZ; // Set range
18     DCOCTL = CALDCO_10MHZ; // Set DCO step + modulation*/
19
20     TACTL = TASSEL_2 + MC_1; //выбираем источник тактирования таймера TAB, режим работы(счет до уровня CCR0) стр 370
21     TACCTL0 = CCIE; //прерывание
22     TACCR0 = 399; //период коммутации
23
24     TACCTL1 = OUTMOD_7; //стр 372 , 1 при сбросе таймера TAB и 0 при сравнении с CCR1
25     CMP=199; //гамма которая присваивается CCR1
26
27     ADC10CTL0 = SREF_1 + ADC10SHT_1 + REFOUT + REFON + REF2_SV + ADC10IE;
28     ADC10AEO = BIT0;
29     ADC10CTL0 |= ADC10ON;
30     ADC10CTL0 |= ENC + ADC10SC;
31
32     P1DIR |= BIT6; //настройка порта P1.6 на выход
33     P1SEL |= BIT6; //выбор функционала ... P1.6 работает как ШИМ
34
35     P1DIR |= BIT4;
36     P1SEL |= BIT4;
37     P1SEL2 |= BIT4;
38     P1REN &= ~BIT4; //отключение подтягивающих резисторов
39
40     __bis_SR_register(BIE); // разрешаем глобальные прерывания
41 }
42
43 #pragma vector=TIMER0_A0_VECTOR
44 __interrupt void Timer_A (void)
45 {
46     TACCR1 = CMP;
47     ADC10CTL0 |= ENC + ADC10SC;
48 }
49
50 #pragma vector=ADC10_VECTOR
51 __interrupt void ADC10 (void)
52 {
53     A=ADC10MEM;
54     ADC10CTL0 |= ENC + ADC10SC;
55 }
56

```

Рис. 16. Программный код, выполненный в программе Code Composer

В результате макетирования сигнала ШИМ с помощью программы, приведенной выше, были получены следующие осциллограммы сигнала

ШИМ с различными коэффициентами заполнения  $\gamma$ , изображенные на рисунках 17-19.

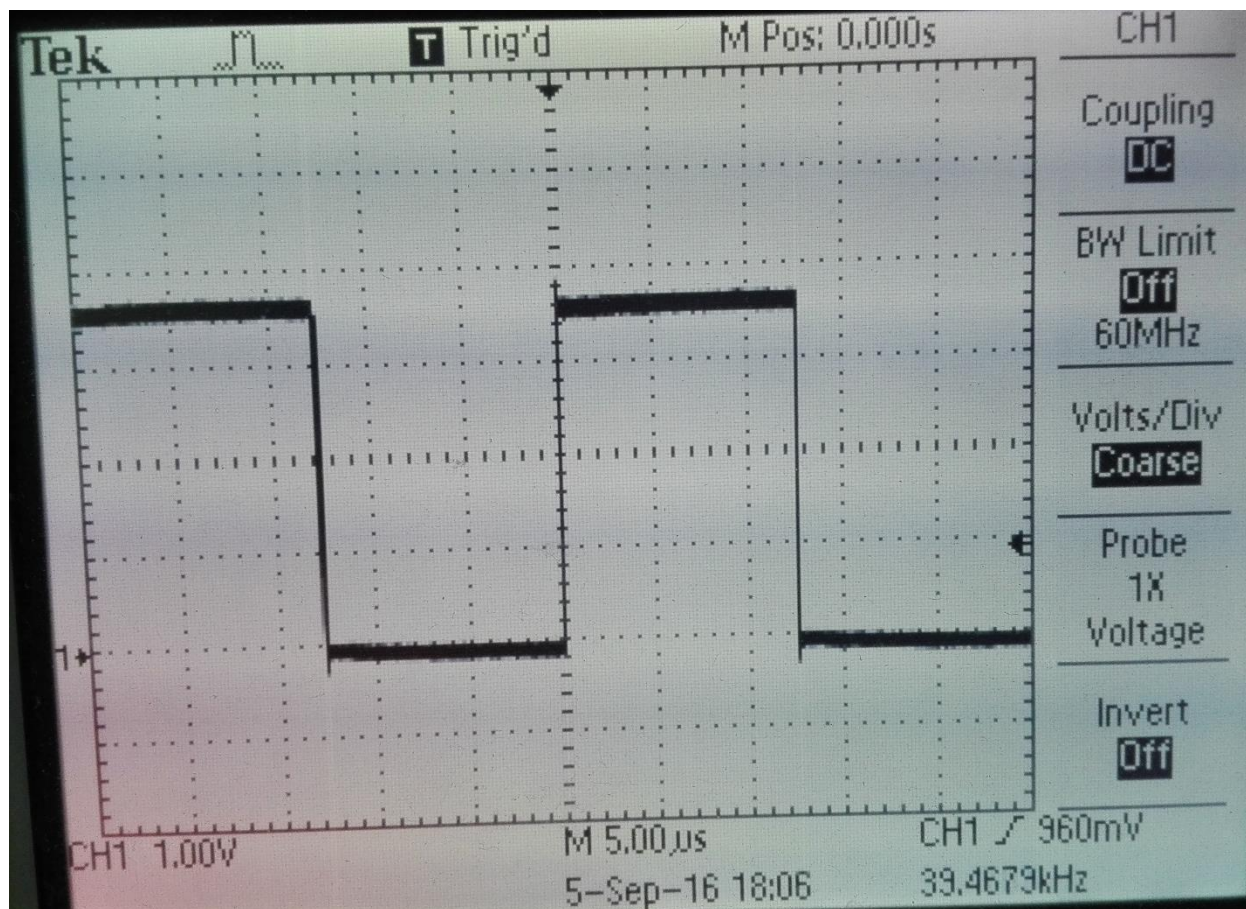


Рис. 17. Осциллограмма ШИМ с коэффициентом скважности  $\gamma=0,5$

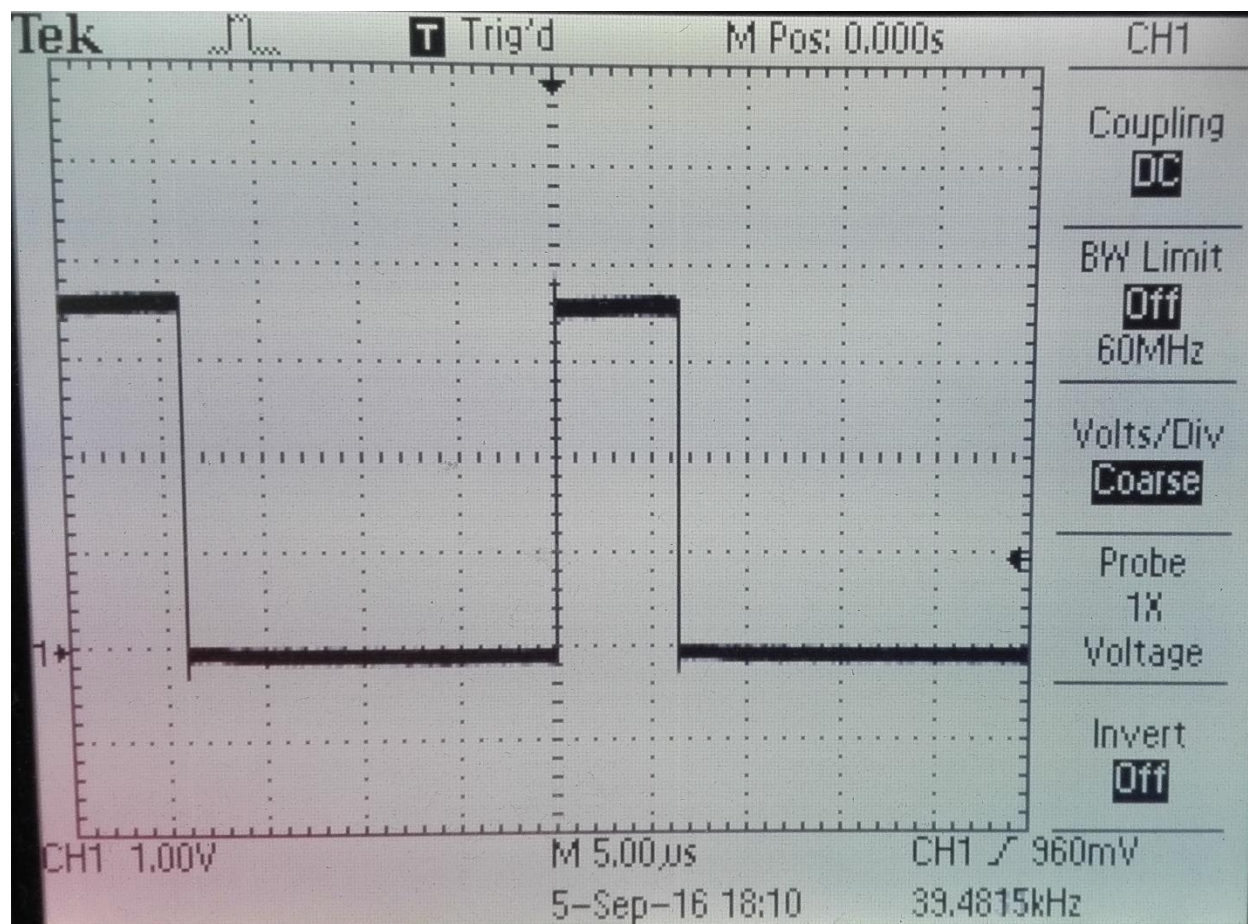


Рис. 18. Осциллограмма ШИМ с коэффициентом скважности  $\gamma=0,25$



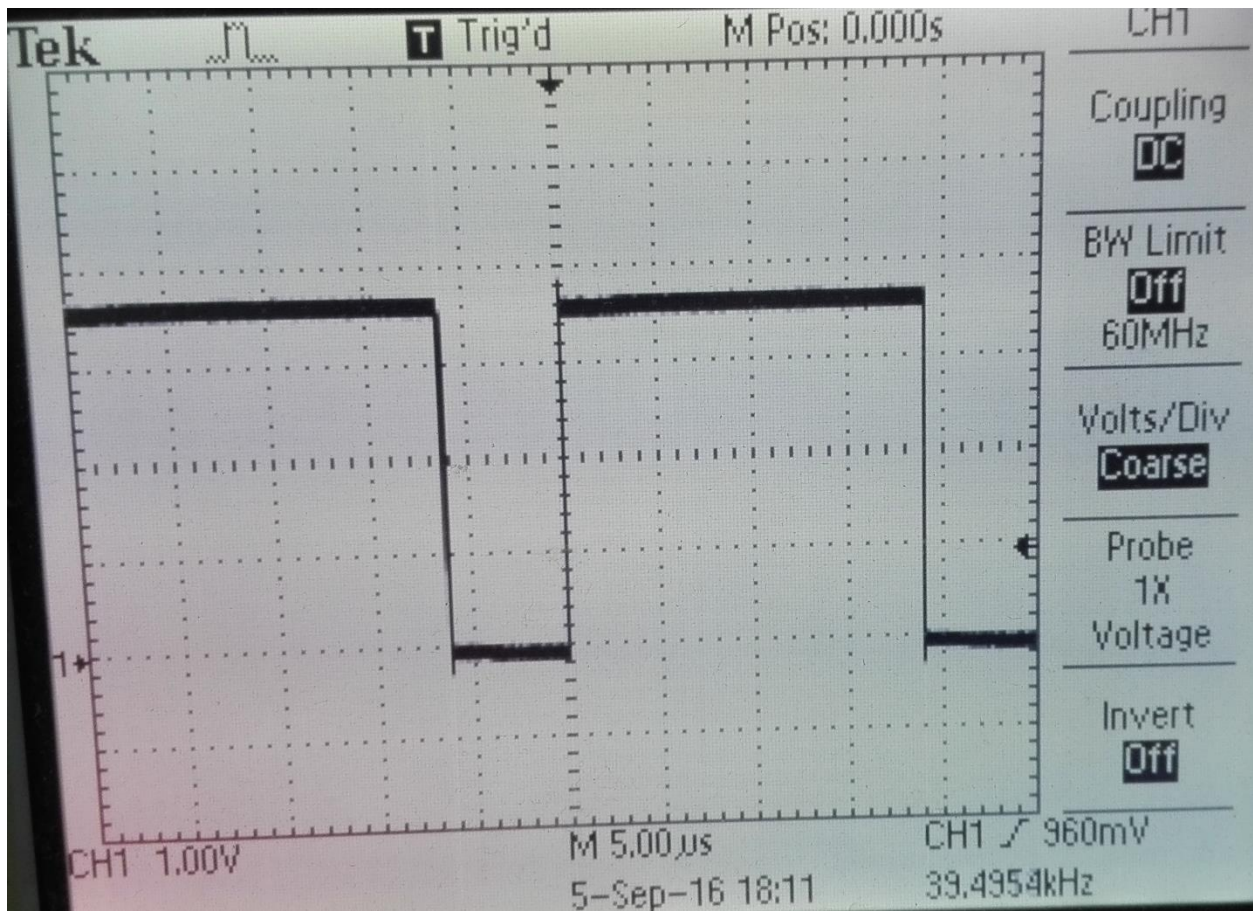


Рис. 19. Осциллограмма ШИМ с коэффициентом скважности  $\gamma=0,75$

С помощью данной программа возможно регулировать период и скважность ШИМ как одновременно, так и по отдельности.

## Глава 6

### Дальнейшее развитие проекта

В данном проекте всё еще не хватает защиты зарядного устройства от повышенных токов и напряжений, это первое на что стоит обратить внимание в дальнейшем развитии этого устройства. Чтобы обеспечить защиту по току, будет необходим датчик тока. Сигнал с датчика тока будет поступать в микроконтроллер на встроенный АЦП 1. В зависимости от полученного сигнала тока будут реализованы защита и уровень тока заряда АБ. Чтобы обеспечить защиту по напряжению необходимо будет добавить делитель напряжения. И по сигналу напряжения АЦП 2, полученного с делителя напряжения, будет обеспечена стабилизация напряжения заряда.

Защита по току будет реализована следующим образом: в микроконтроллер будет поступать сигналы с датчика тока и как только он превысит критическое значение, МК переведет ШИМ в режим с нулевой скважностью, что будет соответствовать выключенному состоянию электронного ключа.

На рисунке 20 изображена схема зарядного устройства работающая от солнечной панели, в состав схемы входит:

SB – солнечная батарея

DC/DC boost – повышающий преобразователь постоянного напряжения

ДТ – датчик тока

ДН – делитель напряжения

PWM – ШИМ

Battery – заряжаемая автомобильная АБ

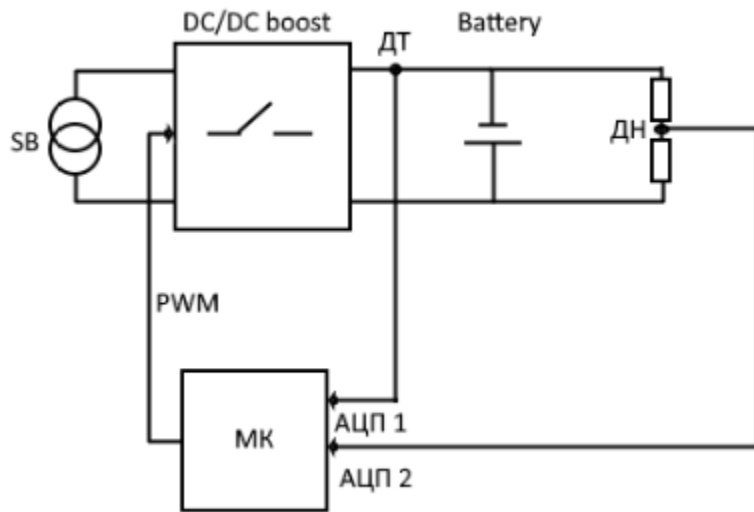


Рисунок 20 - желаемая схема зарядного устройства.



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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
5Г3А	Сидоренко Дмитрий Олегович

<b>Институт</b>	<b>ЭНИН</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ЭПЭО</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	Электропривод и электрооборудование

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	При проведении исследования используется база лабораторий ООО «Фрекон». В исследовании задействованы 2 человека: студент-исполнитель и научный руководитель. Приблизительная сумма затрат на выполнение проекта составляет 10 тысяч рублей.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	В соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов» и ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность». Минимальный размер оплаты труда на 2017 год составляет 7800 руб.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления по страховым взносам - 30% от ФОТ.

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Технико-экономическое обоснование НИР. Определение потенциальных потребителей результатов исследования.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Определение трудоемкости выполнения работ. Разработка графика проведения НИР. Расчет материальных затрат НИР.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Оценка научно-технического уровня НИР

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. График проведения и бюджет НИР;
2. Оценка ресурсной и финансовой эффективности НИР;

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Ассистент кафедры менеджмента	Грахова Елена Александровна			

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
5ГЗА	Сидоренко Дмитрий Олегович		

## **Глава 7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение(готово)**

Целью данного раздела является оценка коммерческого и инновационного потенциала научно-исследовательской работы (НИР), планирование процесса управления НИР, определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности.

### **7.1 Технико-экономическое обоснование научно-исследовательской работы**

Научно-исследовательская работа посвящена изучению повышающего преобразователя напряжения и его управлению в составе системы автономного электропитания.

Основные функции объекта исследования: повышающий преобразователь напряжения, который преобразует постоянное напряжение солнечных батарей в более высокое для последующей зарядки автомобильных аккумуляторных батарей.

Данное научное исследование имеет коммерческий потенциал, который заключается в снижении себестоимости продукта за счет введения инновационных методов.

Полученные результаты исследования больше всего будут интересны людям, вынужденным в силу рода своей профессии подолгу находится в поездках в труднодоступных и/или мало населенных местах без возможности заряжать аккумулятор автомобиля. [11]

### **7.2 Планирование научно-исследовательской работы (готово)**

В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение

исполнителей по видам работ. Порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 5[12].

Таблица 5 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка задания на НИР	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель, студент
Выбор направления исследований в НИР	2	Подбор и изучение литературных данных по теме	Студент
	3	Выбор направления исследований	Научный руководитель
	4	Календарное планирование работ по теме	Научный руководитель, студент
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Научный руководитель, студент
Обобщение и оценка результатов	6	Оценка эффективности полученных результатов	Научный руководитель, студент
	7	Определение целесообразности проведения ОКР	Научный руководитель, студент
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	8	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Студент

### 7.3 Определение трудоемкости выполнения работ(готово)

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожі}$  используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5},$$

где  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы, чел.-дн.;

$t_{mini}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65%.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{q_i},$$

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

$t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы, чел.-дн.;

$Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.[13]

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -ой работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -ой работы в рабочих днях;

$k_{кал}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}$$

где  $T_{кал}$  – количество календарных дней в году;

$T_{кал}$  – количество выходных дней в году;

$T_{кал}$  – количество праздничных дней в году.

$$k_{кал} = \frac{360}{360 - 109 - 10} = 1,49 \approx 2$$

Все рассчитанные значения необходимо свести в таблицу 6.

Таблица 6 – Временные показатели проведения научного исследования

№ раб.	Название работы	Трудоемкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$	Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$
		$t_{min}$ , чел-дни	$t_{max}$ , чел-дни	$t_{ожі}$ , чел-дни			
1	Составление и утверждение технического задания	2	2	2	Научный руководитель, студент	1	2

2	Подбор и изучение материалов по теме	12	13	12	Студент	12	24
3	Выбор направления исследований	1	2	1	Научный руководитель	1	2
4	Календарное планирование работ по теме	4	5	4	Научный руководитель	4	8
5	Проведение теоретических расчетов	10	12	10	Научный руководитель, студент	5	10
6	Оценка эффективности полученных результатов	7	8	5	Научный руководитель, студент	2	4
7	Определение целесообразности проведения ОКР	10	11	10	Научный руководитель, студент	5	10
7	Составление пояснительной записки	8	10	10	Студент	10	20
Итого							80

#### 7.4 Бюджет научно-технического исследования (НИР)

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

- материальные затраты НИР;
- затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;

- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты научные и производственные командировки;
- накладные расходы научно-исследовательской работы (НИР).

#### **7.4.1 Расчет материальных затрат НИР**

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

- приобретение со стороны сырья и материалов, необходимых для создания научно-технической продукции;
- покупные материалы, используемые в процессе создания научно-технической продукции для обеспечения нормального технологического процесса и для упаковки продукции или расходуемые на другие производственные и хозяйственные;
- 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 и для эксплуатации технического обслуживания – объектов испытаний;

В материальные затраты, помимо вышеуказанных, включаются дополнительно затраты на канцелярские принадлежности, диски, картриджи и т.п. В первом случае на них определяются соответствующие нормы расхода от установленной базы. Во втором случае их величина учитывается как некая доля в коэффициенте накладных расходов.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:



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

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, м<sup>2</sup> и т.д.);

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> 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. Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносятся в таблицу 7.

Таблица 7 – Материальные затраты на НИР (руб.)

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, ( $Z_m$ ), руб.
Солнечная батарея Goal Zero Nomad	штук	1	5200	5200
Итого				5200

Из затрат на материальные ресурсы, включаемых в себестоимость продукции, исключается стоимость возвратных отходов.[14]

## 7.4.2 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок.

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

$$Z_{zn} = Z_{осн} + Z_{доп},$$

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

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

Основная заработная плата ( $Z_{осн}$ ) руководителя от предприятия рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p,$$

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

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, р. дней (таблица 2);

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_M \cdot M}{F_\delta},$$

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

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года;

$F_{\partial}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, р. дней (таблица 8).

Таблица 8 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	366	366
Количество нерабочих дней:		
- выходные дни	102	54
- праздничные дни	16	12
Потери рабочего времени:		
- отпуск	28	28
- невыходы по болезни	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	220	272

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{mc} \cdot (1 + k_{np} + k_{\partial}) \cdot k_p,$$

где  $Z_{mc}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{np}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от  $Z_{mc}$ );

$k_{\partial}$  – 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  $Z_{mc}$ );

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

Тарифная заработная плата  $Z_{mc}$  находится из произведения тарифной ставки работника 1-го разряда  $T_{ci} = 600$  руб. на тарифный коэффициент  $k_m$  и учитывается по единой для бюджетных организаций тарифной сетке. Расчет основной заработной платы приведен в таблицы 6.

Таблица 6 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Разряд	$k_m$	$Z_{mc}$ , руб.	$k_{np}$	$k_\partial$	$k_p$	$Z_m$ , руб.	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель	13	9,3	5580	0,3	0,4	1,3	12332	631	45	34074
Студент	1	1,2	720	0,3	0,4	1,3	1591	81	34	3305
Итого $Z_{осн}$										37379

Основная заработная плата руководителей рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда, которая предполагает состав заработной платы:

- 1) Оклад – определяется предприятием. Оклады распределены в соответствии с занимаемыми должностями, например, ассистент, старший преподаватель, доцент, профессор.
- 2) Стимулирующие выплаты – устанавливаются руководителем подразделений за эффективный труд и т.д.
- 3) Иные выплаты; районный коэффициент.

#### 7.4.3 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:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}$$

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

$$Z_{доп p1} = 34074 \cdot 0,15 = 5111 \text{ руб.}$$

$$Z_{доп ст} = 3305 \cdot 0,15 = 496 \text{ руб.}$$

$$Z_{доп} = 5111 + 496 = 5607 \text{ руб.}$$

#### 7.4.4 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:

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

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

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

Таблица 9 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнители	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды
Руководитель	34074	5111	10580
Студент	3305	496	1026
		Итого	11606

### 7.4.5 Накладные расходы

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

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 4) \cdot k_{\text{нр}},$$

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

Величину коэффициента накладных расходов в размере 16%.

$$Z_{\text{накл}} = (84000 + 37379 + 5607 + 11606) \cdot 0,16 = 22222 \text{ руб.}$$

### 7.4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

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 научно-технической продукции. Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведет в таблице 10.

Таблица 10 – Расчет бюджета затрат НИР

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты НИР	84000	Пункт 4.7.1
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей проекта	37379	Пункт 4.7.2
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	5607	Пункт 4.7.3
4. Отчисления во внебюджетные фонды	11606	Пункт 4.7.4
5. Накладные расходы	22222	16% от суммы ст. 1-4

6. Бюджет затрат НИР	160814	Сумма ст. 1-5
----------------------	--------	---------------

Расчет произведен с учетом работы в 1 месяц. Общая продолжительность исследования (экспериментальная часть) составляет 3 месяца. Согласно смете затрат на проектирование, наибольшие затраты идут на основную заработную плату научно-производственного персонала и материальные затраты в 1 рабочий месяц составляет 160814 рублей. Данный уровень расходов соответствует текущему уровню затрат на научно-исследовательскую работу.

### 7.5 Оценка научно-технического уровня НИР

Важнейшим результатом проведения НИР является его научно-технический уровень, который характеризует, в какой мере выполнены работы и обеспечивается ли научно-технический прогресс в данной области. В последнее время для оценки научной ценности, технической значимости и эффективности, планируемых и выполняемых НИР, получил распространение метод балльных оценок. Балльная оценка заключается в том, что каждому фактору по принятой шкале присваивается определенное количество баллов. Обобщенную оценку проводят по сумме баллов по всем показателям или рассчитывают по формуле. На этой основе делается вывод о целесообразности НИР. Сущность метода заключается в том, что на основе оценок признаков работы определяется коэффициент ее научно-технической уровня по формуле [4]:

$$H_T = \sum_{i=1}^3 R_i \cdot n_i$$

где  $H_T$  — показатель, определенный по трем признакам;

$R_i$  — весовой коэффициент  $i$ -го признака научно-технического эффекта;  $n_i$  — количественная оценка  $i$ -го признака научно-технического эффекта, в баллах (таблица 9, 10).

Таблица 11 – Весовые коэффициенты признаков НТУ

Признак НТУ	Примерное значение весового коэффициента
1. Уровень новизны	0,5
2. Теоретический уровень	0,3
3. Возможность реализации	0,2

Таблица 12 – Баллы для оценки уровня новизны

Уровень новизны	Характеристика уровня новизны	Баллы
Принципиально новая	Новое направление в науке и технике, новые факты и закономерности, новая теория, способ	8-10
Новая	По-новому объясняются те же факты, закономерности, новые понятия, дополняют ранее полученные результаты	5-7
Относительно новая	Систематизируются, обобщаются имеющиеся сведения, новые связи между известными факторами	2-4
Не обладает новизной	Результат, который ранее был известен	0

Таблица 13 – Баллы значимости теоретических уровней

Теоретический уровень полученных результатов	Баллы
1. Установка закона, разработка новой теории	10
2. Глубокая разработка проблемы, многоспектральный анализ, взаимодействия между факторами с наличием объяснений	8
3. Разработка способа (алгоритм, программа и т. д.)	6
4. Элементарный анализ связей между фактами (наличие гипотезы, объяснения версии, практических рекомендаций)	2
5. Описание отдельных элементарных факторов, изложение наблюдений, опыта, результатов измерений	0,5



Результаты оценок признаков отображены в таблице 14.

Таблица 14 – Количественная оценка признаков НИОКР

Признак научно-технического эффекта НИР	Характеристика признака НИОКР	$K_i$	$\Pi_i$
1. Уровень новизны	По-новому объясняются те же факты, закономерности, новые понятия	0,5	6
2. Теоретический уровень	Разработка способа (алгоритм, программа мероприятий, устройство, вещество и т.п.)	0,3	8
3. Возможность реализации	Время реализации в течение первых лет	0,2	8
4. Масштабы реализации	Одно или несколько предприятий	0,2	2

Используя исходные данные по основным признакам научно-технической эффективности, определяем показатель научно - технического уровня:

$$H_T = 0.5 \cdot 6 + 0.3 \cdot 8 + 0.2 \cdot (8 + 2) = 7.4$$

Таблица 15 – Оценка уровня научно-технического эффекта

Уровень НТУ	Показатель НТУ
Низкий	1 - 4
Средний	4 - 7
Сравнительно высокий	7 - 10
Высокий	10 - 13

Таким образом, данная НИР имеет сравнительно высокий уровень НТУ, равный 7,4.

В ходе разработки данной главы выпускной квалификационной работы были решены следующие задачи:

1. Отсутствие финансирования и незаинтересованность потенциальных потребителей в научной разработке является проблемой для дальнейшего ее развития. Поэтому сложно говорить о коммерческом потенциале НИР, скорее можно говорить о ее научно-техническом уровне.

2. Произведено планирование работ, разработан календарный план. Общее содержание работ для проведения исследования составило 8 этапов. Для построения таблицы временных показателей проведения НИР был рассчитан коэффициент календарности. С помощью данных показателей был разработан календарный - план график проведения НИР по теме. Общая продолжительность дней на проведение исследования – 80 дней.

3. Рассчитан бюджет научного исследования.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
5ГЗА	Сидоренко Дмитрий Олегович

<b>Институт</b>	<b>ЭНИН</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ЭПЭО</b>
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>Исследование системы управления вторичным источником постоянного напряжения в системе автономного электропитания. В работе исследуется повышающей преобразователь напряжения с ШИМ в программной среде LTspice. Повышающий преобразователь позволяет стабилизировать выходное напряжение на уровне 16 В.</p>
---	---

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p><b>1. Производственная безопасность</b></p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>– предлагаемые средства защиты;</li> <li>– (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства).</li> </ul> <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– термические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</li> <li>– пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Вредные факторы проектируемой производственной среды возникают из-за использования ПЭВМ;</li> <li>– СанПиН 2.2.4.548-9 Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны. Допустимые нормы параметров микроклимата установлены по критериям допустимого теплового и функционального состояния человека на период 8-часовой рабочей смены составляет в холодный период года 21-23°C, в тёплый период года 22-24°C. Понижение температуры воздушной среды до установленных санитарных норм обеспечивается применением водяного или воздушного охлаждения нагретых поверхностей и ограждений, с тем чтобы их температура не превышала 45°C, а также устройством общеобменной и местной вытяжной вентиляции;</li> </ul> <p style="text-align: center;">СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.</p> <p>Напряженность электрического поля в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц не должна превышать 25 В/м, а в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц не должно быть более 2.5 В/м.</p> <p>Защита может быть выполнена следующими путями:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• снижением мощности источника излучения;</li> <li>• снижением параметров излучения;</li> <li>• ослаблением ЭМП на рабочем месте;</li> </ul> <p>- Механические опасности не выявлены;</p>
---	---

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Термические опасности не выявлены;</li> <li>- Существует опасность поражения электрическим током. В настоящее время, согласно ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ «Средства защиты работающих. Классификация», существуют следующие средства защиты от повышенного значения напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека: <ul style="list-style-type: none"> <li>- оградительные устройства;</li> <li>- устройства автоматического контроля и сигнализации;</li> <li>- изолирующие устройства и покрытия;</li> <li>- устройства защитного заземления и зануления;</li> <li>- устройства автоматического отключения;</li> <li>- устройства выравнивания потенциалов и понижения напряжения;</li> <li>- устройства дистанционного управления;</li> <li>- предохранительные устройства;</li> <li>- молниеотводы и разрядники;</li> <li>- знаки безопасности;</li> </ul> </li> <li>- Причины пожара: короткое замыкание, перегрузки электрических установок, переходные сопротивления и искрения. Первичные средства пожаротушения: порошковые и углекислотные огнетушители.</li> </ul>
<p><b>2. Экологическая безопасность:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- защита селитебной зоны</li> <li>- анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>- анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>- анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> <li>- разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Воздействие объекта на атмосферу нет (выбросов нет);</li> <li>- Воздействия объекта на гидросферу нет (сбросов нет);</li> <li>- Воздействие объекта на литосферу присутствует (отходы есть). СанПиН 2.1.7.1322-03 «Гигиенические требования к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления». Образующиеся при поломке компонентов ФЭУ.</li> </ul>
<p><b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;</li> <li>- выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>- разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>- разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Перечень возможных ЧС на объекте: пожар от электрического тока, причиной является короткое замыкание, перегрузки электрических установок, переходные сопротивления и искрения;</li> <li>- Наиболее типичная ЧС – пожар;</li> <li>- Во избежание пожаров от электрического тока необходимо, чтобы электрические сети и электрооборудование отвечали требованиям правил технической эксплуатации электроустановок потребителей и межотраслевых правил по охране труда при эксплуатации электроустановок ПОТ Р М-0162001;</li> </ul>

	<p>– Пожарная безопасность на производстве обеспечивается следующими мероприятиями пожарной профилактики:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• организационные – противопожарный инструктаж, создание добровольных пожарных дружин и комиссий, разработка планов эвакуации;</li> <li>• технические – соблюдение норм и правил при проектировании и строительстве зданий, соблюдение норм при выборе оборудования, устройство вентиляции и отопления, оснащение средствами пожаротушения и т.д.;</li> </ul> <p>Надежная и безопасная работа электрооборудования обеспечивается при выполнении требований ПУЭ и ГОСТ при выборе электрооборудования.</p>
<p><b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<p>- Право на условие труда, отвечающие требованиям безопасности и гигиены;</p> <p>- ГОСТ 12.2.061-81 «Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам» рабочее оборудование, инструмент, приспособления должно полностью отвечать требованиям безопасности, окружающая производственная среда соответствовать санитарно-гигиеническим требованиям.</p> <p>- Рабочее место должно быть организовано таким образом, чтобы человек при выполнении работы затрачивал минимальное количество энергии. ГОСТ 12.2.032-78. «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» определяет общие эргономические требования к рабочему месту при выполнении работ сидя. ГОСТ 12.2.033-78. «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования» – при выполнении работ стоя.</p> <p>- Использование оборудования и мебели согласно антропометрическим данным.</p>

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Король И. С.	к.х.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ГЗА	Сидоренко Д.О.		

## **8. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ**

### **8.1. Введение**

В последнее время этические проблемы техники все больше выходят на первый план в связи с повышением социальной ответственности ученого, инженера, проектировщика в современном обществе, потому что конечная цель техники - это служение людям, но без нанесения ущерба другим людям и природе. Техника не может более рассматриваться как ценностно нейтральная и должна отвечать не только технической функциональности, но и критериям экономичности, улучшения жизненного уровня, безопасности, здоровья людей, качества окружающей природной и социальной среды и т.п.

Если инженер и проектировщик не предусмотрели наряду с ее экономичным и четким - с точки зрения технических требований - использованием также безопасного, бесшумного, удобного, экологичного и т.п. применения, из средства служения людям техника может стать враждебной человеку и даже подвергнуть опасности само существование человечества.

### **8.2. Производственная безопасность**

#### **8.2.1 вредные производственные факторы**

В настоящее время, согласно ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ «Средства защиты работающих. Классификация»[1], [2], существуют следующие средства защиты от повышенного значения напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека:

- оградительные устройства;
- устройства автоматического контроля и сигнализации;
- изолирующие устройства и покрытия;
- устройства защитного заземления и зануления;
- устройства автоматического отключения;
- устройства выравнивания потенциалов и понижения напряжения;
- устройства дистанционного управления;
- предохранительные устройства;
- молниеотводы и разрядники;

знаки безопасности.

Допустимые нормы параметров микроклимата установлены по критериям допустимого теплового и функционального состояния человека на период 8-часовой рабочей смены. Они не вызывают повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов

терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности. [15]

Таблица 16. Нормы микроклимата по ГОСТ 12.1 005-88 и СанПиН 2.2.4.54896

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Легкая Ib (140-174)	21-23	20-24	60-40	0,1
Тёплый	Легкая Ib (140-174)	22-24	21-25	60-40	0,1

### 8.2.2. Опасны производственные факторы *Воздействие электромагнитного излучения*

Источниками электромагнитных полей промышленной частоты 50 Гц являются все электроустановки переменного тока: линии электропередачи (ЛЭП), распределительные устройства, электросварочное оборудование, высоковольтное электрооборудование промышленного, научного и медицинского назначения и др.

По законам физики изменения в веществе может вызвать только та часть энергии излучения, которая поглощается этим веществом, а отраженная или проходящая через него энергия действия не оказывает. Электромагнитные волны лишь частично поглощаются тканями биологического объекта, поэтому биологически и эффект зависит от физических параметров электромагнитного излучения: длины волны (частоты колебаний), интенсивности и режима излучения (непрерывный, прерывистый, импульсно-модулированный), продолжительности и характера облучения организма, а также от площади облучаемой поверхности и анатомического строения органа или ткани.

Степень поглощения энергии тканями зависит от их способности к ее отражению на границе раздела, определяемой содержанием воды в тканях и другими их особенностями. Колебания дипольных молекул воды и ионов, содержащихся в тканях, приводят к преобразованию электромагнитной энергии внешнего поля в тепловую, что сопровождается повышением температуры тела или локальным избирательным нагревом тканей, органов,

клеток, особенно с плохой терморегуляцией (хрусталик глаза, стекловидное тело, семенники и др.). При облучении электромагнитными полями наблюдаются: постоянные изменения в крови (фазовые изменения лейкоцитов, эритроцитов и гемоглобина), поражение глаз в виде помутнения хрусталика (катаракты), изменения функционального состояния сердечнососудистой и центральной нервной систем, нарушения обменных процессов.

Нормируемыми параметрами в диапазоне частот 60 кГц – 300 МГц являются напряженности  $E$  и  $H$  электромагнитного поля. В диапазоне низких частот интенсивность излучения не должна превышать 50 В/м по электрической составляющей и 5 А/м по магнитной составляющей напряженности поля.

Напряженность магнитного поля на расстоянии 10 см от экрана варьируется в диапазоне 0,4 – 1,8 А/м. С расстоянием эти показатели уменьшаются. Следовательно, напряженность магнитного поля аудитории соответствует норме. Естественным средством, защищающим пользователя от воздействия вредных излучений, являются фильтры для экранов мониторов. Временно допустимые уровни ЭМП, создаваемые ЭВМ приведены в таблице 8.5.[18,19]

Таблица 17. Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ (СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03)

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 кГц – 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 кГц – 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м
Электростатический потенциал экрана видеомонитор		500 В

Защита может быть выполнена следующими путями:



- снижением мощности источника излучения;
- снижением параметров излучения;
- ослаблением ЭМП на рабочем месте.[4]

Снижение мощности источника излучения может быть реализовано путем выбора генератора излучения минимально необходимой мощности.

Удобными материалами для экранирования являются поглощающие материалы: резина, полистирол, полиуретан, ферритовые пластины. Листы поглощающих материалов могут быть одно- или многослойными. Многослойные обеспечивают поглощение электромагнитных волн в более широком диапазоне. Для улучшения экранирующего действия у многих типов поглощающих материалов с одной стороны впрессована металлическая сетка или латунная фольга. При создании экранов эта сторона обращена в сторону, противоположную источнику излучения.

При необходимости работы под действием электромагнитного излучения, превышающего допустимые значения (ремонт, профилактика и т. п.), используются средства индивидуальной защиты: защитные костюмы из металлизированной ткани, комплекты индивидуальной защитной экранирующей одежды, защитные очки из стекла с металлизированным слоем диоксида олова, шлем-маски из металлической сетки с ячейкой, соответствующей длине волны излучения.

### 8.3. Микроклимат производственных помещений

#### Общие требования к параметрам микроклимата

Параметры микроклимата в соответствии с ГОСТ 12.1.005-88 и СанПиН 2.2.4. 548-96 [19] должны обеспечивать сохранение теплового баланса человека с окружающей производственной средой и поддержание оптимального или допустимого теплового состояния организма.

- Параметрами, характеризующими микроклимат в производственных помещениях, являются:
- Температура воздуха,  $t^{\circ}\text{C}$ ;
- Температура поверхностей (стен, потолка, пола, ограждений оборудования и т.п.),  $t_{\text{п}}^{\circ}\text{C}$ ;
- Относительная влажность воздуха,  $W\%$ ;
- Скорость движения воздуха,  $V$  м/с;
- Интенсивность теплового облучения,  $P$  Вт/м<sup>2</sup>. Стандартами (ГОСТ 12.1.005-88 и СанПиН 2.2.4.548-96) предусмотрены два качественных уровня норм микроклимата, таблица 2:

- Оптимальные величины параметров микроклимата;
- Допустимые величины параметров микроклимата.

#### 8.4. Экологическая безопасность

Экологическая безопасность на предприятии — это определенный комплекс мер. Их цель – приведение его деятельности к соответствию природоохранным нормативам и повышение его рентабельности. Организация, использующая энерго - и ресурсосберегающие процессы, увеличивает свою эффективность, а кроме того, снижает воздействие вредных веществ, как на самих работников, так и на окружающую среду.

Солнечные станции вызывают большие по площади затенения земель, что приводит к сильным изменениям почвенных условий, растительности и т. д. Нежелательное экологическое действие в районе расположения станции вызывает нагрев воздуха при прохождении через него солнечного излучения, сконцентрированного зеркальными отражателями. Это приводит к изменению теплового баланса, влажности, направления ветров; в некоторых случаях возможны перегрев и возгорание систем, использующих концентраторы, со всеми вытекающими отсюда последствиями. Применение низкокипящих жидкостей и неизбежные их утечки в солнечных энергетических системах во время длительной эксплуатации могут привести к значительному загрязнению питьевой воды. Особую опасность представляют жидкости, содержащие хроматы и нитриты, являющиеся высокотоксичными веществами.

Неблагоприятные воздействия солнечной энергии на окружающую среду могут проявляться:

- в отчуждении земельных площадей, их возможной деградации;
- в большой материалоемкости;
- в возможности утечки рабочих жидкостей, содержащих хлораты и нитриты;
- в опасности перегрева и возгорания систем, заражения продуктов токсичными веществами при использовании солнечных систем в сельском хозяйстве;
- в изменении теплового баланса, влажности, направления ветра в районе расположения станции;
- в затемнении больших территорий солнечными концентраторами, возможной деградации земель;
- в воздействии на климат космических СЭС;
- в создании помех телевизионной и радиосвязи;
- в передаче энергии на Землю в виде микроволнового излучения, опасного для живых организмов и человека.

## 8.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Во избежание пожаров от электрического тока необходимо, чтобы электрические сети и электрооборудование отвечали требованиям правил технической эксплуатации электроустановок потребителей и межотраслевых правил по охране труда при эксплуатации электроустановок ПОТ Р М-0162001.

Пожарная безопасность на производстве обеспечивается следующими мероприятиями пожарной профилактики:

- организационные – противопожарный инструктаж, создание добровольных пожарных дружин и комиссий, разработка планов эвакуации;
  - технические – соблюдение норм и правил при проектировании и строительстве зданий, соблюдение норм при выборе оборудования, устройство вентиляции и отопления, оснащение средствами пожаротушения и т.д.;
  - режимные – запрещение курения в неустановленных местах;
  - эксплуатационные – своевременный ремонт оборудования.
- Система пожарной защиты предусматривает следующие меры:
- предотвращение распространения пожара за пределы очага;
  - применение средств пожаротушения;
  - эвакуация людей в случае пожара;
  - применение средств пожарной сигнализации и средств извещения.

Надёжная и безопасная работа электрооборудования обеспечивается в результате правильного его выбора, качества изготовления и регулярного проведения осмотров, профилактических испытаний и ремонтов. Поэтому имеет особое значение выполнения требований ПУЭ и ГОСТ при выборе электрооборудования. [21]

В помещении площадью 60 м<sup>2</sup> согласно документу «Правила противопожарного режима РФ» от 25.04.2012г. необходимо иметь:

- 1 огнетушителя типа ОП-5;
- не менее 1 огнетушителей типа ОВП-10;
- план эвакуации людей;
- средства пожарной сигнализации и средств извещения о пожаре.

## 8.6. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Находясь в производственной среде, человек может подвергаться действию ряда опасных и (или) вредных производственных факторов, от

действия которых он должен быть максимально защищен. В соответствии с ГОСТ 12.2.061-81 «Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам» рабочее оборудование, инструмент, приспособления должно полностью отвечать требованиям безопасности, окружающая производственная среда соответствовать санитарно-гигиеническим требованиям и, кроме того, рабочее место должно быть организовано таким образом, чтобы человек при выполнении работы затрачивал минимальное количество энергии. ГОСТ 12.2.032-78. «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» определяет общие эргономические требования к рабочему месту при выполнении работ сидя, а ГОСТ 12.2.033-78. «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования» – при выполнении работ стоя» [22] [23] [24].

Научно обоснованным режимом труда и отдыха считается такой режим, который одновременно сочетает сохранение и повышение работоспособности и производительности труда с сохранением здоровья работников и созданием благоприятных условий для всестороннего развития человека.

При анализе разрабатываемого устройства выявлено, что основные вредные факторы возникают из-за использования ПЭВМ. Отсутствуют механические и термические опасности, существует опасность поражения электрическим током. Для защиты необходимо использовать средства защиты указанные в ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ «Средства защиты работающих. Классификация». Во избежание пожаров от электрического тока необходимо, чтобы электрические сети и электрооборудование отвечали требованиям правил технической эксплуатации электроустановок потребителей и межотраслевых правил по охране труда при эксплуатации электроустановок ПОТ Р М-0162001.

## Заключение

Было спроектировано и рассчитано зарядное устройство для заряда конкретной АБ легкового автомобиля, которое получает энергию от солнечной батареи. Была рассчитана требуемая мощность солнечной батареи. В качестве зарядного устройства спроектирован непосредственный преобразователь напряжения повышающего типа. Было произведено моделирование работы повышающего преобразователя постоянного напряжения с обратной связью и без в программной среде LTspice. Было достигнуто необходимое значение зарядного напряжения в 16 В, пульсации напряжения в установившемся режиме не превышают 5 %, что соответствует ТЗ. Согласно результатам моделирования ППН выполняет поставленную задачу по зарядке АБ.

Была написана программа для микропроцессора MSP 430 позволяющая регулировать скважность ШИМ сигнала, его период и частоту. Было произведено макетирование работы управляющего сигнала ШИМ. Пока без обратной связи по напряжению, с фиксированной скважностью, которая была рассчитана под требуемое значение. Результаты показывают, что макет работает корректно и создает необходимый сигнал ШИМ.

В дальнейшем планируется выполнить (замкнуть) обратную связь по току и напряжению с использованием микроконтроллера. Это позволит обеспечить регулирование напряжения и тока заряда, предотвратить перенапряжение и превышение критического значения тока.

Произведено планирование работ, разработан календарный план. Общее содержание работ для проведения исследования составило 8 этапов. Для построения таблицы временных показателей проведения НИР был рассчитан коэффициент календарности. С помощью данных показателей был разработан календарный - план график проведения НИР по теме.

При анализе разрабатываемого устройства выявлено, что основные вредные факторы возникают из-за использования ПЭВМ. Отсутствуют механические и термические опасности, существует опасность поражения электрическим током. Для защиты необходимо использовать средства защиты указанные в ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ «Средства защиты работающих. Классификация». Во избежание пожаров от электрического тока необходимо, чтобы электрические сети и электрооборудование отвечали требованиям правил технической эксплуатации электроустановок потребителей и

межотраслевых правил по охране труда при эксплуатации электроустановок  
ПОТ Р М-0162001.

## Список литературы

1. Алфёров Ж. И., Андреев В. М., Румянцев В. Д. Тенденции и перспективы развития солнечной фотоэнергетики // Физика и техника полупроводников, 2004, Т.38, вып.8, с.937-948.
2. Кобзев А.В., Лебедев Ю.М., Михальченко Г.Я., Семенов В.Д., Сидонский И.Б. Стабилизаторы переменного напряжения с высокочастотным широтно-импульсным регулированием. – М: Энергоатомиздат, 1986.-152 с.
3. Русскин В.А., Семенов С.М., Михальченко С.Г. Исследование динамических процессов в повышающем преобразователе напряжения с жесткой и мягкой коммутацией // Промышленная энергетика ISSN 0033-1155 // 2015. №8. С.23-30.
4. Русскин В.А., Михальченко С.Г. Построение и анализ бифуркационных диаграмм динамических процессов, протекающих в повышающем преобразователе напряжения // Материалы XI Международная IEEE Сибирская конференция по управлению и связи SIBCON-2015. – Омск . – 20 – 22 мая 2015 г.
5. Двухфазный повышающий преобразователь с мягкой коммутацией транзисторов и особенности его динамических свойств. / Диксон Р.К., Дементьев Ю.Н., Михальченко Г.Я., Семенов С.М., Михальченко С.Г.// Известия Томского политехнического университета. 2014. Т. 324. № 4. С. 96-101.
6. Кобзев А.В., Михальченко Г.Я., Андриянов А.И., Михальченко С.Г. Нелинейная динамика полупроводниковых преобразователей. Томск, 2007 г.; Михальченко Г.Я. Михальченко С.Г. Математические модели импульсных систем преобразования энергии. Томск, 2013 г.
7. Андриянов А.И., Малаханов А.А. Математическое моделирование динамики импульсного преобразователя напряжения повышающего типа. Вестник Брянского государственного технического университета. 2006. №1 (9). – с. 61-69
8. Информационные технологии. Часть 1. Программирование на C++: Руководство по организации самостоятельной работы студентов. / С.Г. Михальченко; Томский государственный университет систем

- управления и радиоэлектроники, Кафедра промышленной электроники. – Томск: ТУСУР, 2015. – 164с. :ил., табл. – Библиогр.: с.162.
9. Texas Instruments Incorporated [Электронный ресурс] // URL: <http://www.ti.com/msp430> (Дата обращения: 5.04.2017).
  10. Texas Instruments Incorporated [Электронный ресурс] // URL: <http://www.ti.com/product/MSP430G2553> (Дата обращения: 22.06.2017).
  11. Скворцов Ю.В. Организационно-экономические вопросы в дипломном проектировании: Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 2006. – 399 с.
  12. Раицкий К.А. Экономика предприятия: учебник для вузов. – М.: Дашков и К, 2002. – 1012 с.
  13. Видяев И.Г., Серикова Г.Н., Гаврикова Н.А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.
  14. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов: (Вторая редакция) / М-во экон. РФ, М-во фин. РФ, ГК по стр-ву, архит. и жил. политике; рук. авт. кол.: Коссов В.В., Лившиц В.Н., Шахназаров А.Г. - М.: ОАО "НПО "Изд-во "Экономика", 2000.
  15. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы.  
Классификация URL: [http://www.znaytovar.ru/gost/2/GOST\\_12000374\\_SS\\_VT\\_Opasnye\\_i\\_v.html](http://www.znaytovar.ru/gost/2/GOST_12000374_SS_VT_Opasnye_i_v.html)
  16. ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ «Средства защиты работающих. Классификация»
  17. СНиП 23-05-95 Строительные нормы и правила Российской Федерации: Естественное и искусственное освещение.
  18. ГОСТ 12.1.002-84 ССБТ. Электрические поля промышленной частоты
  19. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
  20. ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
  21. ПУЭ «Правила устройства электроустановок Издание седьмое».
  22. ПОТ Р М-016-2001 Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок.
  23. ГОСТ 12.2.061-81 «Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам».



24. ГОСТ 12.2.032-78. «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования»
25. ГОСТ 12.2.033-78. «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования – при выполнении работ стоя»  
СанПиН 2.1.7.1322-03 «Гигиенические требования к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления»