

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

---

Энергетический институт  
Направление подготовки – 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника  
Кафедра электропривода и электрооборудования

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Исследование динамики работы повышающего преобразователя напряжения на базе альтернативных источников энергии</b>

УДК: 621.314.5-047.37:620.92

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ГЗА	Чичманов Константин Николаевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Семёнов С.М.			

**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.	Ph.D., К.Т.Н.		

Томск – 2017 г.

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

---

Институт – Энергетический  
 Направление подготовки – 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника  
 Кафедра электропривода и электрооборудования

УТВЕРЖДАЮ:  
 Зав. кафедрой  
 \_\_\_\_\_ Дементьев Ю.Н.  
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы
---------------------

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

Студенту:

Группа	ФИО
5ГЗА	Чичманову Константину Николаевичу

Тема работы:

Исследование динамики повышающего преобразователя на базе альтернативных источников энергии	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	13.02.2017, приказ №873/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2017
------------------------------------------	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	-Техническое описание повышающего преобразователя напряжения.  -Работа преобразователя в режиме стабилизатора напряжения  -Необходимость поиска точки максимальной мощности СБ  -Рассмотрение работы в системе автономного электроснабжения с другими устройствами
---------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	-Ознакомление с типовыми преобразователями и алгоритмов поиска точки максимальной мощности -Построение математической и имитационной модели повышающего преобразователя напряжения -Построение модели, имитирующей отбор точки максимальной мощности -Имитационное моделирование совместной работы ППН с другими устройствами
<b>Перечень графического материала</b>	
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Грахова Елена Александровна
Социальная ответственность	Король Ирина Степановна
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
не предусмотрено	

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

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Семенов С.М.			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г3А	Чичманов Константин Николаевич		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
5ГЗА	Чичманов Константин Николаевич

<b>Институт</b>	Энергетический	<b>Кафедра</b>	Электропривода и электрооборудования
<b>Уровень образования</b>	Бакалавр	<b>Направление/специальность</b>	Электропривод и автоматика

**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 НИ ТПУ. В реализации проекта задействованы 2 человека научный руководитель, студент-исполнитель. Приблизительная сумма затрат на выполнение проекта составляет 20000 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 исследовательской работы	Технико-экономическое обоснование НИР. Определение потенциальных потребителей результатов исследования.
2. Планирование процесса управления НИР: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	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 (график Ганта);
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	Чичманов Константин Николаевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>		<b>ФИО</b>	
5Г3А		Чичманову Константину Николаевичу	
<b>Институт</b>	<b>ЭНИН</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ЭПЭО</b>
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Электропривод и автоматика

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

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p>Объект исследования: повышающий преобразователь напряжения;</p> <p>Методика исследования: моделирование в программной среде MatLAB;</p> <p>Область применения: энергоэффективность автономных систем электроснабжения;</p> <p>Рабочая зона: электротехническая лаборатория.</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>Выявленные вредные факторы производственной среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-недостаток освещенности рабочей зоны при наличии искусственного и естественного освещения (ГОСТ по СП 52.13330.2011.) Требуемая норма 1000 лк при системе комбинированного освещения.</li> <li>-наличие электромагнитного излучения, обусловленного работой ЭВМ и преобразователей эл. энергии (согласно СанПиН 2.2.4.1191–03 напряженность электростатического поля должна быть менее 15 кВ/м<sup>2</sup>). Защита быть выполнена следующими путями:</li> <li>-снижением мощности источника излучения;</li> <li>-снижением параметров излучения;</li> <li>-ослаблением ЭМП на рабочем месте.</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>	<p>Выявленные опасные факторы производственной среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может пройти через тело человека. Источником питания является сеть промышленной частоты 50 Гц, напряжением 220 В. Также, работа с преобразователем подразумевает манипуляции с проводниками в обесточенном режиме, которые при подключении питания, находятся под напряжением до 220 В.В лаборатории применяются средства защиты:</li> <li>- устройства автоматического контроля и сигнализации;</li> <li>- устройства защитного заземления и</li> </ul>

	<p>зануления;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-устройства автоматического отключения;</li> <li>- предохранительные устройства;</li> <li>- знаки безопасности.</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>	<p>Влияние на селитебную зону отсутствует, т.к. объект исследования не производит выбросов и сбросов в окружающую среду. Применяется комплекс мер по утилизации: переплавка металлических составляющих и утилизация непригодных составляющих согласно СНиП 2.01.08-85.</p>
<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>	<p>Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией является пожар, по причине:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-нарушения работы электрооборудования, приведшего к возгоранию;</li> <li>-неосторожности обращения с огнем в помещении;</li> <li>-короткого замыкания, приводящего к возгоранию;</li> </ul> <p>Система пожарной защиты предусматривает следующие меры:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-предотвращение распространения пожара за пределы очага;</li> <li>-применение средств пожаротушения;</li> <li>-эвакуация людей в случае пожара;</li> <li>-применение средств пожарной сигнализации и средств извещения;</li> <li>-Средства индивидуальной защиты органов дыхания (респираторы, тканевые повязки).</li> </ul>
<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>-ГОСТ 12.2.032-78. Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.</p> <p>-ГОСТ 12.2.033-78. «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования</p> <p>-ГОСТ 22269-76. Система «человек-машина». Рабочее место оператора.</p>
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ЭБЖ	Король Ирина Степановна	к. х. н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ГЗА	Чичманов Константин Николаевич		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 80 страниц, 31 рисунок, 21 источник, 17 таблиц.

Ключевые слова: повышающий, моделирование, обратная связь, преобразователь, имитация, максимум мощности, отслеживание точки, имитационная модель, переходный процесс.

Объектом исследования является повышающий преобразователь напряжения.

Цель работы – Имитационное моделирование повышающего преобразователя напряжения в системе автономного электроснабжения на базе фотомодулей и имитационное моделирование алгоритмов поиска точки максимальной мощности.

Результат исследования: повышение энергоэффективности за счет применения алгоритмов поиска точки максимальной мощности в системе автономного электроснабжения на базе солнечных батарей.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2013 на белой бумаге формата А4 с использованием программ MathCAD, пакет MATLAB: Simulink, Microsoft Visio, Mathtype.

## Содержание

Введение.....	10
1 Общие сведения.....	12
1.1 Общие сведения об альтернативных источниках энергии .....	12
1.2 Обзор автономных систем электроснабжения на базе солнечных батарей.....	14
1.2 Типовые схемы импульсных преобразователей постоянного напряжения .....	17
1.3 Обзор контроллеров точки максимальной мощности.....	19
1.4 Типовые алгоритмы поиска точки максимальной мощности .....	20
2. Моделирование повышающего преобразователя напряжения .....	24
2.1 Математическая модель ППН.....	24
2.2 Имитационное моделирование ППН .....	27
2.3 Имитационное моделирование отслеживания точки максимальной мощности .....	29
3. Имитационное моделирование совместной работы ППН .....	38
3.1 Имитационное моделирование совместной работы ППН с инвертором напряжения на активную нагрузку .....	38
3.2 Имитационное моделирование совместной работы ППН и двигателя постоянного тока.....	42
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение... 45	
4.1 Техничко-экономическое обоснование НИР .....	45
4.2 Потенциальные потребители результатов НТИ .....	46
4.3 Планирование научно-исследовательской работы.....	46
4.4 Определение трудоемкости выполнения работ .....	48
4.5 Построение графика работ .....	51
4.6 Бюджет научно-технического исследования (НИР) .....	53
4.7 Расчет материальных затрат НИР .....	53
4.8 Основная заработная плата исполнителей темы .....	55
4.9 Дополнительная заработная плата исполнителей темы .....	57
4.10 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	58



4.11 Накладные расходы .....	59
4.12 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта .	59
4.13 Оценка научно-технического уровня НИР.....	60
5. Социальная ответственность .....	64
5.1 Вредные и опасные производственные факторы .....	64
5.1.1 Вредные факторы.....	65
5.1.1.1 Отсутствие или недостаток естественного света. Недостаточное освещение рабочего места .....	65
5.1.1.2 Воздействие электромагнитного излучения .....	67
5.1.2 Опасные факторы.....	70
5.1.2.1 Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которое может пройти через тело человека.....	70
5.2 Экологическая безопасность.....	71
5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	72
5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	75
Заключение .....	78
Список литературы .....	79

## Введение

В настоящее время всё больше внимания уделяется альтернативным источникам энергии, в том числе солнечной энергетике, в связи ростом цен на не возобновляемые источники энергии. Однако генерирование солнечной энергии имеет ряд проблем, связанных со стоимостью фотопанелей, их утилизацией и несовершенством устройств преобразования энергии этих систем. Всё это требует создания источников питания на современной элементной базе и систем их управления, позволяющих достигать высоких показателей энергоэффективности. Выше обозначенные источники энергии имеют на выходе напряжения низкого уровня. Этот факт требует использования повышающего преобразователя напряжения. Кроме того, их вольтамперные характеристики нелинейны, а значит необходима разработка алгоритмов поиска точки максимальной мощности для полноценного использования энергии источника.[1]

К подобным источникам относятся сетевые и автономные инверторы солнечных батарей (СБ), имеющие в своей структуре звено постоянного тока на входе DC-AC преобразователя. В случае с автономным инвертором потребителю электроэнергии требуется резервный источник питания в связи с отсутствием солнечного света в ночное время. Этот факт предполагает наличие аккумуляторной батареи (АБ) на входе звена постоянного тока и контроллера заряда, который так же может быть выполнен в виде преобразователя постоянного напряжения с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ). В составе сетевого инвертора СБ звено постоянного тока необходимо как для расширения диапазона работы устройства, так и для отслеживания точки максимальной мощности вольтамперной характеристики СБ.

Как правило, в качестве звена постоянного тока на входе инверторов обоих типов используется повышающий преобразователь напряжения (ППН), поскольку напряжение солнечных панелей как правило невелико. В то же

время ППН обладает наилучшим соотношением простоты и энергоэффективности по сравнению с другими типами DC-DC преобразователей (понижающий, инвертирующий и преобразователь, выполненный по схеме Кука).[2]

Целью данной работы является: построение имитационной и математической моделей повышающего преобразователя напряжения; разработка алгоритмов отыскания точки максимальной мощности солнечных батарей и реализация их в имитационной модели; моделирование совместной работы ППН и инвертора напряжения в системе автономного электроснабжения.

## **1 Общие сведения**

### **1.1 Общие сведения об альтернативных источниках энергии**

Одним из приоритетных направлений развития энергетики в XXI в. является широкое использование возобновляемых источников энергии, имеющих огромные ресурсы, что позволит снизить отрицательное влияние энергетики на окружающую среду, повысить энергетическую и экологическую безопасность.[2]

Современная энергетика в основном базируется на не возобновляемых источниках энергии, которые, имея ограниченные запасы, являются исчерпаемыми и не могут гарантировать устойчивое развитие мировой энергетики на длительную перспективу, а их использование – один из главных факторов, приводящий к глобальному ухудшению состояния окружающей среды и ее кризисному состоянию.

Необходимость широкого использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ) определяется быстрым ростом потребности в электрической энергии, которая по прогнозам должна увеличиться по сравнению с 2000 г. в 2 раза к 2030 г. и в 4 раза к 2050 г.; исчерпанием в обозримом будущем разведанных запасов органического топлива; кризисным состоянием окружающей среды в связи с загрязнением оксидами азота и серы, углекислым газом, пылеподобными частицами от сгорания топлива, радиоактивным и тепловым загрязнением и др.

Всевозможные гелиоустановки используют солнечное излучение как альтернативный источник энергии. Излучение Солнца можно использовать как для нужд теплоснабжения, так и для получения электричества (используя фотоэлектрические элементы).

К преимуществам солнечной энергии можно отнести возобновляемость данного источника энергии, бесшумность, отсутствие вредных выбросов в атмосферу при переработке солнечного излучения в другие виды энергии.

Недостатками солнечной энергии являются зависимость интенсивности солнечного излучения от суточного и сезонного ритма, а также, необходимость больших площадей для строительства солнечных электростанций. Также серьёзной экологической проблемой является использование при изготовлении фотоэлектрических элементов для гелиосистем ядовитых и токсичных веществ, что создаёт проблему их утилизации.

Одним из перспективнейших источников энергии является ветер. Принцип работы ветрогенератора элементарен. Сила ветра, используется для того, чтобы привести в движение ветряное колесо. Это вращение в свою очередь передаётся ротору электрического генератора.

Преимуществом ветряного генератора является, прежде всего, то, что в ветряных местах, ветер можно считать неисчерпаемым источником энергии. Кроме того, ветрогенераторы, производя энергию, не загрязняют атмосферу вредными выбросами.

К недостаткам устройств по производству ветряной энергии можно отнести непостоянство силы ветра и малую мощность единичного ветрогенератора. Также ветрогенераторы известны тем, что производят много шума, вследствие чего их стараются строить вдали от мест проживания людей.

Огромное количество тепловой энергии хранится в глубинах Земли. Это обусловлено тем, что температура ядра Земли чрезвычайно высока. В некоторых местах земного шара происходит прямой выход высокотемпературной магмы на поверхность Земли: вулканические области, горячие источники воды или пара. Энергию этих геотермальных источников и предлагают использовать в качестве альтернативного источника сторонники геотермальной энергетики.

Используют геотермальные источники по-разному. Одни источники служат для теплоснабжения, другие – для получения электричества из тепловой энергии.

К преимуществам геотермальных источников энергии можно отнести неисчерпаемость и независимость от времени суток и времени года.

К негативным сторонам можно отнести тот факт, что термальные воды сильно минерализованы, а зачастую ещё и насыщены токсичными соединениями. Это делает невозможным сброс отработанных термальных вод в поверхностные водоёмы. Поэтому для отработанную воду необходимо закачивать обратно в подземный водоносный горизонт. Кроме того, некоторые учёные-сейсмологи выступают против любого вмешательства в глубокие слои Земли, утверждая, что это может спровоцировать землетрясения. [3]

Также, существует десяток других способов добычи электроэнергии без использования не возобновляемых источников, однако на сегодняшний день большая технологическая развитость наблюдается преимущественно в выше представленных типах ВИЭ.

Но, при всех достоинствах и недостатках, технологии солнечной энергетики представляются наиболее доступными и легко внедряемыми в почти любую отрасль, что обуславливается возможностью использовать фотопанели почти повсеместно на всей планете.

## **1.2 Обзор автономных систем электроснабжения на базе солнечных батарей**

Системы автономного электроснабжения (САЭ) обеспечивают электропитанием отдельно от основной сети и активно используется в загородных домах и коттеджах. А также, в нынешнее время, САЭ на базе солнечных батарей набирают популярность на различных предприятиях с целью экономии средств на электроэнергию и приобретения независимости от общей сети электропитания. Автономные фотоэлектрические станции могут

работать в качестве основного источника электроэнергии или источника бесперебойного электропитания. Они незаменимы там, где нет возможности подключиться к электросети общего пользования, но есть необходимость в надежном источнике электроэнергии стабильного качества: уединенные коттеджи и гостиницы, АЗС, удаленные от коммуникаций производственные и коммерческие объекты. [4]

Типовая система автономного электроснабжения состоит из:

1. Источника электропитания (солнечных панелей, выдающих электроэнергию за счет получения солнечной энергии);
2. Системы, которая преобразует постоянный ток в переменный;
3. Механизма наблюдения за работой устройства – блока коммутации;
4. Батареи для накопления выработанной электроэнергии;
5. Проводки для передачи энергии из основной сети;
6. Механизма для стабилизации напряжения.

Из выше перечисленных блоков необходимыми являются не все. Так при отсутствии некоторых из них система может осуществлять свою деятельность, но с учетом ограничения на качество электроэнергии или ее полного функционала. Такие системы называют ограниченными автономными системами.

Для функционирования ограниченных автономных систем необходимо присутствие только необходимых подсистем и устройств. Работа с ограничениями будет возможна:

- Без стабилизатора, но не будет определенного вида тока;
- Может отсутствовать и блок коммутации, однако придется пользоваться только электричеством, накопленным в аккумуляторах;
- Без аккумуляторных батарей, подавая питание непосредственно потребителю, однако без освещения солнцем напряжение может резко снизиться или вовсе отсутствовать;

- Без механизма стабилизации напряжения заметно изменится качество выдаваемой энергии в худшую сторону.

Принцип работы заключен в следующем: система автономного электроснабжения генерирует электричество из солнечной энергии. Блок батарей приобретает заряд. При отключении от внешней сети инвертор в ту же секунду начинает потреблять электроэнергию от заряженного аккумулятора. Контролирует этот процесс блок коммутации. Блок коммутации включает подачу электроэнергии от солнечных панелей. Электричество начинает заряжать аккумулятор вновь, батареи приобретают заряд. Процесс заряда батареи происходит непрерывно до ее полного насыщения. Далее электроэнергия подается на инвертор создавая условия сети питания. [5]

Особенным плюсом устройства является то, что время его работы может быть неограниченным. Срок службы солнечных панелей, как правило составляет несколько десятков лет. Но САЭ ограничена максимальным количеством заряда, который зависит от емкости батарей. Когда заряд исчерпан, ток прекращается и устройство нуждается в дополнительной подзарядке.

Современные прогрессивные устройства различают по принципу пропорциональности:

- Номинальная мощность инвертора должна быть такой же, как и у устройства стабилизатора. Наибольшую кратковременную мощность можно узнать по нагрузке, которую они выдерживают одновременно.

- Источник должен быть мощнее по номинальному показателю минимум в два раза. Его номинальная мощность должна обязательно быть выше средней.

С целью увеличения продолжительности работы системы в автономном режиме, система бесперебойного электропитания обычно содержит еще один или несколько возобновляемых источников энергии. В качестве ВИЭ используются вырабатывающие



электричество: ветроэлектрические установки (ВЭУ), МИКРОГЭС и, иногда, термоэлектрические генераторы (ТЭГ). Эти источники подключаются к АБ через контроллер заряда, защищающий АБ от перезаряда.

## 1.2 Типовые схемы импульсных преобразователей постоянного напряжения

Для расширения диапазона работы солнечного инвертора в качестве промежуточного звена между солнечной батареей (СБ) и автономным инвертором напряжения (АИН) используется преобразователь постоянного напряжения (рис. 1.1), который так же может производить отслеживание точки максимальной мощности (maximum power point tracking – MPPT). В качестве такого преобразователя энергии солнечных батарей (ПЭСБ) может выступать понижающий, повышающий преобразователи, преобразователь, выполненный по схеме Чука, или инвертирующий преобразователь. Подобные схемы обеспечивают высокий КПД за счёт минимума силовых элементов, при этом массогабаритные показатели фильтра минимизируются высокими частотами преобразования [4, 5].

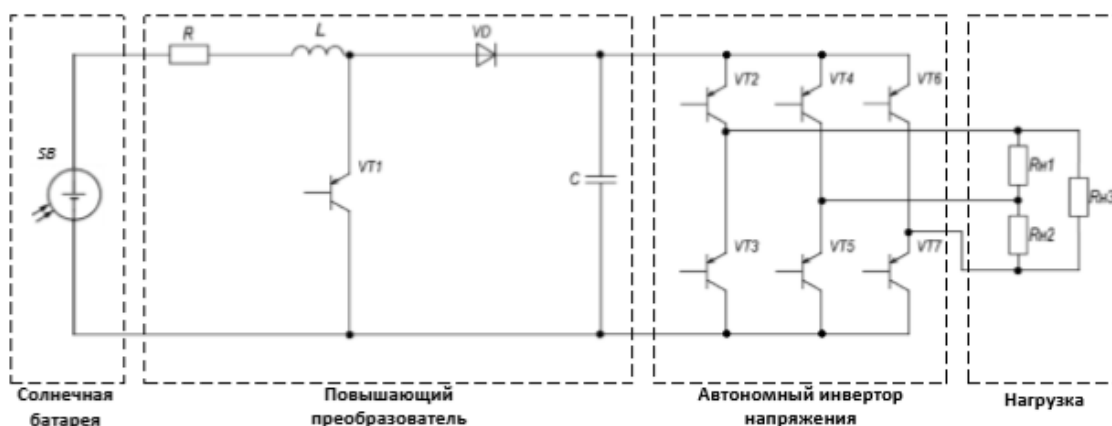


Рисунок 1.1 - Структура автономного инвертора солнечных батарей

Распространённым вариантом ПЭСБ является понижающий преобразователь (рис. 1.2). Преимуществом схемы является стабильный ток заряда аккумулятора, обеспечиваемый большой выходной индуктивностью,

однако прерывистое импульсное потребление входного тока требует установки громоздкого С-фильтра [6].

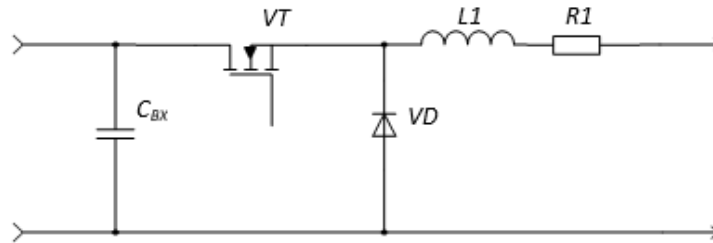


Рисунок 1.2 - Понижающий преобразователь

Повышающий преобразователь (рис. 1.3) имеет на выходе дроссель, обеспечивающий непрерывность входного тока и стабильность рабочей точки ВАХ по току. Однако его характеристика показывает увеличение напряжения на всем диапазоне регулирования. Это приводит к необходимости использования байпаса для предотвращения превышения напряжения на выходе.

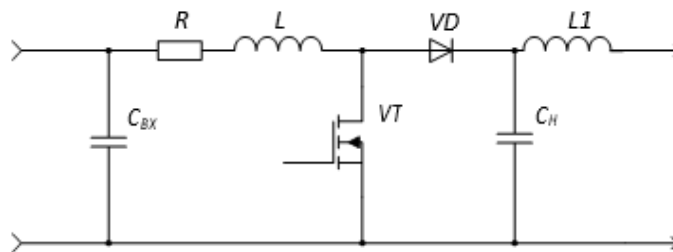


Рисунок 1.3 - Повышающий преобразователь

Для успешного регулирования точки ВАХ с максимальной мощностью при любом соотношении напряжений на СБ и выходе можно использовать преобразователь Чука, имеющего входной каскад на основе повышающего, а выходной на основе понижающего преобразователя (рис. 1.4).

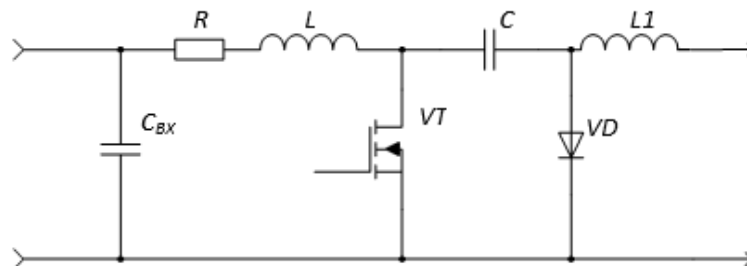


Рисунок 1.4 - Преобразователь Чука

### 1.3 Обзор контроллеров точки максимальной мощности

Контроллеры точки максимальной мощности используются как в сетевых, так и автономных станциях. В сетевых инверторах вся вырабатываемая СБ мощность передаётся в сеть. В автономной системе, когда аккумуляторы полностью заряжены и нет нагрузки для потребления выработки СБ, устройство отслеживания точки максимальной мощности переносит рабочую точку, уменьшая мощность, пока она не будет соответствовать потреблению. Так же может использоваться альтернативный подход, когда избыточная мощность СБ используется для питания резистивной нагрузки, благодаря чему фотоэлемент всегда работает на максимальной мощности [6, 7, 10].

В качестве контроллера заряда (charge regulator unit) могут быть использованы последовательные (рис. 1.5) и параллельные (рис. 1.6) контроллеры заряда, а также контроллеры заряда на основе преобразователей постоянного напряжения, которые рассмотрены выше.

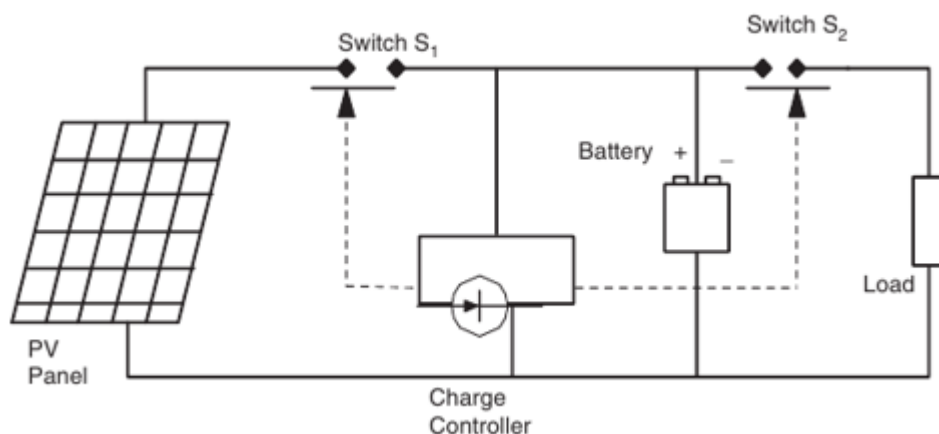


Рисунок 1.5 - Последовательный контроллер заряда

При использовании последовательного контроллера заряда ключ S1 отключает солнечную панель, когда напряжение аккумулятора достигает до определенного уровня. Когда напряжение на аккумуляторе снижается, нагрузка отключается от батареи ключом S2 для избежание глубокого разряда. Основная проблема, связанная с использованием этого типа контроллеров

– потеря мощности на ключах. В качестве таких ключей могут быть использованы биполярные или MOSFET транзисторы, реле.

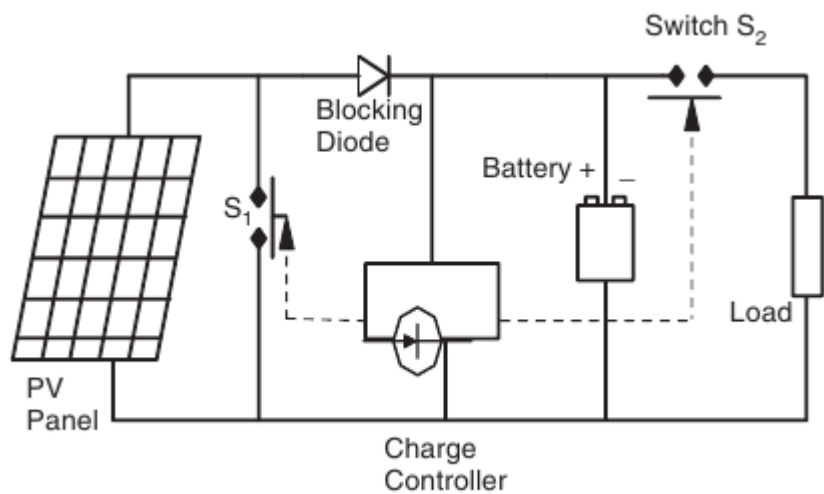


Рисунок 1.6 - Параллельный контроллер заряда

При использовании параллельного контроллера при полном заряде аккумулятора солнечная батарея замкнута накоротко ключом S1. По сравнению с последовательным контроллером, данный метод более эффективен, т.к. потери на ключе отсутствуют, пока накопитель энергии не будет разряжен. Диод препятствует короткому замыканию аккумулятора. Контроллеры заряда этого типа используются преимущественно для маломощных решений (ток до 20 А).

Использование контроллеров заряда на основе импульсных преобразователей постоянного напряжения позволяет управлять зарядным током аккумулятора и поддерживать напряжение на нём на требуемом уровне.

#### 1.4 Типовые алгоритмы поиска точки максимальной мощности

Одним из основных способов повышения энергетической эффективности фотоэлектрических энергетических установок является реализация режима отбора максимума мощности в максимальной точке вольтамперной характеристики солнечной батареи (рис. 1.7) [13].

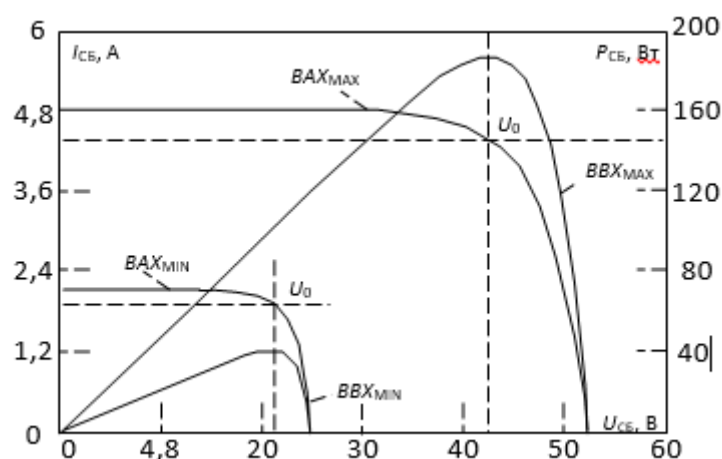


Рисунок 1.7 - ВАХ СБ на примере фотоэлектрической панели КСМ-160  
 Данная характеристика соответствует типовым характеристикам солнечных панелей.

Как правило используется один из трёх алгоритмов для оптимизации выходной мощности фотомодулей. В некоторых устройствах для отслеживания точки максимальной мощности реализовано несколько алгоритмов, и переключения между ними основываются на рабочих условиях. Основными методами являются: возмущение и наблюдение, метод возрастающей проводимости и метод постоянного напряжения [6, 7, 8].

При использовании метода возмущения и наблюдения устройство на небольшую величину изменяет входное сопротивление (путём варьирования скважности силового ключа или изменения задания на входное напряжение, ток или мощность), вследствие чего изменяется напряжение на СБ и измеряет её выходные параметры. Если мощность увеличивается – контроллер продолжает изменять напряжение в этом же направлении, пока мощность не перестанет увеличиваться. Данный метод является наиболее распространённым, несмотря на то что он приводит к колебаниям мощности. Также этот метод упоминается как *hill-climbing*, потому что он зависит от кривой  $P = f(U)$ , которая возрастает до точки максимальной мощности и убывает после этой точки. Распространённость этого метода обусловлена простотой его реализации. Существует возможность повышения точности при

использовании адаптивного алгоритма изменения шага.

В методе возрастающей проводимости преобразователь измеряет увеличение тока и напряжение СБ, чтобы предсказать эффект от изменения напряжения. Метод возрастающей проводимости требует больше вычислений в микроконтроллере, но он отслеживает изменение окружающих условий с большей скоростью, чем предыдущий метод. Однако, он так же приводит к колебаниям мощности. Метод возрастающей проводимости использует возрастающую проводимость  $dI/dU$  СБ для вычисления знака изменения мощности по отношению к напряжению  $dP/dU$ . Этот метод вычисляет точку максимальной мощности, сравнивая возрастающую проводимость  $\Delta I/\Delta U$  с проводимостью СБ ( $I/U$ ). Когда выполняется условие  $\Delta I/\Delta U = I/U$ , выходное напряжение является напряжением максимальной мощности. Уставка по напряжению поддерживается, пока не изменится уровень освещённости, после процесс повторяется.

При использовании метода постоянного напряжения, когда выходное напряжение СБ не изменяется, преобразователь не пытается отслеживать точку максимальной мощности. Работающее по этому методу устройство на мгновение отключает СБ от нагрузки и замеряет напряжение холостого хода. После этого продолжается работа с напряжением, управляемым постоянным коэффициентом ( $U_{REF} = kU_{XX}$ ), который определяется эмпирически.

Возмущение и наблюдение и метод возрастающей проводимости являются примерами hill-climbing методов, которые могут найти локальный максимум мощности для рабочего состояния СБ и так обеспечить точку максимальной мощности. Метод возмущения и наблюдения может создавать колебания даже при постоянном уровне освещения. Метод возрастающей проводимости может определить точку максимальной мощности без колебаний мощности и в быстро меняющихся условиях, однако при быстро меняющихся погодных условиях он может работать хаотично. Так же он требует больших ресурсов микроконтроллера. В методе постоянного

напряжения ток должен установиться в ноль для измерения напряжения холостого хода. На время, пока ток остаётся нулевым, теряется энергия.

## 2. Моделирование повышающего преобразователя напряжения

### 2.1 Математическая модель ППН

Схема замещения импульсно-модуляционного преобразователя напряжения повышающего типа с ШИМ представлена на рис. 2.1.

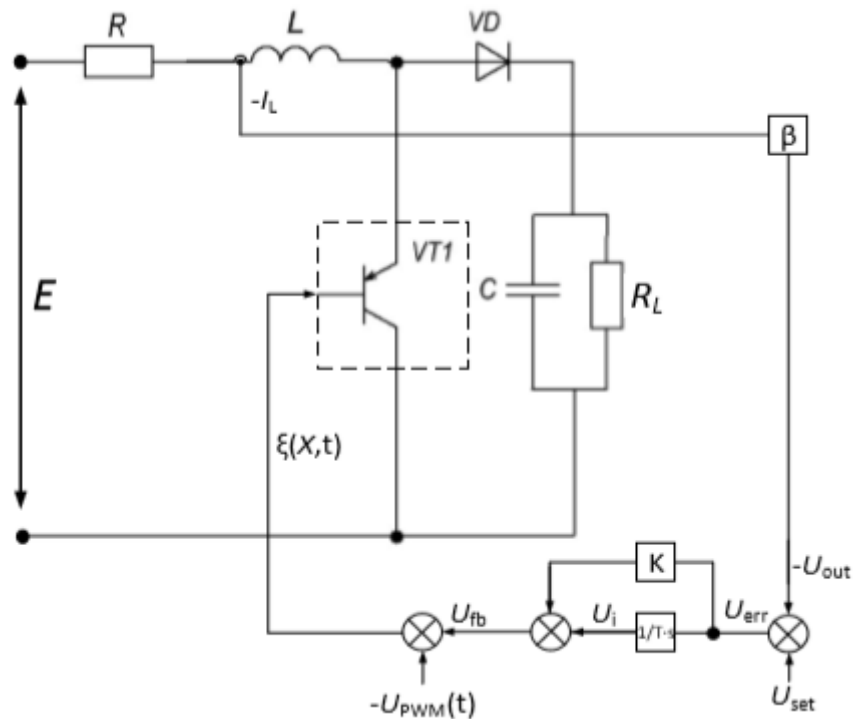


Рисунок 2.1 - Принципиальная электрическая схема

Здесь  $E$  – напряжение источника питания;  $L$  – дроссель;  $R$  – сопротивление, характеризующее потери в индуктивности и сопротивление ключа преобразователя в открытом состоянии;  $C$  – емкость;  $R_L$  – сопротивление нагрузки; диод  $VD$  и транзистор  $VT$  – коммутирующие элементы схемы;  $\beta$  – коэффициент передачи датчика обратной связи входного тока;  $K$  – пропорциональный коэффициент ПИ регулятора;  $T$  – постоянная времени интегрального звена ПИ регулятора;  $U_{set}$  – задание на ток;  $U_{PWM}(t)$  – пилообразное напряжение развёртки ШИМ, работающего на частоте равной 100 кГц.

Динамическая модель непрерывной части схемы замещения ППН для каждого из различных состояний коммутационных элементов (диодов и



транзисторов) описывается системой нелинейных дифференциальных уравнений (задачей Коши) как [11]:

$$\begin{cases} \frac{d\mathbf{X}}{dt} = \mathbf{A} K_F(\xi) \cdot \mathbf{X} + \mathbf{B}(i_L), \\ \mathbf{X}|_{t_0} = \mathbf{X}_0. \end{cases} \quad \mathbf{X} = \begin{pmatrix} i_L \\ u_C \end{pmatrix}. \quad (2.1)$$

Здесь:  $\mathbf{X}$  – вектор переменных состояния (ток  $i_L$  в индуктивности и напряжение  $u_C$  на конденсаторе фильтра);  $\mathbf{A}$  – матрица системы, которая имеет три состояния ( $\mathbf{A}_1, \mathbf{A}_2, \mathbf{A}_3$  в зависимости от значения коммутационной функции  $K_F(\xi)$  ШИМ и наличия режима прерывистого тока);  $\mathbf{B}$  – вектор вынуждающих воздействий, в режиме непрерывного тока дросселя  $\mathbf{B}_1 = \mathbf{B}_2$ :

$$\mathbf{A}_1 = \begin{bmatrix} -\frac{R}{L} & 0 \\ 0 & -\frac{1}{C \cdot R_L} \end{bmatrix}, \mathbf{A}_2 = \begin{bmatrix} -\frac{R}{L} & -\frac{1}{L} \\ \frac{1}{C} & -\frac{1}{C \cdot R_L} \end{bmatrix}, \mathbf{A}_3 = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & -\frac{1}{C \cdot R_L} \end{bmatrix};$$

$$\mathbf{B}_1 = \mathbf{B}_2 = \begin{bmatrix} E/L \\ 0 \end{bmatrix}, \mathbf{B}_3 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}.$$

Состояние коммутационной функции ШИМ  $K_F(\xi)$  определяется посредством разностной функции  $\xi(\mathbf{X}, t)$ :

$$K_F(\xi) = 0,5 \cdot 1 + \text{sign } \xi(\mathbf{X}, t) \quad (2.2)$$

которая описывает обратные связи системы управления ППН и имеет вид:

$$\xi(\mathbf{X}, t) = \alpha \cdot U_{SET} - \beta \cdot X_1 + U_I(X_1) - U_{PWM}(t). \quad (2.3)$$

здесь:  $\alpha$ , – пропорциональный коэффициент усиления ПИ–регулятора;  
 $U_{PWM}(t)$  – пилообразное развертывающее напряжение, задаваемое математической функцией:

$$U_{PWM}(t) = U_{OP} \cdot t/\tau - E_1(t/\tau) \quad (2.4)$$

в которой опорное напряжение  $U_{OP}=10$  В,  $E_I(t)$  – функция Антье – целая часть числа, а  $\tau=1\cdot 10^{-5}$  с – коммутационный период ШИМ. Интегральная составляющая ПИ–регулятора  $U_I$  определяется из дифференциального уравнения:

$$\frac{dU_I}{dt} = U_{SET}/T - \beta X_1/T \quad (2.5)$$

которое может быть представлено как:

$$U_I = U_{I-1} + \Delta t \cdot U_{SET}/T - \beta X_1/T \quad (2.6)$$

где  $U_{I-1}$  – сигнал на выходе интегральной части регулятора на предыдущем расчётном шаге;  $\Delta t$  – расчётный шаг.

Повышающий преобразователь напряжения с широтно-импульсной модуляцией имеет следующие параметры:  $R=0,12$  Ом;  $L=0,3$  мГн;  $E=200$  В;  $C=10$  мкФ;  $R_H=80$  Ом. Система управления ППН функционирует с коэффициентами:  $\beta=0,1$ ;  $\alpha=20$ ;  $U_{SET}=2$  В;  $T=0,00001$  с.

Рабочий цикл преобразователя иллюстрирует рис. 2.2, при этом тактовый интервал  $\tau$  разбивается в общем случае на четыре участка непрерывности, на каждом из которых матрицы системы (1) принимают вид, описанный в таблице 2.1.

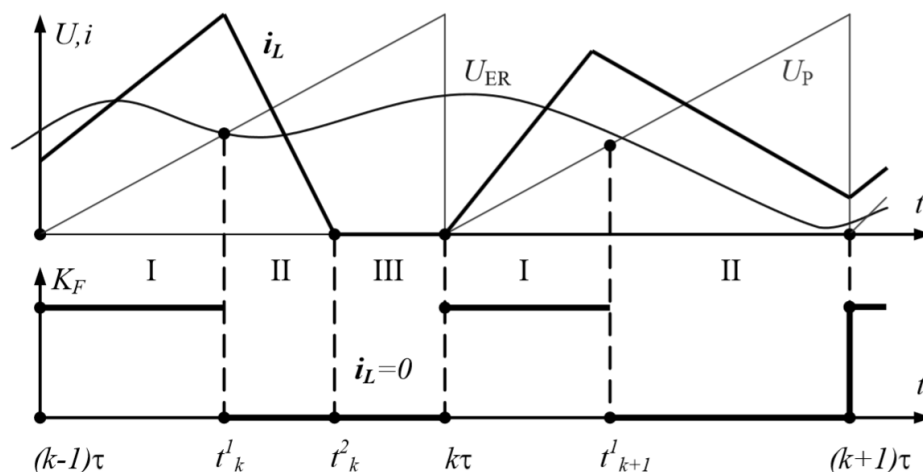


Рисунок - 2.2. Временные диаграммы работы системы управления

На диаграммах приведены: напряжение развёртки ( $U_{PWM}$ ), ток индуктивности ( $I_L$ ), сигнал ошибки ( $U_{ER}$ ), состояние коммутационной функции ( $K_F$ ).

Таблица 2.1

Участок непрерывности	Коммутационная функция	Режим разрывных токов	Нахождение момента коммутации
$(k-1)\cdot\tau \leq t \leq tk_1$	$K_F=1$	$i_L > 0$	$\xi(X,t)=0$
$tk_1 \leq t \leq tk_2$	$K_F=0$		$X_1=0$
$tk_2 \leq t \leq tk_3$		$i_L=0$	$X_2=E_0$
$tk_3 \leq t \leq k\cdot\tau$		$u_C < E_0$	$U_P(t)=0$

Границы участков непрерывности определяются вычислением для каждого  $k$ -того тактового интервала ШИМ  $t \in (k-1)\cdot\tau, k\cdot\tau$  моментов коммутации:  $t_{k1}$  (момент коммутации ключа преобразователя),  $t_{k2}$  (момент снижения тока дросселя до нуля) и  $t_{k3}$  (момент снижения напряжения на конденсаторе до уровня источника питания). Данные моменты времени определяются из уравнений, записанных в последнем столбце таблицы 2.1.

## 2.2 Имитационное моделирование ППН

С помощью средств имитационного моделирования была построена модель повышающего преобразователя напряжения с обратной связью по току с использованием параметров, указанных в предыдущем пункте. Данная модель изображена на рисунке 2.3.

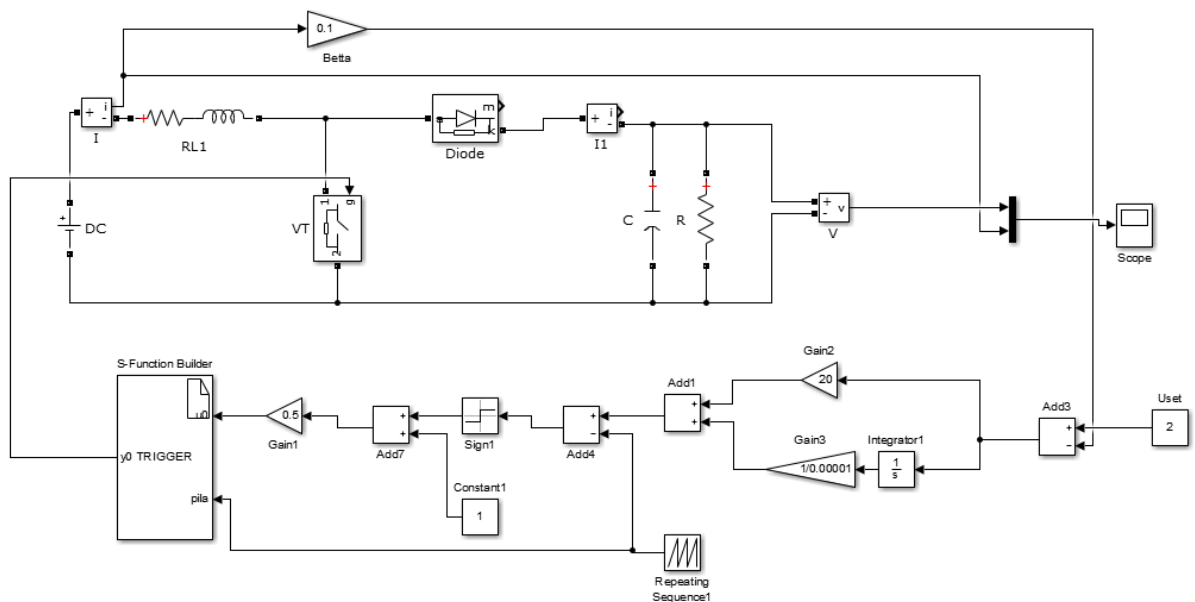


Рисунок 2.3 - Имитационная модель ППН с ОС по току

На рисунке 2.4 представлен график изменения напряжения на нагрузке

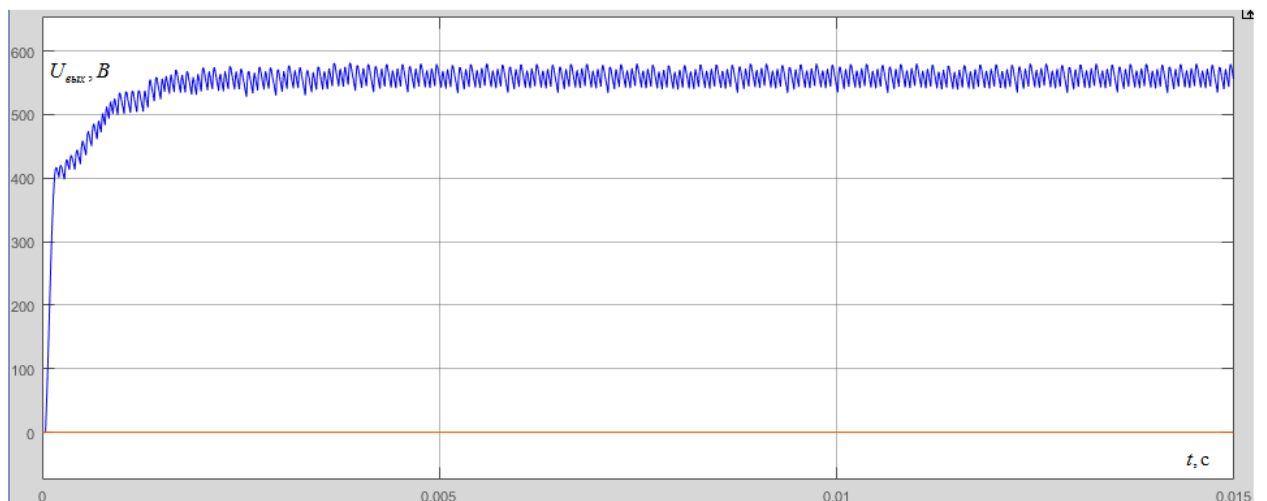


Рисунок 2.4 –График изменения напряжения повышающего преобразователя напряжения на нагрузке

Как видно из рисунка, установившееся значение напряжения примерно равно 550 В. Разброс по напряжению составляет примерно 25 В. Примерное выхода на режим составило порядка 0,002 с.

Изменяя величину индуктивности и емкости можно добиться меньшего разброса по напряжению, однако время установления режима будет увеличено, за счет увеличения инерционной составляющей реактивных

элементов схемы. На рисунке 2.5 представлен график изменения напряжения ППН на нагрузке при увеличении емкости до 50-ти мкФ.

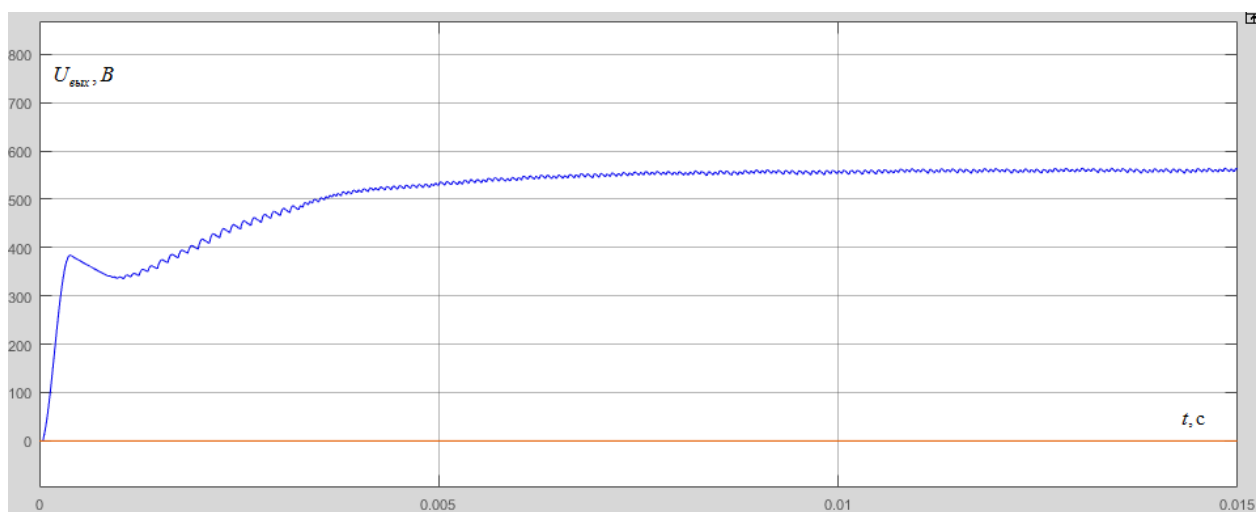


Рисунок 2.5 – График изменения напряжения повышающего преобразователя напряжения на нагрузке при увеличенной емкости

### 2.3 Имитационное моделирование отслеживания точки максимальной мощности

Одним из основных способов повышения энергетической эффективности фотоэлектрических установок является реализация режима отбора максимума мощности в соответствующей точке вольтамперной характеристики (ВАХ) солнечной батареи. Структура преобразователя с обратной связью по напряжению, работающего при управлении алгоритмом отслеживания точки максимальной мощности представлен на рис. 2.6. На рис. 2.7 даны примеры ВАХ и вольтваттных характеристик (ВВХ) фотоэлектрической панели КСМ-160 [9].

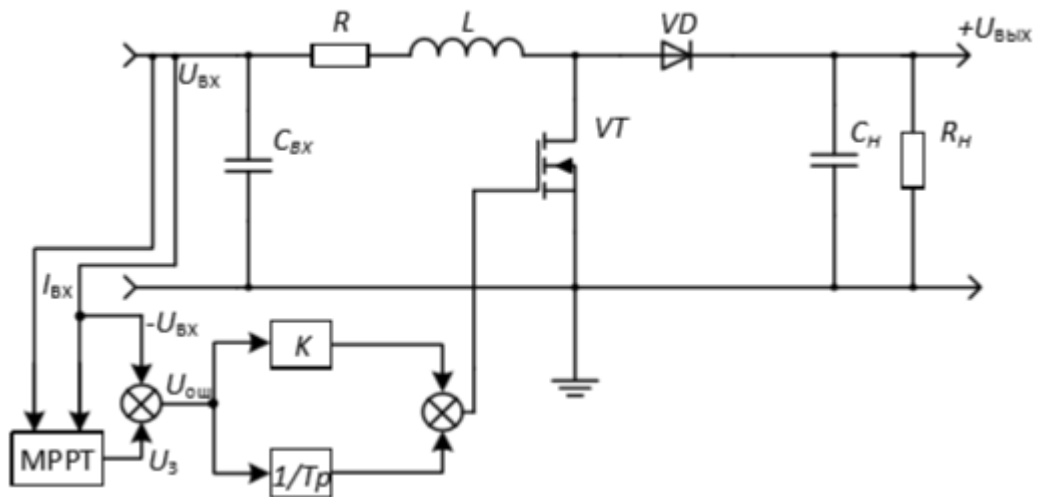


Рисунок 2.6 - Структура преобразователя энергии солнечных батарей с ОС по напряжению

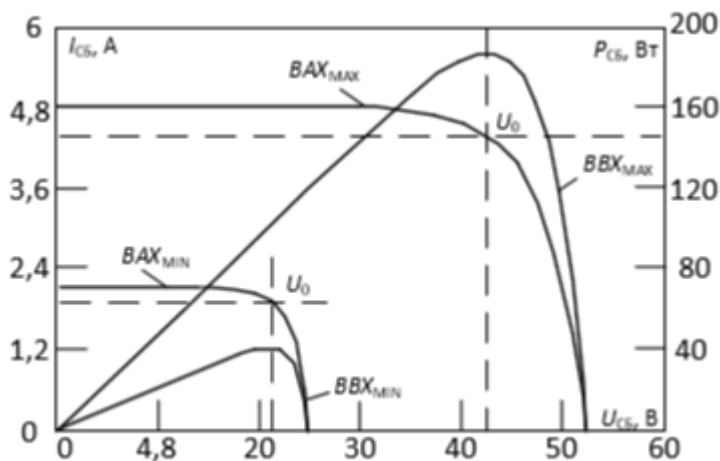
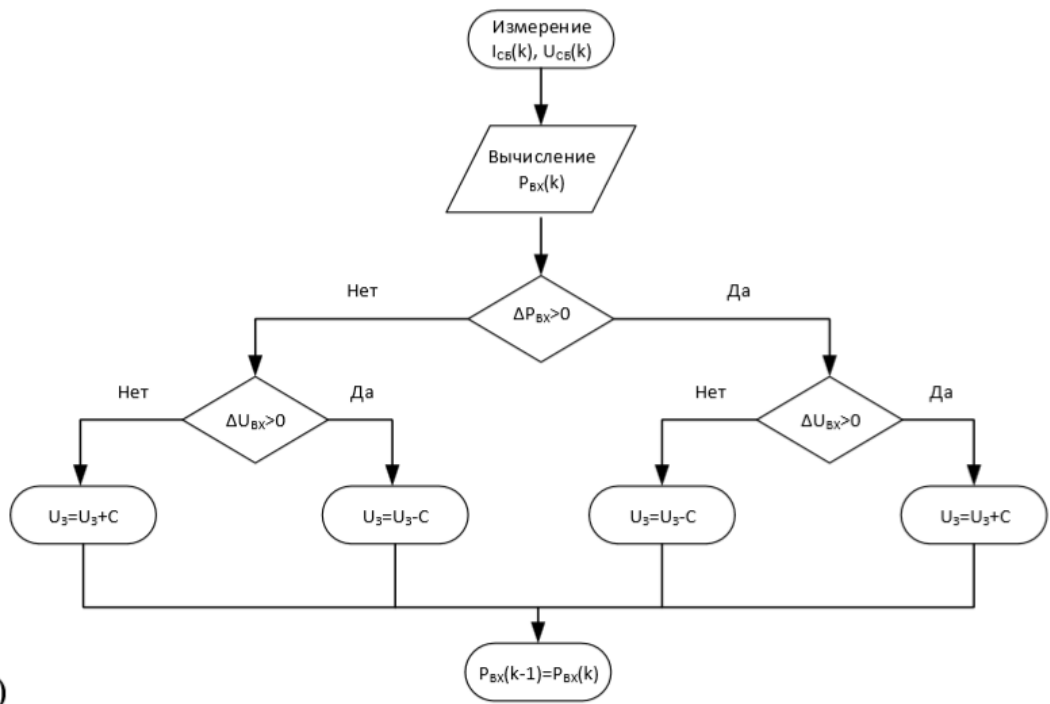
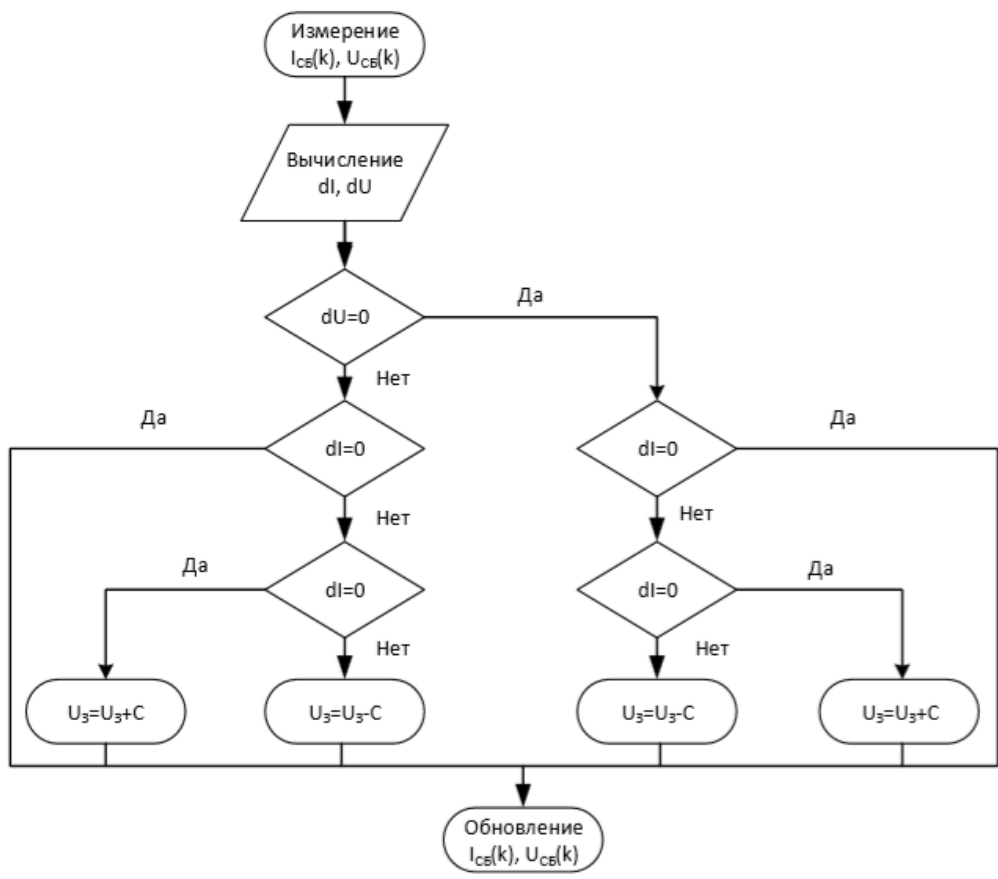


Рисунок 2.7 - ВАХ и ВВХ солнечной панели КСМ-160

Для оптимизации выходной мощности фотомодулей, как правило, используется один из известных алгоритмов. В некоторых устройствах для отслеживания точки максимальной мощности реализуют несколько алгоритмов (рис. 2.8), и переключения между ними осуществляются в зависимости от условий работы. Основными средствами алгоритмизации МРРТ являются: метод возмущения и наблюдения (рис. 2.8, а), методы возрастающей проводимости (рис. 2.8, б) и постоянного напряжения [6].



а)



б)

Рисунок 2.8 - Блок-схемы алгоритмов отслеживания точки максимальной мощности методом: а) возмущения и наблюдения; б) возрастающей проводимости

При использовании метода возмущения и наблюдения устройство на небольшую величину изменяет эквивалентное входное сопротивление преобразователя (путём варьирования скважности силового ключа или изменения задания на входные величины напряжения, тока или мощности), вследствие чего варьируется напряжение на СБ и далее производится измерение её выходных параметров. Если мощность увеличивается – контроллер продолжает изменять задающий параметр в этом же направлении, пока мощность не перестанет возрастать. Данный метод является наиболее распространённым, несмотря на то что он приводит к колебаниям мощности. Широкое применение этого метода обусловлено его простотой и может быть реализовано на основе функциональной схемы системы управления ППН, приведенной на рис. 2.9 [14].

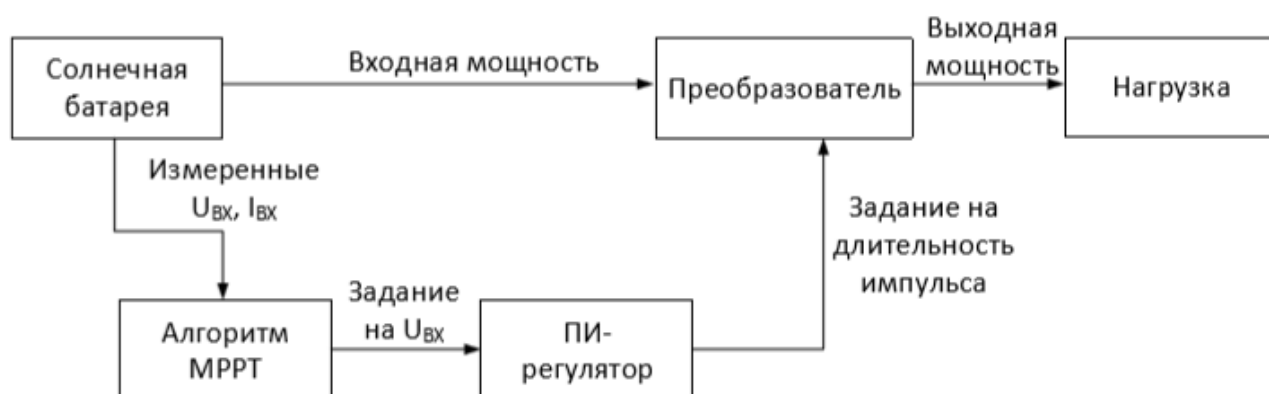


Рисунок 2.9 - Функциональная схема системы управления ППН

В методе возрастающей проводимости преобразователь фиксирует увеличение тока и напряжения СБ, чтобы предсказать эффект от изменения напряжения. Он требует увеличения вычислений микроконтроллером, но при этом отслеживает изменение окружающих условий с большей скоростью, чем предыдущий метод. Однако этот способ так же приводит к колебаниям мощности. Рассматриваемый метод использует возрастающую проводимость  $dI/dU$  солнечной батареи для вычисления знака изменения мощности по отношению к напряжению  $dP/dU$ . При этом вычисляется точка максимальной мощности и производится сравнение возрастающей проводимости  $\Delta I/\Delta U$  с



проводимостью СБ ( $I/U$ ). При выполнении условия  $\Delta I/\Delta U=I/U$  выходное напряжение равно напряжению, соответствующему наибольшему значению мощности. Уставка ПИ-регулятора по напряжению поддерживается пока не изменится уровень освещённости, далее процесс повторяется. На рис. 2.10 представлена имитационная модель системы отслеживания точки максимальной мощности. В модели преобразователь заменён переменным сопротивлением, величина которого регулируется динамически с помощью одного из алгоритмов МРРТ.

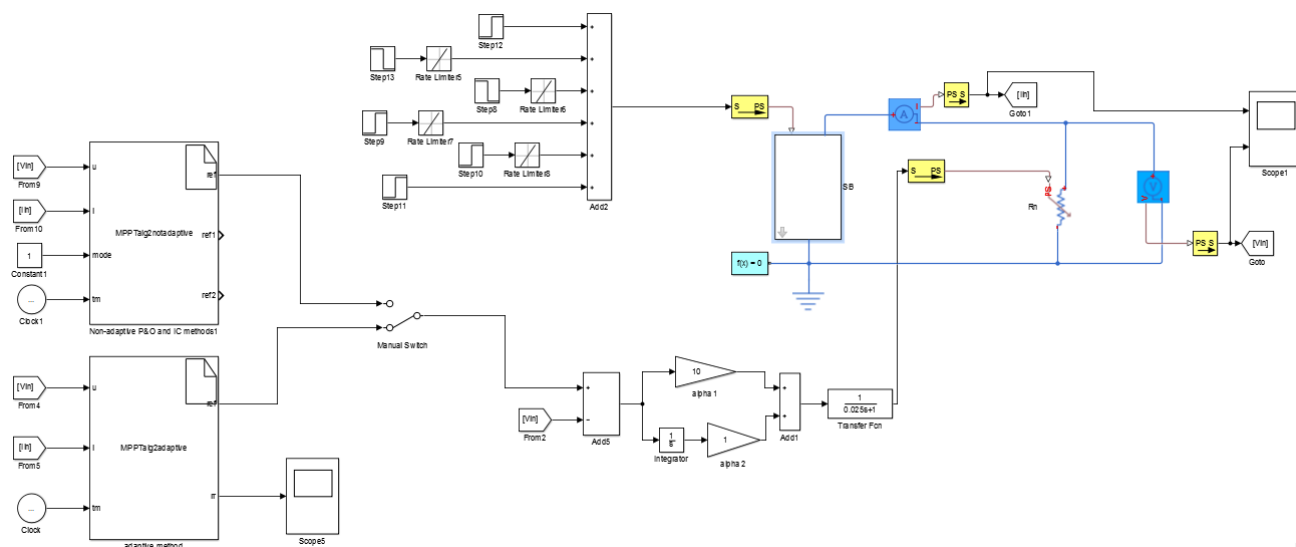


Рисунок 2.10 - Имитационная модель для отладки алгоритмов МРРТ

На данной схеме возмущающим воздействием для системы является изменение величины освещенности. Блоки S-функций содержат тот или иной прописанный алгоритм отыскания точки максимальной мощности. Переключение между ними осуществляется вручную, с помощью ключа на схеме.

При построении имитационной модели приняты следующие допущения:

- не учитывается широтно-импульсная модуляция (преобразователь представлен эквивалентным сопротивлением), т. к. время квантования алгоритма отслеживания точки максимальной мощности существенно выше периода ШИМ;

- инерционность преобразователя при реагировании на изменение входного напряжения представлена апериодическим звеном.

На рис. 2.11 приведены ВАХ и ВВХ модели СБ, используемой при моделировании.

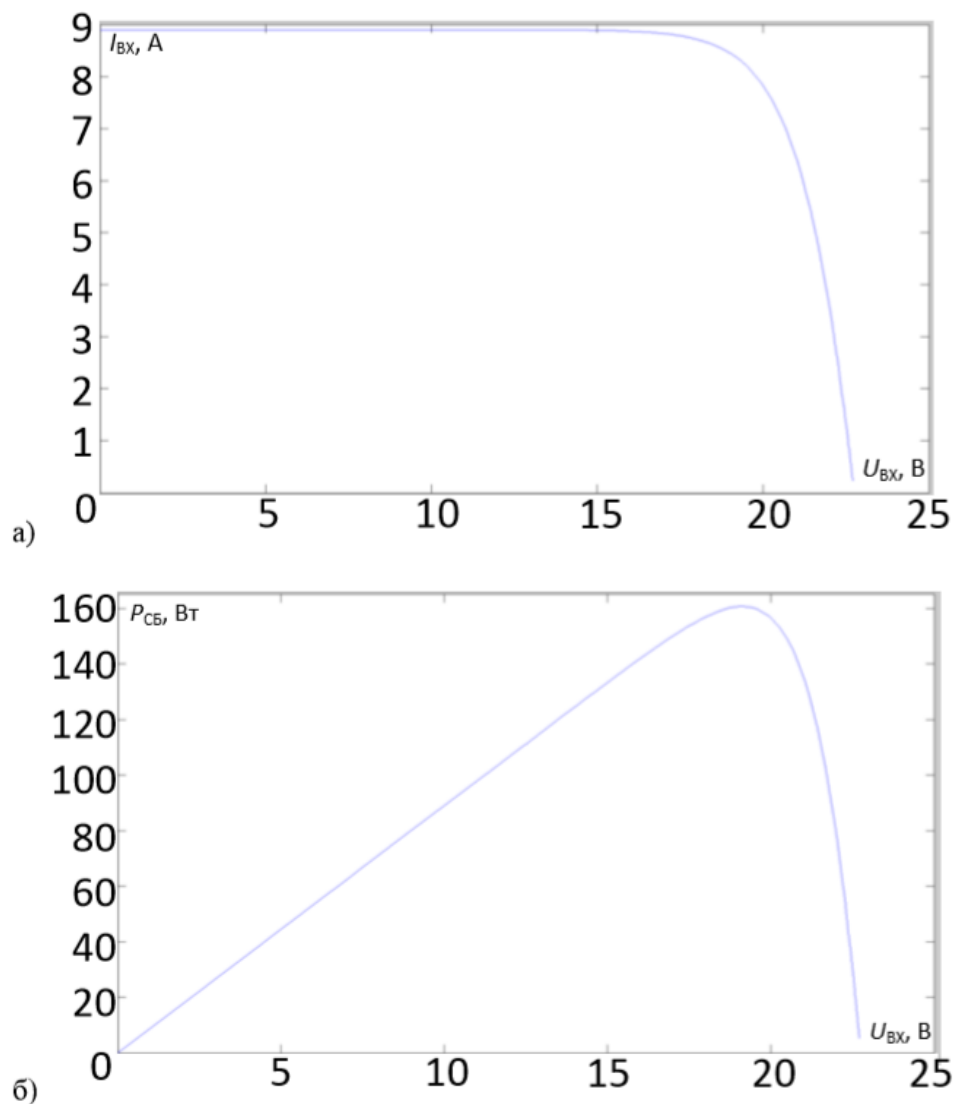


Рисунок 2.11 - Характеристики модели СБ: а) ВАХ; б) ВВХ

В результате имитационного моделирования получены графики выхода на рабочую точку и отыскание новых максимумов мощности при изменении величины освещённости фотомодуля. На рис. 2.12 представлены диаграммы тока ( $I_{BX}$ ), напряжения ( $U_{BX}$ ) и мощности солнечной батареи ( $P_{CB}$ ) для неадаптивного алгоритма возмущения и наблюдения с максимальным шагом по напряжению.

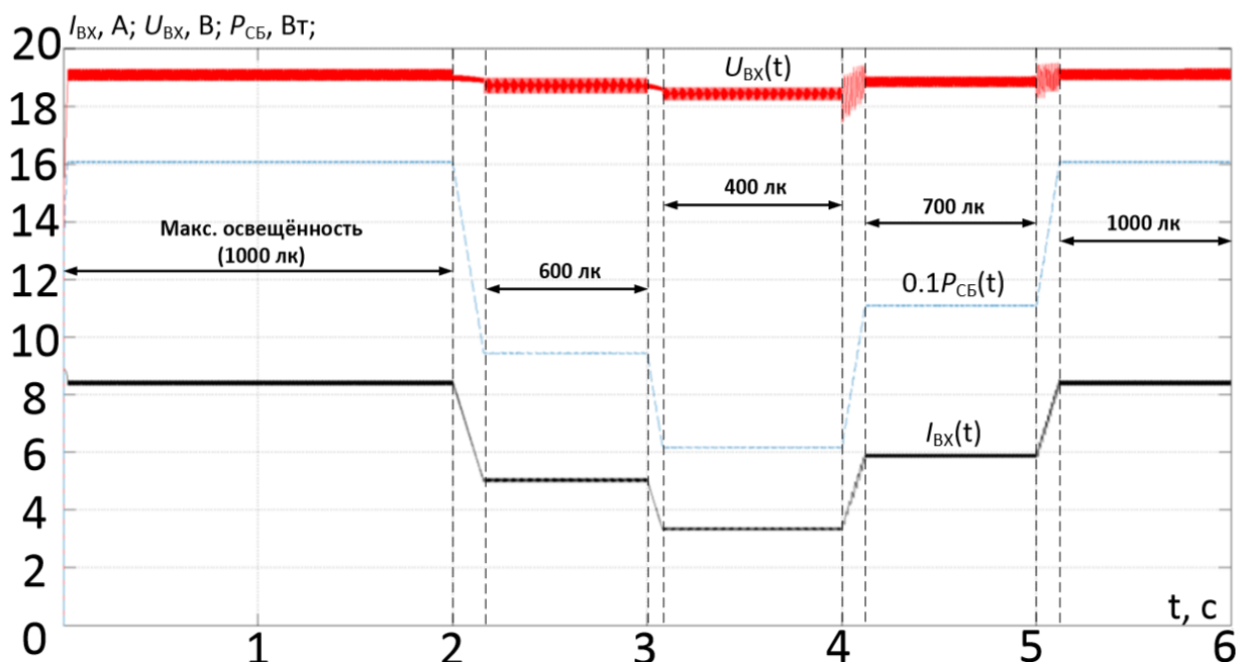


Рисунок 2.12 - Диаграммы тока, напряжения и мощности СБ для неадаптивного алгоритма возмущения и наблюдения с максимальным шагом

На рис. 2.13 изображены аналогичные временные диаграммы для неадаптивного алгоритма возмущения и наблюдения с минимальным шагом по напряжению.

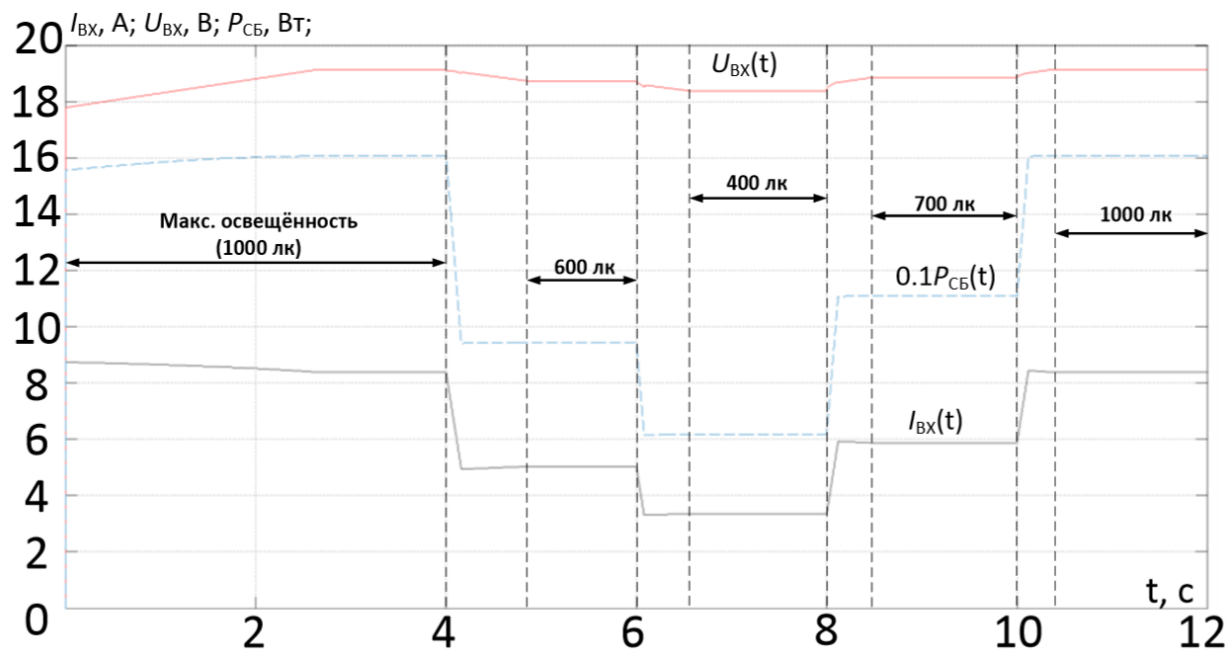


Рисунок 2.13 - Диаграммы тока, напряжения и мощности СБ для неадаптивного алгоритма возмущения и наблюдения с минимальным шагом

Адаптивный алгоритм реализован следующим образом: при последовательном движении текущей рабочей точки в одну сторону увеличивается и шаг приращения задания на входное напряжение на каждой итерации; если на предыдущем шаге мощность увеличилась, а на текущем – уменьшилась, то при этом шаг приращения уменьшается. На рис. 2.14 даны временные диаграммы тока, напряжения и мощности для адаптивного алгоритма возмущения и наблюдения.

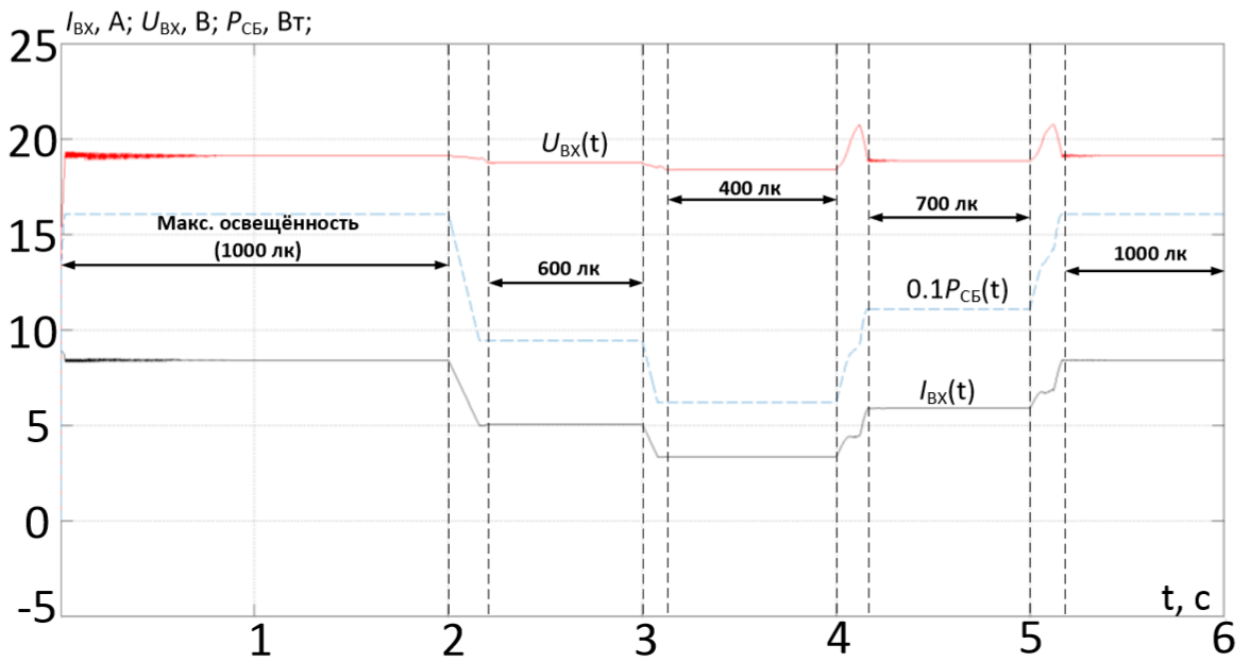


Рисунок 2.14 - Диаграммы тока, напряжения и мощности СБ для адаптивного алгоритма возмущения и наблюдения

На рис. 2.15 приведены графики работы системы по алгоритму возрастающей проводимости.

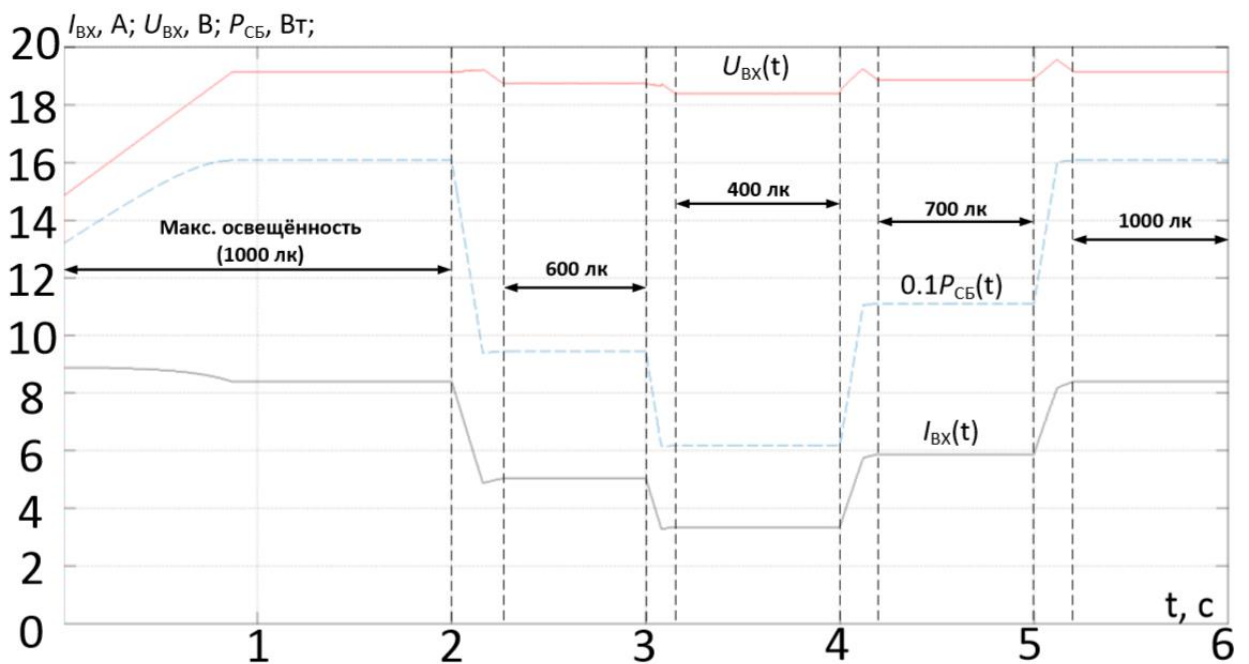


Рисунок 2.15 - Диаграммы тока, напряжения и мощности СБ для алгоритма возрастающей проводимости

Рассмотренные алгоритмы нацелены в первую очередь на отыскание локальных максимумов мощности СБ. Все они предполагают колебания мощности, которые могут быть снижены с помощью введения алгоритмов изменения шага, один из которых (адаптивный, возмущения и наблюдения) описан выше. Алгоритм возрастающей проводимости гораздо быстрее обрабатывает изменения освещённости, однако для корректной работы необходимо производить больше арифметических операций на каждом такте его работы. К недостаткам данного метода также можно отнести высокую чувствительность к помехам и изменению шага.

### 3. Имитационное моделирование совместной работы ППН

#### 3.1 Имитационное моделирование совместной работы ППН с инвертором напряжения на активную нагрузку

Представим случай работы повышающего преобразователя в системе автономного электроснабжения. При этом, данный преобразователь повышает напряжение до заданного уровня уже то постоянное напряжение, которое мы имеем с выхода преобразователя, ищущего точку максимальной мощности. На структурной схеме, представленной на рис. 3.1 выходное напряжение блока солнечных батарей соответствует напряжению для различных точек максимальной мощности при изменении величины освещения. Таким образом, этот блок можно представить эквивалентным управляемым источником постоянного напряжения на схеме в имитационной модели.

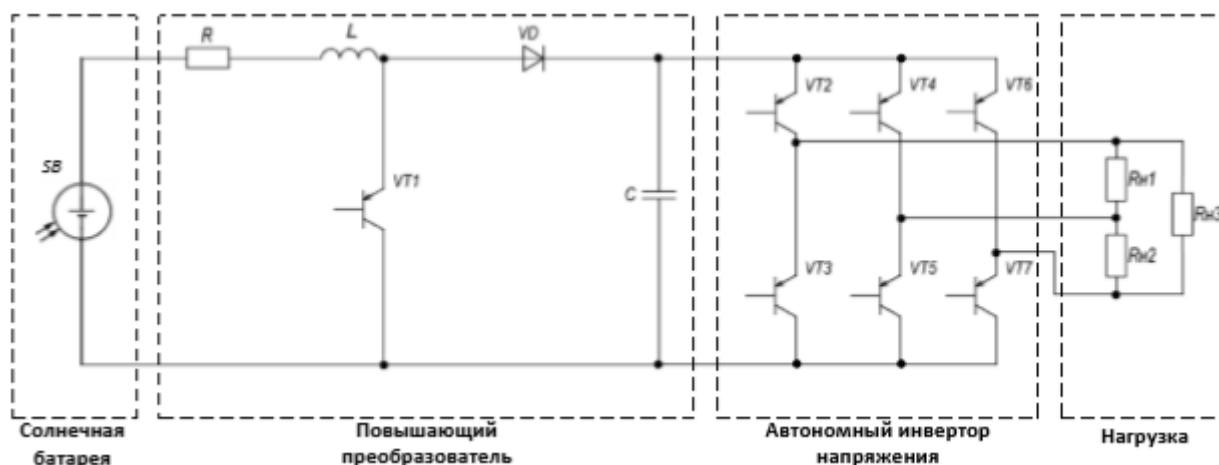


Рисунок 3.1– Структура автономного инвертора солнечной батареи

По данной структурной схеме была разработана имитационная модель совместной работы автономного инвертора с повышающим преобразователем постоянного напряжения на нагрузку, величину и характер которой можно изменять по необходимости. Имитационная модель представлена на рисунке

НИЖЕ.

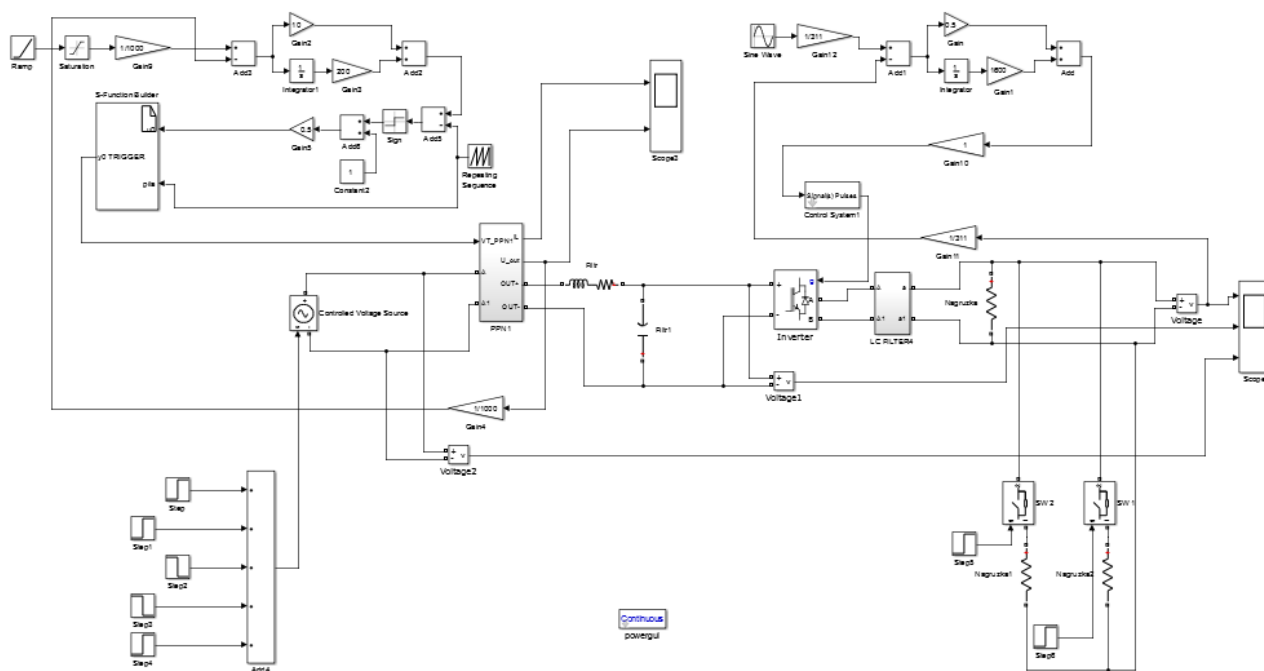


Рисунок 3.2 – Имитационная модель совместной работы АИН и ППН

На данной схеме источник постоянного напряжения, он же упрощенный блок солнечных батарей и повышающего преобразователя, ищущего точку максимальной мощности, является регулируемым. При этом, изменение его напряжения условно соответствует изменению напряжения максимальной мощности с выхода ППН.

Второй повышающий преобразователь, который есть на структурной схеме и в имитационной модели, представленный блоком подсистемы PPN1, является стабилизирующим и повышающим напряжение максимальной мощности, отдавая его на автономный инвертор напряжения. Данный ППН имеет свою систему управления, стабилизирующую напряжение. Взаимодействие ППН и системы управления происходит через обратную связь по напряжению и ПИ-регулятор.

Были использованы LC-фильтры для обеспечения сглаженных и более качественных выходных форм напряжения с выходов преобразователей.

Инвертор напряжения также имеет свою систему управления, взаимодействующую по обратной связи по напряжению с нагрузки. Таким

образом, на нагрузке получаем стабилизированную синусоидальную форму напряжения, соответствующей действующему значению напряжения, равному 220 В и частоте 50 Гц.

В результате имитационного моделирования были получены графики изменения выходного напряжения ППН, стабилизирующего постоянное напряжение преобразователя, ищущего максимум мощности СБ. А также, графики для напряжения с выхода инвертора и изменения напряжения с ППН, отслеживающего точку максимальной мощности. Графики представлены ниже на рис. 3.3, 3.4, 3.5.

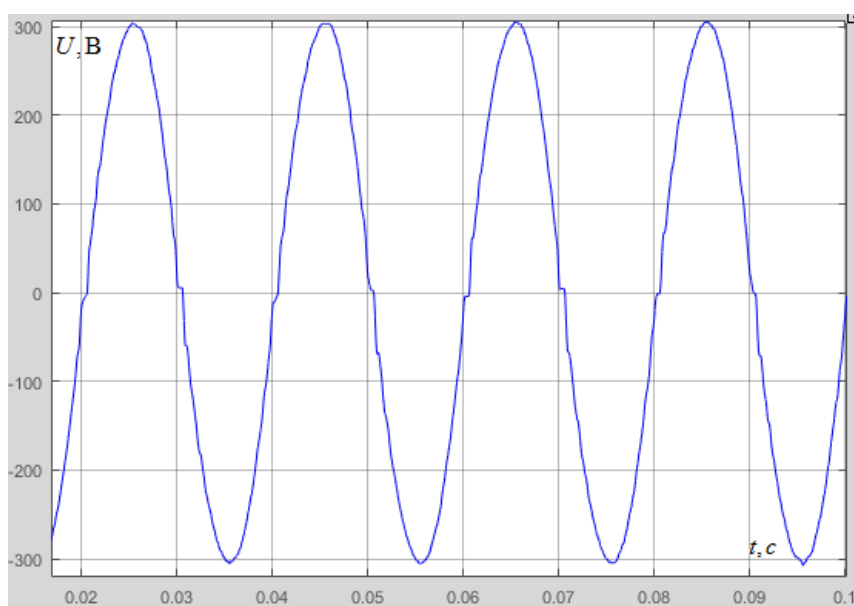


Рисунок 3.3 – Выходное напряжение с инвертора

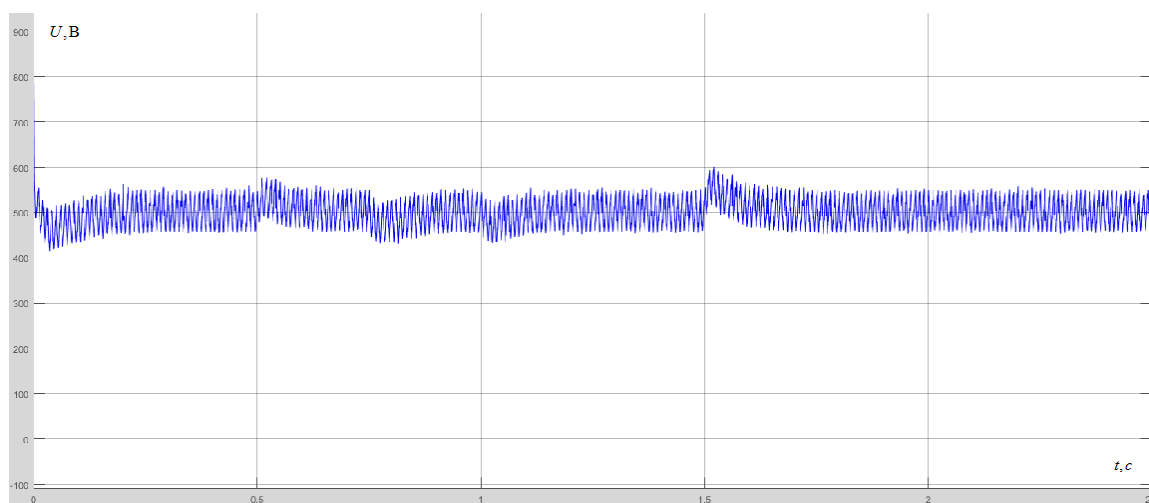


Рисунок 3.4 – Выходное стабилизированное напряжение ППН



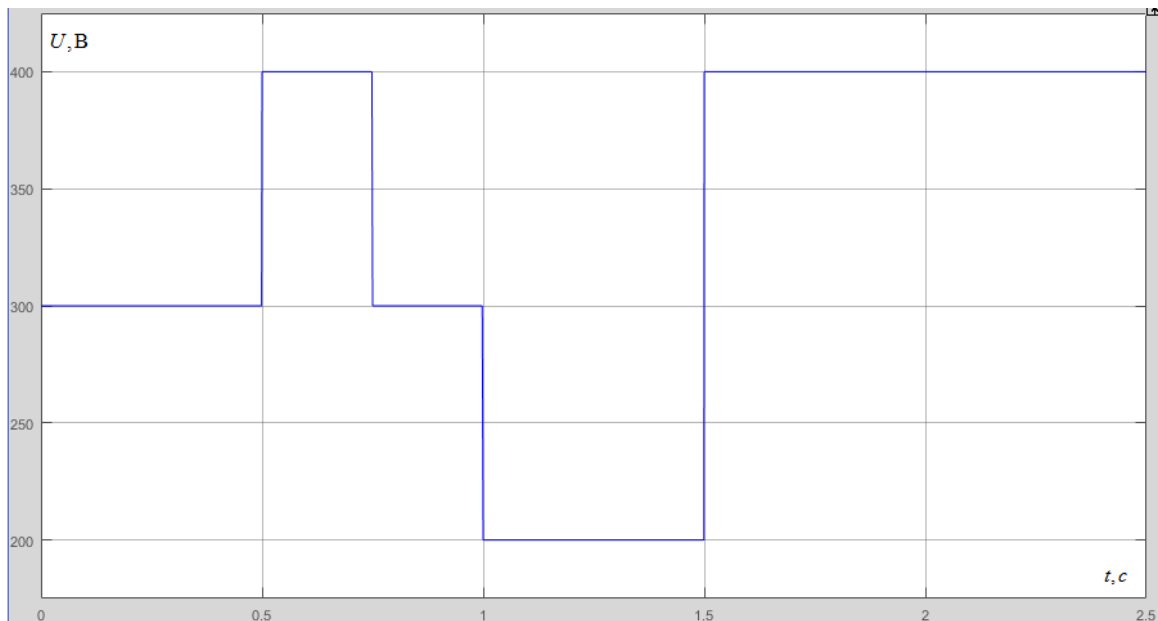


Рисунок 3.5 – Диаграмма изменения входного напряжения на стабилизирующий ППН

Из рисунка 3.3 видно, что выходное напряжение имеет не чисто синусоидальную форму. Данный график был получен при активном характере нагрузки с ее величиной в 4 кОм. На протяжении всего времени работы форма синусоидального напряжения заметно не изменилась. Это обусловлено системой управления, которая стабилизирует синусоиду.

На рисунке 3.4 заметны пульсации напряжения с амплитудой в 55 В. Такие колебания можно уменьшить за счет “подгонки” величин емкости и индуктивности в структуре преобразователя напряжения согласно желаемым выходным параметрам.

По результатам имитационного моделирования данной системы совместной работы ППН и инвертора напряжения можно говорить о удовлетворяющих потребности большинства потребителей характеристиках выходного напряжения (форма, амплитуда разброса, действующее значение). Очевидно, что по большей части, относительно стабильное напряжение на нагрузке обусловлено работой систем управления ППН и инвертора напряжения.

### 3.2 Имитационное моделирование совместной работы ППН и двигателя постоянного тока

На базе имитационной модели на рис. 3.2 можно построить другую, особенностью которой является наличие двигателя постоянного тока (рис.3.6).

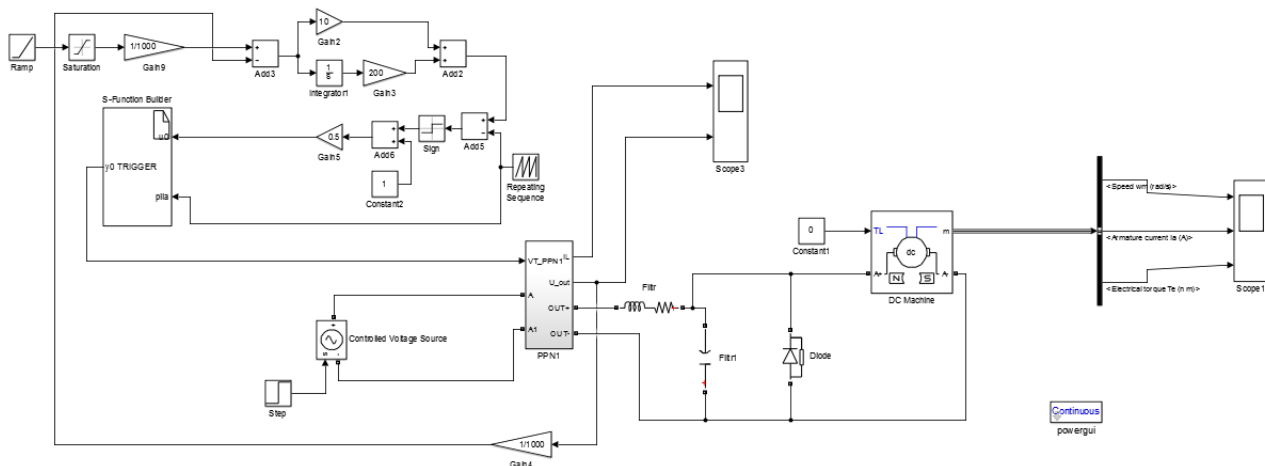


Рисунок 3.6 – Имитационная модель работы ППН с двигателем постоянного тока.

Очевидно, в отличие от предыдущей схемы, на этой отсутствует инвертор напряжения, т.к. он не является нужным для работы двигателя постоянного тока.

Данный двигатель имеет возбуждение от постоянных магнитов и его параметры выбирались, не опираясь на параметры существующих двигателей, самостоятельно.

Параметры ДПТ в настройном окне MatLAB Simulink:

- Сопротивление якоря – 0.6 Ом
- Индуктивность обмотки якоря – 12 мГн
- Номинальный момент – 1,8 Н·м
- Момент инерции двигателя – 1 кг·м<sup>2</sup>
- Начальная скорость - 1 рад/с

По данной модели были построены графики зависимостей тока якоря двигателя (рис. 3.7), момента нагрузки (рис. 3.8) и график изменения скорости (рис. 3.9) при пуске двигателя постоянного тока.

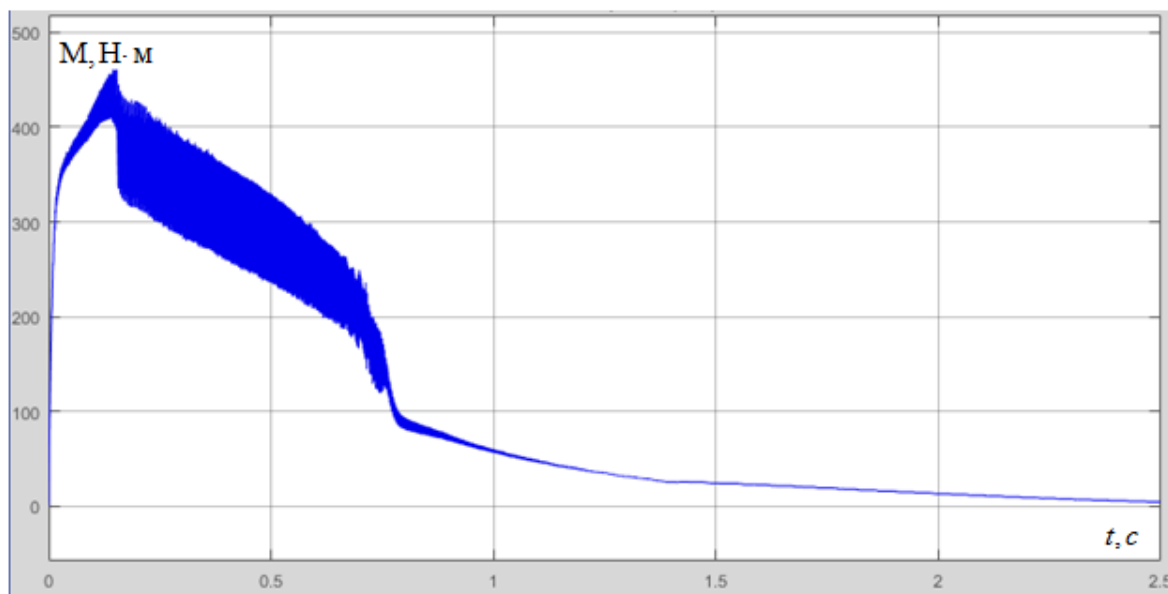


Рисунок 3.7 – Зависимость момента нагрузки от времени при пуске двигателя

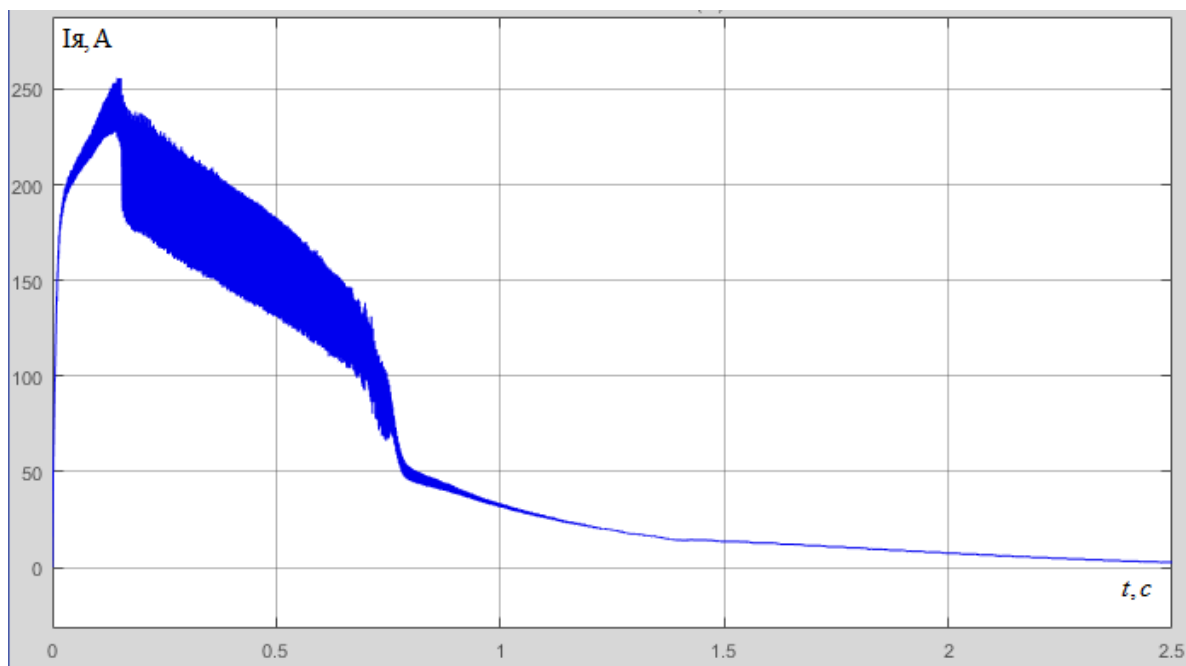


Рисунок 3.8 – Зависимость тока якоря от времени при пуске двигателя

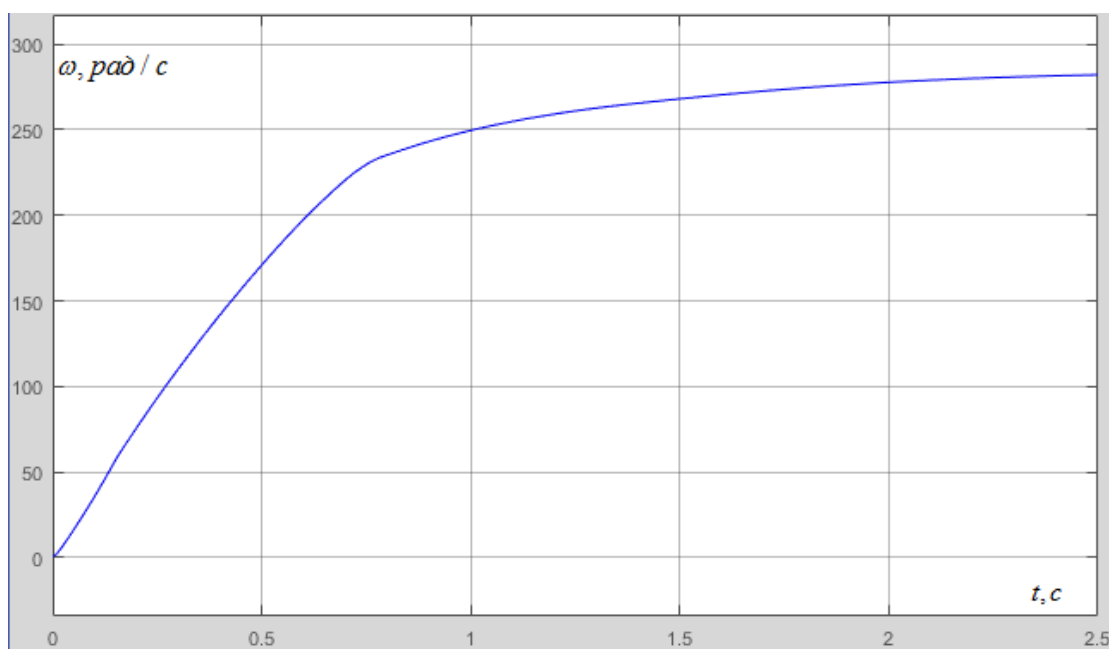


Рисунок 3.9 – Зависимость скорости вращения от времени при пуске двигателя

По получившимся графикам переходных процессов пуска можно видеть, что двигатель был успешно запущен и выведен на определенную скорость. Трудно сказать, является ли она номинальной или допустимой. То же самое можно сказать о графиках зависимостей момента нагрузки и тока якоря, т.к. данный вопрос требует дополнительных расчетов, наличием которых в процессе работы руководитель и студент не были заинтересованы. Основным показателем результата является возможность пуска двигателя при использовании прямого соединения повышающего преобразователя напряжения и двигателя постоянного тока. А также, возможностью регулирования скорости вращения двигателя за счет изменения питающего напряжения с выхода ППН.

## **4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

Разработка НИР производится группой квалифицированных работников, состоящей из двух человек – руководителя и студента.

Темой научной исследовательской работы является исследование динамики работы повышающего преобразователя напряжения на различные виды нагрузки на базе альтернативных источников энергии.

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

К научно-исследовательским работам относятся работы поискового, теоретического и экспериментального характера, которые выполняются с целью расширения, углубления и систематизации знаний по определенной научной проблеме и создания научного задела.

### **4.1 Технико-экономическое обоснование НИР**

Тенденция к росту цен на не возобновляемые источники энергии требует разработки систем электропитания на базе альтернативных источников энергии. Данная работа посвящена разработке имитационной и математической моделей системы автономного электроснабжения на базе солнечных батарей. Данные источники имеют на выходе напряжения низкого уровня. Этот факт приводит к использованию повышающего преобразователя напряжения. Кроме того, их вольтамперные характеристики нелинейны, а значит, необходима разработка алгоритмов поиска точки максимальной мощности для полноценного использования энергии источника.

Проведение данного исследования в компьютерной среде обеспечивает гораздо меньшие экономические затраты, нежели те, что были бы при

проведении множества практических экспериментов. Из данного факта следует что и временные затраты на исследование также сокращаются.[11]

#### **4.2 Потенциальные потребители результатов НИИ**

Необходимость усовершенствования альтернативных источников энергии и внедрение автономных систем электроснабжения в быт привело к развитию нового ряда требований к качеству электроэнергии, получаемой возобновляемыми источниками. Но при этом существуют различные возмущения при работе такого рода источников, обусловленные влиянием окружающей среды. Поэтому данное исследование направлено на развитие универсализации применения солнечных батарей и оптимизации их работы, которые необходимы для потребителей электроэнергии, работающих в различных условиях.

Потенциальными потребителями данного научно технического исследования, является большинство систем автономного энергоснабжения, требующих стабильности работы солнечных батарей и максимальной их эффективности.

#### **4.3 Планирование научно-исследовательской работы**

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 4.1.

Таблица 4.1 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка задания на НИИ	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
	6	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	Научный руководитель, студент
	7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Научный руководитель, студент
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Научный руководитель, студент
	9	Определение целесообразности проведения ОКР	Научный руководитель, студент
Изготовление и испытание макета (опытного образца)	10	Конструирование и изготовление макета (опытного образца)	Научный руководитель, студент
	11	Лабораторные испытания макета	Научный руководитель, студент
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	12	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Студент

#### 4.4 Определение трудоемкости выполнения работ

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 [12, 13]:

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

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%.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i},$$

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.



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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}},$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

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

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

$T_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней в году.

$$k_{\text{кал}} = \frac{366}{366 - 109 - 10} = 1,48 \approx 2$$

Все рассчитанные значения необходимо свести в таблицу 4.2.

Таблица 4.2 – Временные показатели проведения научного исследования

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

## Окончание таблицы 4.2

2	Подбор и изучение материалов по теме	10	12	11	Студент	11	22
3	Выбор направления исследований	1	2	1	Научный руководитель	1	2
4	Календарное планирование работ по теме	4	5	4	Научный руководитель, студент	4	8
5	Проведение теоретических расчетов	10	12	10	Научный руководитель, студент	5	10
6	Построение макетов и проведение экспериментов	11	12	11	Научный руководитель, студент	5	10
7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	11	13	11	Научный руководитель, студент	5	10
8	Оценка эффективности полученных результатов	7	8	5	Научный руководитель, студент	2	4
9	Определение целесообразности проведения ОКР	10	11	10	Научный руководитель, студент	5	10
10	Конструирование и изготовление макета (опытного образца)	7	9	7	Научный руководитель, студент	3	6
11	Лабораторные испытания макета	9	10	9	Научный руководитель, студент	4	8
12	Составление пояснительной записки	8	10	10	Студент	10	20
Итого							112

#### 4.5 Построение графика работ

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными по времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

На основе таблицы 4.2 строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта на основе таблицы 4.3 с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике следует выделить различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Таблица 4.3 – Календарный план-график проведения НИР





Этапы	Вид работы	Исполнитель	$T_k$	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
1	Составление и утверждение задания НИР	Моисеенко Д.Д., Беспалов А.С.	3					
2	Изучение метода компьютерного моделирования и поиск материалов по теме	Беспалов А.С.	35					
3	Выбор образцов для проведения эксперимента	Моисеенко Д.Д., Беспалов А.С.	7					
4	Календарное планирование работ	Моисеенко Д.Д., Беспалов А.С.	5					



диаграмма Ганта, что указывает на целесообразность проведения данного исследования.

#### **4.6 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).

#### **4.7 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 расходующиеся 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. [14]

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

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

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

$N_{расхi}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, 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 4.4.

Таблица 4.4 – Материальные затраты на НИР (руб.)

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З <sub>м</sub> ), руб.
Сетевой инвертор	штук	1	50000	50000
Повышающий преобразователь напряжения	штук	1	30000	30000
Шкаф управления	штук	1	20000	20000
Контроллер точки максимальной мощности	штук	1	15000	15000
Итого				115000

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

#### 4.8 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:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп},$$

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

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

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

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p,$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}},$$

где  $Z_{\text{м}}$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

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

$F_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, р. дней (таблица 4.5).

Таблица 4.5 – 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:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}},$$

где  $Z_{\text{тс}}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

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



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

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

Тарифная заработная плата  $Z_{тс}$  находится из произведения тарифной ставки работника 1-го разряда  $T_{ci} = 600$  руб. на тарифный коэффициент  $k_t$  и учитывается по единой для бюджетных организаций тарифной сетке. Расчет основной заработной платы приведен в таблицы 4.6.

Таблица 4.6 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Разряд	$k_t$	$Z_{тс}$ , руб.	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	$Z_m$ , 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.

#### 4.9 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:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}},$$

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

$$Z_{\text{доп р1}} = 34074 \cdot 0,15 = 5111 \text{ руб.}$$

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

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

#### **4.10 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:

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

где  $k_{\text{внеб}}$  – 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 4.7).

Таблица 4.7 – 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

#### 4.11 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:

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

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

Величину коэффициента накладных расходов в размере 16%.

$$Z_{\text{накл}} = (115000 + 37379 + 5607 + 11606) \cdot 0,16 = 27134,72 \text{ руб.}$$

#### 4.12 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 4.8.

Таблица 4.8 – Расчет бюджета затрат НИР

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты НИР	115000	Пункт 6
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей проекта	37379	Пункт 7
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	5607	Пункт 8
4. Отчисления во внебюджетные фонды	11606	Пункт 9
5. Накладные расходы	27134,72	16% от суммы ст. 6-9
6. Бюджет затрат НИР	196726,72	Сумма ст. 6-10

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 196726,72 рублей. Данный уровень расходов соответствует текущему уровню затрат на научно-исследовательскую работу.

#### 4.13 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 бальных оценок. Бальная 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 4.9, 4.10).

Таблица 4.9 – 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 4.10 – 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 4.11 – 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 4.12.

Таблица 4.12 – 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:

$$H_T = 0,5 \cdot 6 + 0,3 \cdot 6 + 0,2 \cdot (8 + 2) = 6,8$$

Таблица 4.13 – 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 средний уровень НТУ, равный 6,8.

Вывод. Интенсивное развитие альтернативной энергетики привело к высоким требованиям к качеству воспроизводимой электроэнергии. В связи с этим возникают и необходимости проведения новых технических решений, которые в свою очередь требуют материальных затрат. Но по итогу, результаты таких решений приводят к снижению себестоимости, а также к повышению качества выходного продукта, в данном случае – электроэнергии.

В итоге, в данном разделе были решены следующие задачи:

1. Таким образом, можно сделать вывод, что разрабатываемое нами исследование превосходит как в ресурсоэффективности, так и в экономической активности ожидаемый результат. Вследствие этого фактора конкурентоспособность предлагаемого результата исследования увеличивается.

2. Составлен план научного исследования, в котором разработан календарный план. Общее содержание работ для проведения исследования составило 10 позиций. Для построения таблицы временных показателей проведения НИР был рассчитан коэффициент календарности. С помощью данных показателей был разработан календарный - план график проведения НИР по теме. Для иллюстрации календарного плана была использована диаграмма Ганта, что указывает на целесообразность проведения данного исследования. Общая продолжительность дней на проведение исследования – 112 дней.

3. Рассчитан бюджет научного исследования. Как видно из проведенного анализа общая стоимость настоящего научного исследования 196726,72 руб.

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

## 5. Социальная ответственность

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.

В данном разделе ВКР рассматриваются вопросы безопасности жизнедеятельности, а также, с точки зрения социальной ответственности за моральные, общественные, экономические, экологические возможные негативные последствия, связанные с разработкой различных технических решений и их обеспечения относительно повышающих преобразователей напряжения, работающих в системе автономного электроснабжения на базе солнечных батарей.

### 5.1 Вредные и опасные производственные факторы

Вредные и опасные производственные факторы, соответствующие солнечным электростанциям, представлены в таблице 5.1 согласно ГОСТ 12.0.003-74 [14].

Таблица 5.1 – Опасные и вредные факторы при выполнении работ в лаборатории

Наименование видов работ	Факторы (ГОСТ 12.0.003-74)	Нормативные документы
	Вредные	
1	2	3
Работа с инвертором солнечных батарей в лаборатории	1. Повышенный уровень шума на рабочем месте;	ГОСТ 12.1.003-83
	2. Отсутствие или недостаток естественного света, недостаточное освещение рабочего места;	СНиП 23-05-95



	3. Воздействие электромагнитного излучения;	ГОСТ 12.1.002-84
	4. Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны	СанПиН 2.2.4.548-96
Опасные		
Работа с инвертором солнечных батарей в лаборатории	1. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которое может пройти через тело человека;	ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ

### 5.1.1 Вредные факторы

#### 5.1.1.1 Отсутствие или недостаток естественного света. Недостаточное освещение рабочего места

Комфортные условия труда во многом зависят от освещения производственных помещений. Рациональное освещение повышает безопасность работ и производительность труда. Несоответствие нормативным показателям освещения или неправильная установка источников света могут быть причиной быстрой утомляемости работающих, а также несчастного случая.

Всеобщим межотраслевым документом, содержащим нормы естественного и искусственного освещения предприятий, является СНиП 23-05-95.

К системам освещения предъявляются следующие требования:

- Соответствие освещенности на рабочих местах характеру зрительной работы. До определенного уровня увеличение освещенности повышает производительность труда за счет улучшения условий видения объектов. Дальнейшее увеличение освещенности экономически нецелесообразно;

- Достаточно равномерное распределение яркости на рабочей поверхности. При неравномерной яркости глаз вынужден в процессе работы переадаптироваться, что ведет к утомлению зрения;

- Отсутствие резких теней на рабочих поверхностях. Резкие тени, находящиеся в поле зрения человека, искажают размеры и формы объектов различения. Это повышает утомление зрения; движущиеся тени могут привести к травмам;
- Постоянство освещенности во времени. Колебания освещенности вызывают необходимость переадаптации глаза и приводят к значительному утомлению;
- Правильная цветопередача. Спектральный состав света должен соответствовать характеру работы;
- Обеспечение электро-, взрыво- и пожаробезопасности;
- Экономичность.

Нормы рабочего освещения приведены в таблице 5.2. Пайка SMD-компонентов относится к зрительным работам высокой точности. При этом контраст компонентов с фоном печатной платы средний [18].

Таблица 5.2. Нормы освещённости на рабочих местах производственных помещений при искусственном освещении (по СНиП 23-05-95)

Характеристика зрительной работы	Наименьший размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение		
						Освещённость, лк		
						При системе комбинированного освещения		При системе общего освещения
всего	в том числе от общего							
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Высокой точности	Св. 0,30 до 0,50	III	a	Малый	Тёмный	2000 1500	200 200	500 400
			б	Малый Средний	Средний Тёмный	1000 750	200 200	300 200
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Тёмный	750 600	200 200	300 200

			г	Средний Большой	Светлый Средний	400	200	200
--	--	--	---	--------------------	--------------------	-----	-----	-----

В соответствии с таблицей 5.2 принимаем, что освещённость при использовании искусственного освещения должна составлять 1000 лк при системе комбинированного освещения.

### 5.1.1.2 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.

Источниками электромагнитных полей (излучений) радиочастотного диапазона являются генерирующее, передающее и излучающее оборудование радио- и телевизионных центров, радиолокационных станций, установки высокочастотной термообработки, высокочастотные установки для нагрева металла и диэлектриков, физиотерапевтические аппараты и пр.

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 сердечно-сосудистой 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 5.3.

Таблица 5.3. 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 Гц - 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м
Электростатический потенциал экрана видеомонитора		500 В

Защита быть выполнена следующими путями:

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

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 сиз: 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.

## **5.1.2 Опасные факторы**

### **5.1.2.1 Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которое может пройти через тело человека**

Оборудование, находящееся в пределах рабочей площадки, работает от электрического тока. Как следствие, существует вероятность поражения электрическим током рабочего. Проходя через человека электрический ток воздействует на организм следующим образом:

#### **Биологическое воздействие**

Выражается в раздражении и возбуждении живых клеток организма, что приводит к непроизвольным судорожным сокращениям мышц, нарушению нервной системы, органов дыхания и кровообращения. При этом могут наблюдаться обмороки, потеря сознания, расстройство речи, судороги, нарушение дыхания. Тяжелая электротравма нарушает функции мозга, дыхания, сердца до полной их остановки, что приводит к гибели пострадавшего. Наиболее частой причиной смерти от электротравмы является фибрилляция желудочков сердца, при которой нарушается сократительная способность мышц сердца.

#### **Электролитическое воздействие**

Проявляется в разложении плазмы крови и др. органических жидкостей, что может привести к нарушению их физико-химического состава.

#### **Термическое воздействие**

Сопровождается ожогами участков тела и перегревом отдельных внутренних органов, вызывая в них различные функциональные расстройства. Ожоги вызываются тепловым действием электрического тока или электрической дуги.

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. В рабочей лаборатории используются следующие средства защиты:

- устройства автоматического контроля и сигнализации;
- устройства защитного заземления и зануления;
- устройства автоматического отключения;
- предохранительные устройства;
- знаки безопасности.

## **5.2 Экологическая безопасность**

При обращении с твердыми отходами: бытовой мусор (отходы бумаги, отработанные специальные ткани для протирки офисного оборудования и экранов мониторов, пищевые отходы); отработанные люминесцентные лампы; офисная техника, комплектующие и запчасти, утратившие в результате износа потребительские свойства – надлежит руководствоваться Постановлением Администрации г. Томска от 11.11.2009 г. №1110 (с изменениями от 24.12.2014) [17]: бытовой мусор после предварительной сортировки складировать в специальные контейнеры для бытового мусора (затем специализированные службы вывозят мусор на городскую свалку); утратившее потребительские свойства офисное оборудование передают специальным службам (предприятиям) для сортировки, вторичного использования или складирования на городских мусорных полигонах. Отработанные люминесцентные лампы утилизируются в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 03.09.2010 №681 [16]. Люминесцентные лампы, применяемые для искусственного освещения, являются ртутьсодержащими и относятся к 1 классу опасности. Ртуть люминесцентных ламп способна к активной воздушной и водной миграции.

Интоксикация возможна только в случае разгерметизации колбы, поэтому основным требованием экологической безопасности является сохранность целостности отработанных ртутьсодержащих ламп. Отработанные газоразрядные лампы помещают в защитную упаковку, предотвращающую повреждение стеклянной колбы, и передают специализированной организации для обезвреживания и переработки. В случае боя ртутьсодержащих ламп осколки собирают щеткой или скребком в герметичный металлический контейнер с плотно закрывающейся крышкой, заполненный раствором марганцевокислого калия. Поверхности, загрязненные боем лампы, необходимо обработать раствором марганцевокислого калия и смыть водой. Контейнер и его внутренняя поверхность должны быть изготовлены из не адсорбирующего ртуть материала (винипласта).

### **5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Основными причинами пожаров от электрического тока является короткое замыкание, перегрузки электрических установок, переходные сопротивления и искрения.

Причинами короткого замыкания могут быть неправильный выбор сечения и марки кабелей приводов, износ и различные механические повреждения изоляции. Перегрузка электрических цепей вызывает нагрев электрических установок, снижение диэлектрических свойств изоляции и ее воспламенение. Большие переходные сопротивления вызывают нарушения диэлектрических свойств изоляции и ее возгорание. Они, как правило, возникают, когда проводники состоят из проводов разного сечения и разнородного материала, а также плохого контакта между собой и коммуникационными аппаратами. Искрение происходит в момент разъединения находящихся под напряжением проводов выключателей, предохранителей и т.п.



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-016-2001.

Пожарная безопасность 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.

В помещении площадью 50 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.

Каждый, обнаруживший пожар или загорание, обязан немедленно вызвать пожарную охрану по телефону 01, а также при необходимости вызвать газоспасательную, медицинскую и другие службы. Информацию об очаге возгорания необходимо сообщить лицу ответственному за эвакуацию людей из здания. Если в помещении, где произошло загорание, находятся предметы, потеря которых может привести к серьезным финансовым затруднениям предприятия или к потере ценной информации, то нужно приступить к тушению очага пожара.

В помещении назначен ответственный за эксплуатацию электрохозяйства, а обеспечение пожароопасной электроустановок и электросетей. В его обязанности входит:

- своевременное проведение профилактических осмотров и ППР;
- следить за правильностью выбора и применения оборудования;
- систематически контролировать состояние аппаратов, предохраняющих от отклонений в режимах работы;
- следить за наличием средств пожаротушения;
- организовать систему обучения и инструктаж по вопросам, обеспечения пожароопасности.
- Меры пожарной безопасности:
- наличие необходимого количества выходов;
- пожарная сигнализация;
- организационно-технические мероприятия.

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;
- средства индивидуальной защиты органов дыхания (респираторы, тканевые повязки).

#### **5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

Рабочее место – место, где работник должен находиться или куда ему необходимо прибыть в связи с его работой и которое прямо или косвенно находится под контролем работодателя.

Постоянное рабочее место – место, на котором работник находится большую часть (более 50% или более 2 часов непрерывно) своего рабочего времени.

Рабочая зона – пространство высотой до 2 м от уровня пола или площадки, на котором находятся места постоянного или временного пребывания работников.

Находясь на своем рабочем месте, т.е. в производственной среде, человек может подвергаться действию целого 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. Соблюдение этих условий будет способствовать постоянно высоко производительному безопасному труду. Правильная организация рабочего

места подразумевает знание и выполнение эргономических требований, которые определяются существующими стандартами.

Так 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. Согласно ГОСТ 22269-76. Система «человек-машина» рабочее место должно быть оборудовано всеми необходимыми рабочими средствами, а также, должно обеспечивать удобство выполнения работ и других необходимых манипуляций рабочего. [19, 20, 21]

Режим труда и отдыха – это устанавливаемые для каждого вида работ порядок чередования периодов работы и отдыха и их продолжительность.

Рациональный режим – это такое соотношение и содержание периодов работы и отдыха, при которых высокая производительность труда сочетается с высокой и устойчивой работоспособностью человека без признаков чрезмерного утомления в течение длительного времени. Один из основных вопросов установления рационального режима труда и отдыха – это выявление следующих принципов их разработки:

- Удовлетворение потребностей производства. Режим труда и отдыха строится применительно к наиболее рациональному производственному режиму, с тем, чтобы обеспечить нормальное исполнение работником своих обязанностей;

- Обеспечение наибольшей работоспособности человека. Нельзя строить режим труда и отдыха без учета работоспособности человека и объективной необходимости организма в отдыхе;

Сочетание общественных и личных интересов. Режим труда и отдыха должен быть ориентирован в некоторой степени на удовлетворение личных интересов трудящихся и отдельных категорий работников (женщин, детей, учащихся и т. д.). 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.

## Заключение

В данной выпускной квалификационной работе было произведено построение математических моделей повышающего преобразователя напряжения с широтно-импульсной модуляцией. Разработаны численно-аналитические алгоритмы с переменным шагом, позволяющие сочетать достаточную точность с приемлемой быстротой расчётов установлением.

Полученные результаты проверены при помощи имитационных моделей систем при взаимодействии с другими устройствами. Исследование динамики повышающего преобразователя так же затрагивает вопросы поиска точки максимальной мощности ВАХ солнечных батарей. На основе полученных при моделировании и макетировании результатов можно сделать следующие выводы:

- Для увеличения точности экстремального регулирования мощности наиболее приемлем алгоритм изменения шага регулируемого параметра (ток, напряжение, мощность СБ или скважность ключа) при определении максимума мощности.
- Метод возмущения и наблюдения является наилучшим, поскольку менее требователен к ресурсам микроконтроллера и при реализации адаптивного алгоритма обеспечивает высокий уровень точности, сочетающийся с достаточным быстродействием.

По результатам проработки раздела “финансовый менеджмент и ресурсоэффективность” рассчитан бюджет научного исследования, а также была дана оценка научно-технического уровня НИР. Данное научное исследование имеет коммерческий потенциал, который заключается в снижении себестоимости продукта за счет введения инновационных методов.

В результате проработки раздела “социальная ответственность” были рассмотрены вредные и опасные факторы при разработке данной работы и возможные чрезвычайные ситуации.

## Список литературы

1. Осипов А.В., Шурыгин Ю.А., Шиняков Ю.А., Отто А.И., Черная М.М. Сопоставительный анализ энергетической эффективности преобразования энергии солнечной батареи преобразователями постоянного напряжения, Доклады ТУСУРа, №1 (27), март 2013, стр. 14.
2. Михальченко С.Г. Автоматизация анализа и синтеза импульсных преобразователей энергии с двухполярной реверсивной модуляцией. Кандидатская диссертация. Брянск, 2001.
3. Кобзев А.В., Коновалов Б.И., Семенов В.Д. Энергетическая электроника. Учебное пособие. Томск: Томский межвузовский центр дистанционного образования, 2010. 164 с
4. Зиновьев Г.С. Силовая электроника. Учебное пособие. 5-е издание, исправленное и дополненное. М.: Юрайт – 2015, 667 с.
5. 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.
6. Михальченко С.Г. Функционирование импульсно-модуляционных преобразователей в зонах мультистабильности // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. 2012. № 1-1.
7. Андриянов А.И., Михальченко Г.Я. Математическое моделирование импульсных преобразователей напряжения на базе однополярной реверсивной модуляции. // Мехатроника, автоматизация и управление, – М: 2005, № 1.
8. Рускин В.А., Михальченко С.Г. Математическая модель исследования динамических процессов в повышающем преобразователе напряжения. // Научная сессия ТУСУР. Томск, 2015.

9. Характеристики фотоэлектрического модуля КСМ-160 // ОАО НПФ «Квант». 2013. URL: [www.rusnanonet.ru/download/nano/file/ksm160.pdf](http://www.rusnanonet.ru/download/nano/file/ksm160.pdf) (дата обращения 20.12.2016).
10. 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.
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. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация URL: [http://www.znaytovar.ru/gost/2/GOST\\_12000374\\_SSBT\\_Opasnye\\_i\\_v.html](http://www.znaytovar.ru/gost/2/GOST_12000374_SSBT_Opasnye_i_v.html).
15. СНиП 23-05-95 Строительные нормы и правила Российской Федерации: Естественное и искусственное освещение.
16. ГОСТ 12.1.002-84 ССБТ. Электрические поля промышленной частоты.
17. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
18. ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
19. ГОСТ 12.2.032-78. «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования».
20. ГОСТ 12.2.033-78. «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования» – при выполнении работ стоя.
21. ГОСТ 22269-76. Система «человек-машина».