

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

Инженерная школа энергетики
Отделение Электроэнергетики и электротехники
Направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
АНАЛИЗ АДАПТИВНОГО И НЕАДАПТИВНОГО АЛГОРИТМОВ ПОИСКА ТОЧКИ МАКСИМАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ В УСТРОЙСТВАХ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

УДК: 621.316.728:620.92

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM87	Орлянский Илья Павлович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Глазырин А.С.	Д.Т.Н		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Спицына Л.Ю.	К.Э.Н, доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Фех А.И.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
13.04.02 Электроэнергетика и электротехника	Гарганеев А.Г.	Д.Т.Н., профессор		

Томск – 2020 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Код	Результат обучения*	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР
Общие по направлению подготовки		
P1	<i>Совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень, добиваться нравственного и физического совершенствования своей личности, обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности.</i>	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1,6; ОПК-1, 2), Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P2	<i>Свободно пользоваться русским и иностранным языками как средством делового общения, способностью к активной социальной мобильности.</i>	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-4,5; ОПК-3), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	<i>Использовать на практике навыки и умения в организации научно-исследовательских и производственных работ, в управлении коллективом, использовать знания правовых и этических норм при оценке последствий своей профессиональной деятельности.</i>	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2,3; ОПК-1; ПК-1, 2, 3), Критерий 5 АИОР (п. 2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P4	<i>Иметь представление о методологических основах научного познания и творчества, роли научной информации в развитии отрасли, навыки проведения работ с привлечением современных информационных технологий, синтезировать и критически резюмировать информацию.</i>	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1,6; ОПК-1, 4), Критерий 5 АИОР (п. 1.6, 2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P5	<i>Применять углубленные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания в междисциплинарном контексте в инновационной инженерной деятельности в области электроэнергетики и электротехники.</i>	Требования ФГОС ВО (УК-5, ОПК-4; ПК- 4-6), Критерий 5 АИОР (п.1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
По профилю подготовки		
P6	<i>Ставить и решать инновационные задачи инженерного анализа в области электроэнергетики и электротехники с использованием глубоких фундаментальных и специальных знаний, аналитических методов и сложных моделей в условиях неопределенности.</i>	Требования ФГОС ВО (ПК-1, 7,8), Критерий 5 АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

P7	Выполнять <i>инженерные проекты</i> с применением оригинальных методов проектирования для достижения новых результатов, обеспечивающих конкурентные преимущества электроэнергетического и электротехнического производства в условиях жестких экономических и экологических ограничений.	Требования ФГОС ВО (ПК-2, 9, 10, 11), Критерий 5 АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P8	Проводить инновационные <i>инженерные исследования</i> в области электроэнергетики и электротехники, включая критический анализ данных из мировых информационных ресурсов.	Требования ФГОС (ПК-3, 13, 14, 15, 24-26), Критерий 5 АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P9	Проводить <i>технико-экономическое обоснование</i> проектных решений; выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда; определять и обеспечивать эффективные режимы технологического процесса.	Требования ФГОС (ПК-11, 12, 13, 16-21, 24, 26), Критерий 5 АИОР (п. 1.5, 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P10	Проводить <i>монтажные, регулировочные, испытательные, наладочные</i> работы электроэнергетического и электротехнического оборудования.	Требования ФГОС (ПК-22, 23, 25, 26), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P11	<i>Осваивать новое</i> электроэнергетическое и электротехническое <i>оборудование</i> ; проверять техническое состояние и остаточный ресурс оборудования и организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт.	Требования ФГОС (ПК-27, 28), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P12	Разрабатывать рабочую проектную и научно-техническую документацию в соответствии со стандартами, техническими условиями и другими нормативными документами; организовывать метрологическое обеспечение электроэнергетического и электротехнического оборудования; составлять оперативную документацию, предусмотренную правилами технической эксплуатации оборудования и организации работы.	Требования ФГОС (ПК-29, 30), Критерий 5 АИОР (п. 1.3, 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

Инженерная школа энергетики
Отделение Электроэнергетики и электротехники
Направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Спроектировать систему МРРТ при заданных уровнях освещенности (400лк, 800лк, 400лк, 200лк) на четырех интервалах.</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Расчет и выбор преобразователя; Создание алгоритмов МРРТ (адаптивный и неадаптивный); Моделирование режимов работы системы в MATLAB с разными преобразователями при разных уровнях освещенности; Анализ полученных результатов.</p>
<p>Перечень графического материала</p>	

(с точным указанием обязательных чертежей)	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
(с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
Основное исследование	Глазырин Александр Савельевич
Финансовый менеджмент ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Спицына Любовь Юрьевна
Социальная ответственность	Фех Алина Ильдаровна
Иностранный язык	Качалов Н.А.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Введение, объект исследования, моделирование, вывод, список литературы	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	01.02.2020 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Глазырин А.С.	Д.Т.Н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM87	Орлянский И.П.		

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

Инженерная школа энергетики

Направление подготовки – 13.04.02 Электроэнергетики и электротехника

Отделение электроэнергетики и электротехники

Период выполнения осенний/ весенний семестр 2019/2020 учебного года

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	08.06.2020
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
10.03.2020	Календарное планирование работ по теме	3
12.03.2020	Описание объекта исследования	3
20.03.2020	Подбор и изучение материалов по теме	3
22.03.2020	Составление и утверждение технического задания	3
28.03.2020	Описание кинематики выбранного электропривода	3
11.04.2020	Разработка системы двухкоординатного позиционера	6
15.04.2020	Проведение испытаний и анализ полученных данных	3
25.04.2020	Контроль качества выполнения проекта и консультирование студента	3
02.05.2020	Оценка эффективности проделанной работы	3
10.05.2020	Технико-экономические расчеты	3
12.05.2020	Вопросы экологической безопасности	3
15.05.2020	Составление пояснительной записки	4
22.05.2020	Итог	40

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень звание	Подпись	Дата
Доцент	Глазырин А.С.	д.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень звание	Подпись	Дата
13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»	Гарганеев А.Г.	Профессор д.т.н.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5AM87	Орлянскому Илье Павловичу

Школа	ИШЭ	Отделение школы (НОЦ)	Электроэнергетики и электротехники
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	Электропривод общепромышленных механизмов и технологических комплексов

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Бюджет проекта – не более 400 тыс. руб. Значение показателя интегральной ресурсоэффективности – не менее 1 баллов (1,08) Оклад руководителя - 23264 руб. Оклад инженера - 6278руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	45 % материальные расходы 30 % расходы на оплату труда 16% накладные расходы 30% районный коэффициент
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	27,1% отчисления на социальные нужды

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	SWOT- анализ ремонтно-механического цеха Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения
2. Разработка устава научно-технического проекта	Планирование работ проекта: - определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; Формирование бюджета затрат на проект: - расчет материальных затрат - амортизация - основная заработная плата исполнителей -отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) - накладные расходы - формирование затрат технического проекта -Оценка ресурсоэффективности проекта
3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Определение ресурсной эффективности исследования. Определение рисков проекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. «Портрет» потребителя результатов НТИ
2. Сегментирование рынка
3. Оценка конкурентоспособности технических решений
4. Диаграмма FAST
5. Матрица SWOT
6. График проведения и бюджет НТИ
7. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ
8. Потенциальные риски

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	20.03.2020
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Спицына Любовь Юрьевна	Кандидат экономических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM87	Орлянский Илья Павлович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5AM87	Орлянский Илья Павлович

Школа		Отделение (НОЦ)	Электроэнергетики и электротехники
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Электропривод общепромышленных механизмов и технологических комплексов

Тема ВКР: Анализ адаптивного и неадаптивного алгоритмов поиска точки максимальной мощности в устройствах альтернативной энергетики

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<i>Сетевые инверторы преобразуют электроэнергию постоянного тока в энергию переменного тока, подходящую для подачи в общую электросеть</i>
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	–ГОСТ 12.2.061-81. Оборудование производственное. Общие требования безопасности. –ГОСТ 12.2.032-78. «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» –ГОСТ 12.2.033-78. «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования» –Ст. 305 Трудового кодекса РФ
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Выявленные вредные факторы: –отклонение показателей микроклимата –превышение уровня шума –отсутствие или недостаток естественного света –недостаточная освещенность рабочей зоны Выявленные опасные факторы: –поражение электрическим током;
3. Экологическая безопасность:	Область воздействия на литосферу –большие по площади затенения земель –утечка низкокипящих жидкостей

4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	– пожары и взрывы;
--	--------------------

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	20.02.2020
---	-------------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Фех Алина Ильдаровна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM87	Орлянский Илья Павлович		

Реферат

Дипломная работа 104 с., 42 рис., 28 табл., 12 источника. Ключевые слова: Схема Кука, повышающий преобразователь, понижающий преобразователь, отслеживание точки максимальной мощности, метод возмущения и наблюдения, солнечная энергетика. Объектом исследования данной работы является солнечная батарея и преобразователь напряжения с экстремальным регулированием. Цель работы –разработка нового алгоритма для системы управления преобразователем напряжения, реализующего функцию экстремального регулирования. Имитационная модель для отладки алгоритма исследована на ЭВМ для сравнения известных алгоритмов и выбора наиболее подходящего. В работе производился поиск точки максимальной мощности с помощью адаптивного и неадаптивного алгоритмов возмущения и наблюдения. В результате исследования было установлено, что адаптивный алгоритм возмущения и наблюдения оказался эффективнее неадаптивного, так как отличается меньшими пульсациями. Также адаптивный алгоритм показал высокую точность достижения точки максимальной мощности и высокую скорость ее достижения. Область применения: используется для передачи энергии солнечных батарей в промышленную сеть на солнечных электростанциях. Есть возможность использования частными лицами в целях экономии электроэнергии. Дипломная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word и Microsoft Excel. Для моделирования использована программа MATLAB Simulink.

Оглавление

Введение	14
2. Объект и методы исследования.....	17
2.1. Описание преобразователя.....	17
2.2. Солнечная батарея	21
2.3. Обзор существующих алгоритмов управления	22
2.4. Широтно-импульсное регулирование.....	23
3. Расчет параметров преобразователя	25
3.1. Расчет схемы Кука	25
3.2. Расчет повышающего преобразователя.....	28
3.3. Расчет инвертирующего преобразователя	31
4. Моделирование.....	34
4.1. Моделирование работы ПНЭР со схемой Кука.....	36
4.2. Моделирование работы ПНЭР с повышающим преобразователем	38
4.3. Моделирование работы ПНЭР с инвертирующим преобразователем	39
5. Финансовый менеджмент	46
Введение	46
5.1. Потенциальные потребители результатов исследования.....	46
5.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	47
5.3. FAST-анализ.....	49
5.3.1. Выбор объекта FAST-анализа	49
5.3.2. Описание главной, основных и вспомогательных функций, выполняемых объектом.....	49
5.3.3. Определение значимости выполняемых функций объектом.....	50
5.3.4. Анализ стоимости функций, выполняемых объектом исследования	51
5.4. Диаграмма Исикава.....	53
5.5. SWOT-анализ.....	53
5.6. Оценка готовности проекта к коммерциализации.....	54
5.7. Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования	55
5.7.2. Оптимизация функций выполняемых объектом.....	56
5.8. Управления научно-техническим проектом	57
5.9. Контрольные события проекта	57
5.10. План проекта.....	57
5.11. Формирование бюджета затрат на проект	59
5.11.2. Расчет материальных затрат	60
5.11.3. Амортизация	60

5.11.4.	Заработная плата	61
5.11.5.	Накладные расходы	62
5.11.6.	Формирование затрат технического проекта	63
5.12.	Определение ресурсоэффективности проекта	63
5.13.	Матрица ответственности	66
6.	Социальная ответственность	68
	Введение	68
6.1.	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	68
6.2.	Производственная безопасность	70
6.3.	Анализ опасных и вредных производственных факторов	71
6.3.1.	Отклонение показателей микроклимата	71
6.3.2.	Повышенный уровень шума на рабочем месте	72
6.3.3.	Отсутствие или недостаток естественного света, недостаточное освещение рабочего места	72
6.3.4.	Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которое может пройти через тело человека	72
6.4.	Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя (работающего)	73
6.4.2.	Повышенный уровень шума на рабочем месте	74
6.4.3.	Отсутствие или недостаток естественного света, недостаточное освещение рабочего места	75
6.4.4.	Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которое может пройти через тело человека	76
6.5.	Экологическая безопасность	77
6.6.	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	78
	Выводы по разделу	81
	Заключение	83
	Список источников	84

Введение

Солнечная энергия относится к неисчерпаемым источникам энергии, которая также является одной из самых экологически чистых и дешевых видов энергии. Развитие солнечной энергетики вместе с остальными альтернативными источниками энергии является важнейшей задачей для всего мира, поскольку традиционные источники энергии являются исчерпаемыми. Поэтому уже через некоторое время данный вид энергии будет составлять достойную конкуренцию традиционным источникам энергии, ввиду его ежегодного удешевления. Солнечные батареи уже сейчас нашли себе применение в разных отраслях. Например, в авиапромышленности, в автомобилестроении, в сельском хозяйстве, в строительстве, в космической отрасли. В районах, с достаточным уровнем солнечной радиации солнечные панели используются для электроснабжения частных домов.

В данный момент в России имеются передовые технологии, связанные с преобразованием солнечной энергии в электрическую. Различные предприятия и организации разрабатывают и совершенствуют технологии фотоэлектрических преобразователей. Имеется ряд разработок по использованию концентрирующих систем для нужд солнечных электростанций. Наиболее перспективные регионы в плане использования солнечной энергетики располагаются на юге России и в южных районах Сибири и Дальнего Востока. Но все же уровень развития отечественной солнечной энергетики отстает от общемирового. Самыми развитыми странами в отрасли солнечной энергетики является Германия, Китай, Италия, Япония и США. На рис.1 представлены страны, обладающие наибольшей долей в общемировой солнечной генерации.

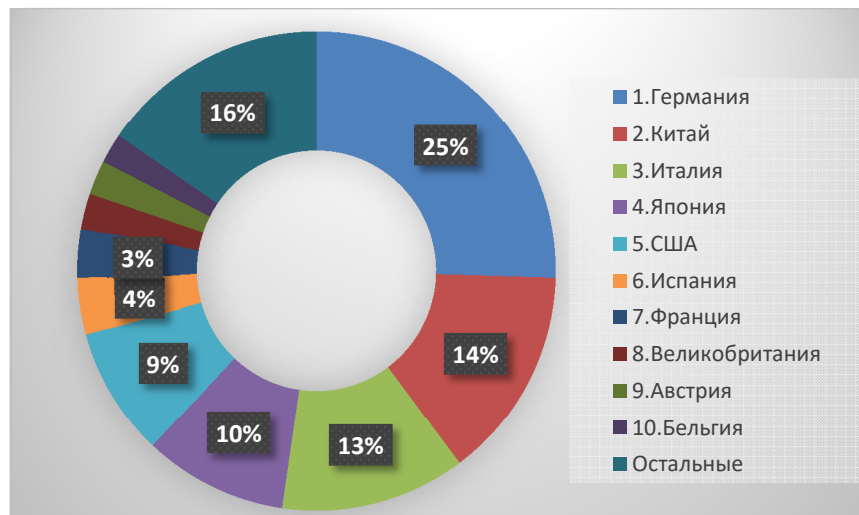


Рис.1 Доля общемировой солнечной генерации

Однако генерирование солнечной энергии имеет ряд проблем. Одна из которых поступающая мощность в солнечную батарею зависит от уровня освещенности солнца, но потребляемая мощность в свою очередь не зависит от уровня освещенности. Это создает определенные проблемы в электроснабжении, например в ночное время суток, когда уровень освещенности минимален. К решению данной проблемы можно отнести:

- Подключение аккумуляторов для накопления лишней энергии.
- Изменения угла наклона солнечной батареи (слежение за солнцем).
- MPPT контроллер.

Говоря о последнем, можно сказать, что здесь необходимо создание силовых преобразователей, а также систем управления ими, позволяющих достигать лучших показателей энергоэффективности. К таким силовым преобразователям относятся сетевые (рис. 2) и автономные инверторы (рис. 3) солнечных батарей (СБ). Данные преобразователи имеют звено постоянного тока на входе DC-AC преобразователя. Для автономного инвертора необходим дополнительный источник питания в связи с отсутствием ночного света в ночное время. Это говорит о необходимости в наличии аккумуляторной батареи (АБ) на входе звена постоянного тока автономного инвертора и контроллера заряда, которым может быть DC/DC

преобразователь постоянного напряжения, управляемый широтно-импульсной модуляцией (ШИМ). В сетевом инверторе СБ DC/DC преобразователь также необходим для расширения диапазона работы звена постоянного тока и для поиска точки максимальной мощности на вольтамперной характеристике (ВАХ) солнечной батареи.

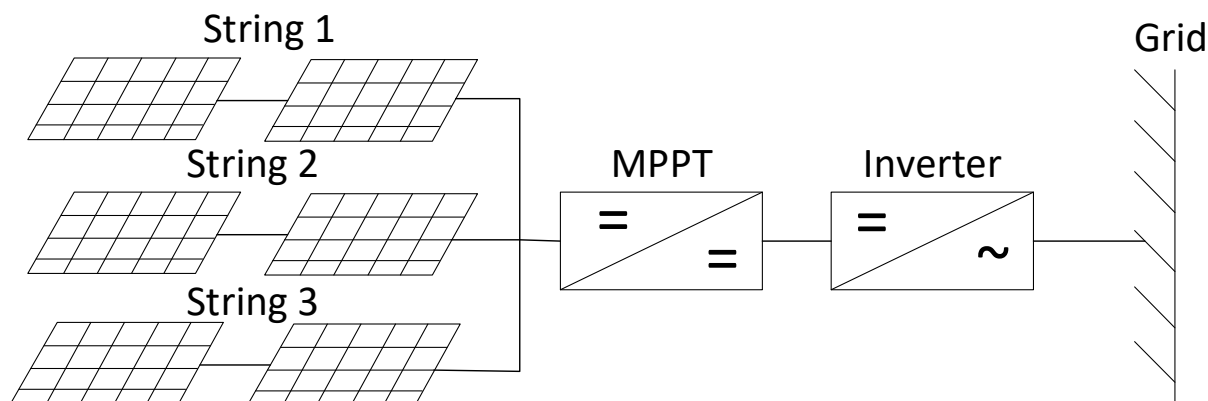


Рис. 2. Сетевой инвертор

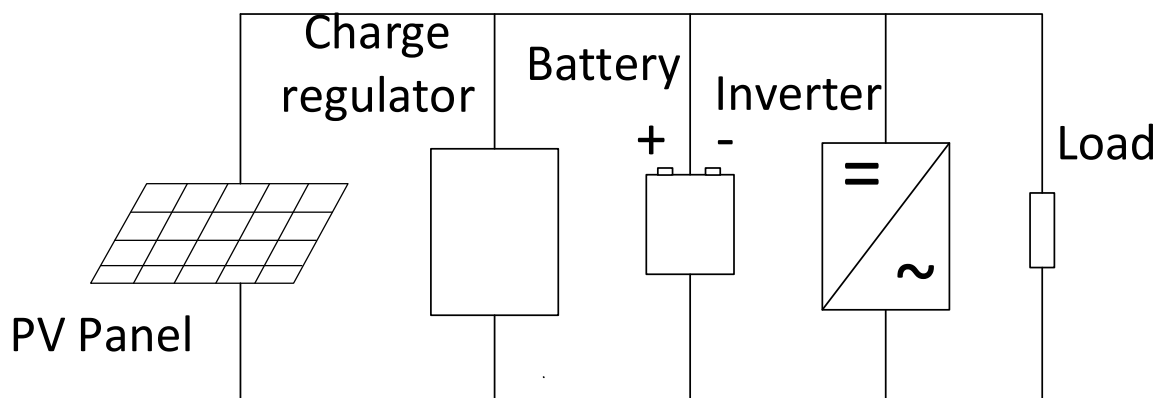


Рис. 3. Автономный инвертор СБ

Как было сказано ранее, в качестве звена постоянного тока на входе инверторов обоих типов используется DC-DC преобразователь, к которым относятся понижающий, повышающий, инвертирующий и преобразователь, выполненный по схеме Кука. Целью работы является исследование работы МММТ-контроллера на основе ранее известных DC-DC преобразователей (повышающий, инвертирующий и схема Кука) на основе адаптивного алгоритма экстремального регулирования мощности. Данное исследование покажет, на основе какого DC-DC преобразователя система сможет

осуществлять поиск точки максимальной мощности с наименьшими пульсациями напряжения, наилучшей точностью нахождения локального экстремума вольт-ваттной характеристики (VBX).

Автором были проведены исследования на основе повышающего, инвертирующего и преобразователя Кука. Написано программное обеспечение на C++ для отыскания допустимой области параметров. Предложена реализация адаптивного алгоритма метода возмущения и наблюдения для оптимизации выходной мощности солнечной панели. На основе этого получены данные, позволяющие повысить надежность проектирования систем электроснабжения на основе солнечной энергетики, в том числе:

- во время разработки устройств обнаруживать аномальные режимы функционирования, предугадывать вероятные неисправности и отказы;
- исследовать поведение солнечной батареи при разных уровнях освещенности в течении суток. Затем на основе исследований данного устройства построить временную зависимость освещенности, ВАХ, VBX солнечной батареи.

2. Объект и методы исследования

2.1. Описание преобразователя

Повышающий преобразователь (DC/DC), представляет собой преобразователь постоянного тока содержащий диод, ключ (в качестве которого выступает транзистор), конденсатор и катушку индуктивности. Принцип действия заключается в следующем, когда ключ S закрыт, то и диод закрыт, и линейно возрастающий ток i_L течет из источника тока через катушку индуктивности L . Когда ключ открывается ток индуктивности, который не может измениться мгновенно, начинает проходить через диод D и конденсатор C (заряжая его). В конце цикла линейно уменьшающийся ток через конденсатора уменьшается до нуля, однако напряжение на нагрузке, приложенное к нагрузке R почти постоянно, так как чем больше емкость конденсатора, тем меньше пульсации напряжения на выходе. Напряжение на

нагрузке всегда больше напряжения на входе. На рис. 4 представлен повышающий преобразователь [1].

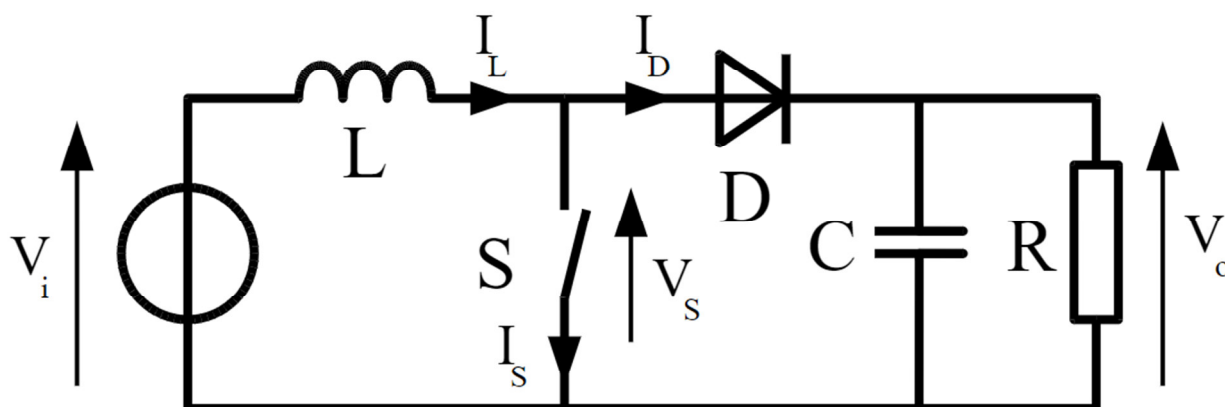


Рис. 4. Повышающий преобразователь

На рис. 5 представлен инвертирующий преобразователь. В отличие от повышающего преобразователя цепь D , R , C подключена параллельно дросселю, а не транзистору. Но принцип работы обеих схем похожий. В случае замыкания ключа S , D закрывается, и в то же время через дроссель L протекает линейно нарастающий ток от источника. Но когда ключ S размыкается, ток дросселя начинает протекать через конденсатор C (заряжая его) и диод D , при этом, не изменяясь мгновенно из-за наличия в цепи дросселя L . К моменту окончания цикла ток через конденсатор может постепенно упасть до нуля, однако напряжение на выходе преобразователя практически постоянно из-за подключенного параллельно нагрузке R конденсатора C , а именно величина емкости конденсатора на выходе обратно пропорциональна величине пульсаций. Также среди свойств схемы можно отметить инвертирование знака напряжения на выходе преобразователя относительно входного. Выходное напряжение может быть как больше, так и меньше входного.

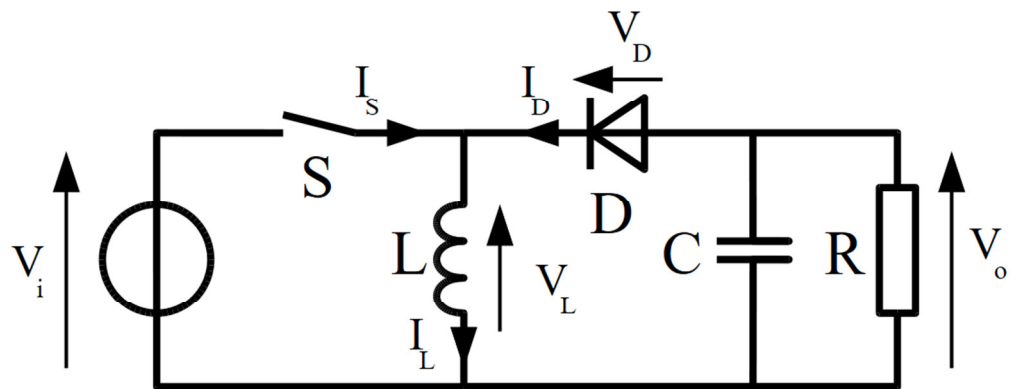


Рис. 5. Инвертирующий преобразователь

На рис.6 изображена схема Кука. Данная схема представляет собой соединение понижающего и повышающего преобразователя. Схема может изменять выходное напряжение в меньшую и в большую сторону. В схеме присутствуют конденсатор, транзистор, два дросселя. Когда ключ замкнут, конденсатор осуществляет передачу накопленной энергии из входа преобразователя на выход.

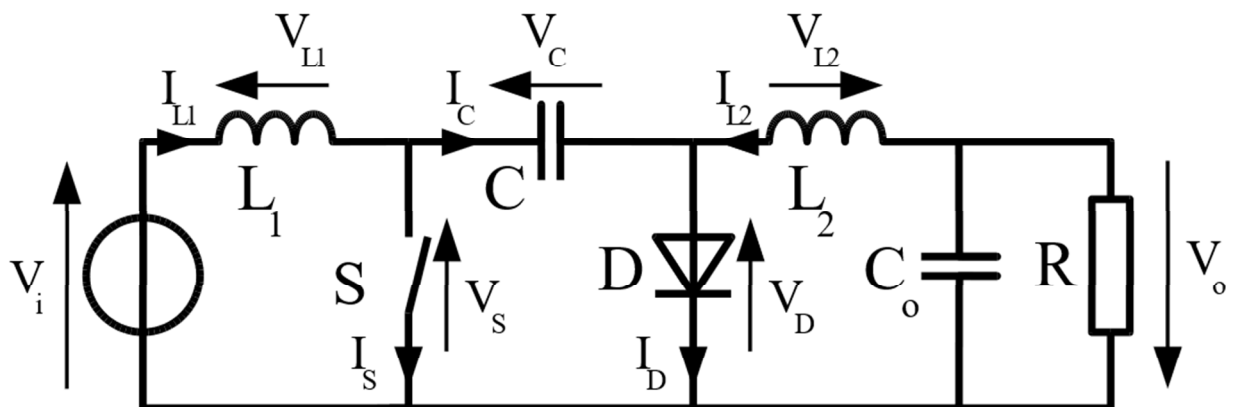


Рис. 6. Схема Кука

Крайне важно в настоящий момент расширить использование источники солнечной энергии для потребителей малой мощности (домовые, коллективные и индивидуальные хозяйства). Основой увеличения доли возобновляемой энергетики в энергобалансе страны является внедрение подобных решений – основываясь выбором правильного сочетания доступных для определенной местности источников энергии и использованием их максимально эффективно. Данный выбор будет осуществляться непосредственно потребителем, это и станет большим толчком развитию рынка возобновляемой энергетики [2].

Преобразователь напряжения с экстремальным регулированием (ПНЭР) применяется в системах энергоснабжения малой мощности. В данной работе проводятся исследования преобразователя на основе повышающего, инвертирующего и схемы Кука. На рис. 7 представлены 2 варианта структурной схемы ПНЭР, где источником энергии является солнечная батарея (СБ). Для накопления лишней энергии необходима установка зарядно-разрядного устройства аккумуляторной батареи (ЗРУ АБ). В зависимости от потребителя устанавливается автономный инвертор (АИ) или инвертор, ведомый сетью (ИВС) для преобразования постоянного напряжения в переменное.

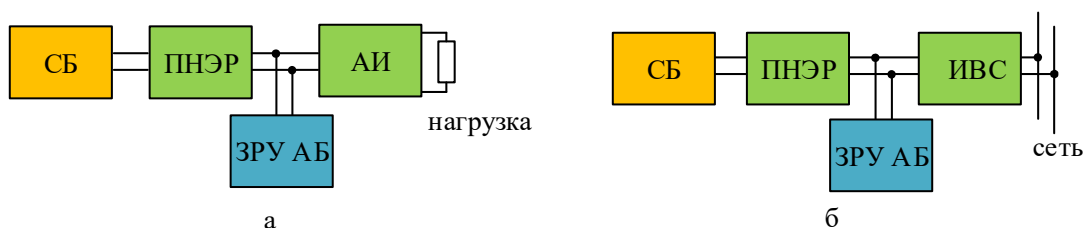


Рис. 7. Структурные схемы систем энергообеспечения с а) автономным инвертором; и б) инвертором, ведомым сетью

В большинстве случаев АИ применяется для питания автономных потребителей, а ИВС для потребителя, подключенного у сети. Исходя из КПД и стоимости установка этих систем вполне целесообразна для использования как и промышленными предприятиями, так и физическими лицами [3].

Для примера на рис. 8 представлена структурная схема ПНЭР на основе преобразователя Кука. Устанавливается между СБ и инвертором.

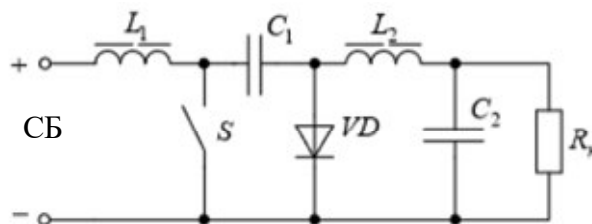


Рис. 8. Структурная схема ПНЭР на основе преобразователя Кука

Данная схема используется для поиска максимальной мощности солнечной батареи. Для этого необходимо осуществлять управление транзистором с помощью широтно-импульсной модуляции.

2.2. Солнечная батарея

В данной работе рассматривается один из основных способов повышения энергетической эффективности фотоэлектрических установок. Способ реализации режима отбора максимума мощности (экстремального регулирования) заключается в поиске точки вольтамперной характеристики (ВАХ), которая соответствует экстремуму вольтваттной характеристики (ВВХ) солнечной батареи [4,5]. Из-за сложности описания ВАХ реальной СБ здесь используется простая математическая модель СБ [6]. Здесь ВАХ задана тремя характерными точками: напряжением холостого хода U_{XX} , током короткого замыкания $I_{KЗ}$, оптимальными значениями тока I_0 и напряжения U_0 :

$$I_{СБ} = I_{KЗ} \left(1 - \left(1 - \frac{I_0}{I_{KЗ}} \right)^{\frac{U_{XX} - U_{СБ}}{U_{XX} - U_0}} \right) \quad (1)$$

На рис. 9 приведены примеры построенных по формуле (1) вольтамперных и вольтваттных характеристик.

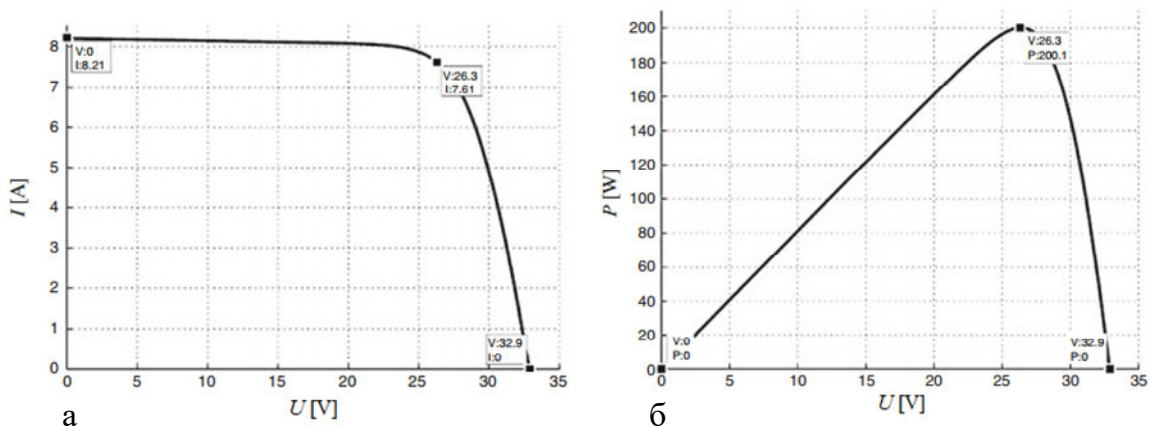


Рис. 9 Характеристики а) ВАХ и б) ВВХ солнечной панели Kyocera KC200GT

Характеристики построены на основе фотоэлектрической панели Kyocera KC200GT [4].

2.3. Обзор существующих алгоритмов управления

Примером алгоритмов для оптимизации выходной мощности служат метод возмущения и наблюдения (рис. 10, а), метод возрастающей проводимости (рис. 10, б) и метод постоянного напряжения [7-11]. В данной работе используется метод возмущения и наблюдения.

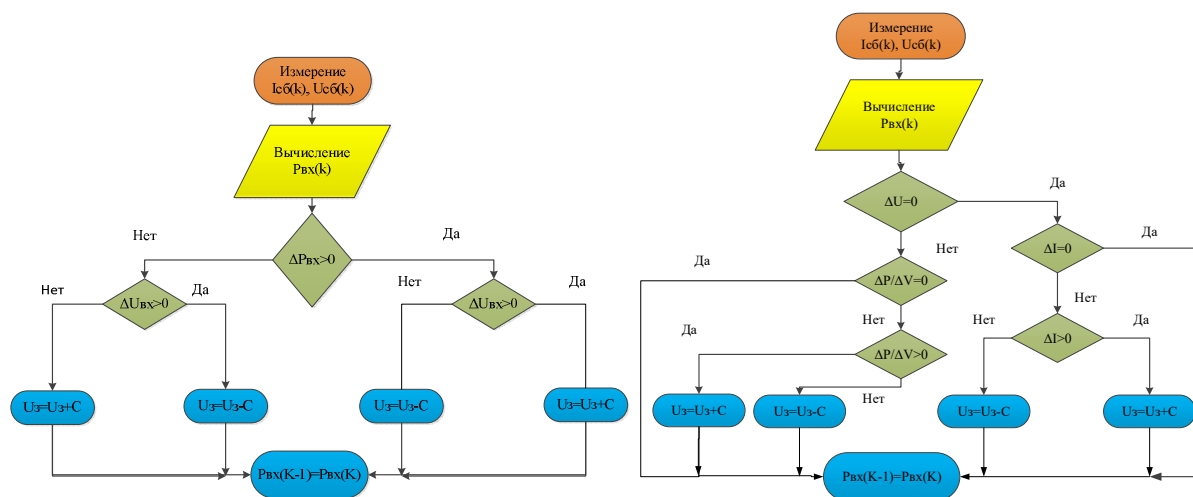


Рис. 10. Блок-схемы алгоритмов отслеживания точки максимальной мощности:
а) методом возмущения и наблюдения; б) методом возрастающей проводимости

Принцип действия *алгоритма возмущения и наблюдения* (ABH) заключается в том, что устройство изменяет эквивалентное сопротивление преобразователя путем варьирования скважности силового ключа [10,11]. Изменяя величину сопротивления на некоторую величину путем шага происходит изменение напряжения на СБ. Затем замеряются параметры (рис. 10, а). Если мощность увеличивается, контроллер продолжает изменять задающий параметр в этом же направлении, пока мощность не перестанет возрастать. Данный метод широко применяется из-за его простоты, поэтому он может быть реализован на основе функциональной схемы системы управления ПНЭР, приведенной на рис. 11 [7,11].

Адаптивный ABH в каждый момент времени изменяет шаг задания на входное напряжение. Шаг приращения мощности сокращается, если на предыдущем мощность увеличилась, а на следующем уменьшилась.

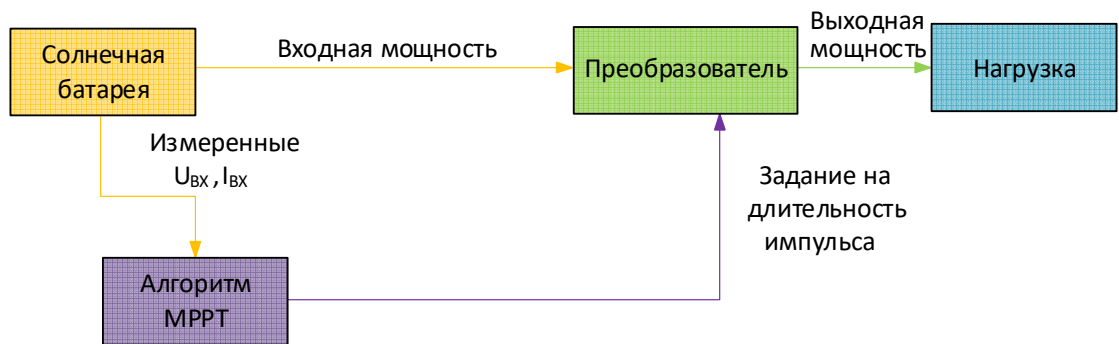


Рис. 11. Функциональная схема системы управления ПНЭР

В алгоритме *возрастающей проводимости* (АВП) преобразователь фиксирует увеличение тока и напряжения СБ, чтобы предсказать эффект от увеличения или уменьшения напряжения. Если сравнивать с методом возмущения и наблюдения, то данный метод требует больших вычислений, но может отслеживать изменение окружающих условий гораздо быстрее, чем предыдущий метод. Этот способ так же приводит к колебаниям мощности. Рассматриваемый метод использует возрастающую проводимость $\partial I / \partial U$ солнечной батареи для вычисления знака изменения мощности по отношению к напряжению $\partial P / \partial U$. При этом (рис. 10, б) 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.

2.4. Широтно-импульсное регулирование

Сейчас в силовой электронике, особенно в DC-DC преобразователях, широко распространён принцип широтно-импульсного регулирования (ШИР). Здесь для формирования импульса определенной длительности, который подается на базу транзистора для его открытия, применяют источники опорного и задающего напряжения, а также компаратор. На рис. 12 представлена временная диаграмма работы ШИР, где показано, как формируется необходимая длительность времени импульса t_n .

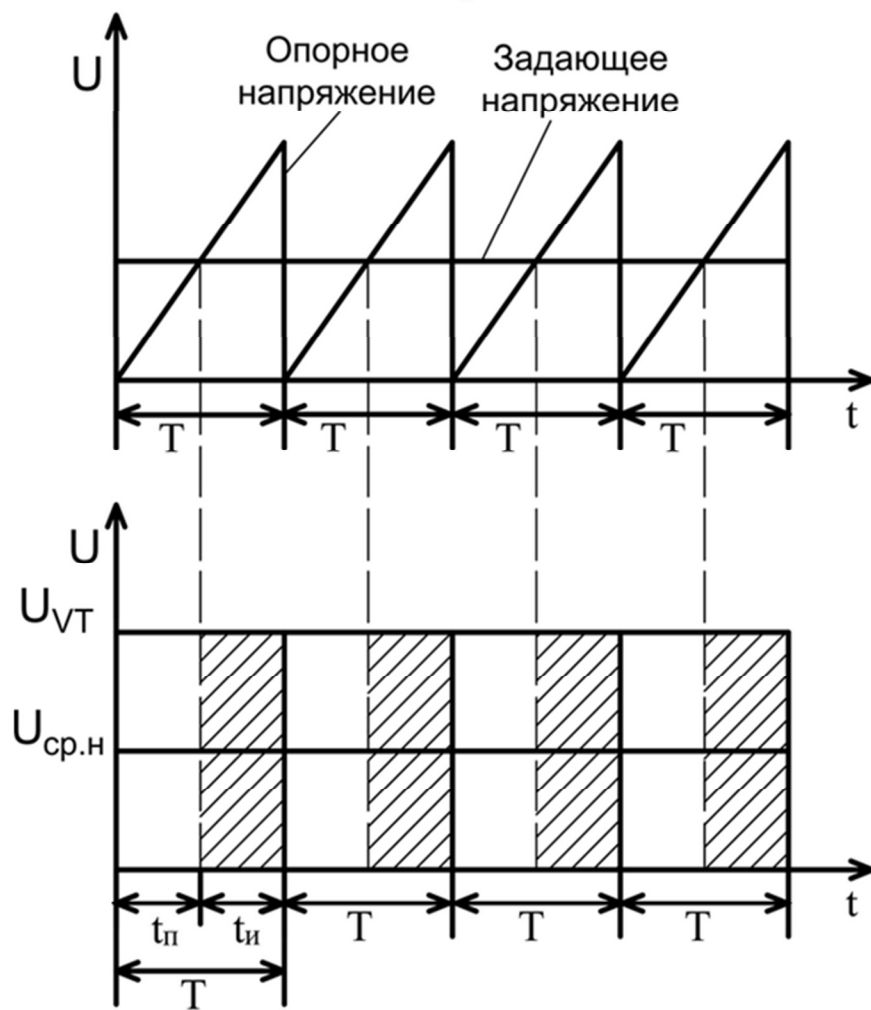


Рис. 12. Временная диаграмма работы ШИР

При реализации данного принципа на один вход компаратора подается пилообразный сигнал определенной частоты, который называется опорным. На второй вход подается задающее напряжение. Затем происходит сравнение задающего напряжения с опорным. В результате формируется импульс соответствующей длительности на выходе компаратора. Тем самым, можно изменять значение задающего напряжения для изменения коэффициента заполнения, а соответственно и напряжение на нагрузке. Для снижения параметров дросселей и конденсаторов, что приводит к снижению массогабаритных показателей устройства, частоту опорного сигнала следует делать максимальной.

3. Расчет параметров преобразователя

3.1. Расчет схемы Кука

На рис. 13 представлена схема Кука, параметров которой будет проведен расчет.

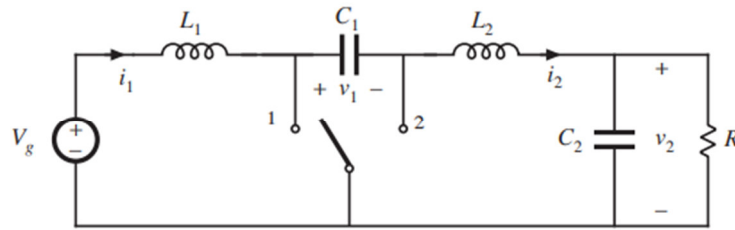


Рис. 13. Схема Кука

Данный преобразователь имеет два тока индуктивности на входе и выходе и два напряжения на конденсаторе, которые могут быть выражены:

$$i_1(t) = I_1 + i_{1\text{пульс}}(t)$$

$$i_2(t) = I_2 + i_{2\text{пульс}}(t)$$

$$u_1(t) = U_1 + u_{1\text{пульс}}(t)$$

$$u_2(t) = U_2 + u_{2\text{пульс}}(t)$$

Для расчета преобразователя нужно найти I_1 I_2 U_1 U_2 . Для упрощения пульсационными составляющими можно пренебречь. Для начала нужно задаться значениями входными и выходными значениями напряжения, а также коэффициентами заполнения преобразователя. Расчет элементов схемы проводится по данным формулам [12]:

$$L_1 = \frac{V_g \cdot D \cdot T_s}{2 \cdot \Delta i_1}$$

$$L_2 = \frac{V_g \cdot D \cdot T_s}{2 \cdot \Delta i_2}$$

$$C_1 = \frac{V_g \cdot D^2 \cdot T_s}{2 \cdot D' \cdot R \cdot \Delta V_1}$$

V_g -напряжение на источнике, принимаем равным 24В.

D -коэффициент заполнения, принимаем равным 0,5.

T_s -период работы транзистора, принимаем равным 0,0001.

Δi_1 -принимаем равным 0.1А.

ΔV_1 -принимаем равным 0,3В.

R - сопротивление нагрузки, равное 100 Ом.

Затем следует подстановка выбранных значений. Работа преобразователя должна получиться устойчивой.

$$L_1 = \frac{V_g \cdot D \cdot T_s}{2 \cdot \Delta i_1} = \frac{24 \cdot 0,5 \cdot 0,0001}{2 \cdot 0,1} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$$

$$L_2 = \frac{V_g \cdot D \cdot T_s}{2 \cdot \Delta i_2} = \frac{24 \cdot 0,5 \cdot 0,0001}{2 \cdot 0,1} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$$

$$C_1 = \frac{V_g \cdot D^2 \cdot T_s}{2 \cdot D' \cdot R \cdot \Delta V_1} = \frac{24 \cdot 0,5^2 \cdot 0,0001}{2 \cdot 0,5 \cdot 100 \cdot 0,3} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Ф}$$

Для уменьшения пульсаций на входе и выходе преобразователя нужно поставить на вход и выход конденсаторы. Для максимально возможного быстродействия и минимума пульсаций примем значения $C_2 = 3,5 \cdot 10^{-3} \text{ Ф}$ и $C_3 = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Ф}$.

Затем проводится моделирование полученных параметров преобразователя в MATLAB Simulink (рис. 14) без обратной связи. Результаты представлены на рис. 15.

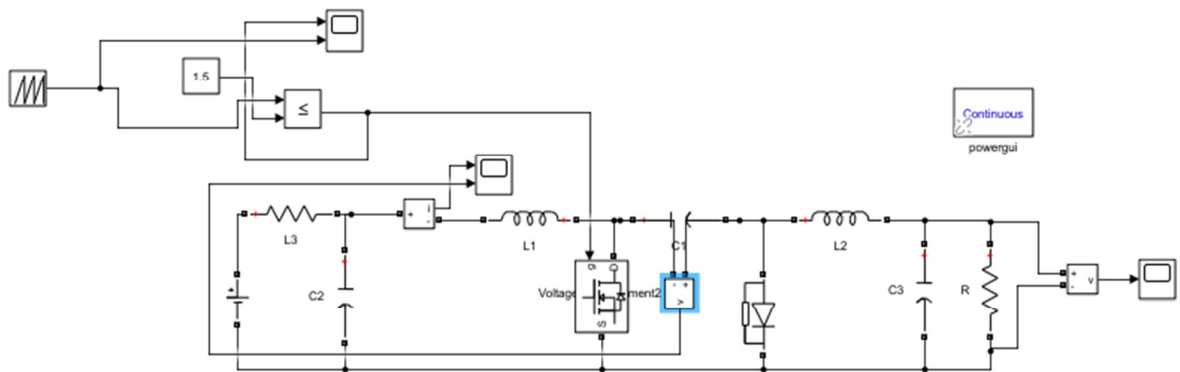
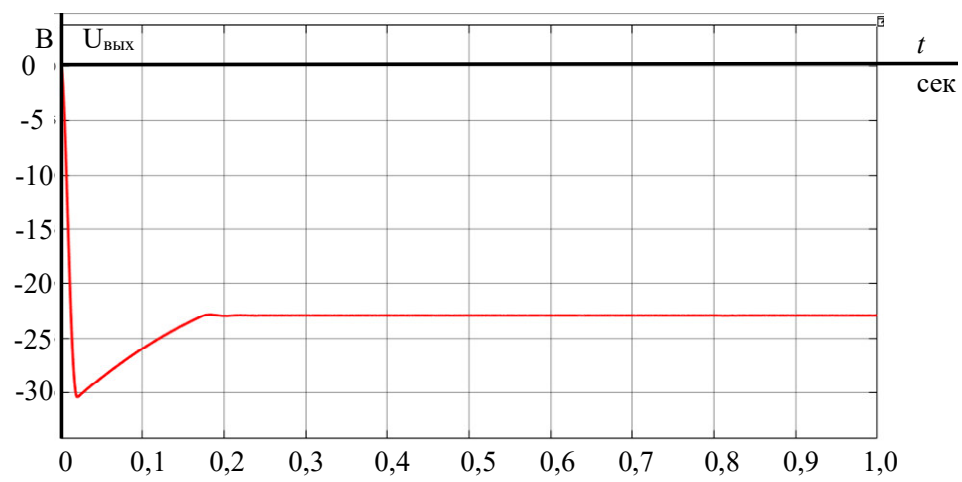
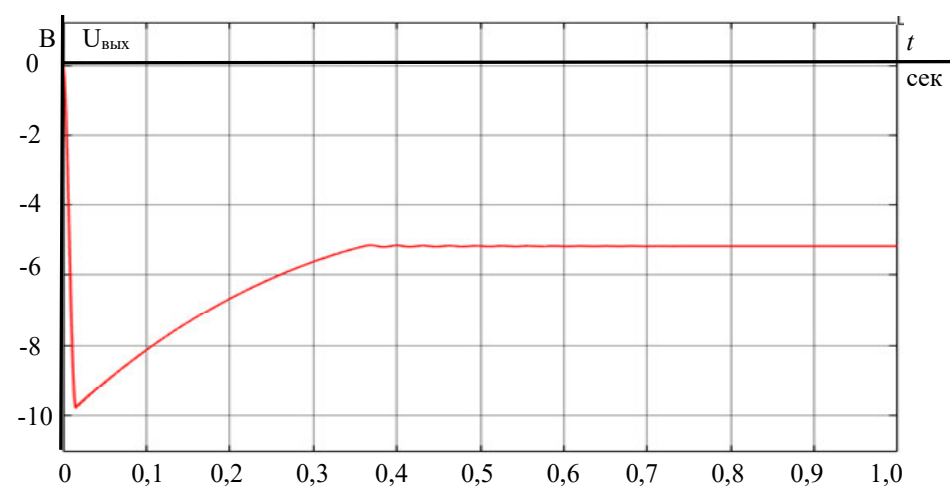


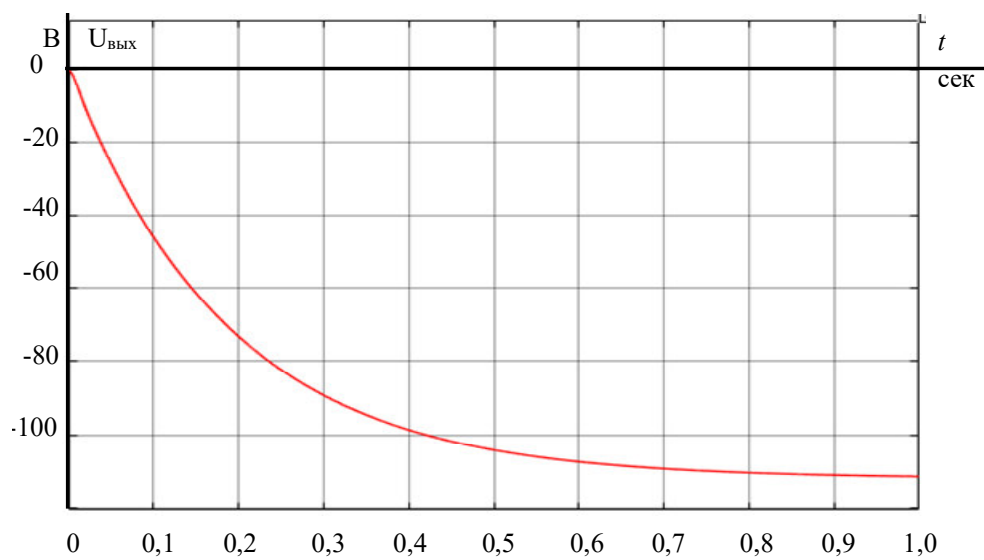
Рис. 14. Моделирование схемы Кука без обратной связи



а



б



в

Рис. 15. Выходное напряжение преобразователя: а) при $D=0,5$; б) при $D=0,2$; в) при $D=0,9$

Исходя из полученных графиков можно увидеть, что выходное напряжение преобразователя принимает постоянное значение, что говорит о правильности метода расчета элементов схемы.

3.2. Расчет повышающего преобразователя

На рис. 16 представлен повышающий преобразователь.

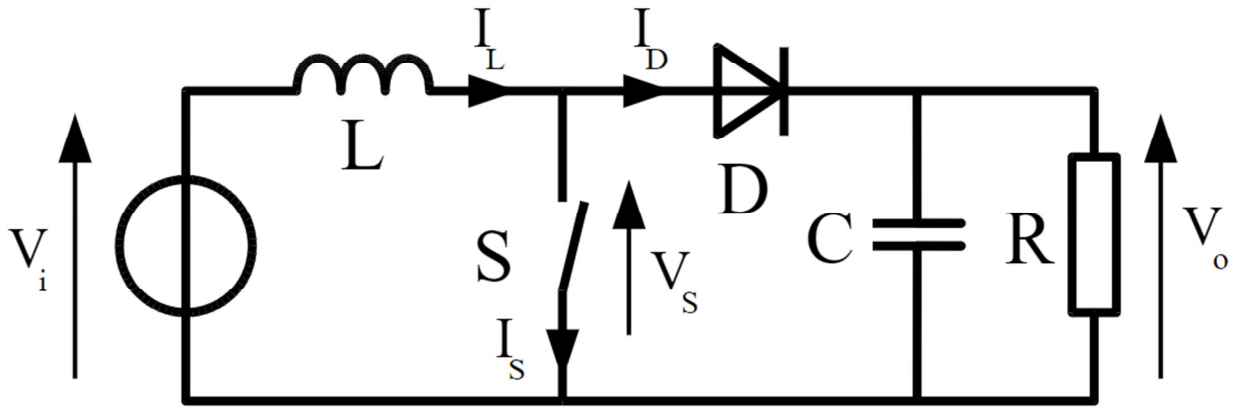


Рис. 16. Повышающий преобразователь

Для расчета преобразователя нужно найти подходящее значение индуктивности L и емкости C .

Максимальный и минимальный ток индуктивности на входе может быть выражен:

$$i_{\max} = i_{Lm} + \frac{\Delta i_L}{2}$$

$$i_{\min} = i_{Lm} - \frac{\Delta i_L}{2}, \text{ где}$$

i_{\max} – максимальное значение тока индуктивности.

i_{\min} – минимальное значение тока индуктивности.

i_{Lm} – среднее значение тока индуктивности.

Если учесть, что преобразователь работает в режиме прерывистых токов $i_{\min} = 0$, то

$$\Delta i_L = 2 \cdot i_{Lm}$$

При $I_{Lm} = I_{in}$ минимальное значение индуктивности равно

$$L_{min} = \frac{V_i}{2} \cdot \frac{\alpha}{f \cdot i_{in}}$$

$$C_{min} = \left| \frac{\Delta V_0}{V_0} \right| \cdot \frac{\alpha}{R \cdot f} \text{ где}$$

R – сопротивление нагрузки.

f – частота работы ключа.

Далее для моделирования повышающего DC/DC преобразователя принимаются следующие параметры:

$$V = 10 \text{ В};$$

$$\alpha = 0,5; 0,7; 0,8;$$

$$f = 20 \text{ кГц};$$

$$R = 10 \text{ Ом};$$

$$\left| \frac{\Delta V_0}{V_0} \right| = 0,1$$

$$i_0 = 2 \text{ А};$$

$$I_n = 4 \text{ А};$$

$$L_{min} = 31,25 \text{ мГн};$$

$$C_{min} = 25 \text{ мФ};$$

Затем проводится моделирование полученных параметров преобразователя в MATLAB Simulink без обратной связи (рис. 17). Результаты представлены на рис. 18.

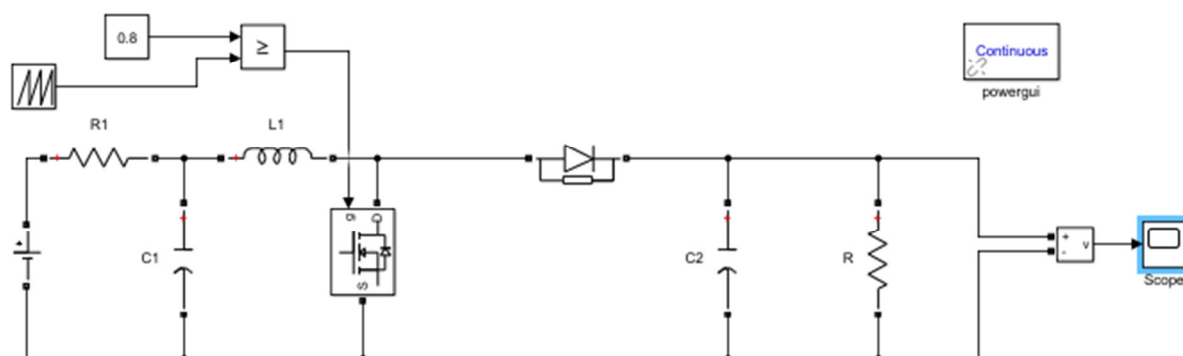
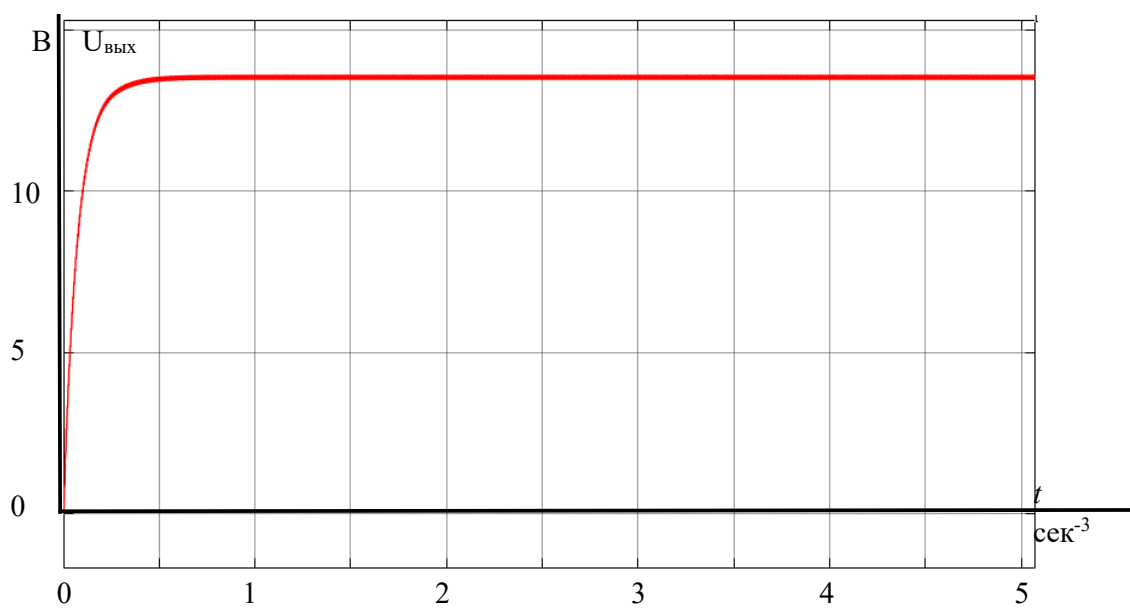
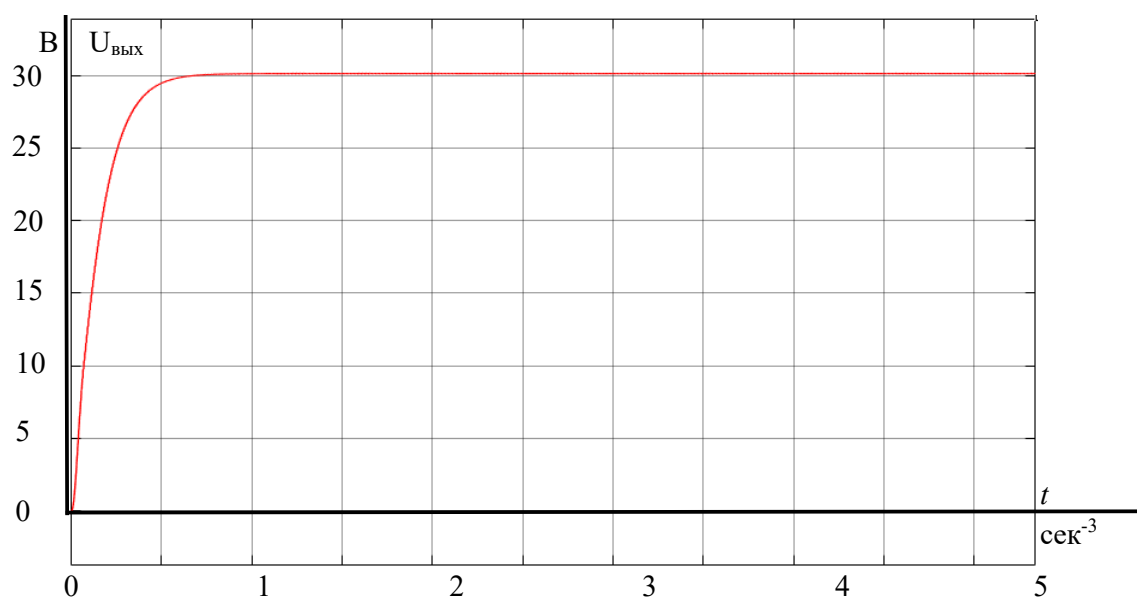


Рис. 17. Моделирование повышающего преобразователя без обратной связи



а



б

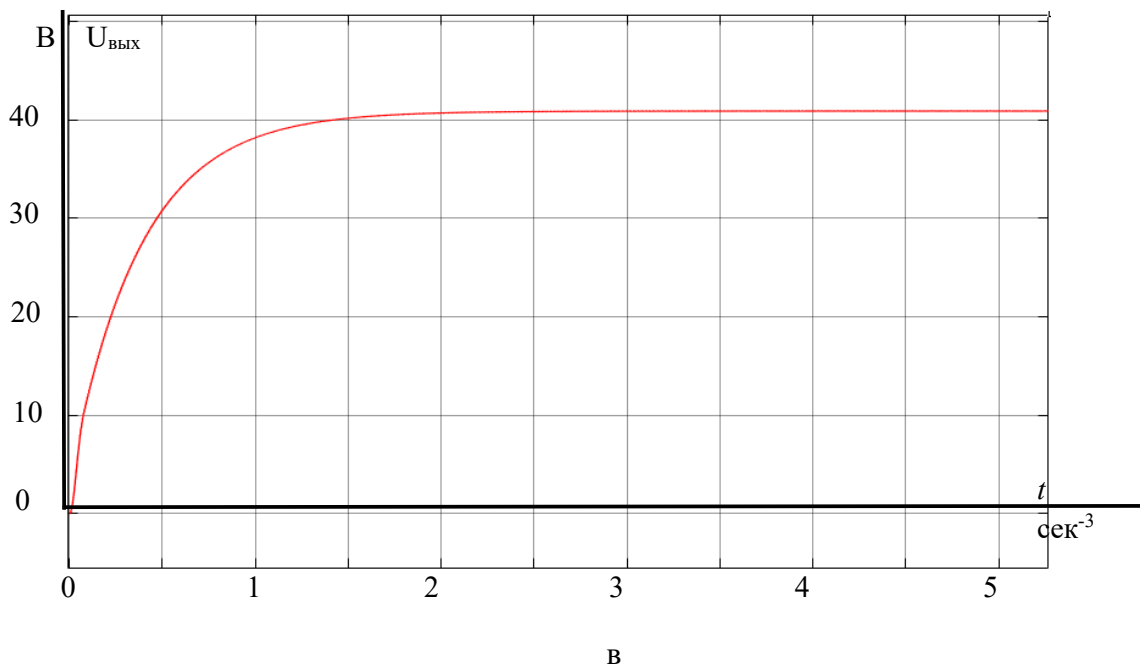


Рис. 18. Выходное напряжение преобразователя: а) при $D=0,5$; б) при $D=0,7$; в) при $D=0,8$

Полученные графики дают понять, что как и в случае со схемой Кука на выходе повышающего преобразователя напряжение постоянно, поэтому можно также сделать вывод о правильности расчетов.

3.3. Расчет инвертирующего преобразователя

На рис. 19 представлен инвертирующий преобразователь, параметров которой будет проведен расчет.

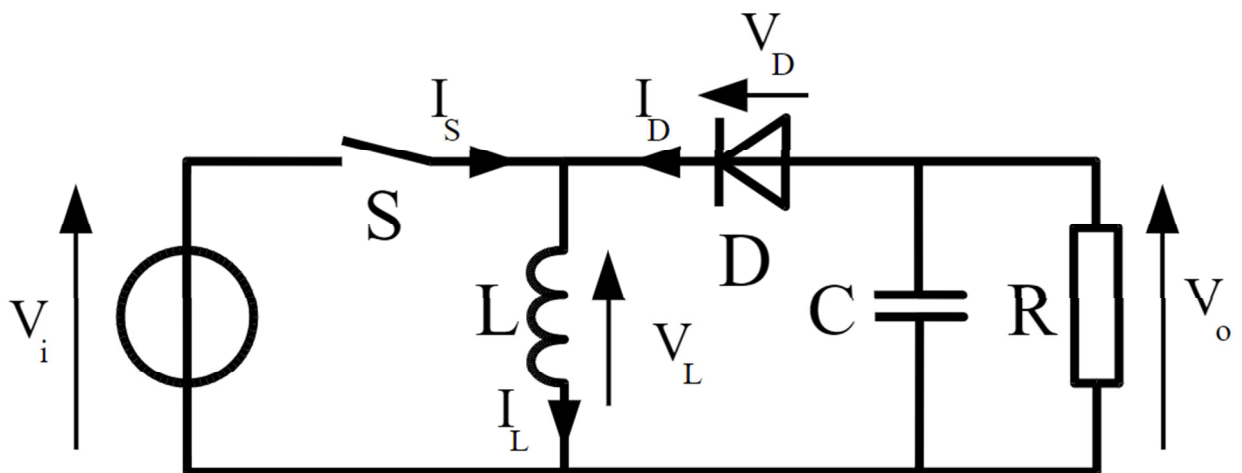


Рис. 19. Инвертирующий преобразователь

Для расчета преобразователя нужно найти подходящее значение индуктивности L и емкости C .

Максимальный и минимальный ток индуктивности на входе может быть выражен:

$$i_{\max} = i_{Lm} + \frac{\Delta i_L}{2}$$
$$i_{\min} = i_{Lm} - \frac{\Delta i_L}{2}, \text{ где}$$

i_{\max} – максимальное значение тока индуктивности.

i_{\min} – минимальное значение тока индуктивности.

I_{Lm} – среднее значение тока индуктивности.

Если учесть, что преобразователь работает в режиме прерывистых токов $i_{\min} = 0$, то

$$\Delta i_L = 2 \cdot i_{Lm}$$

При $I_{Lm} = I_{in}$ минимальное значение индуктивности равно

$$L_{\min} = \frac{V_i}{2} \cdot \frac{\alpha}{f \cdot i_{in}}$$

$$C_{\min} = \left| \frac{\Delta V_0}{V_0} \right| \cdot \frac{1 - \alpha}{R \cdot f} \text{ где}$$

R – сопротивление нагрузки.

f – частота работы ключа.

Далее для моделирования инвертирующего DC/DC преобразователя принимаются следующие параметры:

$$V = 10 \text{ В};$$

$$\alpha = 0,5; 0,7; 0,8;$$

$$f = 20 \text{ кГц};$$

$$R = 10 \text{ Ом};$$

$$\left| \frac{\Delta V_0}{V_0} \right| = 0,1$$

$$i_0 = 2 \text{ A};$$

$$I_n = 4 \text{ A};$$

$$L_{\min} = 31,25 \text{ мГн};$$

$$C_{\min} = 25 \text{ мФ};$$

Затем проводится моделирование полученных параметров преобразователя в MATLAB Simulink без обратной связи (рис. 20). Результаты представлены на рис. 21.

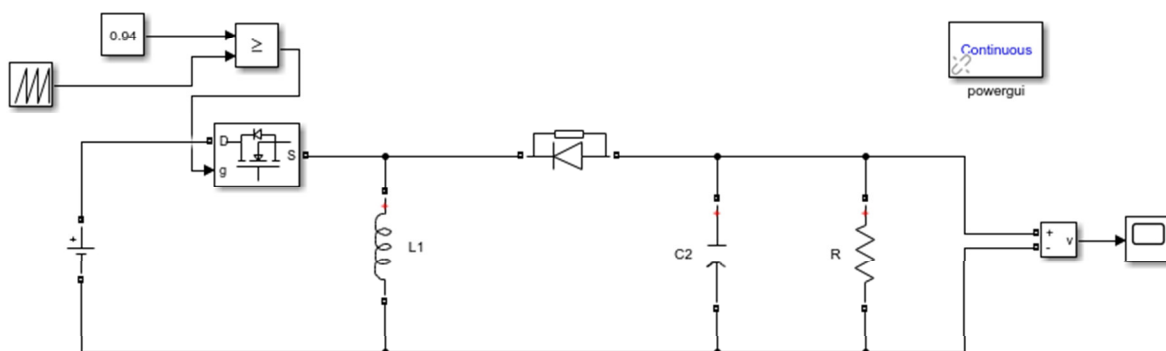
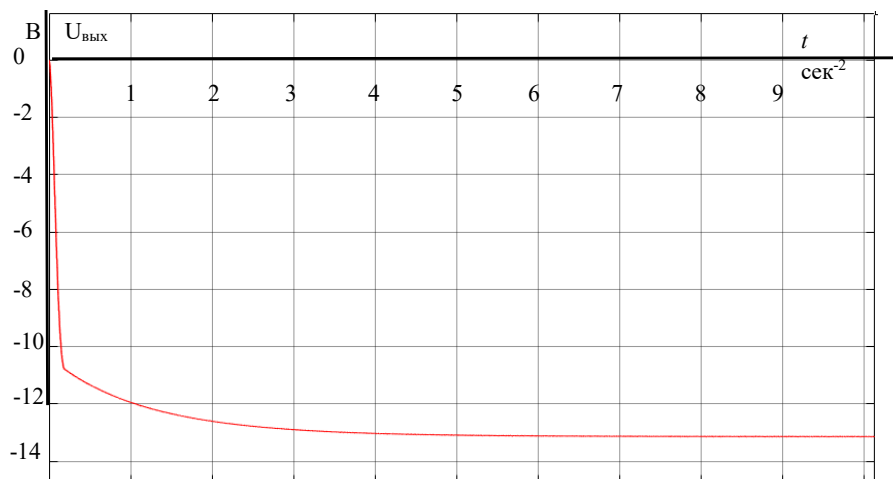
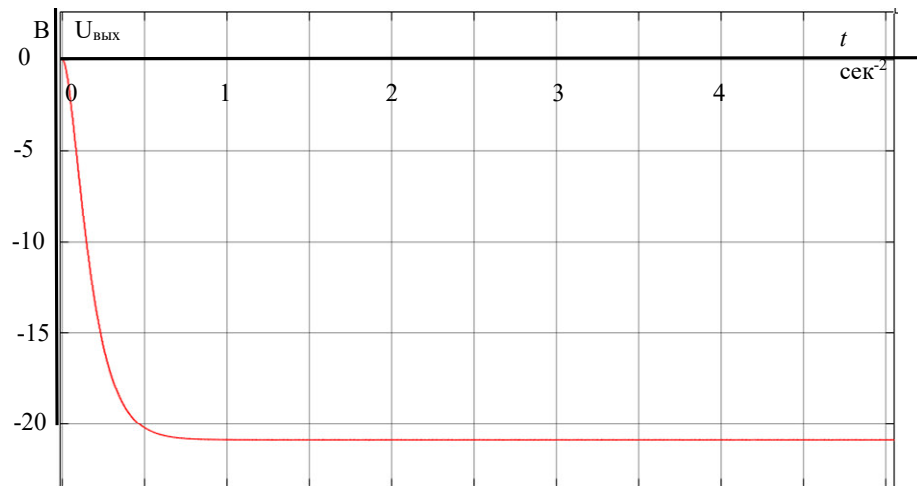
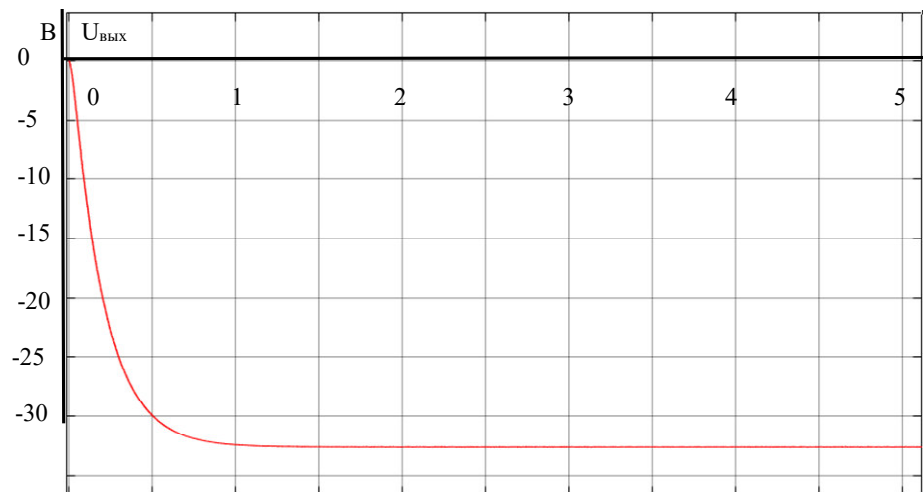


Рис. 20. Моделирование инвертирующего преобразователя без обратной связи





б



в

Рис. 21. Выходное напряжение преобразователя: а) при $D=0,5$; б) при $D=0,7$; в) при $D=0,8$

У всех трех рассчитанных преобразователей на временных характеристиках при различных скважностях видно, что значение выходного напряжения принимает стационарное значение и пульсации практически отсутствуют. Это говорит о том, что параметры схемы были выбраны и рассчитаны верно.

4. Моделирование

В работе [10] рассматривается модель, где был только повышающий преобразователь, скважность транзистора здесь также регулировалась динамически с помощью алгоритма (рис. 10). Здесь же будет моделирование систем отслеживания точки максимальной мощности с повышающим,

инвертирующим и преобразователем Кука. На базе моделей осуществляется программирование адаптивного алгоритма возмущения и наблюдения экстремального регулирования (рис. 10). Это позволит получить более данные, приближенные к показателям реальной системы. Цель моделирования — сравнить показатели работы всех трех схем и определить наиболее предпочтительный вариант. Для этого моделирование будет проводиться с одинаковыми начальными условиями, а именно изменение уровня освещенности.

На рис. 22 изображены значения освещенности, изменяющиеся во времени. Исследуемый объект работает с заданными начальными условиями, чтобы показать, как ведет себя система при разных уровнях освещенности.

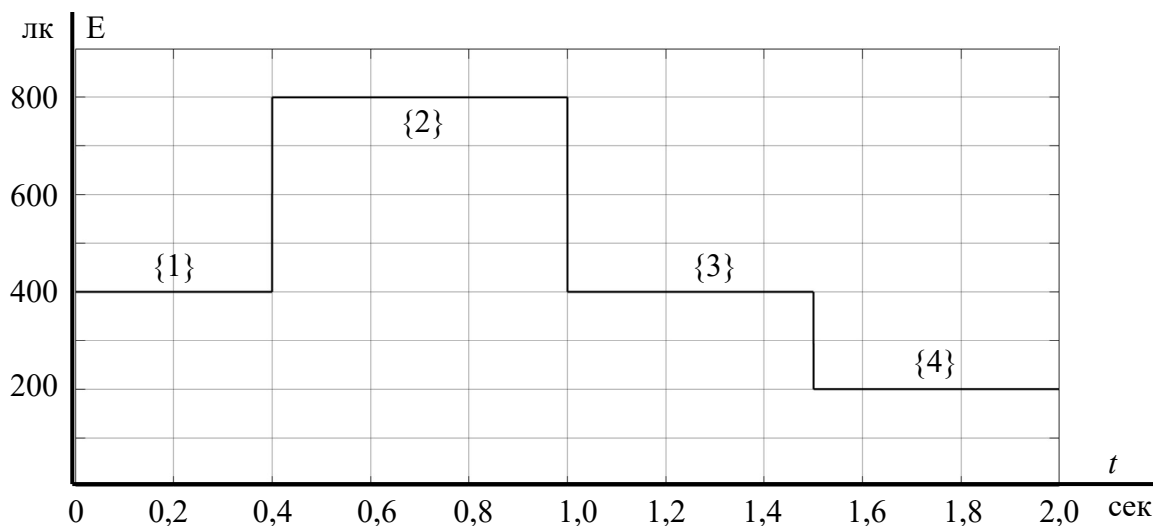


Рис. 22. Режимы освещенности СБ

Для моделирования используется модель СБ, рассчитанная по выражению (1) для фотоэлектрической панели Kyocera KC200GT (рис. 9). В результате получились теоретические ВАХ и ВВХ модели, приведенные на рис. 23. Режим освещенности, обозначенный на рис.20 цифрой {1} с освещенностью 400 лк имеет мощность порядка 700 Вт, режим {2} с освещенностью 800 лк имеет мощность около 1100 Вт. Режим {3} так же как и режим {1} имеет освещенность 400 лк и мощность 700 Вт. Четвертый режим {4} соответствует 200 лк и мощности 400 Вт.

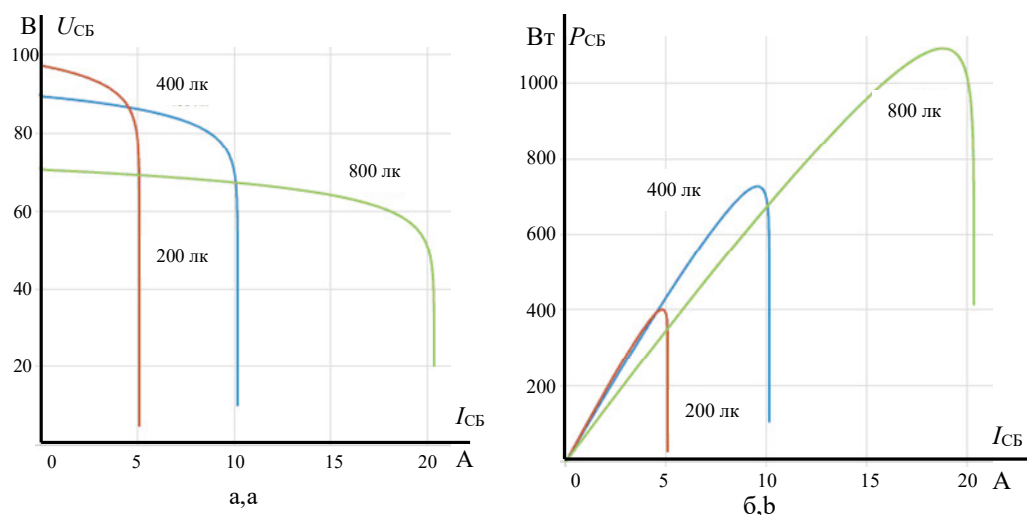


Рис. 23. Характеристики модели СБ: а) ВАХ; б) ВВХ

4.1. Моделирование работы ПНЭР со схемой Кука

В данном разделе проводится моделирование схемы Кука, управляемой адаптивным алгоритмом возмущения и наблюдения. На рис. 24 представлена имитационная модель системы отслеживания точки максимальной мощности с преобразователем Кука.

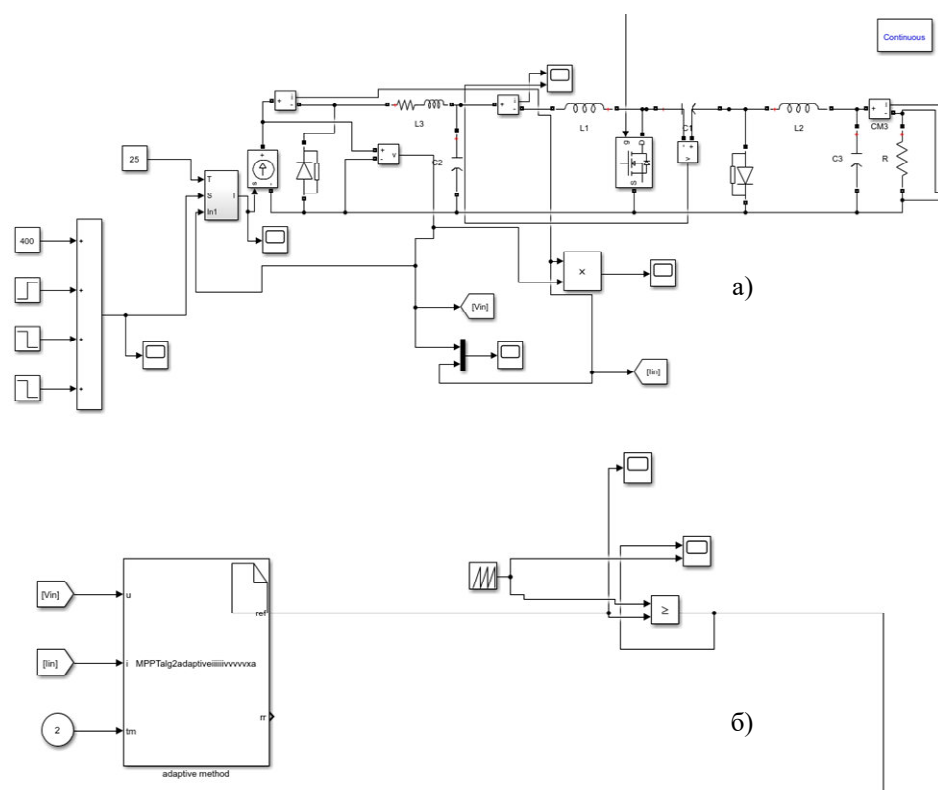


Рис. 24. Имитационная модель для отладки алгоритмов МРРТ со схемой Кука: а) силовая цепь и блок переключения режимов освещенности; б) система управления с алгоритмами экстремального регулирования

В результате имитационного моделирования модели со схемой Кука получены графики выхода на рабочую точку ВАХ и определены точки

максимальной мощности ВВХ при изменении величины освещённости солнечной панели. На приведенных временных диаграммах тока, напряжения (рис. 25) и мощности (рис. 26) для адаптивного алгоритма возмущения и наблюдения видно, как шаг задания на входное напряжение уменьшается.

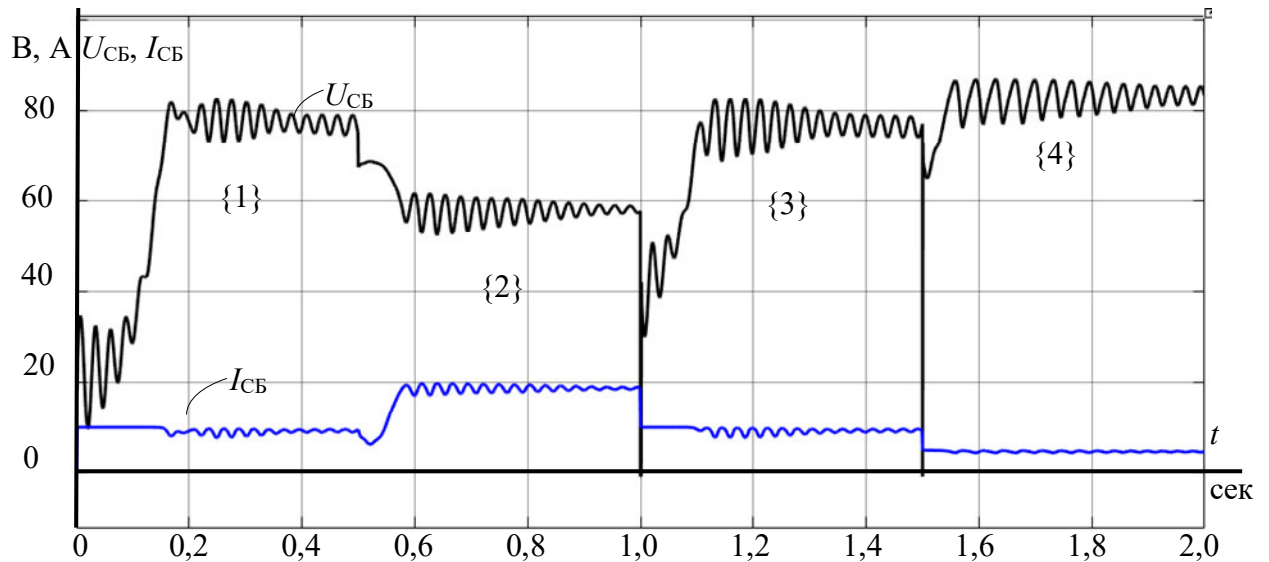


Рис. 25. Диаграммы тока и напряжения СБ, полученные при моделировании со схемой Кука

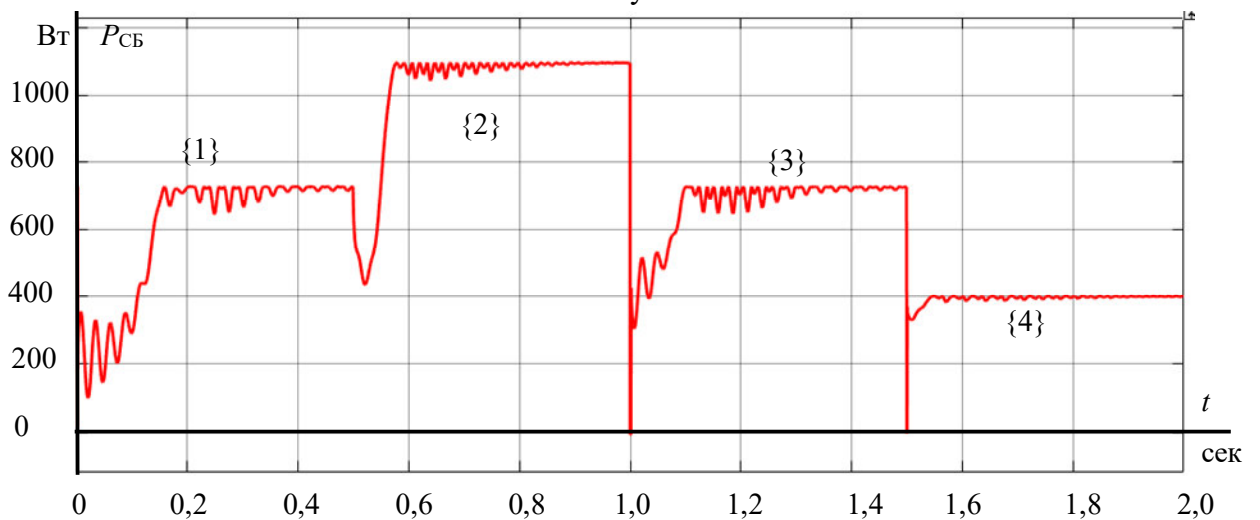


Рис. 26. Диаграмма мощности СБ, полученная при моделировании со схемой Кука

Также здесь осуществляется выход на рабочую точку, в соответствии с характеристиками, полученными математически (рис. 23). Данный алгоритм отличается малыми пульсациями, а также быстротой достижения рабочей точки.

4.2. Моделирование работы ПНЭР с повышающим преобразователем

В данном разделе проводится моделирование повышающего преобразователя, управляемого адаптивным алгоритмом возмущения и наблюдения. На рис. 27 представлена имитационная модель системы отслеживания точки максимальной мощности с повышающим преобразователем.

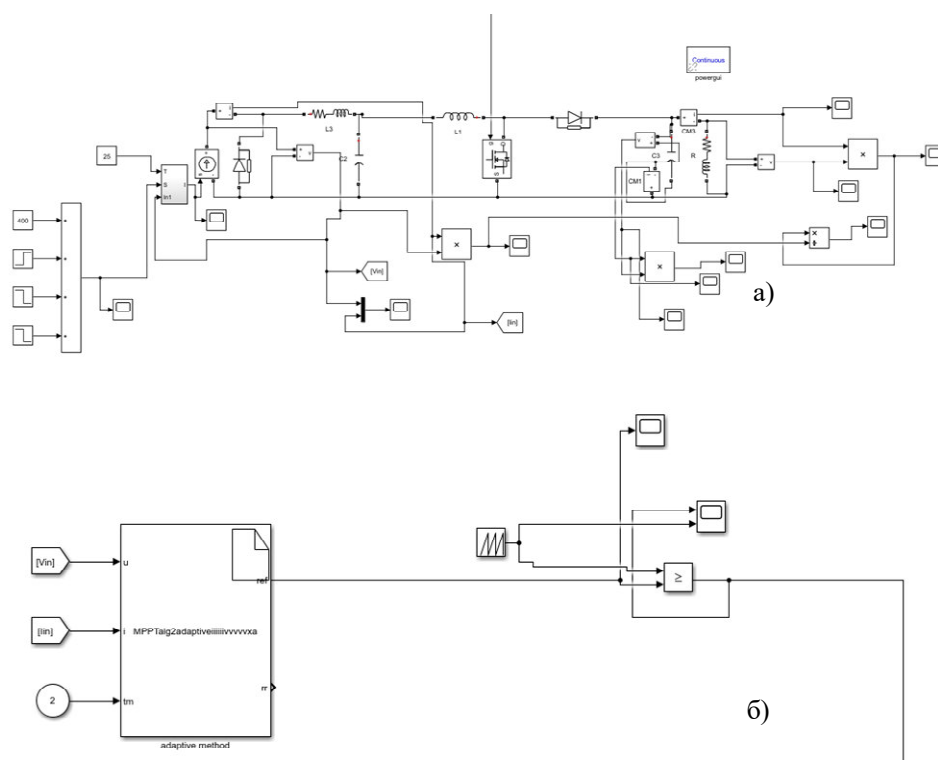


Рис. 27. Имитационная модель для отладки алгоритмов МРРТ с повышающим преобразователем: а) силовая цепь и блок переключения режимов освещенности; б) система управления с алгоритмами экстремального регулирования

Здесь в отличие от предыдущей схемы наблюдаются большие пульсации по напряжению и мощности в течение всего промежутка времени изменения освещенности. На приведенных временных диаграммах тока, напряжения (рис. 28) и мощности (рис. 29) для адаптивного алгоритма возмущения и наблюдения видно, как шаг задания на входное напряжение хоть и уменьшается, но все равно пульсации остаются большими.

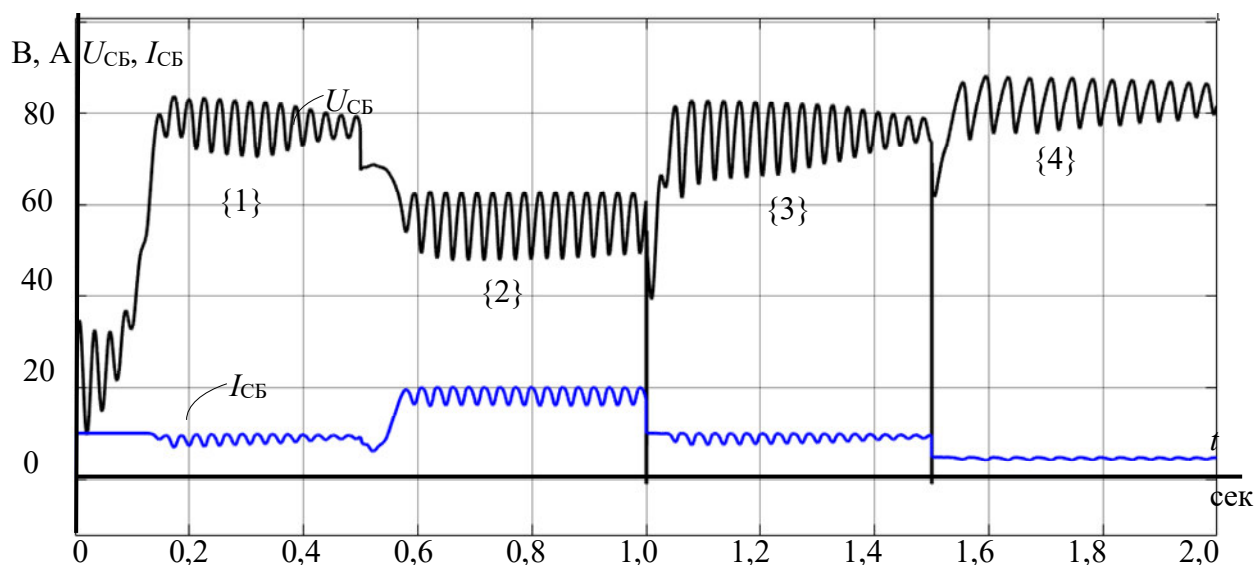


Рис. 28. Диаграммы тока и напряжения СБ, полученные при моделировании с повышающим преобразователем

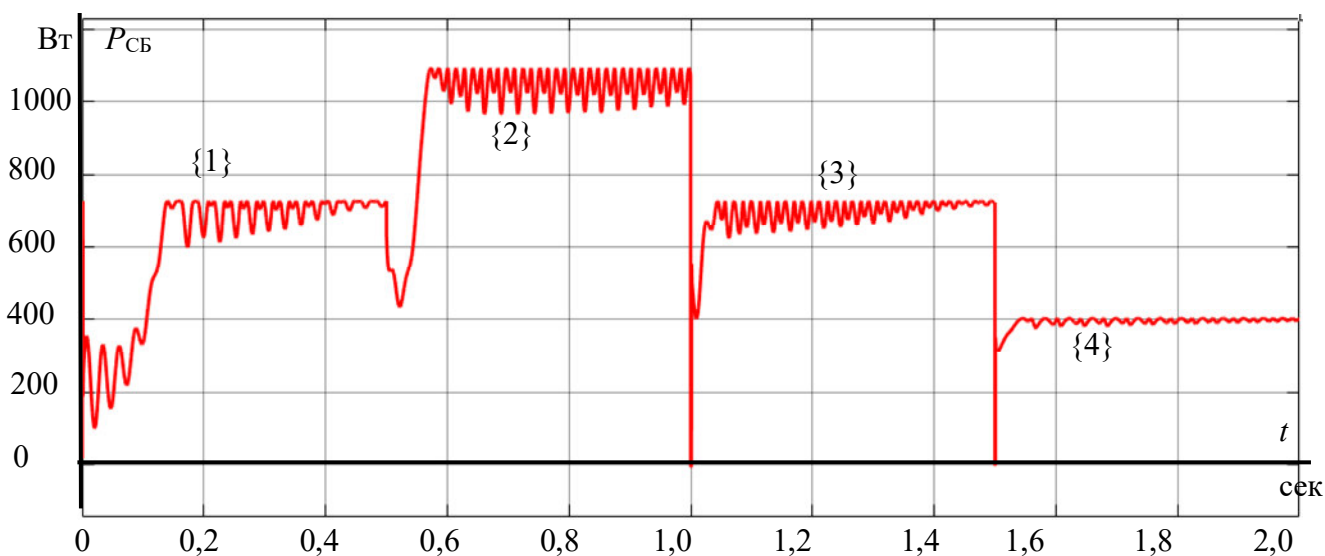


Рис. 29. Диаграмма мощности СБ, полученная при моделировании с повышающим преобразователем

В соответствии с характеристиками (рис. 23) здесь также осуществляется выход на рабочую точку, но с большими колебаниями величины мощности СБ.

4.3. Моделирование работы ПНЭР с инвертирующим преобразователем

В данном разделе проводится моделирование инвертирующего преобразователя, управляемого адаптивным алгоритмом возмущения и наблюдения. На рис. 30 представлена имитационная модель системы

отслеживания точки максимальной мощности с инвертирующим преобразователем.

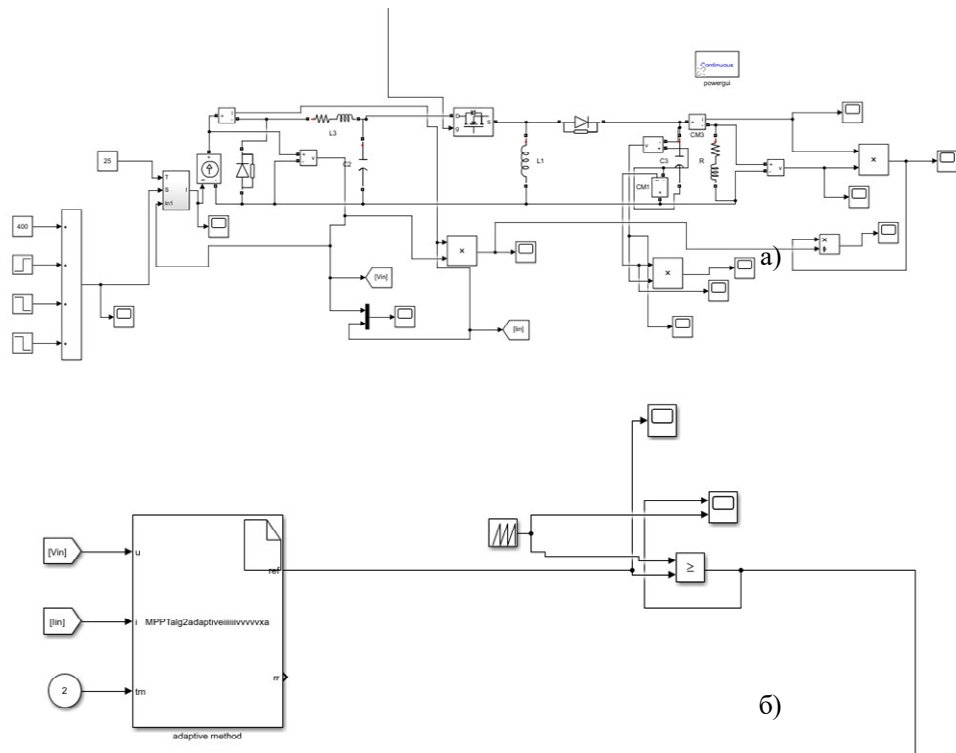


Рис. 30. Имитационная модель для отладки алгоритмов МРРТ с инвертирующим преобразователем: а) силовая цепь и блок переключения режимов освещения; б) система управления с алгоритмами экстремального регулирования

В результате моделирования преобразователя экстремального регулирования на основе инвертирующего преобразователя получены графики выхода на рабочую точку. На приведенных временных диаграммах тока, напряжения (рис. 31) и мощности (рис. 32) полученных при моделировании видно, что пульсации по сравнению с повышающим преобразователем заметно меньше, но все-таки немного больше, чем в схеме Кука. Как и с предыдущими схемами здесь также осуществляется выход на рабочую точку, в соответствии с характеристиками, полученными математически (рис. 23).

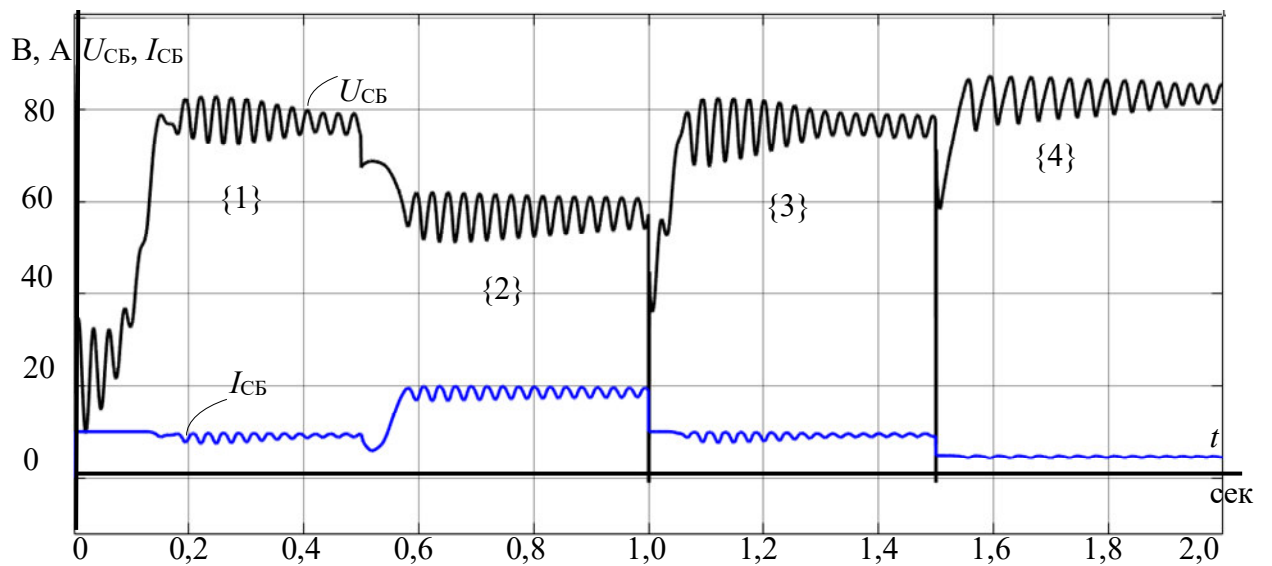


Рис. 31. Диаграммы тока и напряжения СБ, полученные при моделировании инвертирующего преобразователя

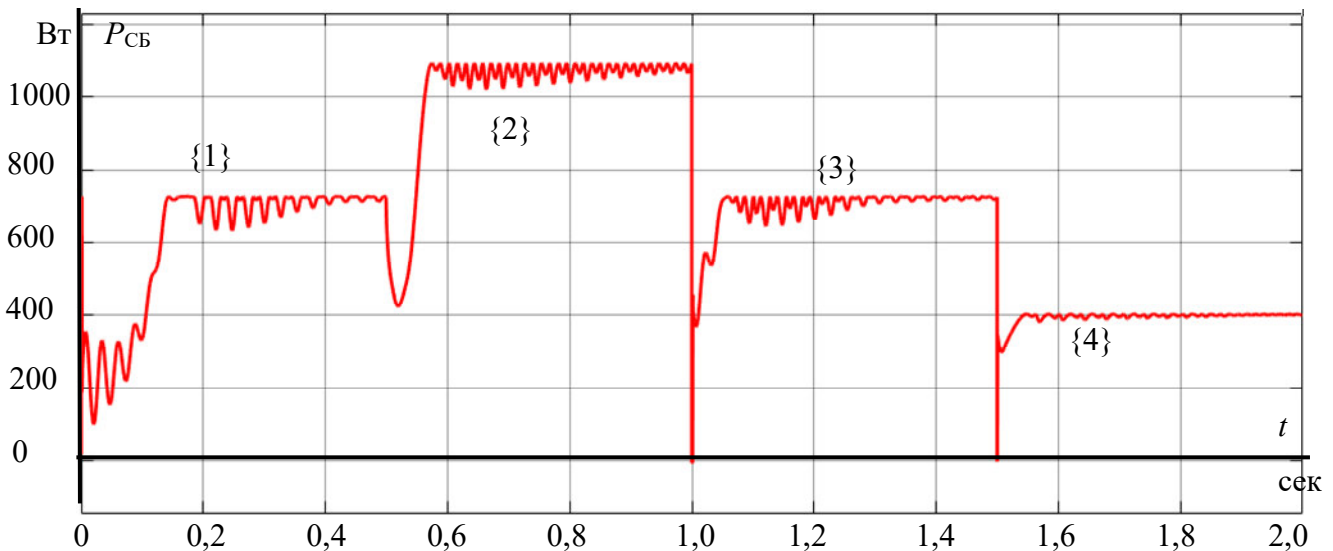


Рис. 32. Диаграмма мощности СБ, полученная при моделировании инвертирующего преобразователя

Для сравнения произведен расчет коэффициентов пульсации по напряжению ($k_{пу}$) и по мощности ($k_{пр}$) для исследуемых преобразователей по приведенным ниже формулам.

$$k_{пр} = \frac{P_{\max} - P_{\min}}{P_{\max} + P_{\min}}; \quad k_{пу} = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{U_{\max} + U_{\min}}. \quad (2)$$

В таблице 1 представлены значения коэффициентов пульсации по мощности ($k_{пр}$) и по напряжению ($k_{пу}$) для адаптивного и неадаптивного алгоритма. Рассчитанные по выражению (2) показатели демонстрируют

превосходство схемы Кука. Но показатели инвертирующего преобразователя не намного хуже показателей схемы Кука.

Таблица 1. Коэффициент пульсации мощности и напряжения

Интервал освещенности	к _{пр}	к _{пу}	к _{пр}	к _{пу}	к _{пр}	к _{пу}
	Схема Кука		Повышающий преобразователь		Инвертирующий преобразователь	
Interval of illumination	Ćuk converter		Buck converter		Buck-boost converter	
1	0,0097	0,029	0,01	0,03	0,01	0,029
2	0,0013	0,017	0,049	0,123	0,0092	0,061
3	0,0076	0,032	0,009	0,04	0,0072	0,032
4	0,0037	0,024	0,0086	0,039	0,0072	0,025

Для каждого из рассматриваемых преобразователей был также проведен расчет точности нахождения локального экстремума ВВХ в рабочей точке по следующему закону:

$$\nu = \frac{P'_{\max}}{P_{\max}} \cdot 100\% . \quad (3)$$

Результаты расчетов приведены в таблице 2.

Таблица 2. Точность нахождения точки максимальной мощности

Интервал освещенности	Схема Кука	Инвертирующий преобразователь	Повышающий преобразователь
Interval of illumination	Ćuk converter	Buck-boost converter	Buck converter
1	0,98	0,9756	0,967
2	0,99	0,9818	0,963
3	0,992	0,976	0,966
4	0,9975	0,977	0,99

Для сравнения адаптивного и неадаптивного алгоритма возмущения и наблюдения было произведено моделирование схемы Кука, так как она показала наилучшие результаты, по сравнению с повышающим и инвертирующим преобразователем. Проанализировав диаграммы тока (I_{BX}) и

напряжения ($U_{ВХ}$) на рис 33, и на рис. 34 – мощности ($P_{СБ}$) можно сделать вывод, что требуемого уровня максимума мощности преобразователь достигает довольно быстро, но с другой стороны пульсации выше нормы.

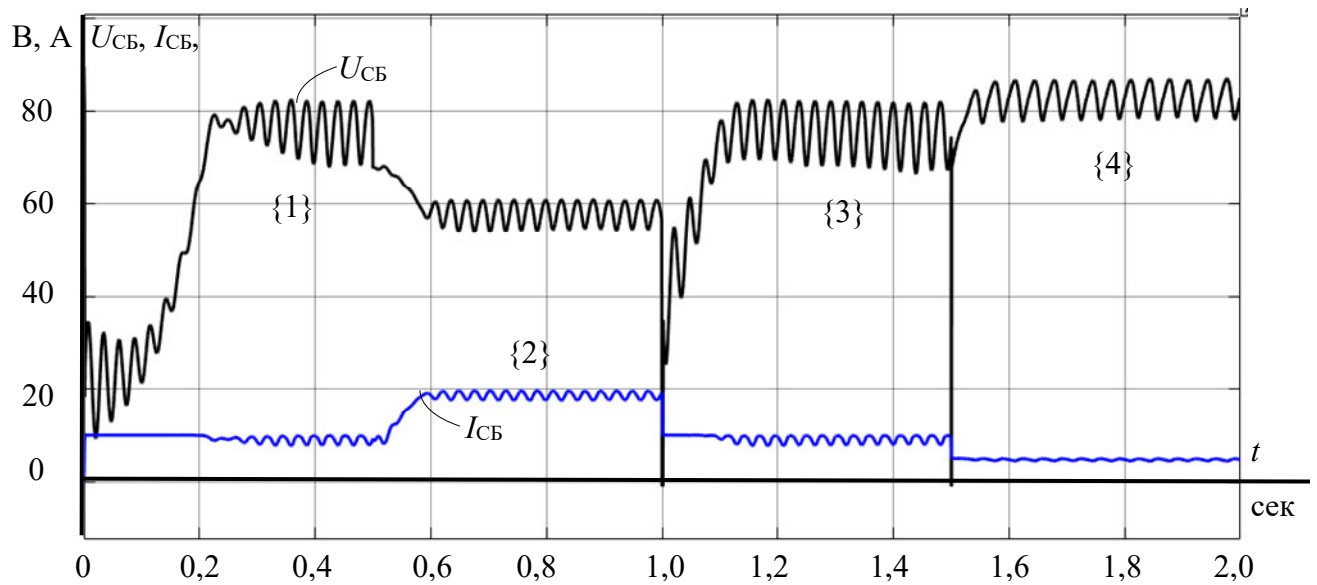


Рис. 33. Диаграммы тока и напряжения СБ для неадаптивного АВН со схемой Кука

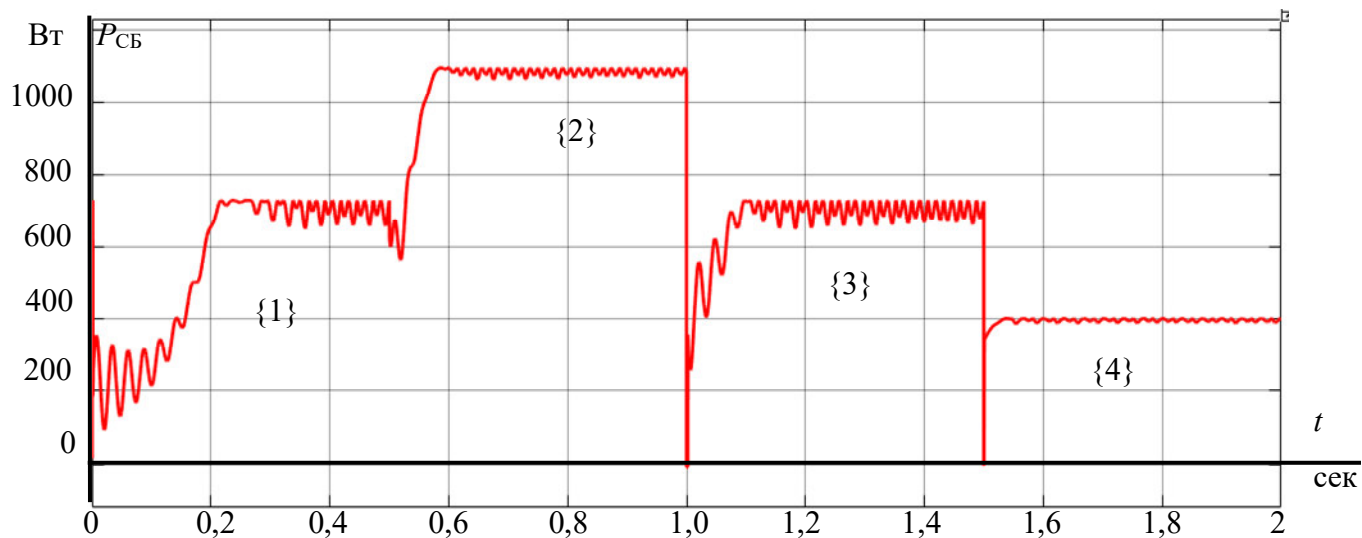


Рис. 34. Диаграмма мощности СБ для неадаптивного АВН со схемой Кука

Продолжая работать с адаптивным алгоритмом возмущения и наблюдения далее были получены временные диаграммы мощности (рис. 36), напряжения (рис. 37) и тока (рис. 38) на выходе схемы Кука. Для этого в качестве нагрузки было взято сопротивление $R_{ВЫХ}=100 \text{ Ом}$ и $L_{ВЫХ}=1 \cdot 10^{-5} \text{ Гн}$. Как видно из данных диаграмм, мощность вместе с напряжением и

током уменьшилась при увеличении освещенности с 400лк до 800лк. Это связано с тем, что данный преобразователь имеет ограниченное значение повышаемого напряжения (рис. 11). На рис. 35 нет еще одного DC-DC преобразователя, необходимого для стабильного напряжения на выходе к потребителю, так как в данной работе рассматривается только отслеживание точки максимальной мощности. Также стоит отметить отрицательные значения напряжения и тока, так как преобразователь меняет знак напряжения относительно входного.

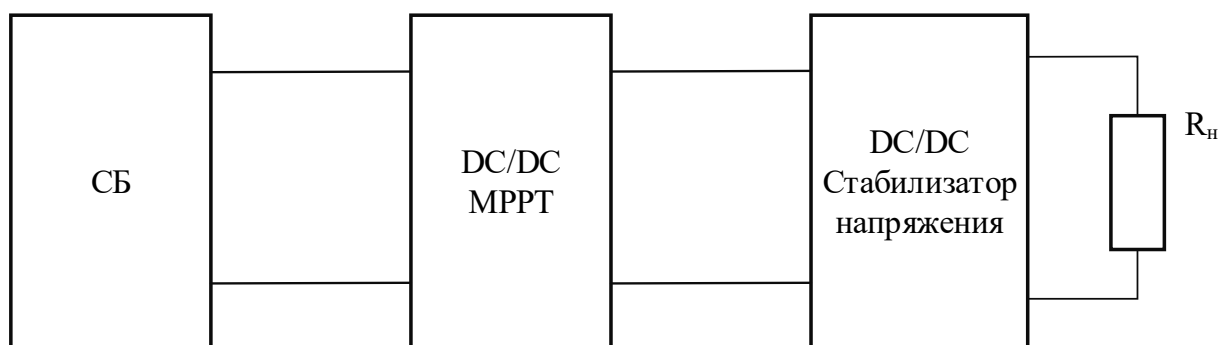


Рис. 35. Структурная схема стабилизатора напряжения

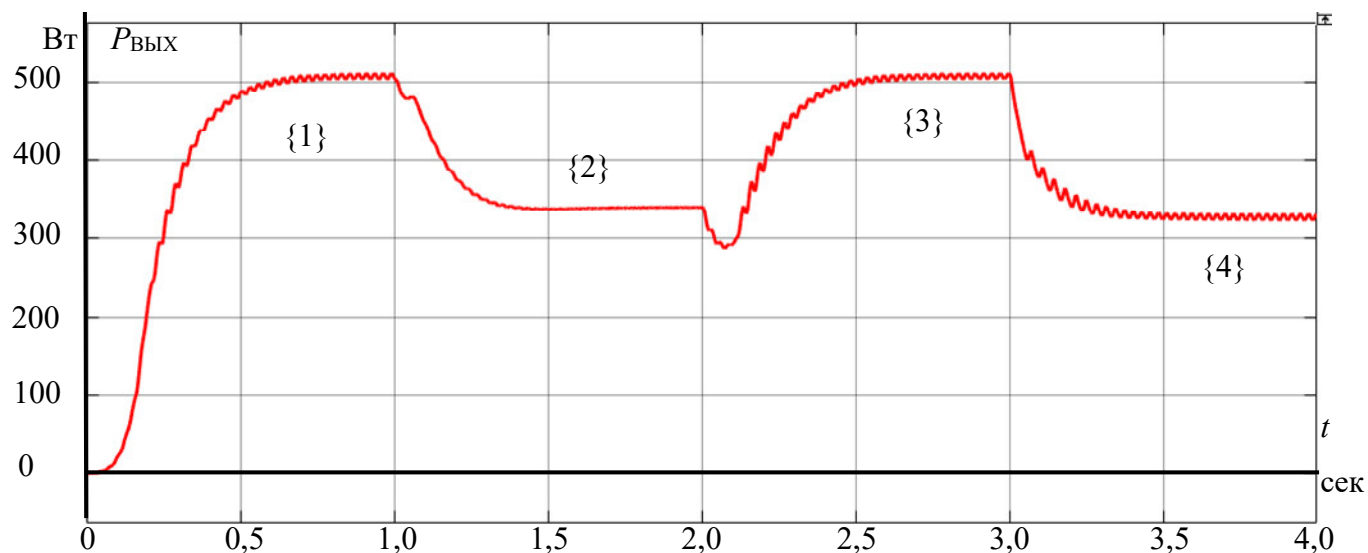


Рис. 36. Диаграмма мощности на выходе преобразователя

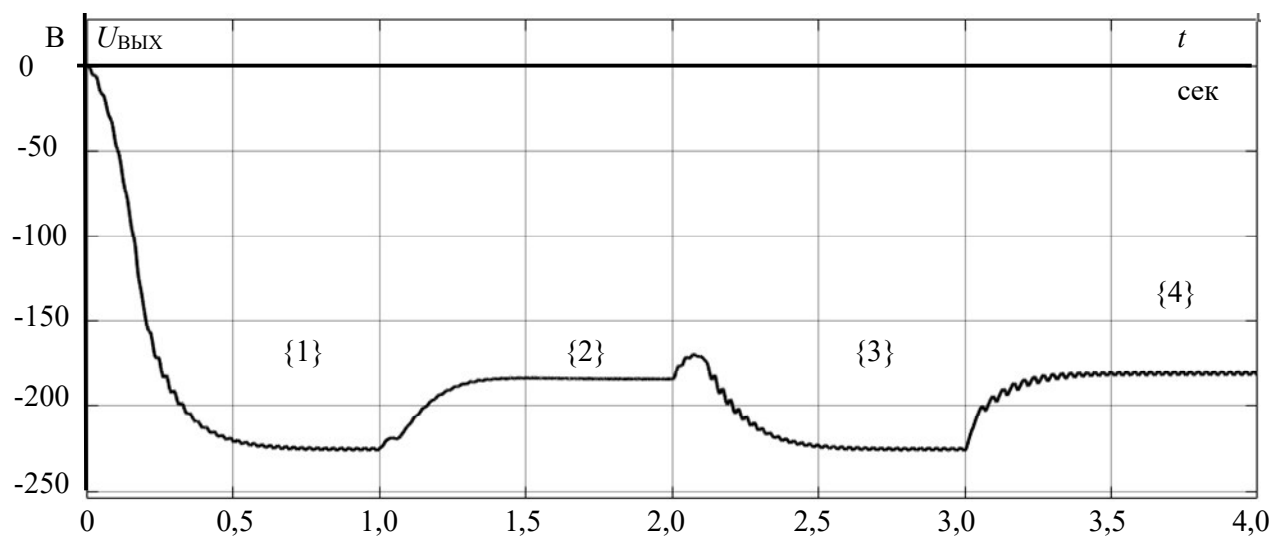


Рис. 37. Диаграмма напряжения на выходе преобразователя

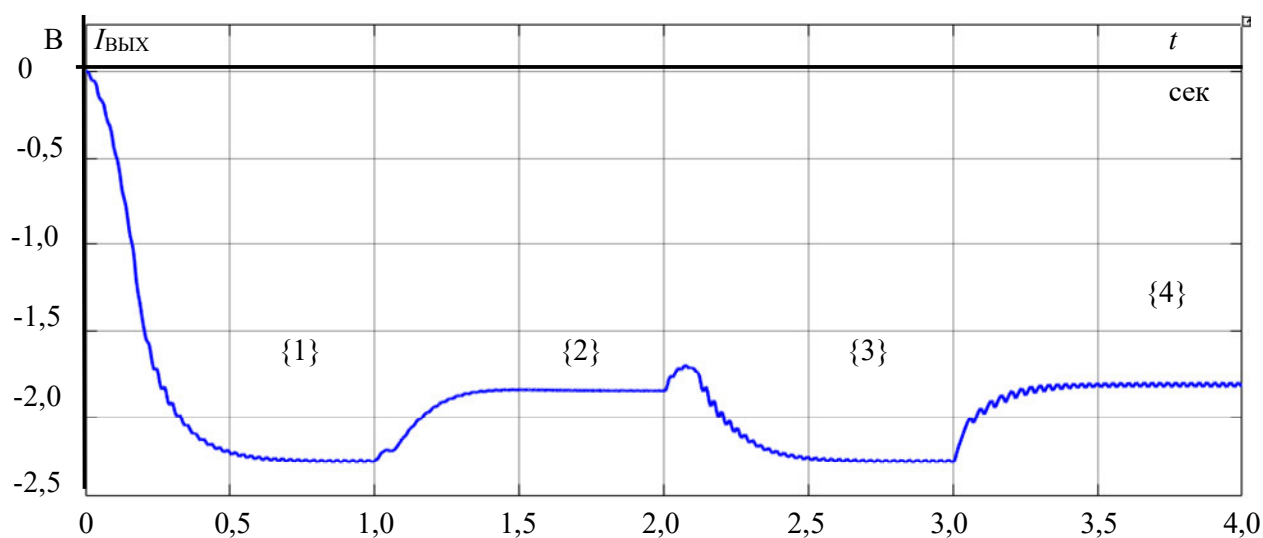


Рис. 38. Диаграмма тока на выходе преобразователя

Далее в таблице 4 были посчитаны коэффициенты полезного действия преобразователя.

Таблица 4. Коэффициент полезного действия преобразователя

Интервал ал освещенности	Значение освещенности, лк	η
1	400	69,8
2	800	31,1
3	400	69,8
4	200	81

В таблице видно, что чем меньше значение освещенности, тем выше КПД.

5. Финансовый менеджмент

Введение

Целью работы является разработка комплекса программ для автоматизированного анализа и синтеза параметров системы управления DC/DC преобразователя напряжения. Результатом работ будет служить технология, которую можно будет использовать на предприятиях и в частных домах.

5.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Целевой рынок: Разработка может использоваться частными лицами и предприятиями для компенсации части энергозатрат в дневное время. Также разработка может использоваться как элемент структуры солнечной электростанции (СЭС).

Основные сегменты рынка:

- **Кош-Агачская солнечная электростанция.** Крупнейшая из построенных в России на момент постройки сетевая солнечная электростанция и первый собственный объект генерации энергии Республики Алтай. Мощности Кош-Агачской солнечной электростанции достаточно для обеспечения стабильного электроснабжения не менее 1000 домохозяйств.
- **Солнечная электростанция 2 МВт в г. Капшагай, Алматинской области.** По состоянию на 17.05.2016 г. солнечная электрическая станция с установленной мощностью 2 МВт работает в плановом режиме.
- **Абаканская СЭС.** Годовое производство электроэнергии – 6,5 млн. кВтч. На станции установлено более 20 тысяч солнечных модулей, а ее площадь равна 18 га.

Основными сегментами, на которые необходимо ориентироваться это предприятия, представленные выше, но так же необходимо не упускать и возможность сотрудничества с более мелкими компаниями в тех же отраслях.

Привлекательными сегментами рынка для предприятия в будущем могут стать физические лица, владеющие частными домами.

Карта сегментирования рынка двигателей приведена в таблице 5.

Таблица 5. Карта сегментирования рынка двигателей

	Кош-Агачская солнечная электростанция	Солнечная электростанция 2 МВт в г. Капшагай	Абаканская СЭС
Проектирование и производство СБ			
Создание ПО и средств управления и измерения для систем солнечной энергетики			
Обслуживание и ремонт			

Компания «Хевел»		Научно- технический центр «Приводная техника»		Solar Service	
---------------------	--	---	--	---------------	--

5.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Данный анализ проводится с помощью оценочной карты, приведенной в таблице 7.2, где B_{ϕ} – балл показателя нашей разработки и B_{k1} и B_{k2} – балл показателя конкурентов.

Таблица 6. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность			
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,07	5	4	4	0,35	0,28	0,28
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,087	5	3	3	0,435	0,261	0,261
3. Помехоустойчивость	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
4. Энергоэкономичность	0,094	5	4	3	0,47	0,376	0,282
5. Надежность	0,09	5	5	5	0,45	0,45	0,45
6. Уровень шума	0,066	5	5	5	0,33	0,33	0,33
7. Безопасность	0,087	5	5	5	0,435	0,435	0,435
8. Потребность в ресурсах памяти	0,083	5	5	5	0,415	0,415	0,415
9. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,08	5	4	3	0,4	0,32	0,24
10. Простота эксплуатации	0,083	5	5	5	0,415	0,415	0,415
11. Качество интеллектуального интерфейса	0,087	5	5	5	0,435	0,435	0,435
12. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,07	5	5	5	0,35	0,35	0,35
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,13	5	3	3	0,65	0,39	0,39
2. Уровень проникновения на рынок	0,13	5	3	4	0,65	0,39	0,52
3. Цена	0,14	5	2	3	0,7	0,28	0,42
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,12	5	5	5	0,6	0,6	0,6
5. Послепродажное обслуживание	0,09	4	5	5	0,36	0,45	0,45
6. Финансирование научной разработки	0,13	5	5	5	0,65	0,65	0,65
7. Срок выхода на рынок	0,14	5	5	5	0,7	0,7	0,7
8. Наличие сертификации разработки	0,12	1	5	5	0,12	0,6	0,6
Итого	1						

Для проведения данного анализа сравнение проводится с двумя действующими сетевыми инверторами: 1) Conext RL - Однофазный сетевой инвертор 3 кВт; 2) Steca Grid 8000+ (8000 - 10000 Вт). Анализ конкурентных технических решений:

$$K = \sum B_i \cdot B_i \quad (3)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

5.3. FAST-анализ

5.3.1. Выбор объекта FAST-анализа

Объектом FAST-анализа является сетевой инвертор солнечных батарей.

5.3.2. Описание главной, основных и вспомогательных функций, выполняемых объектом

Функции объекта:

Главная функция: однофазный сетевой инвертор, чья задача заключается в формировании синусоидального тока в фазе с сетевым напряжением 220 В частотой 50 Гц.

Основные функции объекта исследования: повышающий преобразователь напряжения, который преобразует постоянное напряжение солнечных батарей в более высокое для последующего преобразования в переменное напряжение; шкаф управления, управляет режимами работы ППН и сетевого инвертора, осуществляет вывод параметров на дисплей.

Вспомогательные функции: контроллер точки максимальной мощности солнечных батарей, для передачи максимально возможной энергии СБ в сеть.

Таблица 7. Классификация функций, выполняемых объектом исследования

Наименование детали (узла, процесса)	Количество деталей на узел	Выполняемая функция	Ранг функции		
			Главная	Основная	Вспомогательная
Однофазный сетевой инвертор	1	Получение синусоидального тока	*		
Повышающий преобразователь напряжения	1	Согласование уровней напряжения		*	
Шкаф управления	1	Управление ППН и инвертором		*	
Контроллер точки максимальной мощности	1	Отслеживание точки максимальной мощности ВАР СБ			*

5.3.3. Определение значимости выполняемых функций объектом

Строим матрицу смежности функции и преобразуем матрицу смежности в матрицу количественных соотношений функций.

Построим таблицу матрицу смежности функций

Таблица 8. Матрица смежности функций

	Однофазный сетевой инвертор	Повышающий преобразователь напряжения	Шкаф управления	Контроллер точки максимальной мощности
Однофазный сетевой инвертор	"="	"="	">"	">"
Повышающий преобразователь напряжения	"="	"="	">"	">"
Шкаф управления	"<"	"<"	"="	"="
Контроллер точки максимальной мощности	"<"	"<"	"="	"="

Примечание: «<» – менее значимая; «=» – одинаковые функции по значимости; «>» – более значимая.

Таблица 9. Матрица количественных соотношений

	11	22	33	44	Итого	Значимость функции
Однофазный сетевой инвертор	11	11	10,5	10,5	5	0,3125
Повышающий преобразователь напряжения	11	11	10,5	10,5	5	0,3125
Шкаф управления	10,5	10,5	11	11	3	0,1875
Контроллер точки максимальной мощности	10,5	10,5	11	11	3	0,1875
					16	1

5.3.4. Анализ стоимости функций, выполняемых объектом исследования

Задача данной стадии заключается в том, что с помощью специальных методов оценить уровень затрат на выполнение каждой функции. Сделать это возможно с помощью применения нормативного метода. Расчет стоимости функций приведен в табл. 10

Таблица 10. Расчет стоимости функций

Наименование	Количество	Выполняемая функция	Трудоемкость, ч	Стоимость материалов, руб.
Однофазный сетевой инвертор	1	Преобразование постоянного напряжения в переменное	5	1000
Повышающий преобразователь напряжения	1	Изменение величины напряжения	5	1000
Шкаф управления	1	Размещение объектов	10	1000
Контроллер точки максимальной мощности	1	Выполнение функций управления согласно алгоритму	30	50000

Таблица 10 (продолжение). Расчет стоимости функций

Заработная плата, руб.	Себестоимость, руб/час
200	240
200	240
200	120
400	1680
Итого 2280	

Определим основные затраты на функцию

Для первой функции:

$$\frac{65}{2280} = 0.128$$

Остальные результаты представлены в таблице 11:

Таблица 11. Основные затраты

Наименование	Затраты
Однофазный сетевой инвертор	0.087
Повышающий преобразователь напряжения	0.087
Шкаф управления	0.087
Контроллер точки максимальной мощности	0.175

Информация об объекте исследования, собранная в рамках предыдущих стадий, на данном этапе обобщается в виде функционально-стоимостной диаграммы (ФСД), которая представлена на рисунке 39.

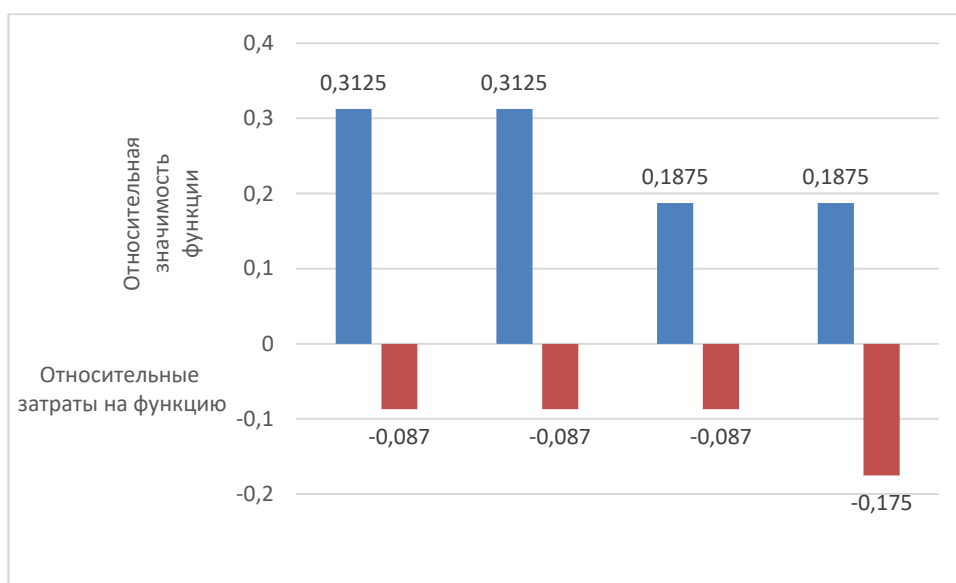


Рис. 39 Функционально-стоимостная диаграмма

Для оптимизации функций можно предложить следующие шаги:

- применения принципиально новых конструкторских решений;
- оптимизации технических параметров;
- применения новых техпроцессов, заготовок и материалов;

В конечном счете результатом проведения FAST-анализа высокотехнологической и ресурсоэффективной разработки должно быть снижение затрат на единицу полезного эффекта, достигаемое путем:

- сокращения затрат при одновременном повышении потребительских свойств объекта;
- повышения качества при сохранении уровня затрат;
- уменьшения затрат при сохранении уровня качества;
- сокращения затрат при обоснованном снижении технических параметров до их функционально необходимого уровня;
- повышения качества при некотором, экономически оправданном увеличении затрат.

5.4. Диаграмма Исикава

Диаграмма причины-следствия Исикавы (Cause-and-Effect-Diagram) - это графический метод анализа и формирования причинно-следственных связей, инструментальное средство для систематического определения причин проблемы и последующего графического представления.

Причинно-следственная диаграмма представлена на рисунке 40.

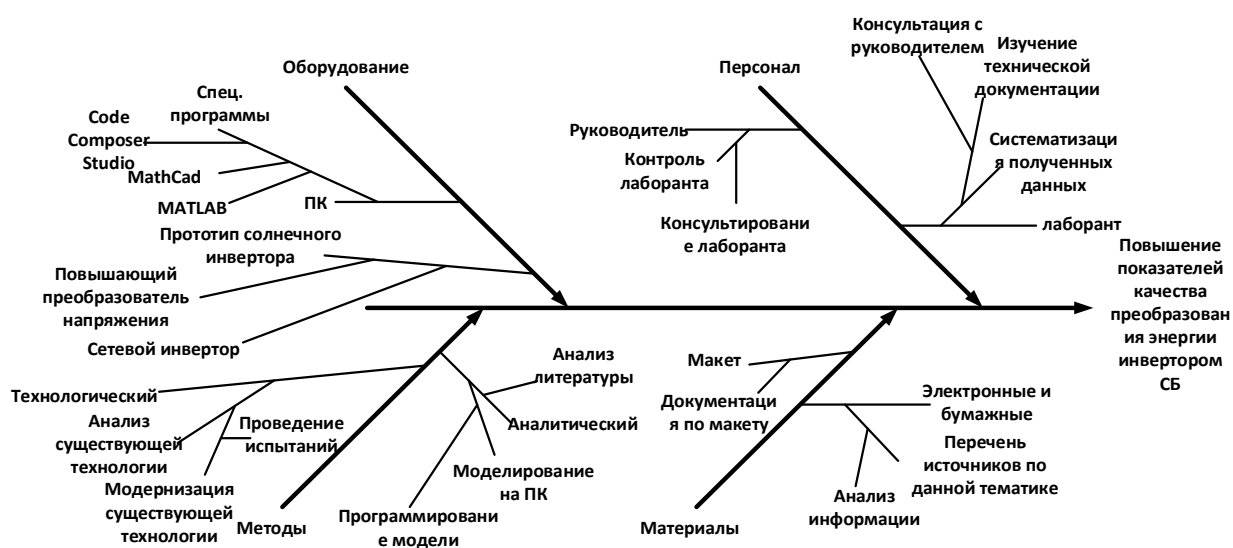


Рис 40. Причинно-следственная диаграмма

5.5. SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой

комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Таблица 12. SWOT-анализ

<p>Сильные стороны</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Повышение производительности труда пользователя. 2. Экономичность и энергоэффективность технологии. 3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими подобными технологиями. 4. Наличие прототипа научной разработки. 	<p>Слабые стороны</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Недостаточная квалификация кадров по работе с научной разработкой.
<p>Возможности</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Использование ресурсной научной базы технических ВУЗов Томска. 2. Использование информации по аналогичным наработкам в интернете. 3. Использование информации от предприятия заказчика. 4. Использование информации выложенной в общий доступ компаниями, занимающимися подобными разработками. 	<p>Угрозы</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Отсутствие спроса на новые технологии производства. 2. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции. 3. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства.

5.6. Оценка готовности проекта к коммерциализации

Оценка степени готовности научной разработки к коммерциализации и выяснение уровня ее завершения. Для этого заполняется специальная форма, содержащая показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта. Перечень вопросов приведен в табл. 13.

Таблица 13. Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1	Определен имеющийся научно-технический задел	4	4
2	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	4	4
3	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	4	4

Таблица 13 (продолжение). Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

4	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	3	3
5	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	1	2
6	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	2	3
7	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	1	2
8	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	2	2
9	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	2	2
10	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	1	2
11	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	2
12	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	1	1
13	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	1	1
14	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	1	1
15	Проработан механизм реализации научного проекта	4	4
ИТОГО БАЛЛОВ		32	37

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i \quad (4)$$

где $B_{\text{сум}}$ – суммарное количество баллов по каждому направлению;

B_i – балл по i -му показателю.

5.7. Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

При коммерциализации научно-технических разработок продавец, преследует вполне определенную цель, куда он намерен направить

полученный коммерческий эффект. Это может быть получение средств, для продолжения своих научных исследований и разработок, одnorазовое получение финансовых ресурсов для каких-либо целей или для накопления, обеспечение постоянного притока финансовых средств, а также их различные сочетания.

Для коммерциализации объекта исследования и обоснования его целесообразности, были проработаны следующие методы коммерциализации научной разработки.

- 1) Торговля патентными лицензиями.
- 2) Передача интеллектуальной собственности в уставной капитал предприятия.

Были выбраны два метода коммерциализации, поскольку они являются менее затратными.

5.7.2. Оптимизация функций выполняемых объектом

Экономия будет осуществляться за счет применения принципиально новых конструкторских решений, унификации сборочных единиц и деталей, совмещения функций в сборочных единицах и деталях.

В результате проведения FAST-анализа выявлено, что снижение затрат на единицу полезного эффекта, достигнуто путем повышения качества при сохранении уровня затрат, а так же уменьшения затрат при сохранении уровня качества, сокращения затрат при обоснованном снижении технических параметров до их функционально необходимого уровня. Повышения качества при некотором, экономически оправданном увеличении затрат.

5.8. Управление научно-техническим проектом

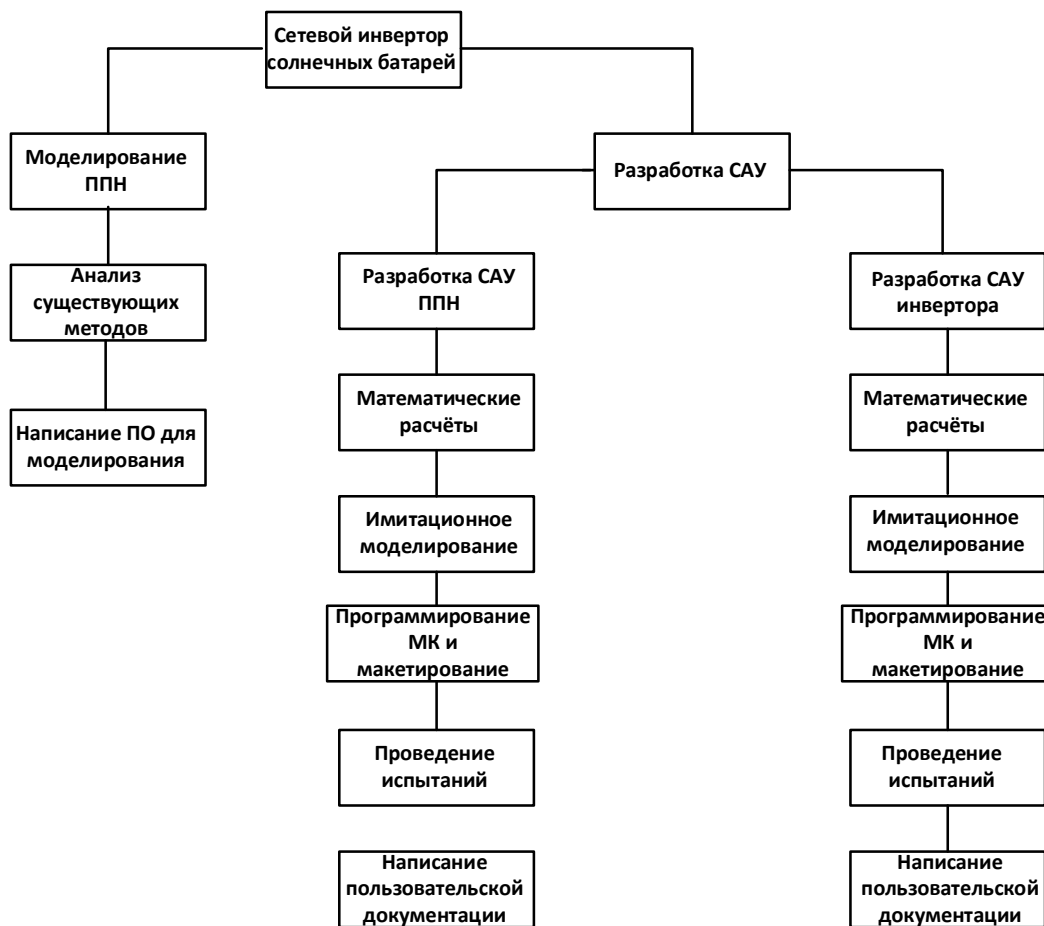


Рис. 41. Иерархическая структура работ проекта

5.9. Контрольные события проекта

Таблица 14. Контрольные события проекта

№ п/п	Контрольное событие	Дата	Результат
1	Разработка программы в среде MATLAB для моделирования динамики ППН	10.10.2014	Документ в формате Word
2	Разработка САУ ППН в режиме стабилизатора	15.03.2015	Проект Code Composer Studio
3	Разработка САУ для поиска точки максимальной мощности	20.07.2015	Проект Code Composer Studio
4	Статья в журнал	03.03.2016	Публикация
5	Разработка САУ инвертора	10.05.2016	Проект Code Composer Studio

5.10. План проекта

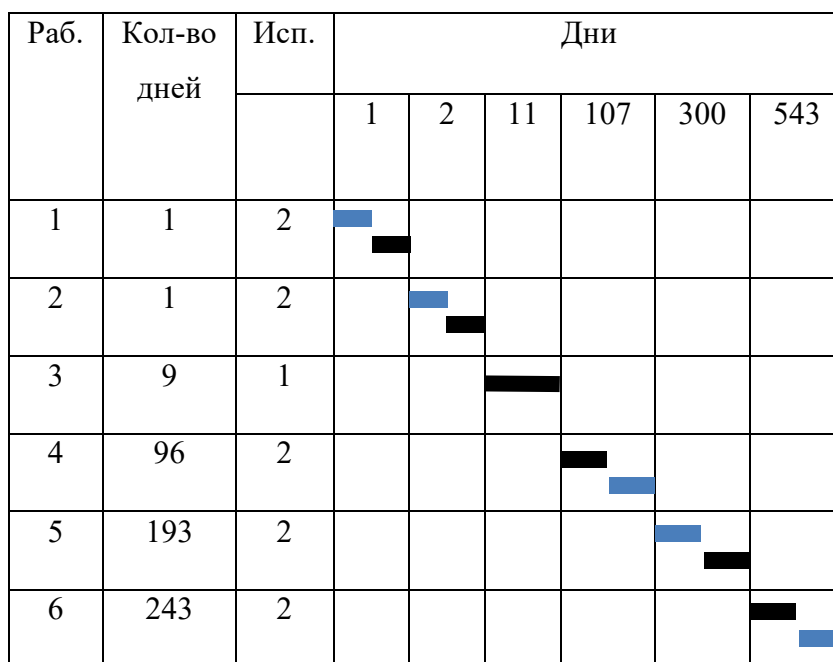
Для выполнения целесообразного и рационального планирования, необходимо разработать календарный план, который включает в себя основные этапы разработки и создания проекта. Разработанный календарный план представлен в таблице 15.

Таблица 15. Календарный план проекта

Код работы	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
1	Выбор направления исследования	1	10.09.19	10.09.19	Михальченко С.Г., Орлянский И.П.
2	Составление технического задания	1	11.09.19	11.09.19	Михальченко С.Г., Орлянский И.П.
3	Изучение литературы	9	11.09.19	20.09.19	Орлянский И.П.
4	Математическое моделирование ППН	96	20.09.19	25.12.2019	Михальченко С.Г., Орлянский И.П.
5	Разработка САУ ППН	193	20.01.20	01.08.2020	Михальченко С.Г., Орлянский И.П.
6	Разработка САУ инвертора	243	10.09.20	10.05.2020	Михальченко С.Г., Орлянский И.П..

Для предоставления календарного плана более наглядным образом, используем диаграмму Ганта (таблица 16). Диаграмма Ганта представляет собой тип столбчатых диаграмм, которые применяются для иллюстрации графика или плана работ, для различных проектов. Данные диаграммы используются в качестве одного из методов, при планировании проектов. Момент начала и завершения работы на диаграмме определяются концами полос, а протяжённость характеризует длительность работы. Вертикальная ось отображает перечень поставленных задач. На данной диаграмме цветами приведены Михальченко С.Г. (синий), Орлянский И.П. (черный).

Таблица 16 – Диаграмма Ганта



■ Орлянский И.П.

■ Михальченко С.Г.

Также, на диаграмме Ганта можно выделить совокупные задачи, отметить проценты завершения, отметить метки ключевых моментов (вехи) и др. Веха представляет собой метку значимого момента в ходе выполнения работ, общую границу двух или более задач. Веха является важным понятием диаграммы Ганта и позволяет наглядным образом подчеркнуть нужду синхронизации в выполнении различных работ.

5.11. Формирование бюджета затрат на проект

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

- материальные затраты проекта
- амортизация
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды;

- накладные расходы.

5.11.2. Расчет материальных затрат

К материальным затратам относятся: покупные материалы, канцелярские принадлежности и др.

Таблица 17. Материальные затраты

Наименование	Ед. изм-ия	Кол-во	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, ($Z_{\text{мат}}$), руб.
Канцелярские принадлежности	набор	4	5000	20000
Мебель	набор	1	15000	15000
Итого:				35000

5.11.3. Амортизация

Рассчитаем амортизацию отчислений. Амортизация рассчитывается для оборудования свыше 40 тыс. руб.

Расчет амортизационных отчислений, на полное восстановление основных средств, производится по нормативам амортизации утвержденном в установленном действующим законодательством порядке, и определенным в зависимости от балансовой стоимости оборудования. При проектировании используем ноутбук фирмы «hp» и модели «pavilion g6», стоимость которого составляет $C_{\text{ОБОР}} = 40000$ руб.

Определим сумму амортизационных отчислений:

$$Z_{\text{ам}} = \frac{T_{\text{исп}}}{T_{\text{г}}} \cdot \frac{1}{T_{\text{сл}}} \cdot C_{\text{ОБОР}} = \frac{292}{365} \cdot \frac{1}{3} \cdot 40000 = 10666 \text{ руб.},$$

где $T_{\text{исп}}$ – время использования оборудования = 292 календарных дней;

$T_{\text{г}}$ – количество использования в год = 365 календарных дней;

$C_{\text{ОБОР}}$ – стоимость оборудования;

$T_{\text{сл}}$ – срок службы оборудования = 3 года.

Годовая норма амортизации составляет 26.7%

5.11.4. Заработная плата

Статья ЗП:

$$C_{ЗП} = Z_{\text{осн.}} + Z_{\text{доп.}} = 74286,01 + 7428,6 = 81714,61 \text{ Руб.} \quad (5)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.;

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.

Основная заработная плата:

$$Z_{\text{осн.}} = Z_{\text{дн.}} \cdot T_{\text{раб.}} = 905,93 \cdot 82 = 74286,01 \text{ Руб.} \quad (6)$$

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

$T_{\text{р}}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

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

Среднедневная заработная плата:

$$Z_{\text{дн.}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{6278,59 \cdot 11,2}{222} = 905,93 \text{ Руб.} \quad (7)$$

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, раб. дн. (табл. 18).

Таблица 18. Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	96	96
- праздничные дни	19	19
Потери рабочего времени		
- отпуск	28	28
- невыходы по болезни	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	222	222

Месячный должностной оклад работника:

$$\begin{aligned} Z_{\text{м}} &= Z_{\text{б}} \cdot (k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} = \\ &= 6278,59 \cdot (0,1 + 2,1) \cdot 1,3 = 17956,77 \text{ Руб.} \end{aligned} \quad (8)$$

где $Z_{\text{б}}$ – базовый оклад, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент;

k_d – коэффициент доплат и надбавок;

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

Таблица 19. Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$З_б$, руб.	$k_{пр}$	k_d	k_p	$З_м$, руб.	$З_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$З_{осн.}$, руб.
Руководитель	23264,86	0,1	1,15	1,3	37805,4	1907,3	82	156398,55
Инженер	6278,59	0,1	2,1	1,3	17956,77	905,93	82	74286,01

Дополнительная заработная плата:

$$З_{доп.} = З_{осн.} \cdot k_{доп.} = 74286,01 \cdot 0,1 = 7428,6 \quad (9)$$

где $З_{доп.}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{доп.}$ – коэффициент дополнительной зарплаты;

$З_{осн.}$ – основная заработная плата, руб.

Таблица 20. Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Инженер
Основная зарплата	156398,55	74286,01
Дополнительная зарплата	15639,86	7428,6
Итого по статье $C_{зп}$	172038,4	81714,61

Отчисления на социальные нужды:

$$C_{внеб.инженер} = k_{внеб.} \cdot (З_{осн.} \cdot З_{доп.}) = 0,271 \cdot 81714,61 = 22144,65 \quad (10)$$

$$C_{внеб.руковод} = k_{внеб.} \cdot (З_{осн.} \cdot З_{доп.}) = 0,271 \cdot 172038,4 = 46622,4 \quad (11)$$

где $k_{внеб.}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

5.11.5. Накладные расходы

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

$$\begin{aligned} З_{накл} &= (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{пр} = (З_{мат} + З_{осн} + З_{доп} + З_{внеб} + З_{ам}) \cdot 0,16 = \\ &= (35000 + 74286,01 + 7428,6 + 22144,65 + 156398,55 + \\ &\quad + 15639,86 + 46622,4 + 10666) \cdot 0,16 = 78109,28 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Величина коэффициента накладных расходов - 16%.

5.11.6. Формирование затрат технического проекта

Для формирования бюджета затрат проекта опираемся на рассчитанную величину затрат проекта. При составлении договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку необходимой продукции.

Таблица 21. Бюджет затрат ТП

Наименование статьи	Сумма, руб.	В % к итогу
1. Материальные затраты НТИ	35000	9,5
2. Затраты по основной заработной плате	230684	62,65
3. Затраты по дополнительной заработной плате	23067	6,26
4. Отчисления во внебюджетные фонды	68766	18,67
5. Амортизация	10666	2,89
6. Накладные расходы	58909	16
Бюджет затрат ТП	368183	100

5.12. Определение ресурсоэффективности проекта

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}, \quad (12)$$

где I_{Φ}^p – интегральный финансовый показатель разработки;

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Максимальные затраты на покупку комплектующих для создания прототипа были приняты равными 60000 рублей.

Стоимость комплектующих варианта исполнения текущей разработки равна 53000 рублей. Итоговая стоимость данного варианта исполнения составляет 421183 рубля, включая бюджет затрат НТИ.

Стоимость варианта исполнения аналога составляет 56200 рублей. Итоговая стоимость данного варианта исполнения составляет 424383 рубля, включая бюджет затрат НТИ (таблица 24).

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} = \frac{421183}{428383} = 0,98$$

$$I_{\Phi}^a = \frac{424383}{428183} = 0,99$$

Следовательно, исходя из этого, можно сделать вывод, что интегральный показатель разработки текущего проекта показывает удешевление стоимости разработки в 0,98 раз (около 2%), а интегральный показатель разработки аналога в 0,99 раз (около 1%), т.е. удорожание на 1% относительно стоимости разрабатываемого электропривода на синхронных двигателях.

Ресурсоэффективность проекта можно оценить с помощью интегрального критерия ресурсоэффективности:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (13)$$

где I_{pi} - интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i - весовой коэффициент разработки;

b_i - банальная оценка разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Для определения ресурсоэффективности проекта рекомендуется рассмотреть следующие критерии:

Качество электрической энергии;

2. Надежность;

3. Безопасность;

4. Экономичность;

5. Гибкость.

Таблица 22. Критерии ресурсоэффективности и их характеристики

Критерии	Весовой коэффициент	Бальная оценка разработки	Бальная оценка аналога
1.Качество ЭЭ	0,2	5	4
2.Безопасность	0,25	5	5
3.Экономичность	0,15	4	4
4.Гибкость	0,15	5	4
5.Надежность	0,25	5	5
Итого:	1,00	4,85	4,5

Рассчитаем показатель ресурсоэффективности:

$$I_{mn} = 0,2 \cdot 5 + 0,25 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,25 \cdot 5 = 4,85$$

$$I_{аналог1} = 0,2 \cdot 5 + 0,25 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,25 \cdot 5 = 4,5$$

Интегральный показатель эффективности разработки и аналога определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_\phi^p}, I_{финр}^a = \frac{I_m^a}{I_\phi^a} \quad (14)$$

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_\phi^p} = \frac{4,85}{0,98} = 4,94$$

$$I_{финр}^a = \frac{I_m^a}{I_\phi^a} = \frac{4,5}{0,99} = 4,54$$

Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{финр}}^p}{I_{\text{финр}}^a}, \quad (15)$$

где - $\mathcal{E}_{\text{ср}}$ – сравнительная эффективность проекта;

$I_{\text{тэ}}^p$ – интегральный показатель разработки;

$I_{\text{тэ}}^a$ – интегральный технико-экономический показатель аналога.

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{финр}}^p}{I_{\text{финр}}^a} = \frac{4,94}{4,54} = 1,08$$

Отразим сравнительную эффективность разработки в таблице 23.

Таблица 23. Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Аналог	Разработка
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,99	0,98
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,5	4,85
3	Интегральный показатель эффективности	4,54	4,94
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,08	

5.13. Матрица ответственности

Таблица 24. Матрица ответственности

Этапы проекта	И/магистрант	С/Руководитель
Изучение литературы	*	

Таблица 24 (продолжение). Матрица ответственности

Составление технического задания	*	*
Математическое моделирование ППН	*	*
Разработка САУ ППН	*	
Разработка САУ инвертора	*	*
Статья на конференцию	*	*

На основании сравнения конкурентного технического решения по повышению показателей качества сетевого инвертора, принято решение, о целесообразности проведения разработки. Однако, детальная оценка экономической эффективности, выходит за пределы данного исследования и нуждается в дальнейшей проработке.

6. Социальная ответственность

Введение

Цель данного раздела – анализ вопросов, посвященных организации рабочего места, производственной санитарии, техникой производственной безопасности, охране окружающей среды и обеспечению безопасности при ЧС. Основная задача – соответствие допустимым нормам условий труда для улучшения последних, повышения производительности труда, сохранения работоспособности, а также охраны окружающей среды.

Объектом исследования является солнечная батарея и МРРТ-контроллер. В ходе работы производится сбор и обзор литературы (статьи, диссертации, учебные пособия и монографии) по данной тематике, её обработка, моделирование объекта исследования, проведение математических расчетов. Итогом является представление имитационных моделей объектов исследования, составление рекомендаций касательно их работы, а также дополнительные комментарии к результатам исследования. Работа выполняется в закрытом помещении (кабинет, аудитория), оборудованном компьютерной и офисной техникой, которая необходима для выполнения аналитических исследований, связанных с использованием стандартного и специального программного компьютерного обеспечения.

6.1. 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.

Режим труда и отдыха – это устанавливаемые для каждого вида работ порядок чередования периодов работы и отдыха и их продолжительность. Согласно Ст. 305 Трудового кодекса РФ Режим работы, порядок предоставления выходных дней и ежегодных оплачиваемых отпусков определяются по соглашению между работником и работодателем - физическим лицом. При этом продолжительность рабочей недели не может быть больше, а продолжительность ежегодного оплачиваемого отпуска меньше, чем установленные настоящим Кодексом.

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.

Здоровье человека напрямую связано с его работоспособностью и утомляемостью, а от состояния здоровья во многом зависит успешность трудовой деятельности работника. Утрачивание резервных возможностей, сопротивляемости организма к внешним и внутренним негативным факторам ведут к существенному снижению эффективности профессиональной трудовой деятельности.

6.2. Производственная безопасность

Вредные и опасные производственные факторы, соответствующие солнечным электростанциям, представлены в таблице 8.1 согласно ГОСТ 12.0.003-74.

Таблица 25. Опасные и вредные факторы при выполнении работ в лаборатории

Ф а к т о р ы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1.Отклонение показателей микроклимата			+	СанПиН 2.2.4.548-96
2. Превышение уровня шума		+		ГОСТ 12.1.003-83
3.Отсутствие или недостаток естественного света	+	+		СНиП 23-05-95
4.Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+		СП 52.13330.2016
5.Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека			+	ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ

6.3.Анализ опасных и вредных производственных факторов

6.3.1. Отклонение показателей микроклимата

Превышение предельно допустимой температуры воздушной среды рабочих зон может возникнуть в смесеприготовительных отделениях, оборудованных печами для сушки песка и глины, а также в стержневых отделениях, где в местах извлечения стержней из сушильных печей температура воздуха может достигать 50°С и более. Для плавильных отделений характерен резкий перепад температур, когда высокая температура воздуха, окружающего плавильные печи, снижается по мере удаления от них на некоторое сравнительно небольшое расстояние до более низкого значения. Такой перепад температур особенно резко выражается в холодный период года.

6.3.2. Повышенный уровень шума на рабочем месте

В результате исследований установлено, что шум и вибрация ухудшают условия труда, оказывают вредное воздействие на организм человека. Действие шума различно: затрудняет разборчивость речи, вызывает снижение работоспособности, повышает утомляемость, вызывает необратимые изменения в органах слуха человека. Шум воздействует не только на органы слуха, но и на весь организм человека через центральную нервную систему. Ослабляет внимание, ухудшается память, снижается реакция, увеличивается число ошибок при работе.

6.3.3. 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.

6.3.4. 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.

6.4. Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя (работающего)

6.4.1. Отклонение показателей микроклимата

Понижение температуры воздушной среды до установленных санитарных норм обеспечивается применением водяного или воздушного охлаждения нагретых поверхностей и ограждений, с тем чтобы их температура не превышала 45°C, а также устройством общеобменной и местной вытяжной вентиляции. Для облегчения условий работы используют также воздушное душирование, т. е. обдувку рабочего направленным потоком воздуха со скоростью 2—3 м/с (рис. 1). При этом снижается температура на поверхности одежды рабочего и облегчается отдача тепла его организмом. На участках, где невозможно по тем или иным причинам применить подобные устройства, используют в тех же целях передвижные пропеллерные установки.

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

терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности.

Таблица 26. Нормы микроклимата по ГОСТ 12.1 005-88 и СанПиН 2.2.4.548-96

Период года	Категория работ	Температура воздуха, $t_{в}$ °С		Температура поверхностей, $t_{п}$ °С		Относительная влажность воздуха, W%		Скорость движения воздуха, v м/с	
		Оптим.	Допуст.	Оптим.	Допуст.	Оптим.	Допуст. При:	Оптим. не более	Допуст. не более
	легкая–Iб	21-23	19-24	20-24	18-25	40-60	При $t_{в} \leq 24$ W=15-75	0,1	0,1-0,2
	легкая –Iб	22-24	20-28	21-25	19-29	40-60	При $t_{в} \leq 24$ W=15-75	0,1	0,1-0,3

6.4.2. Повышенный уровень шума на рабочем месте

Таблица 27. Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах для трудовой деятельности разных категорий тяжести и напряженности в дБА

Категория напряженности	Категория тяжести трудового процесса				
Трудового процесса	Легкая физическая нагрузка	Средняя физическая нагрузка	Тяжелый труд 1 степени	Тяжелый труд 2 степени	Тяжелый труд 3 степени
Напряженность легкой степени	80	80	75	75	75
Напряженность средней степени	70	70	65	65	65
Напряженный труд 1 степени	60	60	-	-	-
Напряженный труд 2 степени	50	50	-	-	-

Перечень мероприятий по снижению уровня шума:

- наличие подвесного потолка, который служит звукопоглощающим устройством;
- использование звукопоглощающих материалов;
- применение на рабочих местах звукогасящих экранов;
- уменьшение площади стеклянных ограждений и оконных проемов.

6.4.3. Отсутствие или недостаток естественного света, недостаточное освещение рабочего места

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 28. Пайка SMD-компонентов относится к зрительным работам высокой точности (III, б). При этом контраст компонентов с фоном печатной платы средний.

Таблица 28. 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
			b	Малый Средний	Средний Тёмный	1000 750	200 200	300 200
			в	Малый Средний	Светлый Средний	750 600	200 200	300 200
				Большой Тёмный	Тёмный	600	200	200
			г	Средний Большой «	Светлый « Средний	400	200	200

В соответствии с таблицей 28 принимаем, что освещённость при использовании искусственного освещения должна составлять 1000 лк при системе комбинированного освещения.

6.4.4. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может пройти через тело человека

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:

- оградительные устройства;
- устройства автоматического контроля и сигнализации;
- изолирующие устройства и покрытия;
- устройства защитного заземления и зануления;
- устройства автоматического отключения;

- устройства выравнивания потенциалов и понижения напряжения;
- устройства дистанционного управления;
- предохранительные устройства;
- молниеотводы и разрядники;
 - знаки безопасности.

6.5. Экологическая безопасность

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

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

Неблагоприятные воздействия солнечной энергии на окружающую среду могут проявляться:

- в отчуждении земельных площадей, их возможной деградации;
- в большой материалоемкости;

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

6.6. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Наиболее распространенными источниками возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного характера являются пожары и взрывы, которые происходят в зданиях и сооружениях жилого, социально-бытового и культурного назначения.

Предусматриваемые при проектировании зданий и установок противопожарные мероприятия зависят прежде всего от пожарной или взрывопожарной опасности размещенных в них помещений. Помещения и здания в целом делятся по степени пожарной или взрывопожарной опасности на пять категорий в соответствии с НПБ 105-03. Данное помещение можно отнести к категории «В». Категория «В» включает в себя помещения содержащие горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе волокна и пыль), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом гореть при условии, что помещения, в которых они имеются или обращаются, не относятся к категориям А или Б.

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 включателей, 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 на производстве обеспечивается следующими мероприятиями пожарной профилактики:

- организационные – противопожарный инструктаж, создание добровольных пожарных дружин и комиссий, разработка планов эвакуации;
- технические – соблюдение норм и правил при проектировании и строительстве зданий, соблюдение норм при выборе оборудования, устройство вентиляции и отопления, оснащение средствами пожаротушения и т.д.;
- режимные – запрещение курения в неустановленных местах;
- эксплуатационные – своевременный ремонт оборудования.

Система пожарной защиты предусматривает следующие меры:

- предотвращение распространения пожара за пределы очага;
- применение средств пожаротушения;
- эвакуация людей в случае пожара;
- применение средств пожарной сигнализации и средств извещения.

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

В помещении площадью 60 м² согласно документу «Правила противопожарного режима в 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.

План эвакуации людей приведен на рис. 42.

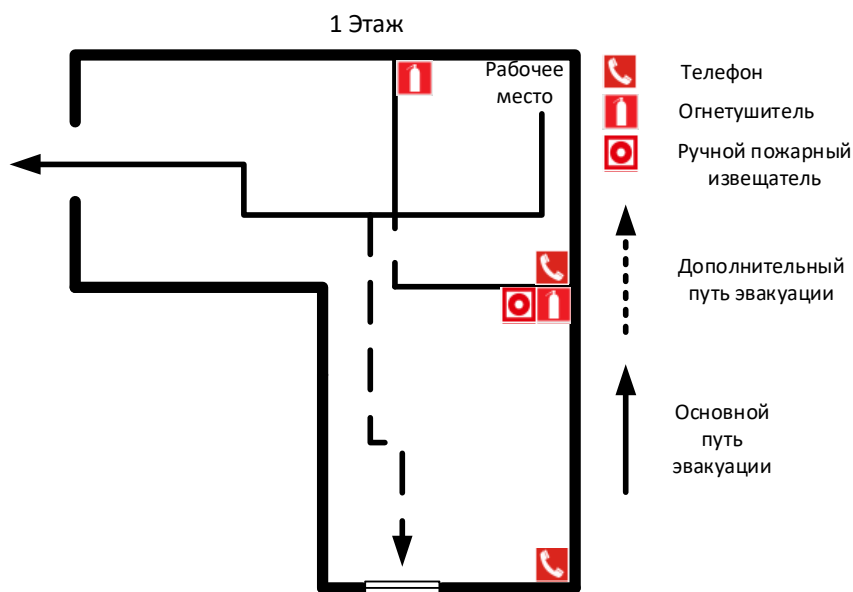


Рис. 42. План эвакуации людей при пожаре

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.

Выводы по разделу

В данном разделе были рассмотрены вопросы социальной ответственности, к которым относятся профессиональная социальная безопасность, экологическая безопасность, а также безопасность в ЧС и правовые и организационные аспекты обеспечения безопасности. По итогам этого раздела необходимо отметить, что в части «Производственная безопасность» были проанализированы вредные и опасные факторы,

возникающие в ходе исследовательского процесса. К ним относятся отклонение микроклимата в помещении, недостаточная освещённость рабочей зоны, поражение электрическим током, отсутствие или недостаток естественного света, превышение уровня шума. Все эти факторы при превышении установленных норм негативно влияют на здоровье человека, вызывая долгосрочные ухудшения его состояния или травмы. В части «Экологическая безопасность» были рассмотрены возможные негативные последствия, влияющие на окружающую среду, в ходе рабочего процесса. В качестве наиболее вероятной ЧС в заключительной части раздела была рассмотрена пожарная опасность. Для этой ЧС были разработаны организационные мероприятия по предотвращению и устранению опасности.

Заключение

- В результате моделирования преобразователя напряжения с экстремальным регулированием на основе схемы Кука значение точности (95–99%) достижения точки максимальной мощности. Результаты моделирования схемы удовлетворяет теоретическим и экспериментальным данным зарубежных [1, 3, 7, 8, 9, 11] и отечественных [6,10] исследований.
- Для увеличения точности (до 99%) нахождения точки максимальной мощности и уменьшения пульсаций регулируемого параметра (ток, напряжение, мощность СБ или скважность ключа) наиболее приемлем адаптивный алгоритм возмущения и наблюдения.
- Метод возмущения и наблюдения в работе с ПНЭР на основе схемы Кука является предпочтительным, так как он менее требователен к ресурсам микроконтроллера из-за простоты реализации. Данный метод при реализации адаптивного алгоритма, обеспечивает высокую скорость достижения нужных параметров, высокий уровень точности, низкие пульсации.

Список источников

1. Manimekalai P., Harikumar R., Raghavan S. A Hybrid Maximum Power Point Tracking with Interleaved Converter for Standalone Photovoltaic Power Generation System // International Energy Journal. –2014. –Vol. 14. –issue 12. –pp. 143–154.
2. Об основных направлениях государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии. Распоряжение Правительства РФ от 8 января 2009 года No1-р. // На официальном сайте правительства РФ URL:<http://government.ru/docs/20503/>
3. Mohammed El Alami, Mohamed Habibi, Seddik Bri. Modeling the Chain of Conversion for a PV System // Smart Grid and Renewable Energy. –2014. –Vol. 5. –issue 10. –pp.239-248.
4. Характеристики фотоэлектрического модуля Kyocera KC200GT // Kyocera Corporation. URL: <https://www.solarelectricsupply.com/kyocera-kc200gt-solar-panel-565>
5. Характеристики фотоэлектрического модуля KSM-160. // ООО Квант. URL: www.rusnanonet.ru/download/nano/file/ksm160.pdf.
6. 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 Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2013. –Т. 27. –№ 1. –С. 14–19. Донцов О.А. Иванчура В. И. Краснобаев Ю. В. Пост С. С. Автономная система электропитания с экстремальным регулированием мощности первичных источников энергии // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2016. Т. 327. № 12. 35–44
7. Pradeep Kumar Yadav A., Thirumaliah S., Haritha G. Comparison of MPPT Algorithms for DC-DC converters based PV systems //

Directory of open access journals.2013.URL: <https://doaj.org/article/10517792b1d843e9b69779fb5560a214>

8. Saleh Elkelani Babaa, Matthew Armstrong, Volker Pickert. Overview of Maximum Power Point Tracking Control Methods for PV Systems // Journal of Power and Energy Engineering. –2014. –Vol. 2. –issue 8. –pp. 59-71

9. Deepak Verma, S. Nema, A.M. Shandilya, Soubhagya K. Dash. Comprehensive analysis of maximum power point tracking techniques in solar photovoltaic systems under uniform insolation and partial shaded condition. // Journal of Renewable and Sustainable Energy. 2015. URL: <http://scitation.aip.org/content/aip/journal/jrse/7/4/10.1063/1.4926844>

10. Михальченко С.Г., Русскин В.А., Семёнов С.М., Орлянский И.П., Halász Sándor.Подход к построению адаптивного алгоритма экстремального регулирования мощности в системе солнечной энергетики// Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2018. Т. 329. No 3. 102–112

11. Areen Abdallah Allataifeh, Khaled Bataineh, Mohamad Al-Khedher. Maximum Power Point Tracking Using Fuzzy Logic Controller inder Partial Conditions // Smart Grid and Renewable Energy. –2015. –Vol. 6. –issue 1. –pp. 1-13.

12. Cuk converterer xample. // Fundamentals of PowerElectronics. URL: http://eas.uccs.edu/~cwang/ECE5955_F2015/PowerElectronics_f2015/ch2/Sects2-4and2-5.pdf

Приложение I
(справочное)

**Analysis of adaptive and non-adaptive algorithms for tracking the maximum
power point in alternative energy devices**

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM87	Орлянский Илья Павлович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Глазырин А.С.	д.т.н.		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Качалов Н.А.	к.п.н		

Abstract

Solar energy is an inexhaustible source of energy, which is also one of the most environmentally friendly and cheap types of energy. The development of solar energy, along with other alternative energy sources, is a major challenge for the whole world, since at current volumes of consumption, oil reserves will last for 53 years. Therefore, after some time, this type of energy will compete with traditional energy sources, due to annual cost reductions. Solar panels have already found their application in various industries, for example, in the aviation industry, in the automotive industry, in agriculture, in construction, in the space industry. In areas with sufficient solar radiation, solar panels are used to power private homes.

Introduction

At present, Russia has advanced technologies related to the conversion of solar energy into electrical energy. Various enterprises and organizations develop and improve the technology of photovoltaic converters. There are a number of solutions for the needs of solar power plants. The most promising regions are located in southern Russia, as well as in the southern regions of Siberia and the Far East. But still, the level of development of Russian solar energy lags behind the world. The most developed countries in the solar industry are Germany, China, Italy, Japan and the United States.

However, the generation of solar energy has a number of problems. One of which the incoming power to the solar battery depends on the level of illumination by the sun, but energy consumption does not depend on the level of illumination. This makes certain problems in the power supply, for example, at night, when the level of illumination is minimal. To solve this problem include:

- Connecting batteries to keep excess energy.
- Changes in the angle of inclination of the solar battery (tracking the sun).
- MPPT controller.

Speaking about the latter, we can say that it is necessary to create power converters, as well as their control systems, allowing achieving the best energy efficiency measures. Such power converters include grid-controlled inverter (Fig. 1) and independent inverter (Fig. 2) of solar panels (SP). These converters have a DC link at the input of the DC-AC converter. An independent inverter needs an additional power source due to the lack of night light at night. This indicates the need for an accumulator battery (AB) at the input of the DC link of the autonomous inverter and charge controller, which can be a DC-to-DC power converter controlled by PWM control. In a grid-controlled inverter of SP DC / DC converter is also necessary to expand the working range of the DC link and to track the maximum power point on the current-voltage characteristic (CVC) of the solar battery.

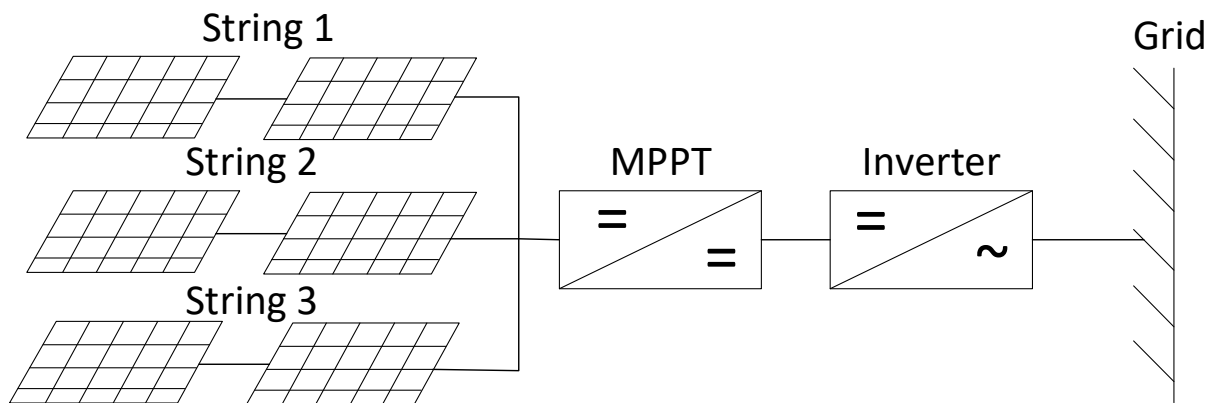


Fig. 1. Grid-controlled inverter

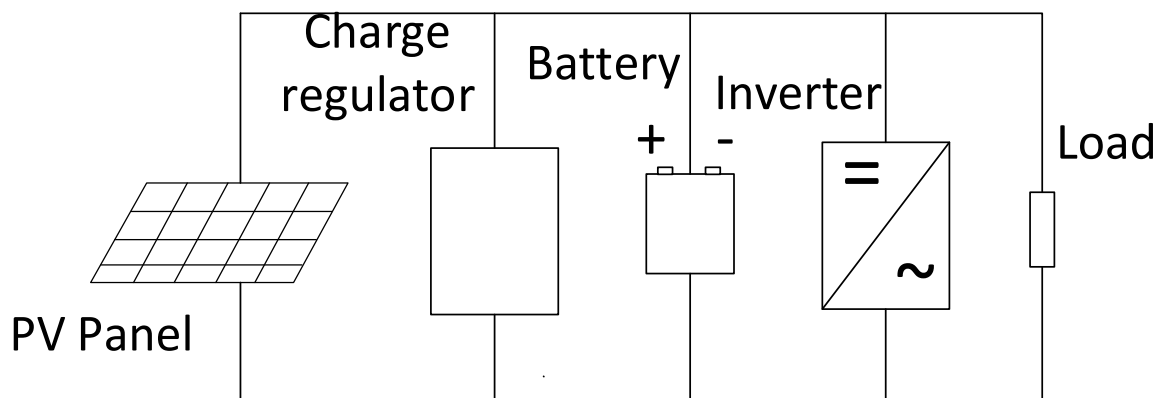


Fig. 2. Independent inverter

As mentioned earlier, as a DC link at the input of both types of inverters, a DC-DC converter is used, which includes a buck, boost, buck-boost, and a Ćuk converter. The work objective is to research the operation of the MMMT controller based on previously known DC-DC converters (boost, buck-boost and Ćuk converter) based on an adaptive algorithm for extreme power control. This research will show on the basis of which DC-DC converter the system can search for the maximum power point with the lowest ripple ratio of power and voltage, the best accuracy of power operational factor of the volt-watt characteristic (VWC).

The author conducted researches based on the boost, buck-boost and Ćuk converter. C ++ software was written to tracking a valid parameter area. The implementation of the adaptive algorithm of the perturbation and observation method for optimizing the output power of the solar panel is proposed. Based on this, data have been obtained that can improve the reliability of the design of power supply systems based on solar energy, including:

- during device design, detect abnormal modes of operation, predict likely malfunctions and failures.
- to study the work of the solar battery at different levels of illumination during the day. Then, based on the research of this device, to build the time characteristics of illumination, I – V characteristics, VWC of the solar battery.

2. Object and research methods

2.1. Converter Description

A boost converter (DC / DC), is a direct current converter containing a diode, a key (which is a transistor), a capacitor and an inductor. The principle of operation is as follows when the switch S is closed, the diode is closed, and a linearly increasing current i_L flows from the current source through the inductor L. When the switch opens, the inductance current, which cannot change instantly, begins to pass through the diode D and the capacitor C (charging it). At the end of

the cycle, a linearly decreasing current through the capacitor decreases to zero, however, the voltage at the load applied to the load R is almost constant, since the larger the capacitor, the less the ripple of the output voltage. The voltage at the load is always greater than the input voltage. In Fig. 3 shows a boost converter [1].

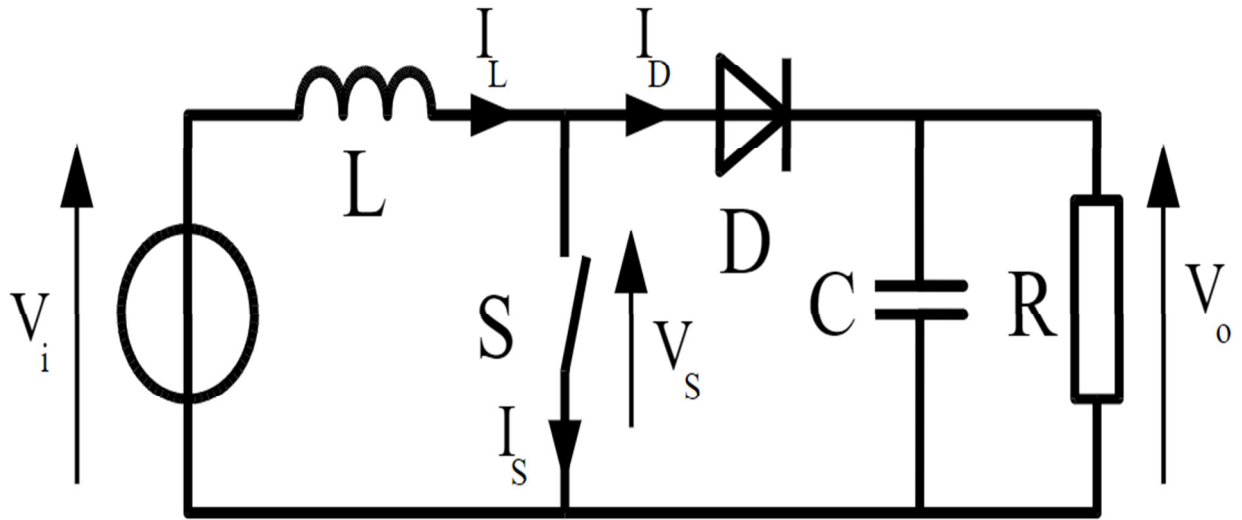


Fig. 3. Boost converter

In Fig. 4 shows a buck-boost converter. Unlike the boost converter, the circuit D, R, C is connected in parallel with the inductor, and not the transistor. But the principle of operation of both schemes is similar. In the case of a key closure, S, D closes, and at the same time, a linearly increasing current flows from the source through the inductor L . But when the key S is opened, the current of the inductor begins to flow through the capacitor C (charging it) and the diode D , while not changing instantly due to the presence of the inductor L . By the end of the cycle, the current through the capacitor may gradually drop to zero; however, the voltage at the converter output is almost constant due to the capacitor C connected in parallel to the load R . The larger the capacitor, the less the output voltage ripple. Another feature of the circuit is that the output voltage can be less or more than the voltage at the source, but the sign of the output voltage will differ for any value of the duty cycle of the key S .

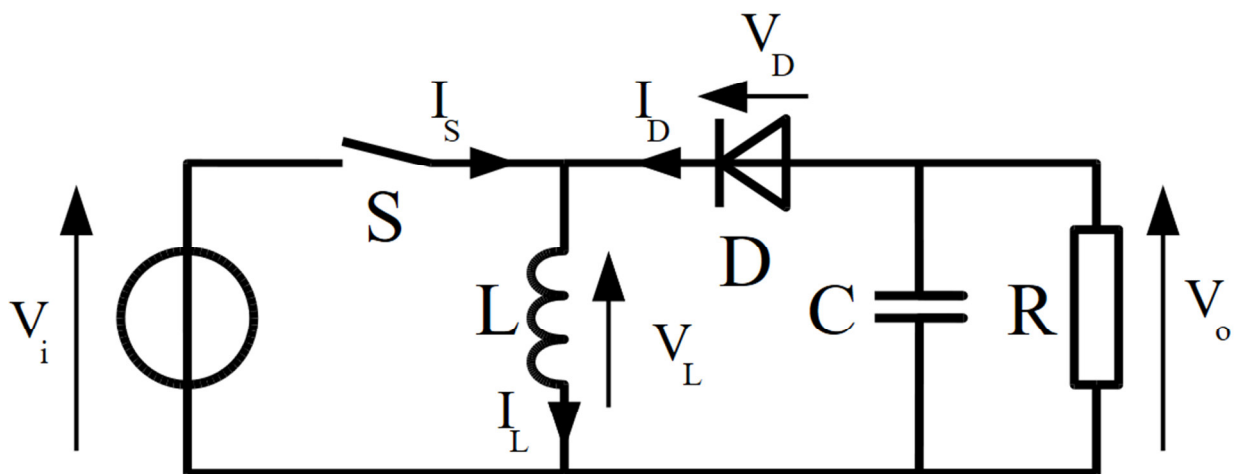


Fig. 4. Buck-boost converter

The Ćuk Converter (Fig. 5) is a cascade connection of boost and buck DC / DC converters. As in the previous scheme of the inverting converter, the output voltage can be either more or less than the input voltage. The circuit contains two chokes, one capacitor and a transistor that performs the functions of a key. When the key is closed, the capacitor uses the stored energy at the input and transfers it to the output of the circuit. This converter can operate in intermittent and continuous current mode.

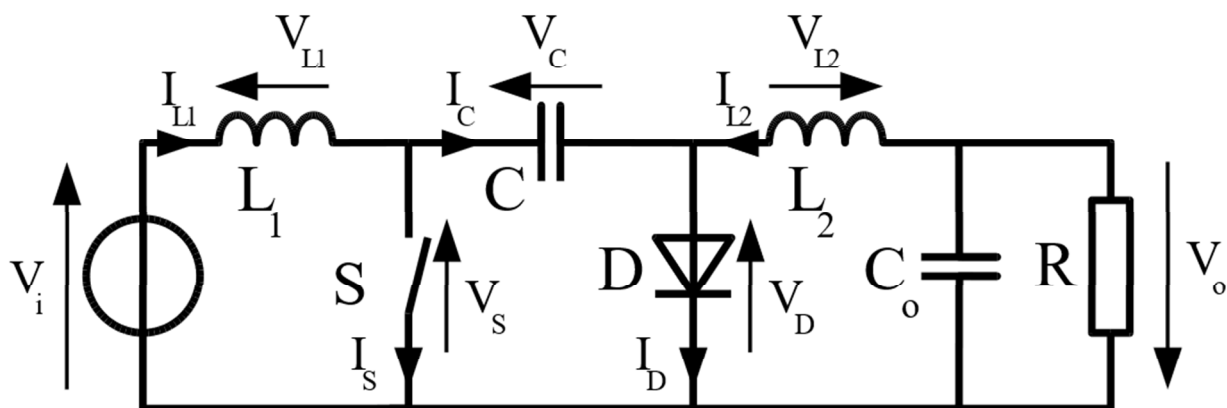


Fig. 5. Ćuk scheme

It is extremely important now to expand the use of solar energy sources for low-power consumers (house, collective and individual households). The basis for increasing the share of renewable energy in the country's energy balance is the introduction of such solutions - based on the selection of the right combination of energy sources available for a particular area and using them as efficiently as

possible. This choice will be made directly by the consumer; this will be a big impetus to the development of the renewable energy market [2].

In this paper, we conducted studies of a voltage converter with extreme regulation based on a boost, buck-boost converter, and Cuck scheme. Converters are used in low power energy supply systems. The solar battery (SB) is the main source of energy, and the charge-discharge device of the battery accumulates energy using an inverter. DC voltage is converted to AC voltage.

Basically, an independent inverter is used for autonomous consumers, and a grid-controlled inverter, it is advisable to use to power a consumer connected to an industrial network. In a word, these structures are much more promising for use by individuals and small enterprises, based on overall dimensions, efficiency and cost [3].

In Fig. 6 shows a typical block diagram of a voltage converter with extreme regulation based on a Cuck converter, which is used to increase the working range of the power supply system and the maximum power point tracking (MPPT). It is installed between the SB and the inverter.

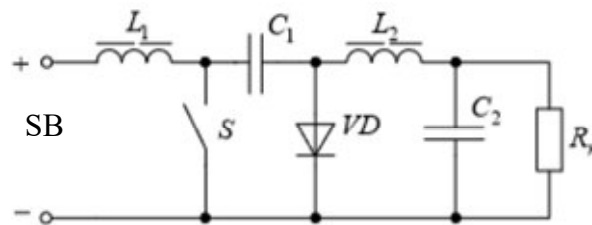


Fig. 6. Block diagram of a Cuck converter

2.2. Solar battery

Here discusses one of the main ways to increase the energy efficiency of photovoltaic plants. A method for implementing the maximum power tracking (extreme regulation) mode is to search for the point of the current-voltage characteristic ($I - V$), which corresponds to the extremum of the volt-watt ($I - V$) characteristic of the solar battery [4, 5]. Due to the complexity of describing the characteristics ($I - V$) of a real SB, a simple mathematical model of SB is used here [6]. Here, the characteristic ($I - V$) is given by three characteristic points:

open circuit voltage U_{xx} , short circuit current I_{K3} , optimal values of current I_0 and voltage U_0 :

$$I_{CB} = I_{K3} \left(1 - \left(1 - \frac{I_0}{I_{K3}} \right) \frac{U_{XX} - U_{CB}}{U_{XX} - U_0} \right) \quad (1)$$

Figure 7 shows examples of the volt-ampere and volt-watt characteristics of the Kyocera KC200GT photovoltaic panel constructed by formula (1) [4].

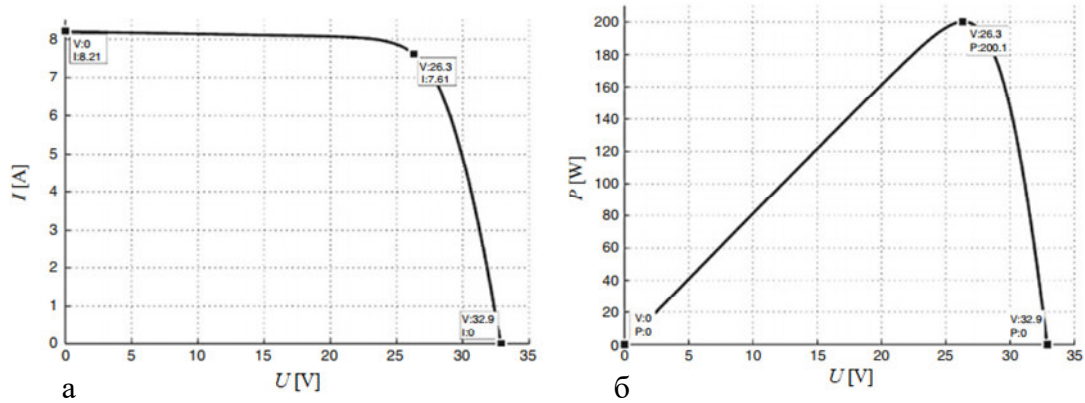


Fig. 7 a) volt-ampere б) volt-watt characteristics of the Kyocera KC200GT

2.3. Overview of existing control algorithms

An example of algorithms for optimizing the output power is the perturbation and observation method, the method of incrementing conductance and the constant voltage method [7-11]. In this paper, the perturbation and observation method is used.

The principle of operation of the perturbation and observation algorithm is that the device changes the equivalent resistance of the converter by varying the duty cycle of the power switch [10, 11]. By changing the resistance value by a certain amount by a step, a voltage change occurs on the SB. Then the parameters are measured. If the power increases, the controller continues to change the setting parameter in the same direction until the power stops increasing. This method is very used because of its simplicity; therefore, it can be implemented on the basis of the functional diagram of the voltage converter with an extreme regulation control system.

Adaptive of the perturbation and observation algorithm at every moment of time changes the step of the task to the input voltage. The power increment step is reduced if the previous power increased, and the next decreased.

In the method of incrementing conductance, the converter detects an increase in the current and voltage of the SB to predict the effect of an increase or decrease in voltage. When compared with the perturbation and observation method, this method requires large calculations but can track changes in environmental conditions much faster than the previous method. This method also leads to power fluctuations. The method under consideration uses the increased conductance $\partial I/\partial U$ of the solar battery to calculate the sign of the change in power with respect to voltage $\partial P/\partial U$. In this case, the point of maximum power is calculated and the increasing conductance $\Delta I/\Delta U$ is compared with the conductivity of SB (I/U). When the condition $\Delta I/\Delta U = I/U$ is met, the output voltage is equal to the voltage corresponding to the highest power value.

2.4. PWM control

Now in power electronics, especially in DC-DC converters, the principle of PWM control is widespread. Here, to generate a pulse of certain duration, which is fed to the base of the transistor to open it, voltage reference sources are used, as well as a comparator. In fig. 8 is a timing diagram of the PWM control, where it is shown how the necessary pulse duration t_r is formed.

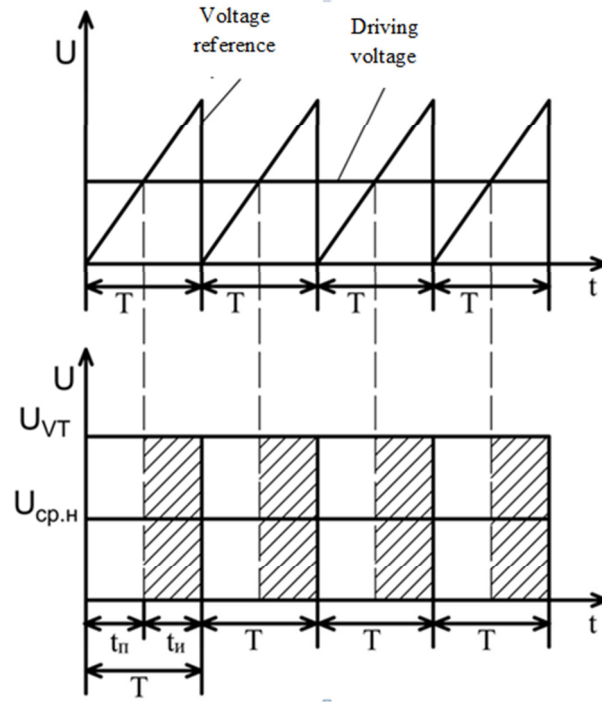


Fig. 8. Timing Diagram of PWM control

When implementing this principle, a sawtooth signal of a certain frequency, which is called the reference signal, is fed to one input of the comparator. The second input is supplied with a driving voltage. Then, the reference voltage is compared with the driving voltage. As a result, a pulse of the corresponding duration is formed at the output of the comparator. Thus, you can change the value of the reference voltage to change the duty cycle, and accordingly the voltage at the load. To reduce the parameters of chokes and capacitors, which leads to a decrease in the overall dimensions of the device, the frequency of the reference signal should be made maximum.

3. Modeling

In [10], a model was considered where there was only a boost converter; the transistor duty cycle here was also dynamically adjusted using an algorithm. There will also be a simulation of maximum power point tracking systems with a boost, buck-boost and cuck converter. Based on the models, the adaptive perturbation algorithm and the observation of extreme regulation are programmed. This will allow you to get more data close to the performance of a real system. The objective of the simulation is to compare the performance of all three schemes and

determine the most preferred option. To do this, the simulation will be carried out with the same initial conditions, namely, a change in the level of illumination.

In Fig. 9 depicts illumination values that change over time. The object under study works with the given initial conditions to show how the system behaves at different light levels.

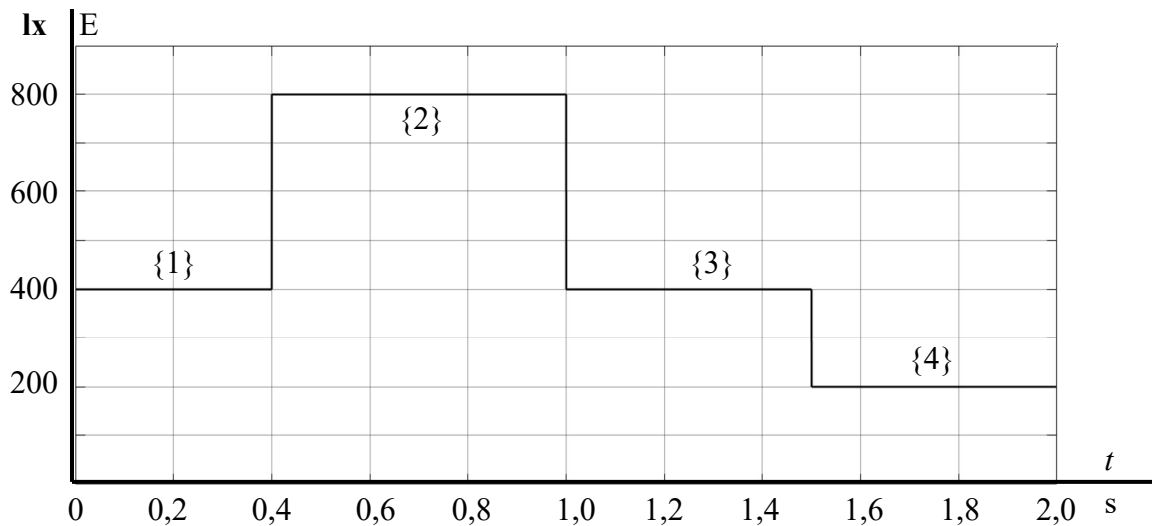


Fig. 9. Levels of illumination

3.1. Modeling the work of the voltage converter with extreme regulation with the Ćuk scheme

Figure 10 shows a simulation model of a maximum power point tracking system with a cuck converter.

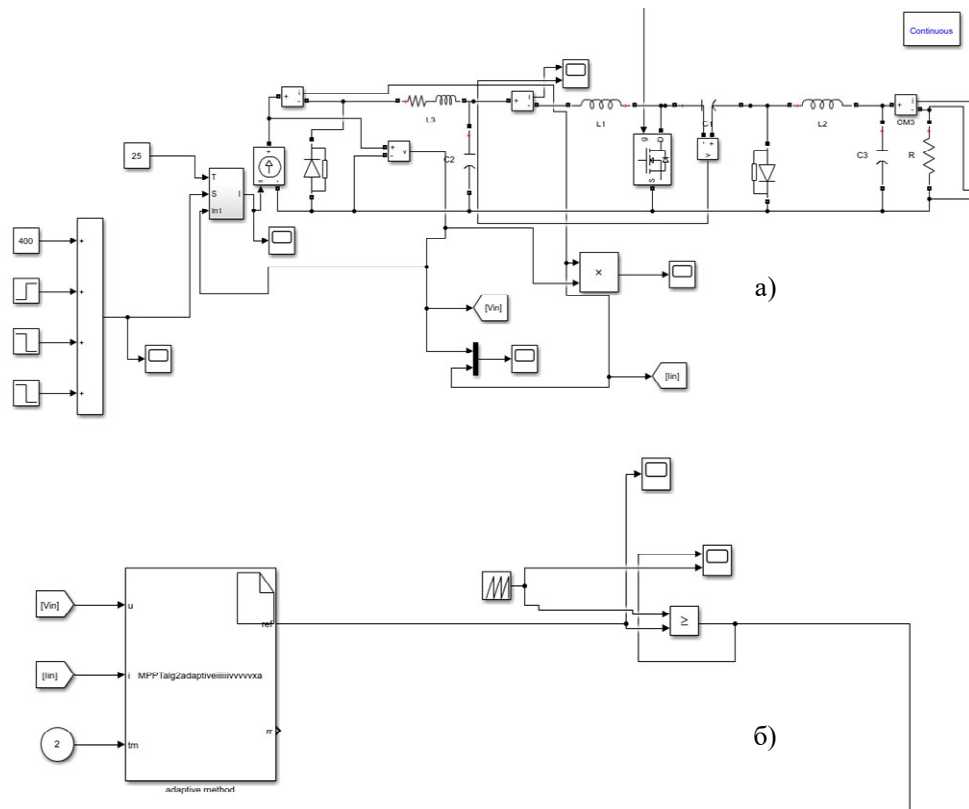


Fig. 10. Simulation model of a maximum power point tracking system with a cuck converter: a) power circuit; б) control system

As a result of simulation modeling for the model with the cuck converter, we obtained the graphs of the output to the operating point of the characteristic ($I - V$) and determined the points of the maximum $I - V$ power when changing the illumination of the solar panel. The timing diagrams of current, voltage (Fig. 11) and power (Fig. 12) for the adaptive perturbation and observation algorithm show how the step of setting the input voltage decreases. It also provides access to the operating point, in accordance with the characteristics obtained mathematically. This algorithm is characterized by small ripples, as well as the speed of reaching the operating point.

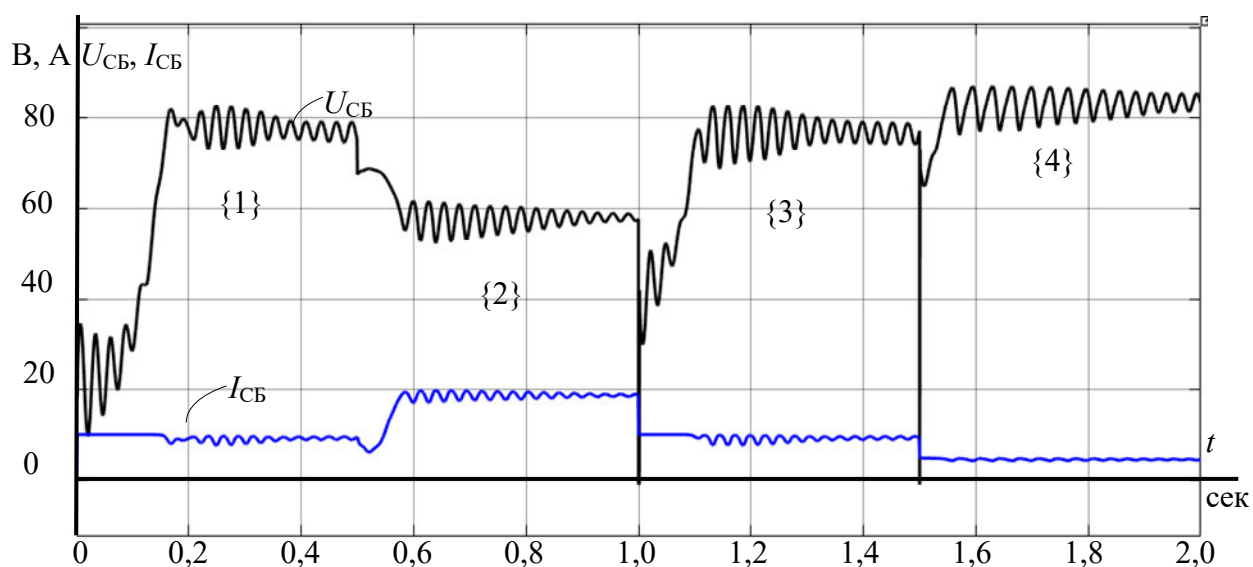


Fig. 11. The time diagrams of current, voltage with Ćuk converter

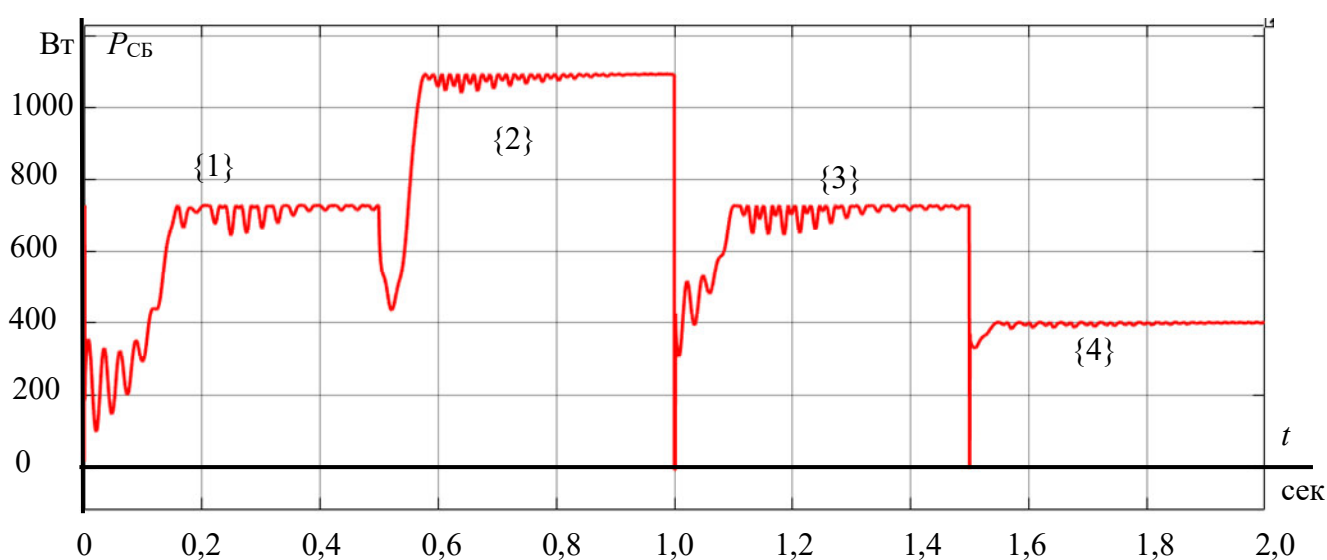


Fig. 12. Power diagram of solar panel with Ćuk converter

3.2. Modeling the work of the voltage converter with extreme regulation with the boost converter

In Fig. 13 is a simulation of a maximum power point tracking system with a boost converter.

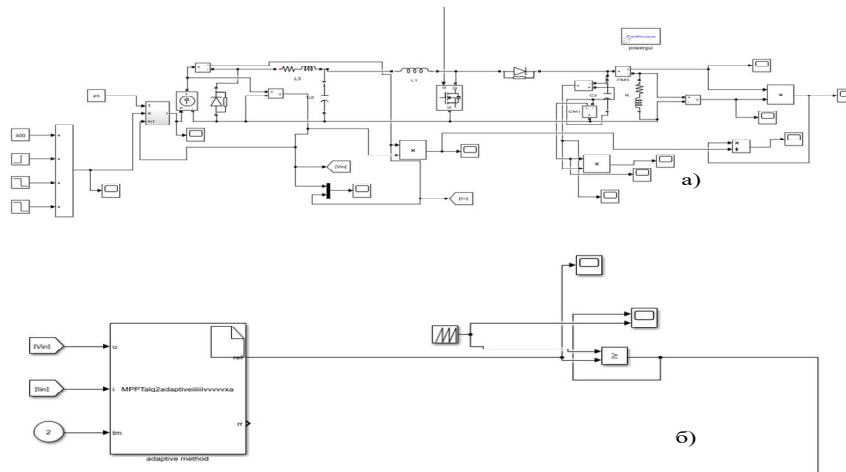


Fig. 13. Simulation model of a maximum power point tracking system with a boost converter: a) power circuit; б) control system

Here, in contrast to the previous scheme, large ripples in voltage and power are observed over the entire period of time the illumination changes. The timing diagrams of current, voltage (Fig. 14) and power (Fig. 15) for the adaptive perturbation and observation algorithm show how the step of setting the input voltage, although it decreases, still the ripple remains large. In accordance with the characteristics, an exit to the operating point is also performed here, but with large fluctuations in the power of the SB.

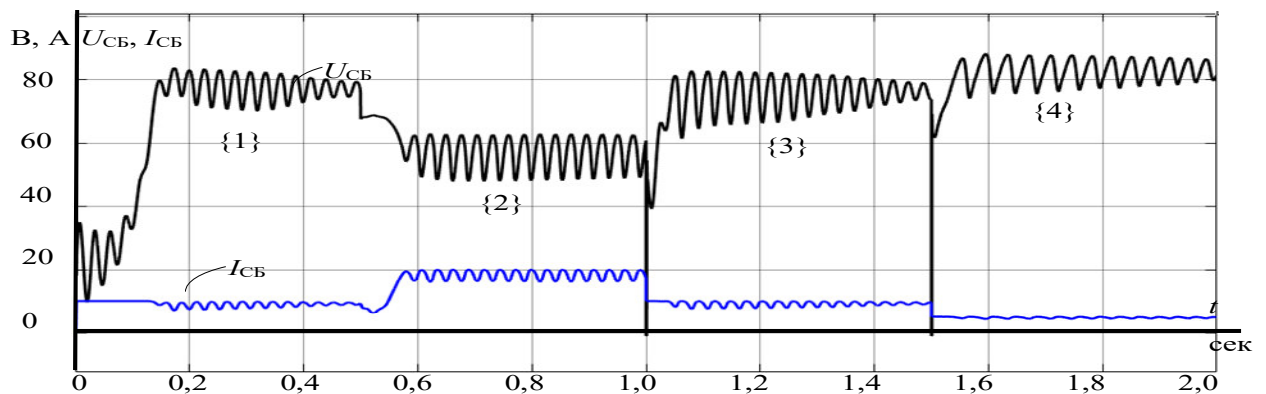
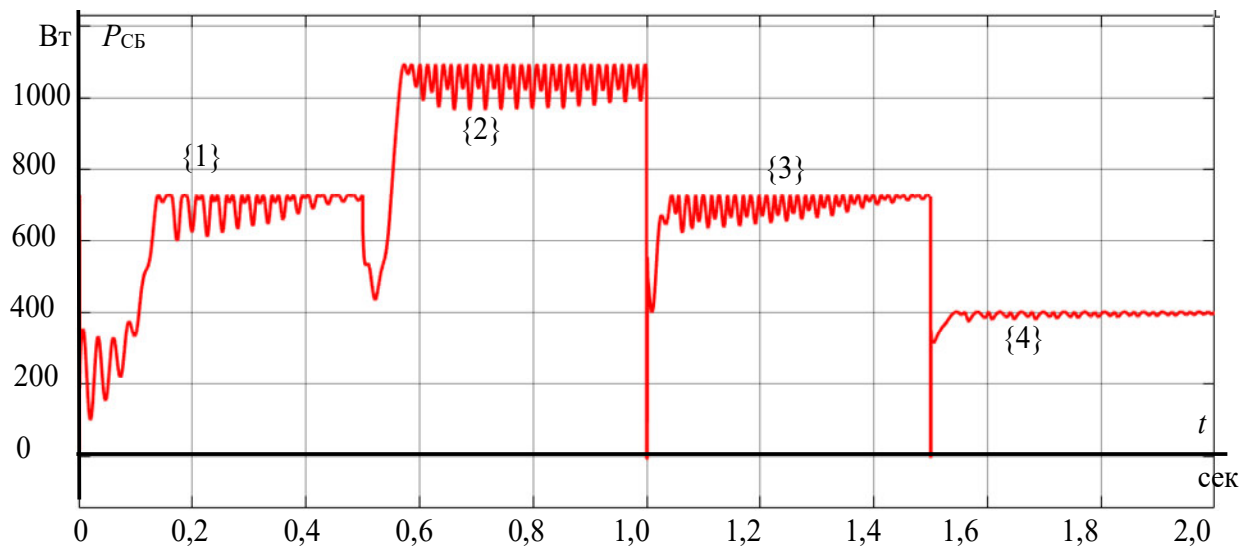
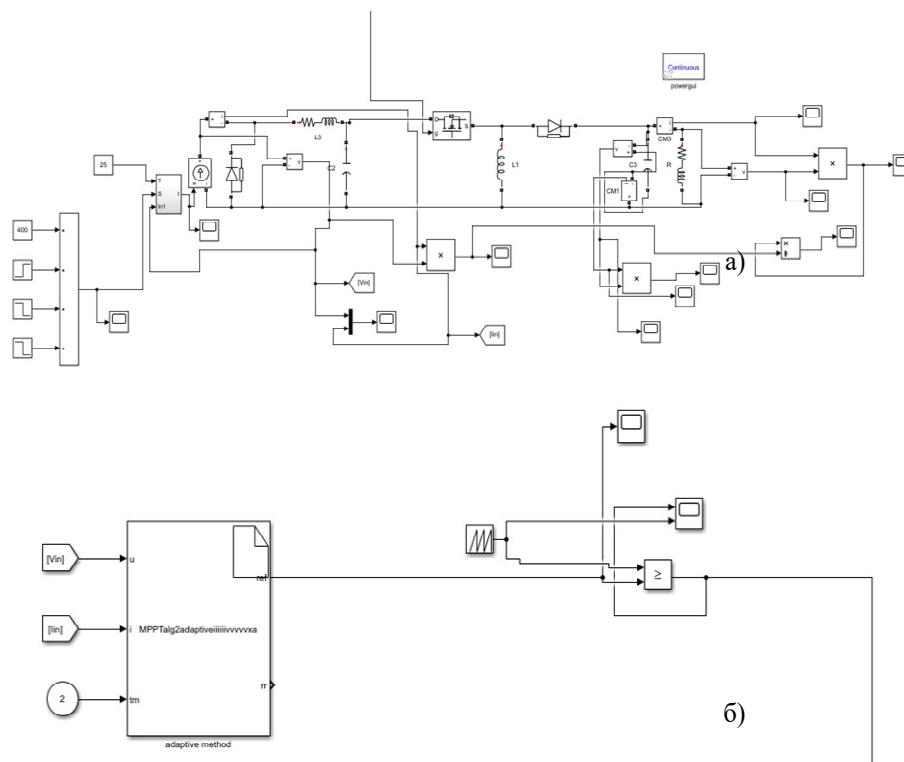


Fig. 14. The time diagrams of current, voltage with boost converter



3.3. Modeling PNER with a buck-boost converter

In fig. 16 shows a simulation model of a maximum power point tracking system with a buck-boost converter.



As a result of modeling an extreme regulation converter based on a buck-boost converter, the graphs of reaching the operating point are obtained. The timing diagrams of the current, voltage (Fig. 17) and power (Fig. 18) obtained during the simulation show that the ripple compared to the boost converter is noticeably less, but still slightly larger than in the Cook circuit. As with the previous schemes, here also an exit to the operating point is carried out, in accordance with the characteristics obtained mathematically.

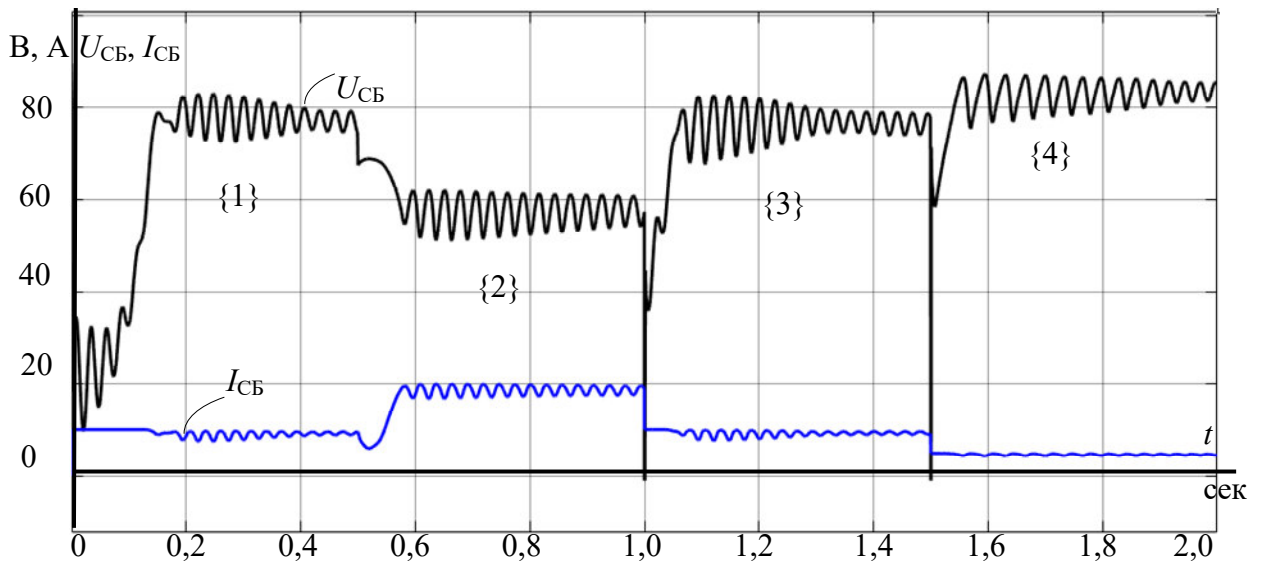


Fig. 17. The time diagrams of current, voltage with a buck-boost converter

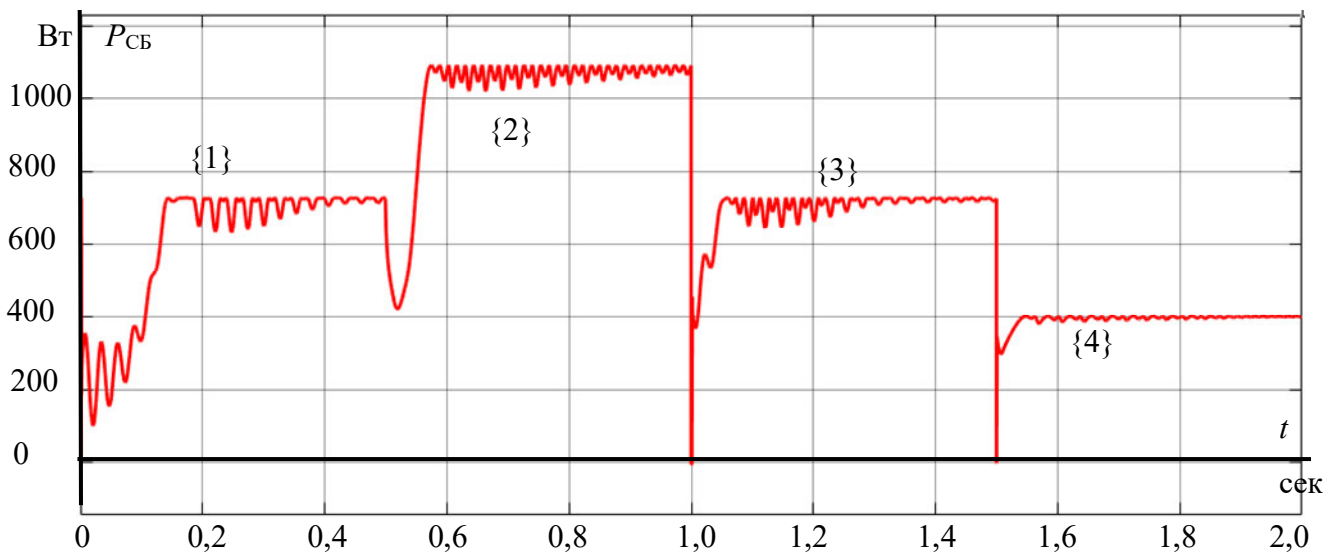


Fig. 18. Power diagram of solar panel with a buck-boost converter

Conclusion

- As a result of modeling a voltage converter with extreme regulation based on the Cuk converter, the power operational factor (95–99%) of reaching the maximum PowerPoint. The simulation results of the circuit satisfy the theoretical and experimental data of foreign [1, 3, 7, 8, 9, 11] and domestic [6, 10] studies.
- To increase the power operational factor (up to 99%) of tracking the point of maximum power and reduce the ripple of the adjustable parameter (current, voltage, power of the SB or key duty cycle), an adaptive perturbation and observation algorithm is most acceptable.
- The perturbation and observation method when working with a voltage converter with extreme control based on the Cuk circuit is preferred since it is less demanding on the resources of the microcontroller due to its ease of implementation. This method, when implementing the adaptive algorithm, provides a high speed of achieving the required parameters, a high power operational factor, and low ripple.

Bibliography

1. Manimekalai P., Harikumar R., Raghavan S. A Hybrid Maximum Power Point Tracking with Interleaved Converter for Standalone Photovoltaic Power Generation System // International Energy Journal. –2014. –Vol. 14. –issue 12. – pp. 143–154.

2. Ob osnovnykh napravleniyakh gosudarstvennoy politiki v sfere povysheniya energeticheskoy effektivnosti elektroenergetiki na osnove ispolzovaniya vozobnovlyаемых istochnikov energii. Rasporyazhenie pravitelstva RF ot 8 yanvarya 2009, 1-p [On the main directions of the state policy in the sphere of increasing the energy efficiency of the electric power industry on the basis of the use of renewable energy sources. Order of the Government of the Russian Federation, January 8, 2009 No. 1-r]. Ofitsialny sayt pravitelstva RF [Official web-site of the government of the Russian Federation]. Available at: <http://government.ru/docs/20503/> (accessed 20 December 2017)

3. Mohammed El Alami, Mohamed Habibi, Seddik Bri. Modeling the Chain of Conversion for a PV System // Smart Grid and Renewable Energy. –2014. –Vol. 5. –issue 10. –pp.239-248.

4. Kharakteristiki fotoelektricheskogo modulya Kyocera KC200GT [Characteristics of photovoltaic module Kyocera KC200GT]. Kyocera Corporation. Available at: <https://www.solarelectricsupply.com/kyocera-kc200gt-solar-panel-565> (accessed 20 December 2017)

5. Characteristics of the KSM-160 Photovoltaic Module. // LLC Quant. URL: www.rusnanonet.ru/download/nano/file/ksm160.pdf.

6. Osipov A.V., Shurigin Yu.A., Shinyakov Yu.A., Otto A.I., Chernaya M.M. A comparative analysis of DC DC converters effectiveness of solar batteries power conversion. Proceedings of Tomsk State University of Control systems and Radioelectronics, 2013, vol. 27, Iss. 3, pp. 14-19. In Rus.

7. Pradeep Kumar Yadav A., Thirumaliah S., Haritha G. Comparison of MPPT Algorithms for DC-DC converters based PV systems // Directory of

open

accessjournals.2013.URL:

<https://doaj.org/article/10517792b1d843e9b69779fb5560a214>

8. Saleh Elkelani Babaa, Matthew Armstrong, Volker Pickert. Overview of Maximum Power Point Tracking Control Methods for PV Systems // Journal of Power and Energy Engineering. –2014. –Vol. 2. –issue 8. –pp. 59-71

9. Deepak Verma, S. Nema, A.M. Shandilya, Soubhagya K. Dash. Comprehensive analysis of maximum power point tracking techniques in solar photovoltaic systems under uniform insolation and partial shaded condition. // Journal of Renewable and Sustainable Energy. 2015. URL: <http://scitation.aip.org/content/aip/journal/jrse/7/4/10.1063/1.4926844>

10. Mikhalchenko S.G., Russkin V.A., Semenov S.M., Orlyanskiy I.P., Halász Sándor. construction of adaptive algoritmn of power extreme control in solar energy system. Geo-Resource Engineering. 2018. T. 329. No 3. 102–112

11. Areen Abdallah Allataifeh, Khaled Bataineh, Mohamad Al-Khedher. Maximum Power Point Tracking Using Fuzzy Logic Controller inder Partial Conditions // Smart Grid and Renewable Energy. –2015. –Vol. 6. –issue 1. –pp. 1-13.

12. Cuk converterer xample. // Fundamentals of PowerElectronics. URL: http://eas.uccs.edu/~cwang/ECE5955_F2015/PowerElectronics_f2015/ch2/Sects2-4and2-5.pdf