

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

Инженерная школа энергетики
Направление подготовки – 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Отделение электроэнергетики и электротехники
Профиль – «Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений»

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
ТЯГОВЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ПОСТОЯННОГО ТОКА ПОДЗЕМНОГО РЕЛЬСОВОГО ТРАНСПОРТА

УДК 621 333 622 62

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г4Б	Поморцев Александр Иванович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кладиев С.Н.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Калмыкова Е.Ю.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Панин В.Ф.	д.т.н., профессор		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Отделение электроэнергетики и электротехники	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ОЭЭ ИШЭ	Дементьев Ю.Н.	Ph.D., Доцент		

Томск – 2018 г.

**Запланированные результаты обучения
профессиональные и общекультурные компетенции
по основной образовательной программе подготовки бакалавров
13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»,
«Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и
учреждений»**

Код результата	Результат обучения	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные</i>		
Р 1	Применять соответствующие гуманитарные, социально-экономические, математические, естественно-научные и инженерные знания, компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа электроэнергетических систем и электрических сетей.	Требования ФГОС (ОК-1, ОК-2, ОК-3, ОК-4, ОПК-2, ОПК-3), <i>CDIO Syllabus</i> (1.1), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р 2	Уметь формулировать задачи в области электроэнергетических систем и сетей, анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.	Требования ФГОС (ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3), <i>CDIO Syllabus</i> (2.1), Критерий 5 АИОР (п. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р 3	Уметь проектировать электроэнергетические системы и электрические сети.	Требования ФГОС (ОК-3, ПК-3, ПК-4, ПК-9), <i>CDIO Syllabus</i> (4.4), Критерий 5 АИОР (п. 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р 4	Уметь планировать и проводить необходимые экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния электрооборудования, объектов электрических сетей энергосистем, а также энергосистемы в целом, интерпретировать данные и делать выводы.	Требования ФГОС (ОПК-2, ОПК-3, ПК-1, ПК-2, ПК-5, ПК-12, ПК-14, ПК-15), <i>CDIO Syllabus</i> (2.2), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р 5	Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области электроэнергетических систем и электрических сетей.	Требования ФГОС (ОПК-2, ПК-11, ПК-13, ПК-18), <i>CDIO Syllabus</i> (4.5), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р 6	Иметь практические знания принципов и технологий электроэнергетической отрасли, связанных с особенностью проблем, объектов и видов профессиональной деятельности профиля подготовки на предприятиях и в организациях – потенциальных	Требования ФГОС (ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-16, ПК-17), <i>CDIO Syllabus</i> (4.6), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных

Код результата	Результат обучения	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
	работодателях.	стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<i>Универсальные</i>		
Р 7	Использовать знания в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью в области электроэнергетических систем.	Требования ФГОС (ПК-20, ПК-19, ПК-21), <i>CDIO Syllabus</i> (4.3, 4.7, 4.8), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р 8	Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в области электрических сетей энергосистем.	Требования ФГОС (ОК-5, ОК-1, ПК-2), <i>CDIO Syllabus</i> (3.2, 4.7), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р 9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, в области электроэнергетических систем и сетей.	Требования ФГОС (ОК-6), <i>CDIO Syllabus</i> (3.1), Критерий 5 АИОР (п. 2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р 10	Проявлять личную ответственность и приверженность нормам профессиональной этики и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-1, ОК-2, ОК-5, ОК-6), <i>CDIO Syllabus</i> (2.5), Критерий 5 АИОР (п. 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р 11	Осуществлять комплексную инженерную деятельность в области электроэнергетических систем и сетей с учетом правовых и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.	Требования ФГОС (ОК-4, ОК-8, ОК-9, ПК-3, ПК-4, ПК-10), <i>CDIO Syllabus</i> (4.1), Критерий 5 АИОР (п. 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р 12	Быть заинтересованным в непрерывном обучении и совершенствовании своих знаний и качеств в области электроэнергетических систем и сетей.	Требования ФГОС (ОК-7, ОК-8), <i>CDIO Syllabus</i> (2.6), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

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»
Профиль – «Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений»

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ОЭЭ ИШЭ

_____ Дементьев Ю.Н.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
5Г4Б	Поморцеву Александру Ивановичу

Тема работы:

ТЯГОВЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ПОСТОЯННОГО ТОКА ПОДЗЕМНОГО РЕЛЬСОВОГО ТРАНСПОРТА	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	02.02 2018г. № 645/С

Срок сдачи студентом выполненной работы:

14.06.2018

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Разработка емкостного накопителя энергии в тормозных рекуперативных режимах работах подвижного состава.</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Расчет и выбор элементов емкостного накопителя.</p>

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>		
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>		
Раздел	Консультант	
Финансовый менеджмент ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Калмыкова Екатерина Юрьевна	
Социальная ответственность	Панин Владимир Филиппович	
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:		
Все разделы выпускной квалификационной работы написаны на русском языке.		

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кладиев С.Н.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г4Б	Поморцев А.И.		

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

Студенту:

Группа	ФИО
5Г4Б	Поморцеву Александру Ивановичу

Инженерная школа	ИШЭ	Отделение	ОЭиЭ
Уровень образования	Бакалавр	Направление	Электроэнергетика и электротехника

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

1. <i>Стоимость ресурсов проектной работы (ПР): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Оклад руководителя - 19500 руб. Оклад инженера - 17000руб.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>30 % премии 20 % надбавки 16% накладные расходы 30% районный коэффициент</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>30% отчисления на социальные нужды</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения ПР с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Планирование проектной работы</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета проектной работы</i>	<i>Формирование плана и графика разработки: - определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; - разработка графика Ганта. Формирование бюджета затрат на научное исследование: -заработная плата (основная и дополнительная); - отчисления на социальные цели; - накладные расходы.</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Определение эффективности исследования</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>График Ганта</i>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Калмыкова Екатерина Юрьевна	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г4Б	Поморцев Александр Иванович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
5Г4Б	Поморцеву Александру Ивановичу

Школа	ИШЭ	Отделение	ОЭиЭ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <p>1.1. вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения)</p> <p>1.2. опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)</p> <p>1.3. негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу)</p> <p>1.4. чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)</p>	<p>Горная выработка с главным объектом рассмотрения исследования –тяговым асинхронным электроприводом рудничного электровоза. Необходимо поддержание:</p> <p>1.1. Нормативных уровней вибрации и шума, запыленности воздуха;</p> <p>1.2. Нормативных мер обеспечения электро-, пожаро- и взрывобезопасности.</p> <p>1.3. Горная промышленность подразумевает собой добычу полезных ископаемых, вследствие чего происходит их истощение, а также загрязнение окружающей среды.</p> <p>1.4. Наиболее вероятные ЧС: загорания (пожары) взрывы, электрический удар, например, при замыкании фазы питания на корпус асинхронной электрической машины при нарушенном его заземления</p>
<p>2. Ознакомление и отбор законодательных и нормативных документов по теме и отбор их.</p>	<p>ГОСТ Р 57717-2017. Горное дело. Безопасность в угольных шахтах. Термины и определения;</p> <p>ГОСТ Р 55175-2012. Атмосфера рудничная. Методы контроля запыленности;</p> <p>СН 2.2.4/2.1.8.566-96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. Санитарные нормы;</p> <p>СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки; ПУЭ, утвержденный министерством энергетики России от 08.07.2002, №204;</p> <p>ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность; Правила безопасности в угольных шахтах ПБ 05- 618-03</p>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <p>1.1. физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</p> <p>1.2. действие фактора на организм человека;</p> <p>1.3. приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</p> <p>1.4. предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)</p>	<p>Вредные факторы:</p> <p>1) запыленность воздуха;</p> <p>2) Производственная вибрация и шум;</p> <p>3) Малая искусственная освещенность;</p>
---	--

<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</p> <p>2.1.механические опасности (источники, средства защиты);</p> <p>2.2.термические опасности (источники, средства защиты);</p> <p>2.3.электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</p> <p>2.4.пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)</p>	<p>Вся электрическая цепь выработки оснащена заземлительным контуром, выполненным в соответствии с ПУЭ от 08.07.2002, №204.</p> <p>Опасные факторы:</p> <p>2.1.Опасность электропоражения;</p> <p>2.2.Пожаровзрывоопасность</p>
<p>3. Охрана окружающей среды:</p> <p>3.1.анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</p> <p>3.2.анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</p> <p>3.3.анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</p>	<p>По п.3.1.: оценить масштабы уменьшения выбросов ЗВ от возможной экономии электроэнергии на рабочем месте.</p>
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <p>4.1.перечень возможных ЧС на объекте;</p> <p>4.2.выбор наиболее типичных ЧС;</p> <p>4.3.разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</p>	<p>Разработать мероприятия по предупреждению загораний и электропоражений и мер по ликвидации их последствий.</p>
<p>Перечень графического и инструктивного материалов:</p>	
<p>Обязательные графические материалы к расчётам по заданию (обязательно для специалистов и магистров).</p>	

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор кафедры ЭБЖ	Панин Владимир Филиппович	д.т.н., профессор		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г4Б	Поморцев Александр Иванович		

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»
Профиль «Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений»
Уровень образования Бакалавр
Период выполнения весенний семестр 2017/2018 учебного года

В форме:

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ – ПЛАН
Выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом работы	14.06.2018г.
-----------------------------	--------------

Дата контроля	Название раздела (модуля)/ вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела модуля
16.04.2018г	Выбор емкостного накопителя	
5.05.2018г	Расчет емкостного накопителя на суперконденсаторах	
12.05.2018г	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
19.05.2018г	Социальная ответственность	
25.05.2018г	Оформление пояснительной записки	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кладиев С.Н	К.т.н.		

Согласовано:

Отделение электроэнергетики и электротехники	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ОЭЭ ИШЭ	Дементьев Ю.Н.	Ph.D., доцент		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 74 страниц, 15 рисунка, 13 таблиц, 12 источников.

Ключевые слова: суперконденсаторы, рекуперация, ёмкостной накопитель для электротранспорта.

Объектом исследования являются ёмкостной накопитель на суперконденсаторах для подземного электротранспорта.

Цель работы – Усовершенствовать систему питания электровоза , разработать схему работы накопителя.

В процессе исследования проводились разработка схемы накопителя, подбор компонентов.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2010.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	13
1. Способы избавления от лишней энергии	14
1.1. Традиционные способы избавления от лишней энергии	14
1.2. Работа система рекуперации	15
2.3. Рекуперация электрической энергии на рельсовом электротранспорте	18
3. Электровозы на шахтах	19
3.1. Откатка на угольных и рудных шахтах	19
3.2. Электровоз	20
4. Оценка потребности	24
5. Суперконденсаторы	26
6. Расчёт ёмкостного конденсатора для регенерационного торможения . .	29
6.1. Расчёт схемы	29
6.2. Выбор диода	31
6.3. Расчёт транзистора	35
6.4. Выбор аккумуляторной батареи	38
6.5. Расчёт суперконденсатора	40
7. Экономическая часть	41
7.1. Анализ конкурентных технических решений	41
7.2. Планирование проектной работы	43
7.4. Определение трудоёмкости работ	45
7.5. Разработка графика проведения проектной разработки	46
7.6. Смета затрат	52

7.7. Отчисления во внебюджетные фонды	54
7.8. Накладные расходы	55
7.9. Формирование слотов затрат проектной разработки	56
8. Социальная ответственность	57
8.1. Анализ опасных и вредных производственных факторов	57
8.2. Охрана окружающей среды	64
8.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	67
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	73
Список литературы	74

ВВЕДЕНИЕ

Для перевозки грузов на горнопромышленных предприятиях широкое распространение получил электротранспорт, это экологически чистый и безопасный транспорт для использования на шахтах.

Единственным крупным недостатком в работе электротранспорта под землёй является недостаточное напряжение для старта электродвигателей при полной загрузке. Для облегчения старта электровоза разработаем ёмкостный накопитель на суперкондесаторах для рекуперативной энергии, который поможет электропоезду, тронутся с места.

1. Способы избавления от лишней энергии

1.1. Традиционные способы избавления от лишней энергии

Энергия, выделяемая в преобразователях частоты во время торможения управляемых ими асинхронных двигателей, было рассеивание одной в форме тепла на резисторах. Тормозные резисторы применялись везде, где имела место высокая инерция нагрузки, например в центрифугах, на электротранспорте, на нагрузочных стендах и т. п.

Такое решение было необходимостью, чтобы ограничить максимальное напряжение на зажимах преобразователей в режиме торможения. Иначе бы частотные преобразователи выходили из строя, ведь было бы невозможно контролировать параметры разгона и торможения.

Тормозные резисторы не обременяли экономически оборудование, но некоторые неудобства за собой неизменно влекли. Резисторы габаритны, сильно разогреваются, нужна защита от влаги и пыли. И все это связано лишь с тем, что нужно рассеять впустую энергию, за которую предприятие платит деньги, и деньги не малые, если тем более речь о крупном производстве.

Летом особенно нежелателен дополнительный нагрев окружающего воздуха, ведь технологическое оборудование и так нагрето теплым воздухом, а тут еще и резисторы, прогретые до 100 градусов и выше. Нужна дополнительная вентиляция — снова расходы.

Но есть и другой путь. Зачем рассеивать энергию впустую? Можно вернуть ее в сеть обратно, и так сэкономить энергозатраты. Тут то и приходят на помощь системы рекуперации электроэнергии.

Безусловно, частотные преобразователи сегодняшнего дня сильно сокращают потребление электричества оборудованием, благодаря оптимизации способа питания двигателей различного технологического оборудования, и это экономит ресурсы. Но применение рекуперации еще более наращивает экономию. Энергия может не рассеиваться на резисторах

при торможении, а возвращаться в сеть с учетом текущих параметров сети.[9]

На сегодняшний день ведущие производители промышленных механизмов и оборудования уже внедряют такие системы на электротранспорте: для троллейбусов, электропоездов, эскалаторов, трамваев, наконец — для электрокаров.

1.2. Работа система рекуперации

Источник переменного тока, питающий двигатель или другую установку, должен суметь принять энергию назад. Для этого вместо обычного выпрямителя применяется преобразователь с широтно-импульсной модуляцией. Такой преобразователь в состоянии направлять потоки мощности как от источника к потребителю, так и от потребителя к источнику. Данный путь позволяет довести коэффициент мощности до единицы.

Типичный IGBT-каскад частотного преобразователя, работающий в режиме рекуперации, сначала представляется как выпрямитель синусоидального тока, однако при торможении он генерирует сигнал с широтно-импульсной модуляцией, при котором направление тока, при напряжении на зажимах выше определенного уровня, оказывается направленным не от сети, а к сети из цепи потребителя.

Разница напряжений питающей сети и цепи нагрузки прикладывается к рекуперационному индуктору. Индуктивность блокирует высокочастотные гармоники, и получается почти чистый синусоидальный ток, здесь не требуется синхронизирующего оборудования, достаточно подать три тестирующих импульса от ШИМ-модулятора в сеть, чтобы определить частоту и фазу напряжения в текущий момент.[10]

Примером могут служить частотные преобразователи с системой рекуперации фирмы Control Techniques, которые служат в частности на

заводах *Lamborghini* и *Nissan* для питания стендов динамических испытаний, а также на эскалаторах и в различных металлургических решениях.

Суть везде одна и та же — создается двунаправленный поток энергии как к потребителю из сети, от источника, так и из потребителя к сети. При проектировании рекуперационных систем учитывают ряд факторов: диапазон сетевого напряжения, номинал оборудования и коэффициент мощности, максимальная мощность с учетом перегрузки, уровень потерь.

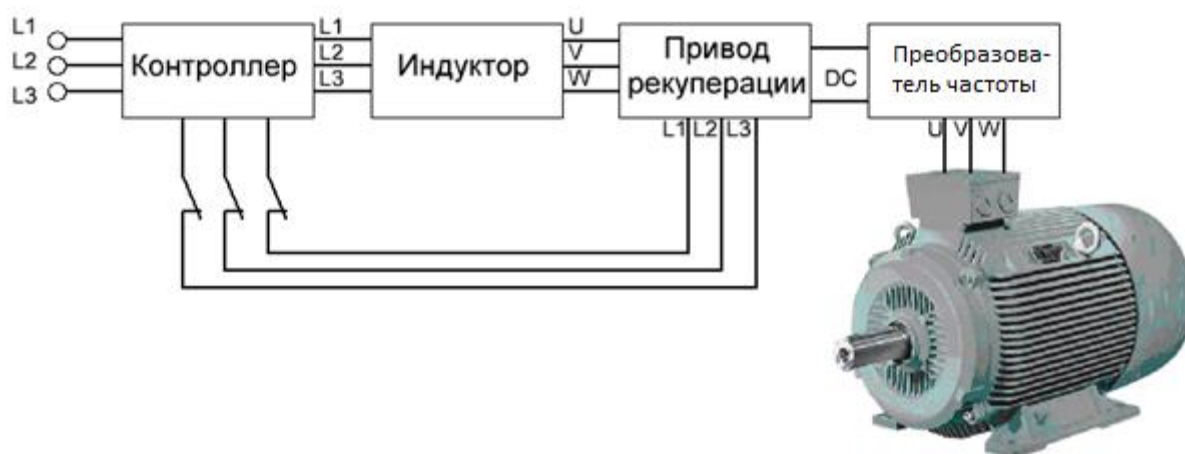


Рисунок 1. Схема рекуперации одного электродвигателя

Схема, приведенная на рисунке 1, демонстрирует одномоторное решение, где электродвигатель и привод рекуператора представлены каждый в одном экземпляре, их номиналы равны. Но порой случаются перегрузки двигателя, и тогда требуется более мощный привод рекуперации, дабы покрыть нижний предел по напряжению и потери в двигателе.

По такому же принципу обеспечивается работа нескольких двигателей с несколькими моторными приводами рисунок 2, при этом ставится один мощный электродвигатель рекуперации, способный пропустить через себя суммарную мощность для всех двигателей системы с учетом возможности одновременного торможения всех двигателей.

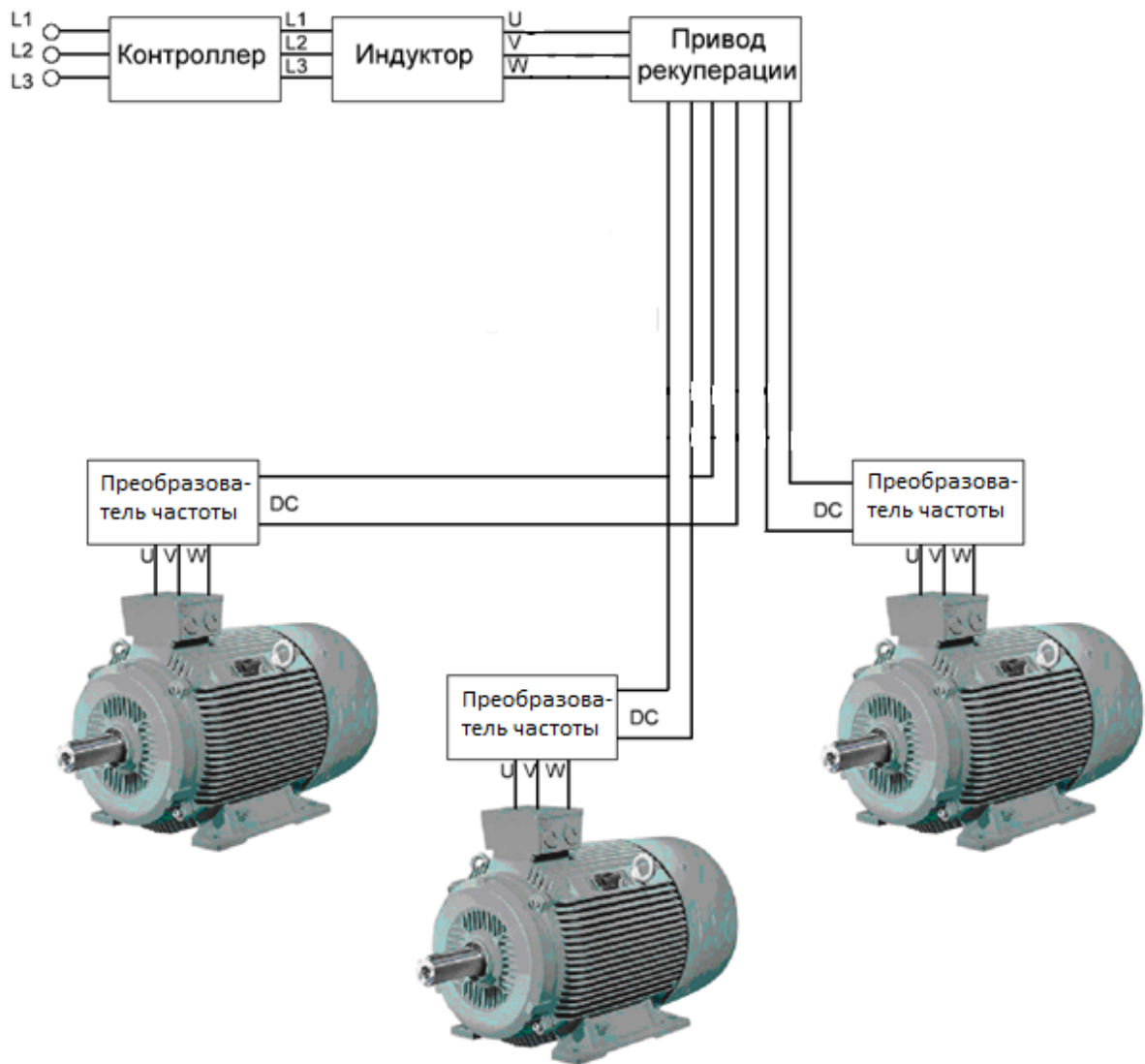


Рисунок 2. Схема рекуперации нескольких электродвигателей

Для ограничения пускового тока в системах с несколькими двигателями, когда шины постоянного тока объединены, применяют тиристорные модули, подключаемые при помощи контакторов к заряжаемым постоянным током конденсаторам преобразователя. После заряда конденсаторов тиристорный модуль отключается. Очевидно, системы рекуперации конфигурируются поразному, и проектируются индивидуально.

2.3. Рекуперация электрической энергии на рельсовом электротранспорте

Большую популярность приобретает электротранспорт питающийся от сети из-за энергоэффективности и экологичности. При остановки электротранспорта для загрузки на удалённом расстоянии от станции, мощности из сети не хватает для трогания локомотива с места. Одно из решений проблемы это рекуперация. В данное время в качестве приёмника рекуперативной энергии применяются инверторы, с помощью которых передаётся электрическая энергия в первичную сеть. Но использовать энергию рекуперации на основе инверторов не эффективно, это связано с потерями энергии при нагреве проводников сети. А разница в стоимости потребляемой от первичной энергосистемы и возвращаемой обратно в сеть весьма высока. Исходя из этого, эффективней применять накопители энергии большой ёмкости, которые дают возможность полноценно использовать энергию рекуперации.[1]

Наиболее экономичен режим, при котором вырабатываемая энергия электрическим подвижным составом передаётся ближайшему накопителю энергии, а в момент разрядки накопителя энергии ближайшему электрическому подвижному составу, работающему в режиме тяги. Исходя из логики чем ближе накопитель энергии к месту потребления этой энергии тем меньше потери, логичнее всего установить на остановочном пункте, так как там в большей степени действуют режимы торможения и тяги.

Если на линии нет накопителей электроэнергии, при применении рекуперативного торможения увеличивается токовая нагрузка в свою очередь приводящей к увеличению установленной мощности подстанции, выпрямителей, трансформаторов, увеличение потерь в сети.

Использование накопителей позволяет снизить установленную мощность подстанций, значительно уменьшить потерю энергии в трансформаторах, выпрямителях.

3. Электровозы на шахтах

3.1. Откатка на угольных и рудных шахтах

Обслуживание погрузочных пунктов при электровозной откатке на угольных и рудных шахтах может осуществляться двумя способами движения: на локомотив закрепляется состав; за локомотивами не закреплён состав. В первом случае (на рудных шахтах, где имеется большое количество часто перемещаемых погрузочных пунктов) состав передвигается локомотивом при погрузке, на перегонах и при разгрузке, что не требует дополнительного маневрового оборудования. Но такая организация движения состава отличается низкой эффективностью использования электровоза. Во втором случае (на угольных шахтах при небольшом числе относительно стабильных погрузочных пунктов) состав перемещается локомотивом только на перегонах, а перемещение вагонеток при погрузке и разгрузке осуществляется различными маневровыми устройствами. Такой вид организации движения увеличивает КПД использования локомотивов, даёт возможность запасать вагонетки на станциях, но в свою очередь надо использовать маневренное оборудование.[6]

Использование секционных вагонов с механизмом саморазгрузки, включающих секции с откидным днищем, позволяет использовать поточную технологию работы электровозной откатки, при которой высокая производительность обеспечивается комплексной механизацией всех взаимосвязанных транспортных операций: погрузки, транспортирования и разгрузки. При этом откатка осуществляется по замкнутой трассе.[8]

Для оптимальной работы многих электровозов используют автоматизацию процессов откатки. Она включает сигнализацию, централизацию и блокировку (СЦБ), дистанционное управление локомотивами и диспетчерскую службу. Исходя из числа используемых локомотивов, расстояния транспортировки, производительности и степени сложности путевого развития применяется несколько систем СЦБ. Так,

шахты с небольшим числом электровозов и малой производственной мощностью оборудуют автоматической световой блокировкой или путевой сигнализацией без контроля за положением стрелок. При несложной схеме путевого развития и маневрирования в околоствольном дворе используют систему автоматической блокировки стрелок и сигналов, переключение которых производится автоматически по команде машиниста электровоза. При сложной схеме путевого развития, использования в эксплуатации более 10 электровозов и большой производственной мощности применяют устройства электрической централизации, с помощью которых диспетчер с распределительного пункта может осуществлять все переключения по переводу стрелок и изменению сигналов. В шахтах где более сложные условия для работы электровозов часто используют автоматическую путевую сигнализацию и блокировку стрелок и сигналов. Для этого рельсовые пути откаточных выработок делят на участки и между ними устанавливают светофоры, оборудованные путевыми датчиками ими можно управлять дистанционно с электровоза стрелочными переводами.[7]

Во многих шахтах используют дистанционное управление электровозом при загрузке и разгрузки, при это машинист, не отходя от стационарного поста может управлять и работой погрузочных механизмов. На европейских шахтах используют системы автоматического управления электровозом не за действуя человека, электровоз управляется с помощью передатчиков, антенн и приёмников. В системах автоматического вождения используют компьютеры и промышленное телевидение, что увеличивает объём перевезенной руды, сократить количество подвижного состава и обслуживающего персонала, а также резко повысить безопасность труда.

3.2. Электровоз

Основным подземным транспортом горнодобывающих предприятий остаётся электровоз, средствами которого на угольных шахтах по магистральным откаточным выработкам перевозится около 60% горной

массы, а на шахтах по добыче крепких руд — почти 100%, исключая предприятия, где применяют подземные автосамосвалы.

Электровоз это локомотив на электрической тяге, у которого силовой агрегат электродвигатель с преобразователем частоты или напряжения. Схематично электровоз изображён на рисунке 3. Электровоз состоит из трёх частей: механической, электрической, пневматической.[2]

Электрическая часть электровоза состоит из: тяговых двигателей, аппаратов предназначенных для пуска тяговых двигателей, изменения скорости и направления движения локомотива, электрического торможения, защиты электроустановок от перегрузок, перенапряжений и токов короткого замыкания. Выбор конструкции аппаратов зависит от тока использования, но величина напряжения не зависит от рода тока, аппараты всегда находятся под высоким напряжением. Управление приборами происходит дистанционно - из кабины машиниста. Это система косвенного управления. Она используется на всех российских электровозах.

Для подачи низкого напряжения при системе косвенного управления применяют генераторы управления и полупроводниковые приборы. От них, кроме низковольтных аппаратов, питаются приборы освещения и заряжаются аккумуляторные батареи.

Многие аппараты для работы требуют сжатый воздух. Его получают с помощью компрессоров. Для работы тормозной системы электровоза и состава используют сжатый воздух сжимаемый компрессором.

К механической части электровоза относятся кузов и тележки. Тележка состоит из: рамы, колёсных пар, подвески тяговых двигателей, тяговых передач, рессор, рычажнотормозные передачи. Кузов специальными опорами опирается на тележки. Отечественные электровозы имеют две, четыре или шесть тележек. При двух тележках в каждой из них устанавливают три колесные пары (шестиосные электровозы), при четырех и шести тележках — две колесные пары (соответственно восьмиосные и двенадцатиосные электровозы). Рама тележки связана с колёсными парами через подшибники

рамы и рессоры. В основном кузов опирается на двух или трёх осную тележку. Они сделаны из литых или брусковых рам, в которых находятся колёсные пары, которые подвешены на рессорах. Благодаря рессорам уменьшается воздействие электровозов на путь, меньше изнашивается оборудование электровоза, так как снижается сила ударов, воспринимаемых им при прохождении стыков и неровностей пути.

Колесные пары электровозов приводятся во вращение двигателями, называемыми тяговыми. Валы двигателей соединяют с осями колесных пар зубчатыми передачами — редукторами. Колесные пары, приводимые во вращение тяговыми двигателями, называют движущими.

На тележку устанавливается тяговый электродвигатель. Опорно-осевое подвешивание применяется на грузовых электровозах, но при этом повышается воздействие колёсных пар на путь.

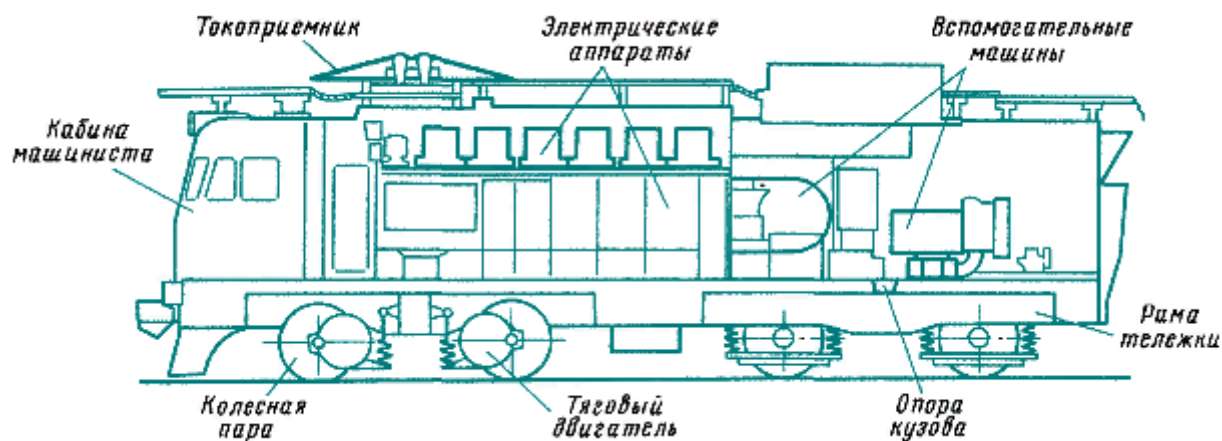


Рисунок 3. Схема электровоза

Электровозы питаются электрической энергией от станций через линии передач. Линии передач подвешивают над путями железной дороги. Электровоз получает электрическую энергии от линии через токоприёмник (пантограф), он устанавливается на крыше электровоза.

На электровозах постоянного тока ток начинает свой путь с токоприёмника далее следует на аппараты расположенные внутри

электровоза, обмотки якорей и полюсов тяговых двигателей, к колёса электровоза и через рельсы к тяговой подстанции.

Когда подаётся напряжение на тяговые двигатели, якоря двигателей начинают вращаться и через зубчатые передачи приводят в движение колёса электровоза.

По типу привода электровозы различаются на два типа: электровозы с индивидуальным приводом и электровозы с групповым приводом.

Под индивидуальным приводом подразумевают, когда на каждую парку колёс идёт отдельная передача от одиночного или сдвоенного двигателя. При таком использовании число движущих колёсных пар равно числу двигателей, и колёсные пары не спариваются между собой.

Групповой привод передачи считается, когда вращающий момент от одного двигателя через зубчатые передачи передается нескольким движущим колёсным парам, спаренным между собой дышлам. В России был построен опытный электровоз с моноприводом. Однако его характеристики (как технические, так и экономические) оказались хуже, чем у электровозов с индивидуальным приводом. Поэтому производство таких электровозов было признано нецелесообразным.

В наше время электровозы только с индивидуальным приводом, причина для этого много:

- Удобство в эксплуатации;
- Позволяет применять более совершенные электрические схемы;
- Удобное размещение электрического оборудования.

Для регулировки скорости электровоза изменяют напряжение на тяговом электродвигателе и воздействуют на его магнитный поток. На электровозах с постоянным током при пуске двигателя включены последовательно, а с набором скорости последовательно- параллельно и параллельно. На электровозах переменного тока различают системы низковольтного и высоковольтного регулирования напряжения. При

низковольтной системе, наиболее распространенной на российских электровозах, напряжение регулируют изменением числа витков вторичной обмотки тягового (понижающего) трансформатора. При высоковольтной системе меняют число витков со стороны первичной обмотки этого трансформатора. Большинство эксплуатируемых электровозов оборудуется устройствами для торможения электрического (реостатного или рекуперативного).

Электрические машины обладают обратимостью то есть могут работать как двигатель так и как генератор. При движении по спуску или при торможении двигатели на электровозах переключают в режим генераторов.[4]

При этом кинетическая энергия и потенциальная, запасенная в поезде, преобразуются в электрическую и передаются в контактную сеть. Этот процесс называется рекуперацией электрической энергии. Рекуперация используется для электрического торможения поезда.

На некоторых электровозах вырабатываемая энергия генераторным режимом поглощается в резисторах, расходясь теплом. Этот способ торможения называется реостатным. Для рекуперации энергии, на электровозах постоянного тока устанавливают специальные мотор-генераторы для возбуждения тяговых двигателей, без которых они не могут устойчиво работать как генераторы.[3]

4.Оценка потребности

В электросети подземного электротранспорта с помощью накопителей можно повысить качество электроэнергии, спрямить графики нагрузки, уменьшить скачки и провалы нагрузки подстанций. Использование суперконденсаторов повысит и стабилизирует напряжение в сети, позволит использовать рекуперативное торможение до полной остановки. Аккумуляторные батареи в длительном режиме работы имеют высокую удельную энергоемкость и высокий коэффициент полезного действия КПД, но

в пиковых и при температурах окружающей среды ниже 15 °С и выше 45 °С их КПД снижается в 2–3 раза. В таблице 1 приведены относительные характеристики в этих температурах. Суперконденсаторы обладают высокой удельной мощностью, могут использоваться в пиковых нагрузках в широких температурных границах от -65 °С до +70 °С, но их удельная энергоемкость ниже, чем у аккумуляторных батарей.

Таблица 1. Относительные характеристики аккумуляторной батареи

Время разряда, ч	Отношение токов I_p/I_{pH}	Отдаваемая емкость, E_p , %	Напряжение на аккумуляторе, %	Отдаваемая энергия, E_p/E_H , %	КПД, %
5,0	1,0	100	100	700	42,00
4,0	1,25	0,85	98,33	83,6	35,1
3,0	1,66	70	95,83	67,1	28,11
2,0	2,50	55	90	49,5	20,7
1,5	3,33	47,5	85	40,37	17,1
1,0	5,0	40	73,33	28,13	12,3

Аккумуляторные батареи при разрядном токе равном $3E_H$ и нормальной температуре имеют КПД не более 65% вместо заявленных фирмами – изготовителями 95–97% [1, 2]. Из таблицы 1 видим, что при токах, превышающих в 5 раз номинальное значение, КПД накопителей энергии может уменьшиться до 12,3%, а отдача по емкости до 28,13%.

Оценим потребность горных электровозов России в суперконденсаторах транспортного исполнения, зависит от количества и мощности электровозов. Таблица 2.

Таблица 2. Потребность в суперконденсаторах

Оборудование	Параметр
Количество рудничных электровозов	3000 шт.
Количество рудничных тяговых суперконденсаторных подстанций	1000 шт.
Средняя энергоёмкость электровозного суперконденсатора	5 МДж
Средняя энергоёмкость подземных накопительных подстанций	50 МДж
Оборудование	Энергоёмкость, МДж
Рудничные электровозы	15,000
Рудничное тяговое электроснабжение	50,000
Итого	65,000

Исходя из данных таблицы 2 65 МДж сэкономленной электроэнергии. За год сэкономленная энергия будет составлять 5-10% всех затрат горнодобывающего предприятия.

5. Суперконденсаторы

Суперконденсаторы (ионисторы) представляют собой сверхвысокоемкие конденсаторы с двойным электрическим слоем. Рисунок 4 Обычный конденсатор имеет большую мощность, но довольно таки слабую способность к динамическому накоплению энергии. А ионистор, отличается уникальностью характеристик, позволяющих совмещать достаточно высокую мощность и значительную энергию.



Рисунок 4.Суперконденсатор

Главным плюсом суперконденсатора является способность в доли секунд, приобретать и отдавать заряд, выдерживая большое число зарядки и разрядки без потери рабочих свойств.

Все известные химические источники тока, например, свинцово-цинковые аккумуляторы, заряжаются при условии, что внутри них идет химическая реакция. Они отдают запасенную энергию, когда химическая реакция протекает в обратном направлении. В суперконденсаторе вообще нет никаких химических реакций. Накопление энергии происходит в результате концентрации электронов на поверхности электродов. Вследствие этого энергия отдаётся в очень маленький временной промежуток (от миллисекунды до минуты).[5]

Весомым преимуществом суперконденсатора над электролитическим конденсатором является высокая плотность запасенной энергии. Энергия, которую может запасти конденсатор, зависит от его емкости. Это возможно благодаря конструкции электродов, которые состоят из пористого

активированного угля, это позволяет получить поверхность электродов больше чем у обычных конденсаторов.

Преимущества суперконденсаторов:

- большая скорости зарядки и разрядки;
- выдерживает большое количество зарядов и разрядов;
- малый вес;
- нетоксичные материалы;
- высокая эффективность (к. п. д. более 95 %);
- неполярность (хотя на ионисторах и указаны «+» и «-», это

делается для обозначения полярности остаточного напряжения после его зарядки на заводеизготовителе)

К недостаткам суперкондесаторов можно отнести:

- удельная энергия (1–10 Вт · ч/кг) меньше, чем у стандартных аккумуляторов (> 20 Вт · ч/кг);
- напряжение зависит от степени заряженности;
- возможность выгорания внутренних контактов при коротком замыкании;
- высокий саморазряд;
- низкое напряжение;
- малый срок службы (сотни часов) на предельных напряжениях заряда.

В суперконденсаторах нет вредных веществ, их строение достаточно просто, у материалов для производства низкая цена, используемые технологии высокопроизводительны. Все это позволяет производить новые суперконденсаторы по приемлемой цене.

6. Расчёт ёмкостного конденсатора для регенерационного торможения

6.1. Расчёт схемы

На рисунке 5 представлена схема рекуперативного торможения электровоза, в которой суперконденсатор и АКБ работают сообща. У этой схемы электропривода есть три режима работы: нормальный, режим торможения (рекуперации), режим пуска от суперконденсаторов.

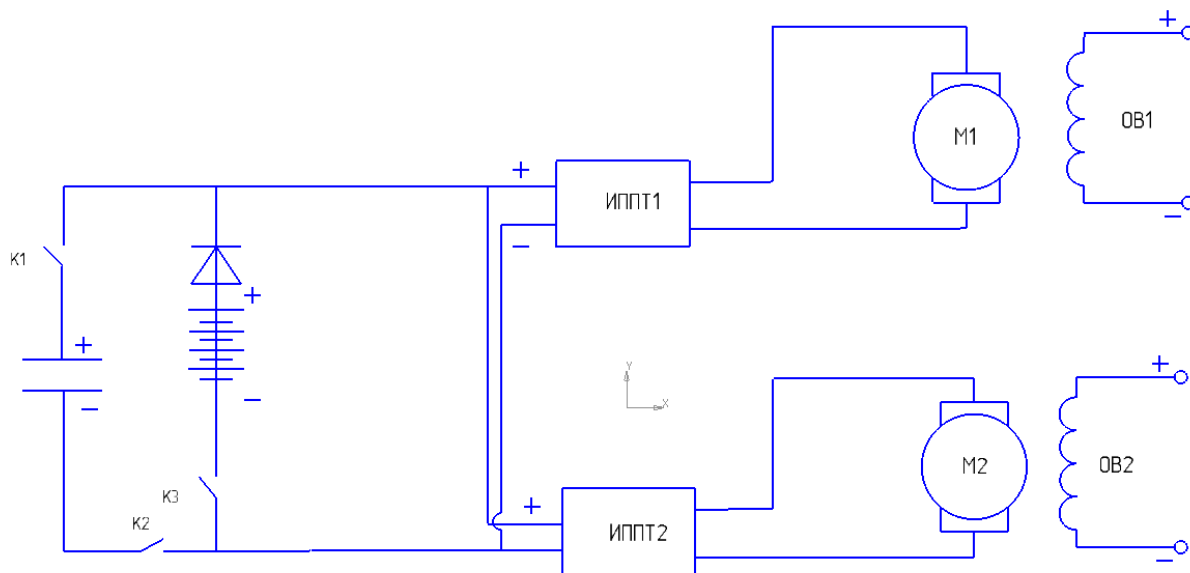


Рисунок 5. Схема работы системы питания электровоза

1. Нормальный режим.

В нормальном режиме электродвигатели питаются только от АКБ так как их мощности хватает для движения электротранспорта. В этом режиме ключи K1, K2- разомкнуты, а K3 замкнут. Рисунок 6.

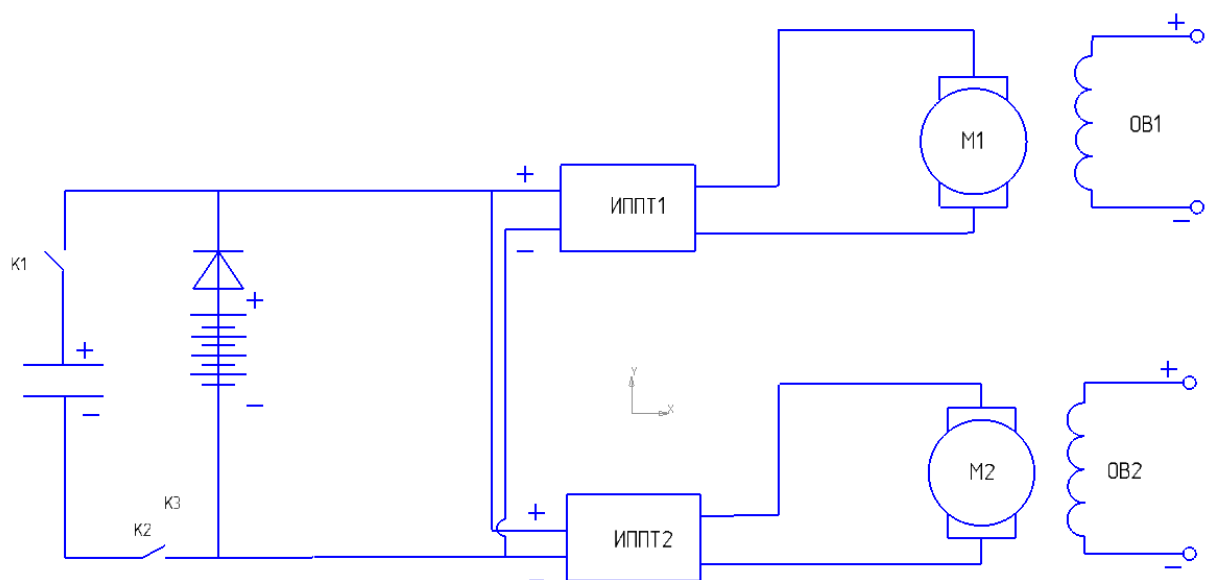


Рисунок 6. Схема работы электровоза в нормальном режиме

2. Режим торможения (рекуперации).

В режиме рекуперации электродвигатели вырабатывают электроэнергию которой заряжается суперконденсатор. Ключ К3- разомкнут, а ключ К1, К2- замкнуты. Рисунок 7.

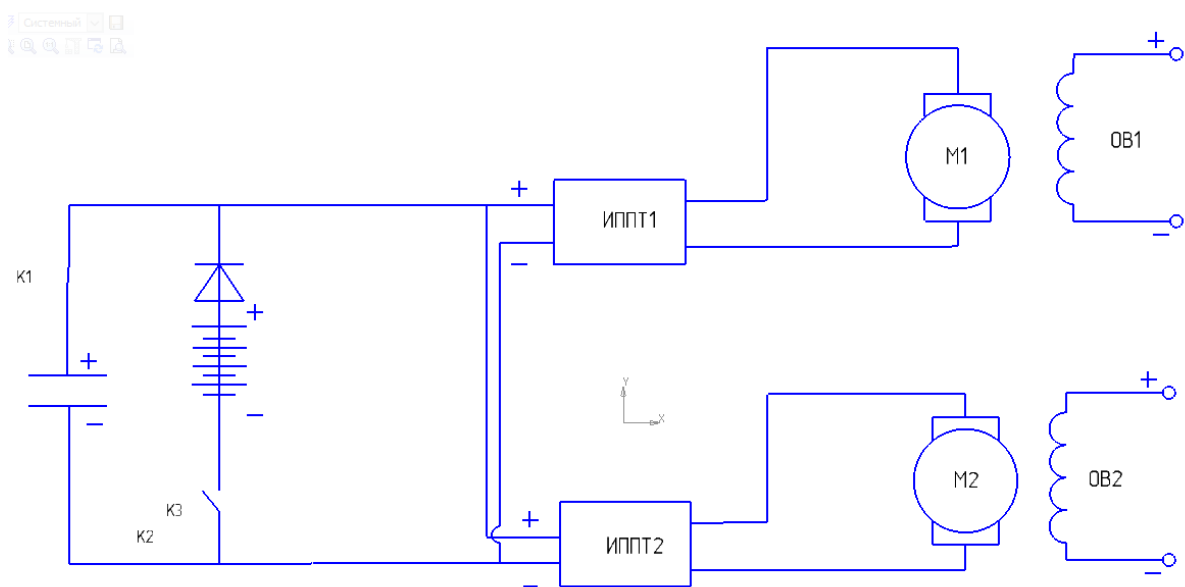


Рисунок 7. Схема рекуперативного торможения

3. Режим пуска от суперконденсаторов.

В режиме пуска АКБ и суперконденсаторы подключены параллельно. Ключи К1, К2, К3- замкнуты. Рисунок 8,

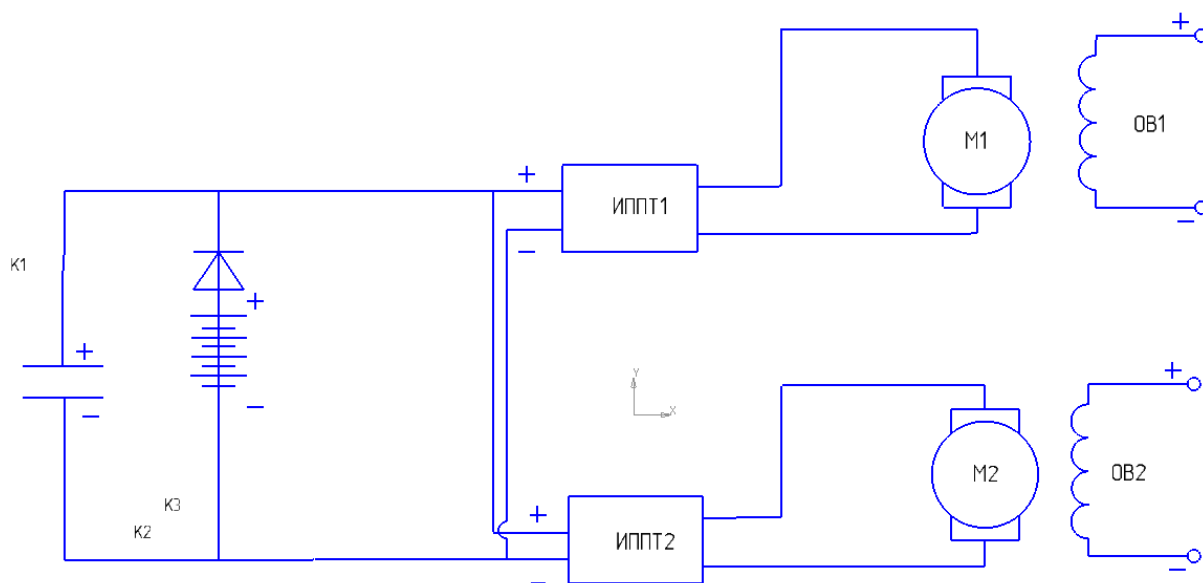


Рисунок 8. Схема пуска двигателей под нагрузкой

6.2. Выбор диода

Диод это электронный прибор, имеющий **2** электрода, основным функциональным свойством которого является **низкое сопротивление** при передаче тока в **одну сторону** и **высокое** при передаче в **обратную**. То есть при передаче тока в **одну сторону** он проходит **без проблем**, а при передаче в **другую**, **сопротивление** многократно **увеличивается**, не давая току пройти без сильных потерь в мощности. При этом диод довольно сильно **нагревается**.

Выбор диодов необходимо осуществлять по среднему току и обратному напряжению:

$$I_{д\text{ ср}} = I_{\text{ном}}/2 = 500/2 = 250 \text{ А.}$$

$$U_{\text{обр.мах}} = U_{\text{ном}} = 220 \text{ В.}$$

Выбираем диод типа VS-305UA160 с $U_{обр} = 1600$ (В), $I_D = 330$ (А), параметры которого превышают рассчитанные значения, фирмы Vishay Semiconductors. Выбираем диода типа VS-305UA160 на рисунке 9.

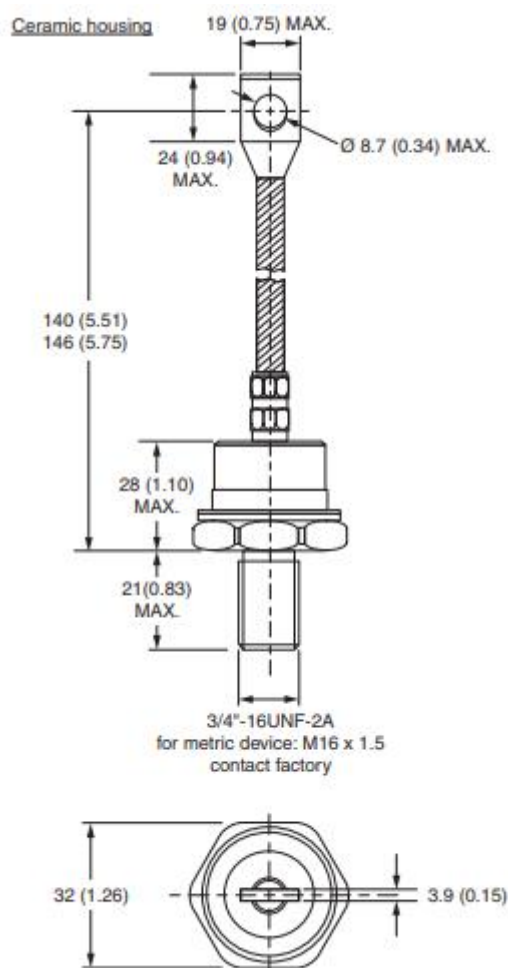


Рисунок 9. Габариты диода VS-305UA160

В паспортных данных на диод находим график зависимости прямого падения напряжения U_f на диоде в функции от прямого тока $I_{пр}$, протекающего через него. Рисунок 10.

Выбор проводим по току $I_{пр} = 250$ А определяем, что падение напряжения на диоде будет составлять приблизительно 1 В

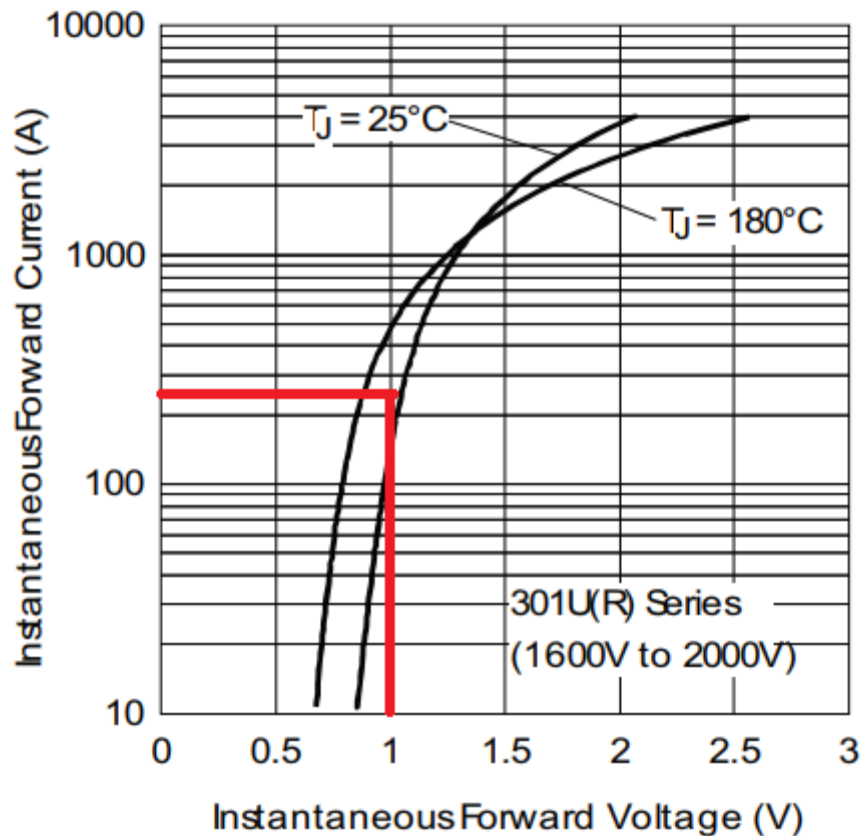


Рисунок 10. График зависимости падения напряжения от тока

Активные потери определяются по следующей формуле:

$$P_{VD} = I_{\text{пр}} \times U_f = 500 \times 1 = 500 \text{ (Вт)}$$

Определим необходимость радиатора, для этого запишем уравнение теплового баланса:

$$T_j - T_a = R_{ja} \cdot P_{VD}$$

тогда температура кристалла:

$$T_j = T_a + R_{ja} \times P_{VD} = 35 + 40 \times 500 = 20035 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

Расчетная температура значительно превышает допустимую температуру кристалла, представленную в документации на диод ($T_j = 180^\circ\text{C}$), радиатор необходим.

Из документации на диод находим:

Тепловое сопротивление $R_{jc} = 0,08(^\circ\text{C}/\text{Вт})$

Тепловое сопротивление корпус - радиатор $R_{cs} = 0,04$ ($^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$)

Выбираем рабочую температуру кристалла $T_{j\max} = 165$ ($^{\circ}\text{C}$)

Определяем рабочую температуру радиатора:

$$T_s = T_{j\max} - P_{\Sigma} (R_{jc} + R_{cs}) = 165 - 500 \times (0,14 + 0,08) = 55 \text{ } (^{\circ}\text{C})$$

Определяем необходимое тепловое сопротивление радиатор-окружающая среда:

$$R_{sa} = \frac{T_s - T_a}{P_{VD}} = \frac{55 - 35}{500} = 0,04$$

Определим необходимую площадь радиатора:

$$S_p = \frac{1}{\alpha \times R_{sa}} = \frac{1}{14 \times 0,04} = 1,8 \text{ } (\text{м}^2)$$

где $\alpha = 14$ – коэффициент теплоотдачи для черного радиатора, $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$.

По определенной площади подбираем радиатор. Выбираем радиатор серии HS 185-150. Внешний вид радиатора представлен на рисунке 11.



Рисунок 11. Внешний вид радиатора

длина ребра: $a = 0,15$ м;

высота ребра: $b = 0,025$ м;

ширина ребра: $c = 0,0046$ м;

межреберное расстояние: $x = 0,0057$ м.

Отсюда, полная площадь ребра:

$$S_{\text{ребра}} = 2 \times L \times H + L \times W = 2 \times 0,15 \times 0,025 + 0,15 \times 0,0046 = 0,0099 \text{ (м}^2\text{)}$$

Площадь между ребер:

$$S_{\text{межреб}} = L \times X = 0,15 \times 0,0057 = 0,000855 \text{ (м}^2\text{)}$$

С учетом количества ребер и расстояния между ними площадь радиатора:

$$S = S_{\text{ребра}} \times 180 + S_{\text{межреб}} \times 179 = 1,9 \text{ (м}^2\text{)},$$

где 180 - количество ребер в выбранном радиаторе, а 179 - количество межреберных промежутков.

6.3. Расчёт транзистора

IGBT-транзистор это транзистор с изолированным затвором, его входные характеристики сравнимы с входными характеристиками полевого транзистора, а выходные – выходным характеристиками биполярного транзистора.

$$U_{\text{ном}} = 220 \text{ (В)}$$

$$I = 500 \text{ (А)}$$

Выбираем IGBT-транзистор BSM300GB60DLC рисунок 12, фирмы Infineon, характеристики которого:

$$I_d = 995 \text{ (А)}, U_{ds} = 1200 \text{ (В)}, R_{ds} = 1.1 \text{ (мОм)}$$



Рисунок 12. Внешний вид IGBT-транзистора BSM300GB60DLC

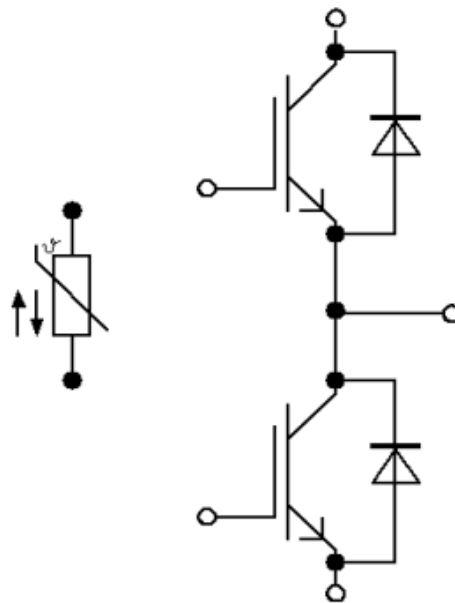


Рисунок 13. Эскиз транзистора IGBT-транзистора BSM300GB60DLC

Рассчитаем потери на проводимость на выбранном транзисторе:

$$P_{\text{пр}} = I_{\text{ср}}^2 \times R_{\text{ds}} = 250^2 \times 0,0011 = 68,75 \text{ (Вт)}$$

Определим площадь радиатора, установленного под обдувом воздуха, температура окружающей среды $T_a = 35^\circ\text{C}$:

$$T_j = T_a + R_{ja} \times P_{\Sigma} = 35 + 40 \times 68,75 = 2785 \text{ }^\circ\text{C}$$

Расчетная температура значительно превышает допустимую температуру кристалла, представленную в документации на транзистор ($T_j = 150^\circ\text{C}$), радиатор необходим.

Тепловое сопротивление для данного транзистора $R_{jc} = 0,13$ ($^\circ\text{C}/\text{Вт}$)

Тепловое сопротивление корпус - радиатор $R_{cs} = 0,082$ ($^\circ\text{C}/\text{Вт}$)

Выбираем рабочую температуру кристалла $T_{jmax} = 75$ ($^\circ\text{C}$)

Определяем рабочую температуру радиатора

$$T_s = T_{jmax} - P_\Sigma (R_{jc} + R_{cs}) = 75 - 68,75 \times (0,13 + 0,082) = 60,4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Определяем необходимое тепловое сопротивление радиатор-окружающая среда

$$R_{sa} = \frac{T_s - T_a}{P_\Sigma} = \frac{60,4 - 35}{68,75} = 0,37$$

Определим необходимую площадь радиатора

$$S_p = \frac{1}{R_{sa}} = \frac{1}{0,357} = 2,8 \text{ (м}^2\text{)}$$

По определенной площади подбираем радиатор

Выбираем радиатор серии HS 183-150. Внешний вид представлен на рисунке 14.



Рисунок 14. Внешний вид радиатора

длина ребра: $a = 0,15$ м;

высота ребра: $b = 0,045$ м;

ширина ребра: $c = 0,0044$ м;

межреберное расстояние: $x = 0,0057$ м.

Отсюда, полная площадь ребра:

$$S_{\text{ребра}} = 2 \times L \times H + L \times W = 2 \times 0,15 \times 0,045 + 0,15 \times 0,0046 = 0,014 \text{ (м}^2\text{)}$$

Площадь между ребер:

$$S_{\text{межреб}} = L \times X = 0,15 \times 0,0057 = 0,000855 \text{ (м}^2\text{)}$$

С учетом количества ребер и расстояния между ними площадь радиатора:

$$S = S_{\text{ребра}} \times 200 + S_{\text{межреб}} \times 199 = 3 \text{ (м}^2\text{)},$$

где 200 - количество ребер в выбранном радиаторе, а 199 - количество межреберных промежутков.

6.4. Выбор аккумуляторной батареи



Рисунок 15. Внешний вид аккумулятора FL 500 М

Для основного питания электровоза выбираем никель-железные тяговые аккумуляторные батареи. FL 500 М (ТНЖШ 500 У5) фирмы РеэйлТех. Внешний вид представлен на рисунке 15. Характеристики представлены в таблице 3.

Таблица 3- характеристики аккумуляторной батареи FL 500 M

Номинальная ёмкость, А*ч	500
Габаритные размеры (LxВxH),мм	155x167x538
Масса с электролитом, не более, кг	24,0
Масса без электролита, не более, кг	20,2
Диаметр борна (резьба)	M10
Ток разряда, А	100
Среднее напряжение разряда, В	1,2
Время разряда, ч	5
Конечное напряжения разряда, В	1,0
Ток заряда, А	100
Время заряда, ч	8
Конечное напряжение заряда, В	1,6

Для получения 220 В с помощью аккумуляторов их надо соединить последовательно:

$$1,2 \times 184 = 220,8В$$

Для работы электровоза всю смену ему будет достаточно 1000 А*ч. Получить такую ёмкость можно соединяя параллельно две ветви аккумуляторов рассчитанные выше.

$$500 \times 2 = 1000 А*ч$$

Для работы электровоза нужно 368 аккумуляторных батарей, их вес составит 8832 кг.

6.5. Расчёт суперконденсатора

Выбираем модуль суперконденсаторов МЛСК-240-29 с характеристиками, приведенными в таблице 4.

Таблица 4- характеристики модуля суперконденсаторов МЛСК-240-29

Рабочее напряжение	240 В
Емкость	29 Ф
Масса	25 кг
Габаритные размеры	1200x450x310 мм
Объем	0,163м ³
Рабочая температура	-50°С...+65°С
Степень защиты корпуса	IP65
Ресурсы, цикл	100000
Срок службы	10 лет
Тип электролита	Органический
Изготовитель	ООО ТЭЭМП

Выбираем ёмкость конденсаторов

Для электровоза возьмём суперконденсатор электроёмкостью 5 МДж.

Конденсатор емкостью 28.5 Ф накапливает:

$$E = \frac{C \cdot U^2}{2} = \frac{28,5 \cdot 220^2}{2} = 689700 \text{ Дж}$$

Для получения электроёмкости в 5 МДж потребуется 8 модулей. Общая масса модулей будет составлять 200 кг.

7. Экономическая часть

Целью данного раздела работы является экономическое проектирование емкостного накопителя энергии в тормозных рекуперативных режимах работы подвижного состава.

Задачи раздела:

- провести анализ конкурентных технических решение;
- разработать структур проектной работы
- Определить трудоёмкость
- Составить смету затрат

Область возможного применения: средство передвижения с электроприводами.

7.1. Анализ конкурентных технических решений

Данный анализ помогает методом сравнения оценить сильные и слабые стороны рассматриваемых накопителей энергии, чтобы наиболее обосновано выбрать установку для дальнейшего проектирования. Наиболее часто один вариант не может обладать сразу всеми техническими и экономическими показателями в высшей степени, поэтому данный анализ позволяет выбрать тот вариант, который в целом обладает наивысшей конкурентоспособностью.

Для того чтоб провести оценку конкурентоспособности, берем 2 вида наиболее конкурентоспособных накопителей энергии:

- Литий-ионный АКБ (1);
- Суперконденсатор(2).

Сравнение характеристик выбранных накопителей в оценочной карте. Оценочная карта представлена в Таблице 5.

Таблица 5 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентно-способность	
		Литий-ионный АКБ	Суперконденсатор	Литий-ионный АКБ	Суперконденсатор
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
Время зарядки(А)	0,35	5	1	1,75	0,35
Количество циклов(Б)	0,25	5	1	1,25	0,25
Напряжение ячейки(В)	0,20	3	5	0,60	1
Удельная энергоёмкость(Вт*ч/кг)(Г)	0,20	1	5	0,20	1
Удельная мощность(Вт/кг)(Д)	0	5	2	0	0

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя

Таблица 6 – Определение коэффициента весомости по методу парного сравнения

Оцениваемые параметры	Оцениваемые параметры					Σ, расчет веса критерия
	А	Б	В	Г	Д	
А	-	1	2	2	2	7/20=0,35
Б	1	-	1	1	2	5/20=0,25
В	0	1	-	1	2	4/20=0,20
Г	0	1	1	-	2	4/20=0,20
Д	0	0	0	0	-	0/20=0
ИТОГО:	1	3	4	4	8	20

Пояснения к таблице:

А – Время зарядки;

Б – Количество циклов;

В – Напряжение ячейки;

Г – Удельная энергоёмкость;

Д – Удельная мощность.

Пример расчета конкурентоспособности:

$$K = 0,35 \times 5 = 1,75$$

Расчет конкурентоспособности по всем техническим критериям оценки:

$$K(1) = 0,35 + 0,25 + 1 + 1 + 0 = 2,6$$

$$K(1) = 1,75 + 1,25 + 0,6 + 0,2 + 0 = 3,8$$

В ходе результата анализа конкурентных технических решений можно сделать вывод, что наибольшим преимуществом обладают суперконденсаторы.

7.2. Планирование проектной работы

В данном разделе необходимо определить основные виды работ, назначить участников для каждой работы, рассчитать время, требуемое для выполнения каждой работы и в конце построить график проведения научного исследования.

7.3. Структура работ в рамках научного исследования

В таблице 7 представлены основные виды работ с указанием содержания, а также распределены исполнители. В качестве исполнителей выступают инженер и руководитель темы.

Таблица 7 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель темы
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Описание объекта проектирования	Инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Расчет и выбор силового оборудования	Инженер
	6	Выбор преобразовательного устройства	Инженер
	7	Выбор аппаратуры управления и защиты	Инженер
	8	Расчет статических и динамических характеристик	Инженер
Разработка технической документации и проектированию	9	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер

7.4. Определение трудоёмкости работ

Определение трудоёмкости выполняемых работ зависит от множества факторов. Учет всех факторов практически невозможен, поэтому используется ожидаемая трудоёмкость, рассчитываемая по формуле (1).

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5}, \quad (1)$$

где $t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоёмкость выполнения какой-либо работы;

$t_{\text{min}i}$ – минимальная трудоёмкость при выполнении какой-либо работы.

$t_{\text{max}i}$ – максимальная трудоёмкость при выполнении какой-либо работы.

После этого определяем продолжительность какой-либо работы в рабочих днях T_p .

$$T_{pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i}, \quad (2)$$

где T_{pi} – продолжительность работы в рабочих днях;

$t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоёмкость выполнения какой-либо работы;

$Ч_i$ – количество исполнителей, которые выполняют одну и ту же работу на данном этапе.

Рассчитанная ожидаемая трудоёмкость каждой из работ по проектированию приведена в таблице 8.

7.5. Разработка графика проведения проектной разработки

Для построения графика Ганта будем использовать не рабочие дни, а календарные. Перевод из рабочих дней в календарные осуществляем по формуле (3).

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (3)$$

где T_{ki} – продолжительность работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность работы в рабочих днях;

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

Коэффициент календарности учитывает количество выходных и праздничных дней и рассчитывается по формуле (4):

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (4)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году ($T_{\text{кал}} = 365$);

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году ($T_{\text{вд}} = 52$);

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году ($T_{\text{пд}} = 14$).

Значения для каждой работы представлены в таблице 8.

Пример расчета для инженера (подбор и изучение материалов по теме):

$$t_{\text{ож}} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 2}{5} = 1,4 \approx 2 \text{ чел} - \text{дней};$$

$$T_p = \frac{2}{1} = 2 \text{ дня};$$

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22;$$

$$T_k = 2 \cdot 1,22 = 2,44 \approx 3 \text{ дня}.$$

Таблица 8 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
	t_{min} чел-дни		t_{max} чел-дни		$t_{ожг}$ чел-дни					
	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер
Составление и утверждение технического задания	1		2		2		2		3	
Подбор и изучение материалов по теме		3		6		5		5		6
Описание объекта проектирования		4		6		5		5		6
Календарное планирование работ по теме	3		4		4		4		5	
Расчет схемы рекуперативного накопления энергии		8		10		9		9		11
Расчет элементов схемы		10		15		12		12		15
Выбор комплектующих		3		6		5		5		6
Оценка эффективности полученных результатов	1		2		2		2		3	
Составление пояснительной записки		2		4		3		3		4

Окончание Диаграммы Ганта

		02-04 апрель			05-08 апрель			
		53	54	55	56	57	58	59
Составление и утверждение технического задания	Руководитель							
Подбор и изучение материалов по теме	Инженер							
Описание объекта проектирования	Инженер							
Календарное планирование работ по теме	Руководитель							
Расчет схемы рекуперативного накопления энергии	Инженер							
Расчет элементов схемы	Инженер							
Выбор комплектующих	Инженер							
Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель							
Составление пояснительной записки	Инженер							

Итого длительность работ в календарных днях руководителя проекта равняется 11 дней, а инженера 48 день.

7.6. Смета затрат

Смета затрат складывается из следующих статей расходов:

- материальные расходы;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

Материальные расходы

Стоимость материалов, используемых при разработке данного проекта, приведена в таблице 9.

Таблица 9 – Материальные затраты на выполнение научного исследования

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (Z_m), руб.
Канцтовары	упаковка	1	1500	1500
Компьютер	штук	1	37000	37000
Итого:				38500

Основная заработная плата

Расчет месячного должностного оклада работника производится по формуле (5):

$$Z_m = Z_{mc} \cdot (1 + k_{np} + k_d) \cdot k_p \quad (5)$$

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

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

k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в научном исследовательском институте за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20 % от Z_{mc});

Дополнительная заработная плата - заработная плата, начисленная рабочим и служащим не за фактически выполненные работы или проработанное время, а в соответствии с действующим законодательством, в том числе оплата очередных отпусков рабочих и служащих, льготных часов подростков, времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей.

Дополнительная заработная плата рассчитывается с помощью коэффициента $k_{\text{доп}}$ по формуле (9):

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (9)$$

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

Расчет:

$$Z_{\text{доп}} = 0,15 \cdot 16087,5 = 2413,2 \text{ руб (для руководителя),}$$

$$Z_{\text{доп}} = 0,15 \cdot 61200 = 9180 \text{ руб (для инженера)}$$

7.7. Отчисления во внебюджетные фонды

Данная статья расходов включает в себя обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам во внебюджетные фонды. К внебюджетным фондам относятся: фонд социального страхования (ФСС), пенсионный фонд (ПФ), федеральный фонд обязательного медицинского страхования (ФФОМС).

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы (10):

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \quad (10):$$

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

Расчет:

$$Z_{\text{внеб}} = 0,3 \cdot (16087,5 + 2413,2) = 5550,2 \text{ руб (руковод.)}$$

$$Z_{\text{внеб}} = 0,3 \cdot (61200 + 9180) = 21114 \text{ руб (инж.)}$$

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

На 2018 г. установлен размер страховых взносов равный 30%.

Таблица 11 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	16087,5	2113,2
Инженер	61200,0	9180,0
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,3	
Итого		
Руководитель	5550,2	
Инженер	21114,0	

7.8. Накладные расходы

Накладные расходы – это затраты, которые не попали в предыдущие статьи расходов. К ним относят: оплата электроэнергии, услуги связи, печать и ксерокопирование материалов и т.д. Величина накладных расходов определяется с учетом коэффициента $k_{нр}$ по формуле (11):

$$Z_{накл} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{нр} = (Z_m + Z_{осн} + Z_{доп} + Z_{внеб} + A) \cdot k_{нр} \quad (11)$$

где $k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы (16%).

Расчет:

$$Z_{накл} = (38500 + 77287,5 + 11593,2 + 26664,2 + 1993,6) \cdot 0,16 = 24966,16 \text{ руб.}$$

7.9. Формирование слотов затрат проектной разработки

После того как рассчитаны все статьи затрат научно-исследовательского проекта, можно сформировать окончательный бюджет затрат НТИ.

Структура бюджета затрат научного исследования представлена в таблице 12.

Таблица 12 – Бюджет затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	%
1. Материальные расходы	38500,0	21,5
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	77287,5	43,2
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	11593,2	6,5
4. Отчисления во внебюджетные фонды	26664,2	14,9
5. Накладные расходы	24966,2	13,9
6. Бюджет затрат НТИ	179010,7	100,0

В ходе выполнения всех поставленных задач была произведена оценка конкурентоспособности двух различных накопителей. В результате данного анализа был выбран наиболее конкурентоспособный вариант, которым является суперконденсатор.

Также было осуществлено планирование работ, проектирования определены временные рамки и трудоемкость работ каждого из участников и составлен ленточный график проведения их работ в форме диаграммы Ганта. По результатам расчетов было установлено, что длительность работ для руководителя составляет 11 рабочих дней, а для инженера 38 рабочий день. Общая смета проекта составила 179010,7 руб. который складывается из

расходов на заработную плату работников (88880,7 руб.), отчисления во внебюджетные фонды (26664,2 руб.), материальные расходы (38500 руб.) и накладные расходы (24966,2 руб.).

При использовании выбранного суперконденсатора повышается эффективность работы за счет уменьшения общего расхода на оборудование, повышения надежности и обеспечения безотказной, длительной работы.

8. Социальная ответственность

8.1. Анализ опасных и вредных производственных факторов

В процессе работы на горнодобывающем предприятии человек вступает во взаимодействие с орудиями труда, предметами труда и другими людьми из персонала. Безусловно на него воздействуют параметры окружающей среды рабочей обстановки. От условий труда, в которых работает персонал зависит отношение персонала к труду и, как следствие, результаты труда. При плохих условиях труда резко снижается работоспособность, что в свою очередь приводит к повышению процента профессиональных заболеваний и травм. Под условиями труда подразумеваются факторы производственной среды, которые оказывают влияние на самочувствие персонала, а также его производительность в процессе труда.

Вредный производственный фактор — такой производственный фактор, воздействие которого на персонал может являться причиной заболевания

В шахтах много разных источников шума и их действие на организм человека очень велики. Все шахтные механизмы создают разные шумы. В условиях шахты шум мешает своевременно услышать звуки, которые сообщают об обвале, выбросе угля, газов. Шум перебивает сигналы при эксплуатации и ремонте машин и разных механизмов, мешает четкому восприятию их, что может спровоцировать плачевные последствия.

Повышенный уровень шума

При работе комбайнов и конвейеров шум колеблется в пределах 86-100 дБ, струговые установки создают шум, равный 74-80 дБ, перфораторы — 111-124 дБ, вентиляторы частичного проветривания СВМ-6 — 102 дБ, движущий состав порожних вагонеток — 100 дБ, буровой станок — 96 дБ. Шум губительно воздействует на организм человека, может привести к тугоухости, а затем и к глухоте. В самых серьёзных случаях может привести к шумовой болезни. Продолжительность работ в области повышенного звукового давления нормируется санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.562-96 и ГОСТ 12.1.003-83. Для частоты 1000 Гц он соответствует 75–80 дБ. Для помещений, требующих речевой связи допустимый уровень шума при частоте 1000 Гц равен 50 дБ. Воздействие шума уровнем выше 75 дБ может привести к потере слуха. Для уменьшения шума ещё на производстве изготовления машин. На предприятии борются с шумом в основном с источником шума:

- Укрепляют конструкции;
- Протяжка кожухов;
- Ограждение;
- Шумоизоляция установок;
- Установка различных экранов.

Для индивидуальной защиты используют противошумные наушники, антифоны.

Вибрация

Источником вибрации на предприятии является электродвигатель, редуктор, компрессор, дробилки. При общей вибрации колебания передаются всему организму человека от рабочих механизмов через опору инструмента. При длительном воздействии на организм человека может возникнуть вибрационная болезнь. Местная вибрация проявляется в колебаниях

оборудования и ручного инструмента, переходящие на отдельные части тела.
Данная вибрация может привести к болезни суставов рук.

Таблица 13 продолжительность вибраций

Скорость, ДБ	Время, час
80-100	3-24
100-120	1-3
120-140	0,1-1

Есть 2 направления борьбы с вибрацией:

- снижение вибрации в самом источнике возникновения;
- уменьшение параметров вибрации на пути ее распространения от источника.

Снижение вибрации в самом источнике возникновения достигают:

- замена технологических процессов на безвибрационные
- исключением резонанса собственной частоты вибрации оборудования и колебаний переменных внешних сил путем изменения массы, жесткости конструкции.

Для уменьшения параметров вибрации на пути ее распространения используют защитные устройства:

- вибродемпфирование
- превращение механической энергии вибрации в тепловую в материалах с большим внутренним трением

В качестве индивидуальных мер защиты виброгасящие рукоятки из эластичного материала, пружинные каретки, рукавицы с эластичными вкладышами, виброзащитную обувь.

Продолжительность работ в области повышенной вибрации нормируется санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.566-96 и ГОСТ 12.1.012-90.

Недостаточная освещенность

Достаточное освещение является одним из важнейших факторов повышения безопасности труда. Особое значение освещение имеет на горнодобывающей промышленности в шахтах, где естественного освещения нет вообще. При хорошем освещении облегчается слежка за кровлей выработки, за движущимися частями машин, своевременное выявление опасных ситуаций. В шахтах освещение выполнено в виде стационарных светильников, и индивидуальными переносными светильниками. На каждой шахте или группе шахт должна быть устроена ламповая, размещаемая в помещении из негорючих материалов. Ламповая оборудуется автоматическими зарядными станциями, рассчитанными на эксплуатацию герметичных и доливных аккумуляторных батарей, а также иметь тренировочную зарядную станцию. Аварийное освещение должно быть смонтировано в стволе, околоствольном дворе, камере главного водоотлива, электрокамерах, складах взрывчатых материалов, а также в местах пересечения выработок, тоннелей и в выработках большой протяженности. Продолжительность работы в области недостаточного освещения нормируются санитарными нормами СанПиН 2.21/2.1.1.1278-03.

Освещенность рабочих мест в горных выработках в шахтах должна составлять 10 лк, что не приводит к утомлению рабочих. В местах, где люди находятся кратковременно, только во время передвижения их к месту работы (откаточные выработки, людские ходки и др.), минимальный уровень освещенности составляет 1 лк.

Наличие в воздухе взвешенных частиц

На горнодобывающих производствах во время различных технологических процессов загрязняется воздушная среда пылью, разными газами. Пыль, попадая в верхние дыхательные пути с вдыхаемым воздухом, приводит к заболеваниям дыхательной системы человека объединённых в группу пневмокониозов. Вдыхаемые выхлопные газы и газы, образующиеся при производстве различных технологических процессов, могут привести к острому отравлению, а также к накоплению в организме человека различных

вредных веществ, в том числе тяжелых металлов, что в конечном итоге приведет к возникновению хронических заболеваний. Норма качества состава шахтного воздуха определяется объемной долей кислорода, которая не должна быть ниже 20%, объемной долей вредных и ядовитых (токсичных) газов и запыленностью воздуха - содержанием угольно-породной пыли в воздухе горных выработок. Для уменьшения случаев заболеваний органов дыхания от вдыхаемой пыли работники используют респираторы. Для уменьшения выброса угольной пыли на шахтах осуществляются мероприятия по уменьшению пылевыведения согласно паспортам противопопылевых мероприятий, которые утверждаются главным инженером шахты. К таким мерам относятся:

- использования машин, которые обеспечивают минимальное пылеобразование при добыче угля;
- предварительное увлажнение угольного пласта;
- орошения мест пылеобразования и пыли, осевший;
- эффективное проветривание выработок;
- периодическая очистка от пыли откаточных и вентиляционных выработок;
- расположение скиповых подъемов в стволах с исходящей воздушной струей.

Опасный производственный фактор — это такой производственный фактор, действие которого может стать причиной травм для рабочего персонала (к таким факторам относятся пожар, взрыв, электрический ток, движущиеся предметы, высота) Не смотря на все вводимые защитные меры, ужесточение ответственности за несоблюдение правил безопасности при выполнении работ травматизм на производстве всё равно присутствует. Опасные факторы в горнодобывающей промышленности:

Механическими опасными факторами в горнодобывающей промышленности являются движущиеся элементы производственного

оборудования. Работа проводится с различными механизмами, что в свою очередь может привести к механическим повреждениям человека. Для снижения вероятности получить травму устанавливают защитные кожухи, ограждения.

поражение электрическим током

Работа производится с рабочими электрическими установками. Для защиты от поражения электрическим током применяются: защитное заземление, изоляция токоведущих частей, оградительные устройства, изолированный ручной инструмент.

Возможность возникновения воспламенения или взрыва природного газа.

Для уменьшения вероятности взрыва на горнодобывающее предприятие подают свежий воздух, который в свою очередь уменьшает концентрацию взрывоопасных газов. В горных выработках установлены пункты пожарной безопасности, по всей площади есть датчики уровня метана.

Электропоражение персонала, работающего с электроустановками, является опасным для жизни человека и наступает при соприкосновении его с сетью не менее чем в двух точках. При разработке коллективных и индивидуальных средств защиты от электропоражения необходимо, согласно правилам устройства электроустановок (ПУЭ), рассмотреть следующие вопросы:

- а) обоснование категории помещения по степени опасности поражения электрическим током;
- б) требования к электрооборудованию;
- в) анализ соответствия реального положения на производстве перечисленным требованиям;
- г) мероприятия по устранению обнаруженных несоответствий;
- д) обоснование мероприятий и средств защиты, работающих от поражения электрическим током.

Система электробезопасности в шахте служит для защиты людей от поражения электрическим током, возникновения пожаров, взрывов газа и пыли от электрического тока. Главными составляющими системы электрической защиты в шахтах считается предупреждение прикосновения человека к токоведущим частям, защитное заземление, защитное отключение, применение электробезопасных средств, а также использование электрооборудования в конструктивном исполнении, учитывающем рабочие условия. Защита от прикосновения к токоведущим частям предусматривает:

- размещение открытых токоведущих частей электроустановок на высоте, недоступной от случайного прикосновения;
- размещение электроустановок в закрытых корпусах, предотвращающих проникновение к токоведущим частям без специальных приспособлений и инструментов;
- применение специальных блокировочных устройств, препятствующих доступу к токоведущим частям до снятия с них напряжения;
- ограждение щитками и другими приспособлениями открытых токоведущих частей.

Средства для индивидуальной защиты делятся на две группы: основные и дополнительные. Основные изолирующие средства способны длительное время выдерживать рабочее напряжение электроустановки и ими можно касаться токоведущих частей, находящихся под напряжением. К ним относятся диэлектрические перчатки, инструмент с изолированными рукоятками, изолирующие штанги, указатели напряжения. Дополнительные изолирующие средства не обладают достаточной электрической прочностью и должны усиливать защитное действие основных изолирующих средств. В эту группу входят изолирующие подставки, диэлектрические галоши, коврики.

Пожаром называется неконтролируемый процесс горения, причиняющий материальный ущерб, вред жизни и здоровью граждан, интересам общества и государства.

Пожары представляют огромную угрозу для жизни людей в шахтах. При несвоевременном вводе средств пожарной защиты в действие, а также низкой эффективности применяемых способов тушения подземные пожары превращаются в грозное бедствие. Они останавливают производство, обесценивают недра, портят оборудование. При пожаре под угрозу попадают жизни шахтёров, спасателей. При выделении дыма и токсичных газов воздух в шахте становится непригоден для дыхания. Благодаря вентиляции продукты горения, в том числе и токсичные газы, способны быстро распространиться на значительные расстояния от очага пожара.

Меры предосторожности:

- Применение систем разработки, обеспечивающих минимальные потери угля и высокие скорости подвигания очистных забоев;
- снижение концентрации кислорода в воздухе в выработанном пространстве за счет сокращения утечек воздуха, накопления метана и нагнетания инертных газов;
- использование антипирогенов, снижающих химическую активность угля и повышающих его теплопроводность и теплоемкость.

8.2. Охрана окружающей среды

Сегодня вопросы экологии является ключевым для любой отрасли. Поэтому важно проводить мероприятия по улучшению экологии, соответствовать требованиям природоохранного законодательства и улучшать показатели эффективности деятельности, связанной с управлением экологическими аспектами.

Ущерб наносимой окружающей среде горными работами усиливается за счет большого количество влияющих факторов, порождаемых другими отраслями промышленности. Главным фактором влияния на окружающую среду является техногенные процессы, формирующиеся при эксплуатации различных объектов горнодобывающего производства.

Главными воздействиями на окружающую среду:

- добыча минерально-сырьевых и экологических;
- химическое и тепловое загрязнение биосферы;
- физическое воздействие.

Основное воздействие на воздушный бассейн предприятием является загрязнение воздуха выбросами вредных веществ в окружающую среду.

- продукты сгорания топлива;
- выбросы газообразных и взвешенных веществ от различных производств;
- выхлопные газы от автотранспорта;
- испарение из емкостей для хранения химических веществ и топлива;
- пыль с поверхности карьера, отвалов, из узлов погрузки, разгрузки и сортировки сыпучих материалов.

В процессе работы предприятие осуществляет забор водных ресурсов собственные и производственные нужды, а также сбрасывает эти воды в полигоны бытовых стоков. Сброс сточных вод в водные объекты не производится, за исключением шахтных вод из некоторых штолен. Эти действия приводят к загрязнению гидрографической сети где размещено предприятие.

Источниками загрязнения поверхностных и подземных вод являются:

- хозяйственно-бытовые сточные воды;
- шахтные воды;
- оборотные воды из цехов обогащения;
- оборотные воды из цеха гидрометаллургии;
- поверхностный сток с селитебных территорий и промплощадок;
- осадки, выпадающие на поверхность водных объектов и содержащие пыль и загрязняющие вещества от промышленных выбросов;
- места хранения отходов производства;
- полигоны коммунальных и бытовых отходов.

Предприятие берёт воду для своих производственных объектов, вахтовых посёлков, промплощадок из подземных водных источников. Вода расходуется в технологическом процессе цехов, для охлаждения технологического оборудования, на подпитку тепловых сетей и оборотной системы. Для подачи воды на предприятие предусмотрены насосные станции. Вода от насосов расходится по предприятию и заполняет резервуары.

В качестве источника производственного водоснабжения также используются воды шахтного водоотлива для гидрообеспыливания при горных работах. Для работы компрессорной предусмотрена система оборотного водоснабжения.

По своему химическому составу шахтные воды полностью идентичны природным водам поверхностного стока рек. Превышение к фоновым показателям имеют только взвешенные вещества и нефтепродукты. Перед сбросов шахтная вода попадает в отстойник в котором все тяжелые вещества и нефтепродукты вылавливаются. После очистки шахтных вод предельно допустимая концентрация вредных веществ в допуске. В месте впадения шахтных вод из штолен в реку происходит незначительное увеличение концентрации загрязняющих веществ, но в контрольном створе, в 300 метрах ниже отстойника, концентрация загрязняющих веществ сохраняется в пределах их фонового содержания.

При работе горнопромышленного предприятия главную роль играет вопрос утилизации и складирования отходов. Промышленные отходы нуждаются в обширных территориях для складирования, но в добавок ко всему загрязняют вредными веществами, пылью, газообразными выделениями атмосферу, территорию, поверхностные и подземные воды.

Для улучшения экологической обстановки – уменьшения вредных выбросов в биосферу используют следующие методы:

Очищение водных ресурсов

- совершенствование управления водными ресурсами путем разработки программы устойчивого управления водоснабжением;
- контроль уровня грунтовых вод посредством устройства зумпфов и скважин водозабора;
- минимизация объема сточных вод за счет очистки и использования оборотного водоснабжения там, где это возможно;

Охрана земель

Так как на карьерах добыча сочетается с внутренним образованием отвалов, то для таких случаев существуют схемы разделения карьерного поля, когда в первую очередь часть карьера отработывают с временным складированием пород вскрыши на борту, а оставшуюся часть отработывают с внутренним отвалообразованием и направляют заскладированные породы в выработанное пространство. Для упреждения опасности оседания почвы над разработкой используют способ заполнения полости пустой.

Охрана геологической среды

- осуществлять охрану минеральных и энергетических ресурсов недр;
- производить профилактические действия для охраны подземных вод;
- крайне важно осуществлять мероприятия по защите источника ресурсов естественного подземного пространства и создания искусственных под-земных резервуаров и помещений – массивов горных пород;

8.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Причины ЧС:

- Снижение дисциплины на предприятии;
- Снижение противоаварийной устойчивости предприятия;
- Высокий прогрессирующий износ основных производственных фондов;
- Повышение технологической мощности производства.

Меры снижения риска ЧС

1. Установка пологих откосов бортов карьера для уменьшения вероятности оползней и обрушений при различных способах добычи.
2. На шахтах предварительно пробуривают скважину до угольного пласта, и через скважину дренажируют метан. Риск взрыва резко уменьшается.
3. Все работники многократно инструктируются, знакомятся с паспортами, регламентами на ведение работ и мероприятиями по безопасности и охране труда, правилами поведения.
4. Установка вентиляционных каналов, они обеспечивают отвод газов из шахты, выхлопов двигателей;
5. Осуществление контроля факторов риска;
6. проведение регулярных проверок и испытаний для дальнейшей оценки и усовершенствования работы всей системы.

Предотвращение ЧС и устранение их последствий

Все производимые виды работ в горнодобывающей промышленности сопряжены с особым риском и есть вероятность, что они могут привести к возникновению чрезвычайных ситуаций. Подземные горные выработки всегда связаны с факторами риска, которые могут произойти в любой момент, такие как выделение взрывоопасного газа метана, образование угольной пыли, использование энергоемких систем добычи и вероятность самопроизвольного воспламенения угля. Производя подземную добычу руды ЧС могут возникнуть, например, при обвале пластов породы или неожиданном воспламенении, а в последствии и взрыве определенных веществ и сульфидной пыли. При работе в открытых карьерах риск возникновения ЧС сохраняется и он связан с тем, что в процессе добычи используется мощное высокоскоростное машинное оборудование, также есть возможность внезапного взрыва и нарушения стабильности склонов. В процессе добычи руды есть вероятность опасных взрывов химических соединений, протечки и возникновения в результате прорыва дамбы потока могут случиться при добыче руды.

Меры, которые сопровождают современные методы проведения горнодобывающих процессов, а также эксплуатацию шахт, направлены на полное исключение или сведение к минимуму указанных выше факторов риска. Не смотря на все профилактические меры, аварии часто случаются в шахтах по всему, и даже там, где формальные технологии для мониторинга контроля риска приняты в качестве основной стратегии для повышения безопасности горных работ и снижения вероятности и смягчения последствий чрезвычайных ситуаций.

Проведение периодических проверок и принятие во внимание расследования произошедших ранее аварий продолжают процесс выявления недостатков в использовании уроков прошлого и применении неэффективных мер, направленных для предотвращения и снижения общеизвестных факторов риска. Зачастую совершение таких ошибок сопровождается отсутствием или недостаточностью адекватных мер, которые могли бы помочь в предотвращении, взятии под контроль или устранении чрезвычайной ситуации.

В данном разделе в общих чертах описано о мерах подготовки к возможным чрезвычайным ситуациям. Данный подход можно использовать для основы предотвращения или вовсе снижения риска в горнодобывающей промышленности.

Система подготовки к действиям в экстренной ситуации.

Предлагаемая система, позволяющая добиться состояния готовности к чрезвычайным ситуациям возможно, если следовать системе, основанной на комплексном подходе к предупреждению и предотвращению таких ситуаций, а также умению справиться с ними, если они все же возникли. В системе предусмотрено следующее:

- постановка организационных задач и их реализация;
- осуществление контроля факторов риска;

- определение мер, которые позволяют справиться с непредвиденной ситуацией или аварией;
- разработка и вне
- обеспечение необходимыми площадями, оборудованием и материалами;
- проведение обучения персонала способам выявления, ограничения и оповещения об аварии, а также действиям при мобилизации, при развертывании специальных систем и после аварии;
- проведение регулярных проверок и испытаний для дальнейшей оценки и усовершенствования работы всей системы;
- проверка эффективности системы и повторная оценка факторов риска;
- после устранения возникшей аварии производится критическая оценка работы всей системы и определение мер, необходимых для ее улучшения.

Для обеспечения своевременного, эффективного и безопасного сдерживания и контроля над любой ситуацией необходимо включить системы готовности к действиям в результате ЧС в общую систему управления.

Оценка факторов риска

Чтобы выявить факторы риска, которые характерны для данного производства, а затем определить вероятность и дать оценку последствиям возможных аварий необходимо произвести анализ факторов риска. Используя известные критерии производят оценку факторов риска, затем определяют является ли степень риска допустимой, если окажется, что риск высок, то устанавливают необходимость введения мер для его снижения. Затем производят разработку и реализацию целевых планов по снижению выявленных факторов риска.

В случае возникновения ЧС принятие наиболее эффективных мер реализуется по плану действий, который разрабатывается образом, подобным

представленному выше. Предсказать сценарий развития той или иной ситуации позволяет выявление и анализ факторов риска. Также становится возможным определить мероприятия, которые необходимы в каждом конкретном случае. Эти данные ложатся в основу общей стратегии подготовки к экстренным ситуациям.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения ВКР разработан накопитель энергии на суперконденсаторах. В электросети подземного электротранспорта с помощью накопителей можно повысить качество электроэнергии, спрямить графики нагрузки, уменьшить скачки и провалы нагрузки подстанций. Использование суперконденсаторов повысит и стабилизирует напряжение в сети, позволит использовать рекуперативное торможение до полной остановки. Использование суперконденсаторов продлит срок службы аккумуляторных батарей на подземном электротранспорте, так как они будут брать все пусковые токи на себя. При зарядки аккумуляторной батареи под крышкой скапливается водород, который в последствии может привести к взрыву, суперконденсаторы лишены этой проблемы.

Применение суперконденсаторов позволит сэкономить предприятию до 10% затрат электроэнергии на перевозки грузов электротранспортом.

В разделе производственной и экологической безопасности проведен анализ вредных факторов, рассмотрена техника безопасности, производственная санитария, пожарная безопасность.

В организационно-экономической части выполнено планирование проектных работ, расчет сметы затрат на проектирование.

Список литературы

1. Степаненко В.П., Сорин Л.Н. Энергоэффективность подземной локомотивной откатки с гибридными накопителями энергии — 2015. — № 6. — С. 135-140.
2. Степаненко В.П., Сорин Л.Н. Актуальность ресурсо- и энерго-сбережения подземных рудничных локомотивов с комбинированными накопителями энергии — 2015. — № 5. — С. 323—328.
3. Степаненко В.П., Белозеров В.И. Применение комбинированных энергосиловых установок горнотранспортных машин — 2015. — № 2. — С. 174-181.
4. Степаненко В.П. Применение комбинированных энергосиловых установок в горной промышленности— 2014. — № 11. — С. 322—328.
5. Степаненко В.П., Белозеров В.И., Сорин Л.Н. Перспективы применения комбинированных накопителей энергии на карьерном железнодорожном транспорте — 2015. — № 5. — С. 317—322.
6. Степаненко В.П. Электровозная откатка на урановых рудниках Советско-германского акционерного общества «Висмут». 1980—1987 гг.— 2015. — № 6. — С. 141-150.
7. Степаненко В. П. Исследование зависимости коэффициента сцепления рудничных электровозов от абразивности горных пород— 2015. — № 2. — С. 168-173.
8. Белозеров В.И., Степаненко В.П. Потребность создания карьерных локомотивов с накоплением энергии -2014. - № 5. - С. 76.
9. Шевлюгин М.В. Ресурсо- и энергосберегающие технологии на железнодорожном транспорте и в метрополитенах, реализуемые с использованием накопителей энергии. Автореферат диссертации на соискание ученой степени д.т.н. — М.: МГУПС (МНИТ), 2009. — С. 51.
10. Денщикова К.К. Комбинированные энергетические установки на основе суперконденсаторов Москва, 22—26 марта 2008 г. — М., 2008

11. Варакин И.Н., Менухов В.В., Самитин В. В. Перспективы применения электрохимических конденсаторов в составе комбинированных энергосиловых установок

12. Степаненко В.П., Иващенко В.В., Чуприн В.П., Ремизов И.П. Патент SU 1700646 А1 Н 01 М 10/42 от 29.09.1989. Полезная модель. Способ подготовки разряженной шахтной аккумуляторной батареи к работе.