

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 Электроэнергетика и электротехника
 Отделение электроэнергетики и электротехники

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Исследование тормозных режимов работы подземного электровоза

УДК 622.625.2-541.3

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM88	Поморцев Александр Иванович		

Руководитель ВКР

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

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
Руководитель ОЭЭ ИШЭ	Гарганеев А.Г.	Профессор Д.Т.Н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Код	Результат обучения*	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР
Общие по направлению подготовки		
P1	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.	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	Свободно пользоваться русским и иностранным языками как средством делового общения, способностью к активной социальной мобильности.	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	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.	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	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.	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	Применять углубленные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания в междисциплинарном контексте в инновационной инженерной деятельности в области электроэнергетики и электротехники.	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	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.	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 инженерные проекты 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 инженерные исследования 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 технико-экономическое обоснование 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 монтажные, регулировочные, испытательные, наладочные 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>

		<i>иFEANI</i>
P11	Осваивать новое 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>

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

Инженерная школа энергетики
Направление подготовки – 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
Отделение электроэнергетики и электротехники

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
Гарганеев А.Г.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
5AM88	Поморцеву Александру Ивановичу

Тема работы:

Исследование электропривода насосной установки	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 58-29/с от 27.02.2020 года

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к	<i>Разработка емкостного накопителя энергии в тормозных рекуперативных режимах работах подвижного состава.</i>
--------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	- Расчет и выбор элементов емкостного накопителя. обсуждениерезультатов выполненной работы; - разработка раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»; - разработка раздела «Социальная ответственность»;
Перечень графического материала	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Спицына Любовь Юрьевна
Социальная ответственность	Фех Алина Ильдаровна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Приложение А написано на иностранном языке	

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

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
5AM88	Поморцев Александр Иванович		

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 Электроэнергетика и электротехника
 Уровень образования – Магистр
 Отделение электроэнергетики и электротехники
 Период выполнения _____ весенний семестр 2019/2020 учебного года _____

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

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

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
16.03.2020	Расчет и выбор оборудования	
05.05.2020	Моделирование системы питания электродвигателя	
12.05.2020	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
19.05.2020	Социальная ответственность	
25.05.2020	Оформление пояснительной записки	

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Кладиев С.Н.	К.Т.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Гарганеев А.Г.	Д.Т.Н.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5AM88	Поморцеву Александру Ивановичу

Школа	ИШЭ	Отделение школы (НОЦ)	Электроэнергетика электротехника
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Электроэнергетика электротехника

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	При проведении исследований используется материально-техническая база НИ ТПУ, в исследовании задействованы 2 человека: научный руководитель и инженер (дипломник). Бюджет проекта не более 300000 руб. Оклад руководителя - 19500 руб. Оклад инженера - 17000руб..
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	30 % премии 15 % надбавки 15% накладные расходы 30% районный коэффициент Интегральный показатель эффективности не менее 4 баллов из 5
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды составляют 27,1 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Анализ и оценка научно-технического уровня проекта (НТИ)
2. Разработка устава научно-технического проекта	Не разрабатывается
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Разработка календарного плана работ, формирование сметы затрат.
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Определение ресурсной эффективности

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

«Портрет» потребителя результатов НТИ
Сегментирование рынка
Оценка конкурентоспособности технических решений
Диаграмма FAST
Матрица SWOT
График проведения и бюджет НТИ
Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ
Потенциальные риски

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Спицына Любовь Юрьевна	К.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM88	Поморцев Александр Иванович		

Реферат

Целью данной работы является обзор и проектирование схемы питания двигателя на суперконденсаторах.

Отчет содержит 103 страниц, 30 рисунков, 38 таблиц, 31 источник 1 приложение.

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 MicrosoftWord 2010с использование программ MathCAD 14, пакет MATLAB 2019bSimulink.

Оглавление

Сокращения, обозначения	10
ВВЕДЕНИЕ	11
1.Торможение электродвигателей	12
1.1. Механическое торможение	12
1.2. Электрическое торможение	13
2. Управление двигателями	20
3. Электровоз	21
4.Оценка потребности	24
5. Суперконденсаторы	25
6. Разработка схемы	29
6.1. Схема питания асинхронного электродвигателя	29
6.2. DC-DC преобразователь	30
6.3 Выбор электродвигателя	36
6.4 Выбор батареи аккумуляторов	38
6.5 Расчет аккумулятора	39
6.6. Расчёт суперконденсатора	41
6.7 Расчёт инвертора	42
6.8 Расчет фильтра на выходе инвертора напряжения	43
7. Имитационное моделирование питание асинхронного электродвигателя	45
8. Финансовый менеджмент ресурсоэффективность и ресурсосбережение	48
8.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования	48
8.1.2. Анализ конкурентных технических решений	50
8.1.3 FAST-анализ	52
8.1.4 Диаграмма Исикава	57
8.1.5. SWOT-анализ	57
8.2 Инициация проекта	60
8.3. Планирование научно-исследовательских работ	62
8.4. Бюджет научного исследования	65
8.5 Определение ресурсной и экономической эффективности исследования	71
9. Социальная ответственность	73
Заключение	88
Список публикаций студента	89
Список использованных источников	89
Приложение А	92

Сокращения, обозначения

АИН – Автономный инвертор напряжения

АЭД – Асинхронный электродвигатель

ДПТ – Двигатель постоянного тока

КПД – Коэффициент полезного действия

ПЧ – Преобразователь частоты

ТЭД – Тяговый электродвигатель

ШИМ – Широтно-импульсная модуляция

IGBT – Биполярный транзистор с изолированным затвором

ВВЕДЕНИЕ

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

На данный момент одна из серьезных проблем это энергосбережение. Электропривод потребляет 65% всей вырабатываемой энергии. В нерегулируемом двигателе верным решением для энергопотребления выступает подбор двигателя для конкретной задачи или замена его на регулируемый. Но на электровозах внедрение регулируемых электроприводов это не полноценные меры сбережения электроэнергии. Так как на электровозах двигатели работают в повторно–кратковременном режиме, в моменты когда двигатель находится в тормозном режиме на него воздействует момент нагрузки. При торможении энергия вырабатываемая двигателем рассеивается в виде тепла на тормозном резисторе.

Для уменьшения электропотерь на электровозе предлагается устанавливать суперконденсаторы вместе с аккумуляторными батареями.

1.Торможение электродвигателей

1.1. Механическое торможение

Есть два вида торможения и они кардинально отличаются друг от друга это: механическое и электрическое торможение.

Механическое торможение происходит за счет тормозных устройств, в которые входят: тормозной диск и колодки. При торможении колодки зажимают тормозной диск который установлен на валу двигателя и под действием силы трения останавливают двигатель. В этот момент кинетическая энергия переходит в тепловую.

В преобразователях частоты когда двигатели вырабатывают энергию она просто рассеивается в форме тепла на резисторах. Тормозные резисторы приносивались всюду, где имела пространство высочайшая инерция нагрузки, к примеру в центрифугах, на электротранспорте, на грузочных щитах и т. п.

Это было необходимо сделать, дабы ограничить наибольшее усилие на зажимах преобразователей в режиме торможения. По-другому бы частотные преобразователи выходили из строя, так как было бы нельзя держать под контролем характеристики разгона и торможения.

Тормозные резисторы не нагружали экономическое оснащение электроваза, но кое-какие неудобства за собой постоянно приносили.

Резисторы

габаритны, крепко прогреваются, необходима изоляция от влажности и пыли. И все это связано только с тем, собственно, что надо куда-то деть впустую энергию, за которую предприятие платит средства, и средства не мелкие, в случае если идет речь о большом производстве.

Летом тем более нежелателен еще какой-то нагрев находящегося вокруг воздуха, так как технологическое оснащение и так очень сильно нагрето теплым воздухом, а здесь ещё и резисторы, прогретые до 100 градусов и больше. Необходима добавочная вентиляция — вновь затраты.

Но есть и иная дорога. Для чего рассеивать энергию впустую? Возможно, вернуть ее в сеть назад, и, например, сберечь затраты энергии. Здесь то и приходят на поддержку системы рекуперации электричества.

Безусловно, частотные преобразователи в нынешнее время крепко уменьшают употребление электроэнергии оборудованием, спасибо оптимизации метода питания двигателей разного технологического оснащения, и это берегает ресурсы.

Но использование рекуперации ещё больше увеличивает экономию. Разумнее энергию не рассеивать в пустую на резисторах, а возвращать в сеть.

На нынешний день основные изготовители промышленных устройств и оснащения уже вводят эти системы на электротранспорте: для троллейбусов, электропоездов, эскалаторов, трамваев, в конце концов — для электрокаров.

1.2. Электрическое торможение

Если применять электрическое торможение кинетическая энергия переходит в электрическую, так же этот способ делится еще на два способа: в первом случае энергия передается в сеть, а во втором преобразуется в тепловую с помощью нагрева обмотки и реостатов.

Электрическое торможение можно осуществить тремя способами: противовключением, динамическим путем и рекуперативным.

Динамическое торможение происходит за счет подключения к обмоткам якоря тормозного резистора. В двигателях последовательного возбуждения нужно поменять полярность. В этих действиях есть только один плюс: независимость тормоза от источника питания.

Для осуществления противовключения надо начало и конец обмоток поменять местами с помощью контактов (рисунок 1). В это время двигатель работает в генераторном режиме. В это время ЭДС направленно туда же куда и направление сети. Ток якоря:

$$I_a = \frac{U + E}{r_a};$$

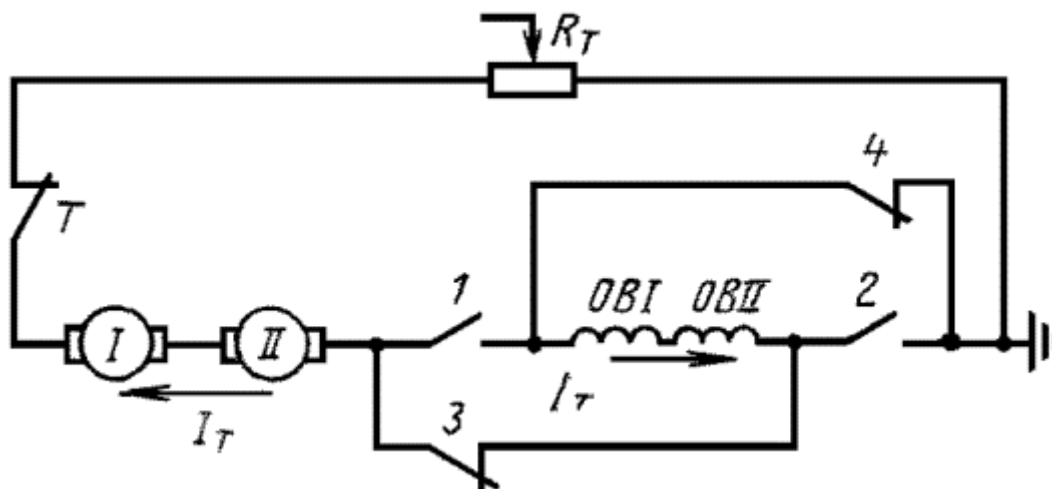


Рисунок.1 Схема цепей электрического торможения при включении группы тяговых двигателей на отдельный тормозной реостат

Остаточный магнетизм, который остался после намагничивания стали исчезает, когда измениться направления в обмотках возбуждения. Из-за этого могут произойти проблемы с самовозбуждением двигателя.

Тормозной резистор R_T может быть разделен, например, пара двигателей последовательно соединенные можно включить на свой резистор.

Для включения двигателей на тяговый режим замыкаются контакты 1 и 2, а для перехода в реостатное торможение их размыкают и замыкаем контакты 3 и 4. При этом тормозной ток I_T , проходя по обмоткам возбуждения в том же направлении, что и в двигательном режиме, создает поток, намагничивающий машину. Общая э. д. с. увеличивается. При этом ток увеличивается и его значение зависит от скорости движения и сопротивления тормозного реостата R_T . Тормозные усилия регулируют с помощью увеличения или уменьшения секций тормозного реостата.

При увеличении потока или угловой скорости на двигателе под нагрузкой, то скорость вращения будет равна скорости двигателя и он будет

вращаться в холостую. При увеличении ЭДС еще больше двигатель перейдет в генераторный режим.

Если двигатель параллельного возбуждения то не надо переключение схемы, энергия спокойно будет отдаваться источнику. Такое торможение самое эффективное и называется рекуперативным.

Рекуперативное торможение нашло большое распространение в электротранспорте. При торможении двигатели начинают работать в генераторном режиме, а полученная энергия идет обратно в сеть. В другом способе вырабатываемая энергия идет на подзарядку своего собственного аккумулятора.

Рекуперативное торможение осуществимо благодаря обратимости электрических машин. В генераторном режиме на валу двигателя создается тормозной момент и тем самым останавливает двигатель.

Электроэнергия в двигателе когда он находится в генераторном режиме может вырабатываться в двух случаях: за счет потенциальной энергии при движении электровоза с возвышенности с неизменной скоростью, либо или с помощью кинетической энергии за счет торможения электровоза.

Использование перекрестной схемы позволяет улучшить балансировку нагрузок между двигателями (рисунок 2).

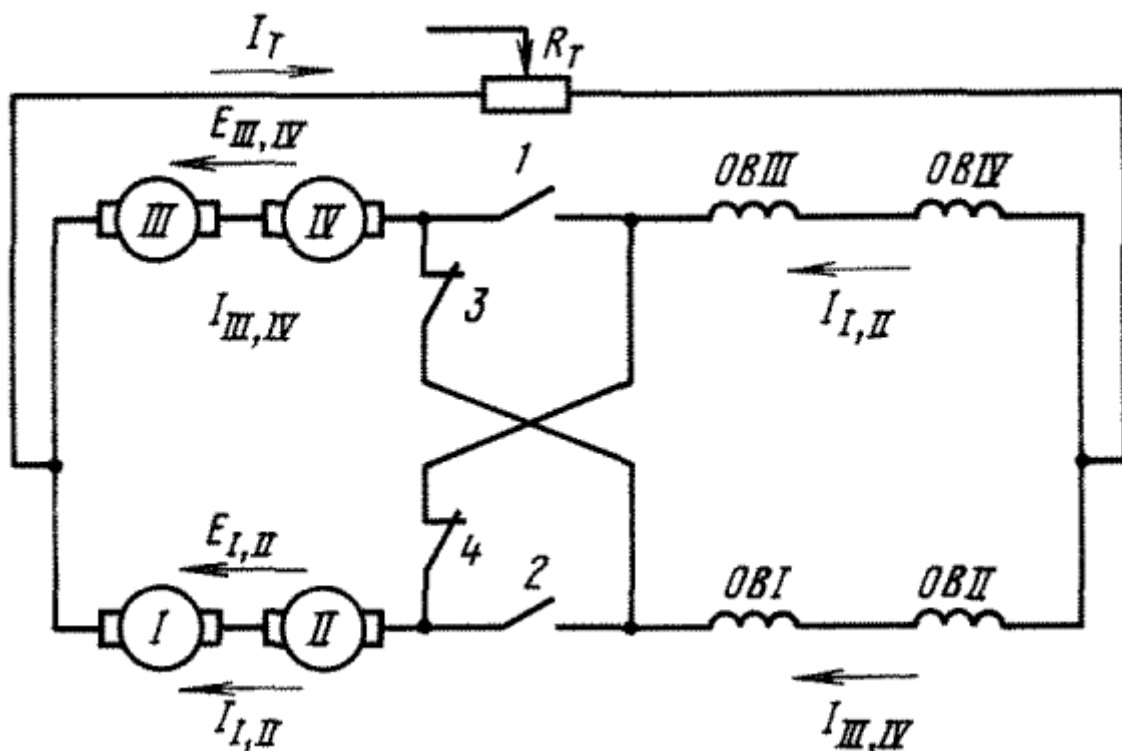


Рисунок 2. Схема цепей электрического торможения с общим тормозным реостатом при перекрестном включении обмоток возбуждения

Если по какой-либо причине э. д. с. двигателей I, II будет больше, а за ним и ток будут больше, чем соответственно э. д. с. и ток двигателей III, IV, ток в обмотках возбуждения последних будет возрастать, пока э. д. с. двигателей I, II и III, IV не станут равными.

В момент когда электродвигатель электровоза генерирует энергия то эта энергия поступает обратно в сеть. Эту энергию потребляют другие электровозы. Если сложилась ситуация, что при рекуперации на линии нет электровозов нуждающихся в энергии, то эта энергия уходит на подстанцию где инверторы, преобразующие постоянный ток в переменный трехфазный, направляют ее в энергосистему. Иногда на подстанциях вместо инверторов устанавливают поглощающие резисторы. На них автоматически сбрасывается энергия если в сети есть лишняя рекуперационная энергия.

Рекуперация выделяет вероятность сберечь, во время торможения при спуске с крутого участка возможно сберечь до 25% электричества. Но плюсы рекуперативного торможения на этом одном не завершаются. Когда поезд идет

в низ по крутому склону, для того чтобы скорость поезда не возрастала машинист притормаживает пневмо тормозами. Вследствие этих поступков скорость спуска поезда падает, а вслед за этим вновь растет, т. к. постоянно замедлять механическим тормозами не выйдет из-за этого средняя скорость его на спуске ниже допустимой. Но все время замедлять на спуске пневмо тормозами невозможно, в случае если замедлять все время то быстро изнашивается тормозная система, а при нагреве тормозов теряется их эффективность.

При рекуперативном торможении возможно гарантировать на спуске допустимую скорость на всем протяжении, зависящей от состояния пути, электровозов, вагонов, контактной сети. Ещё при рекуперативной работе электромотора к контактной сети подключается источник энергии, собственноручно в свою очередь увеличивает напряжение в сети и другие электровозы имеют все шансы возможность набрать высокую скорость. При использовании рекуперативного торможения очень сильно уменьшается износ тормозных колодок и колес подвижного состава. Системы рекуперативного торможения должны обеспечивать постоянный ток рекуперации в тяговых двигателях и тормозной момент в условиях непрерывного изменения напряжения от источника. Напряжение в электросети скачет изза того, что от нее в разные периоды питается различное количество электровозов, да и потребляемая ими мощность меняется в очень широких пределах. Приэти возможны резкие изменения тока рекуперации. Этот ток определяется разностью суммарной э. д. с. последовательно соединенных двигателей и напряжения в контактной сети, деленного на сопротивление их обмоток. Даже суммарное сопротивление обмоток двигателей, даже соединенных последовательно, как отмечалось выше, мало. Исходя из этого даже относительно небольшие резкие изменения разности суммарной э. д. с. и напряжения сети вызывают большие броски тока.

Предположим, что в контактной сети по какой-либо причине напряжение увеличилось. В этом случаи двигатель работающий в генераторном режиме

может изменить свое направление и перейти в двигательный режим. При этом электровоз начнет разгоняться вместо того что бы тормозить. При уменьшении значения напряжения, тормозной момент резко увеличиться и вагоны начнут догонять впереди идущей, что в свою очередь приведет к толчкам в составе. Следовательно, при допустимых нормами колебаниях напряжения в контактной сети в системе рекуперативного торможения должен автоматически поддерживаться примерно один и тот же ток рекуперации, а значит, и тормозной момент, установленный в зависимости от условий движения поезда.

Вспомним, что для перехода двигателя из тягового режима в генераторный необходимо, чтобы э. д. с. в обмотке якоря стала больше приложенного напряжения, т. е. напряжения в контактной сети. Но двигатель с последовательным возбуждением не может перейти в режим генератора, потому что магнитный поток возбуждения в нем резко снижается при уменьшении нагрузки, а э. д. с. в обмотке якоря не может стать выше напряжения в сети.

Для того чтобы осуществить рекуперативное торможение, необходимо обмотки возбуждения отключить от обмоток якорей и питать их от постороннего источника энергии, например от специального генератора возбуждения В (рисунок3, а).

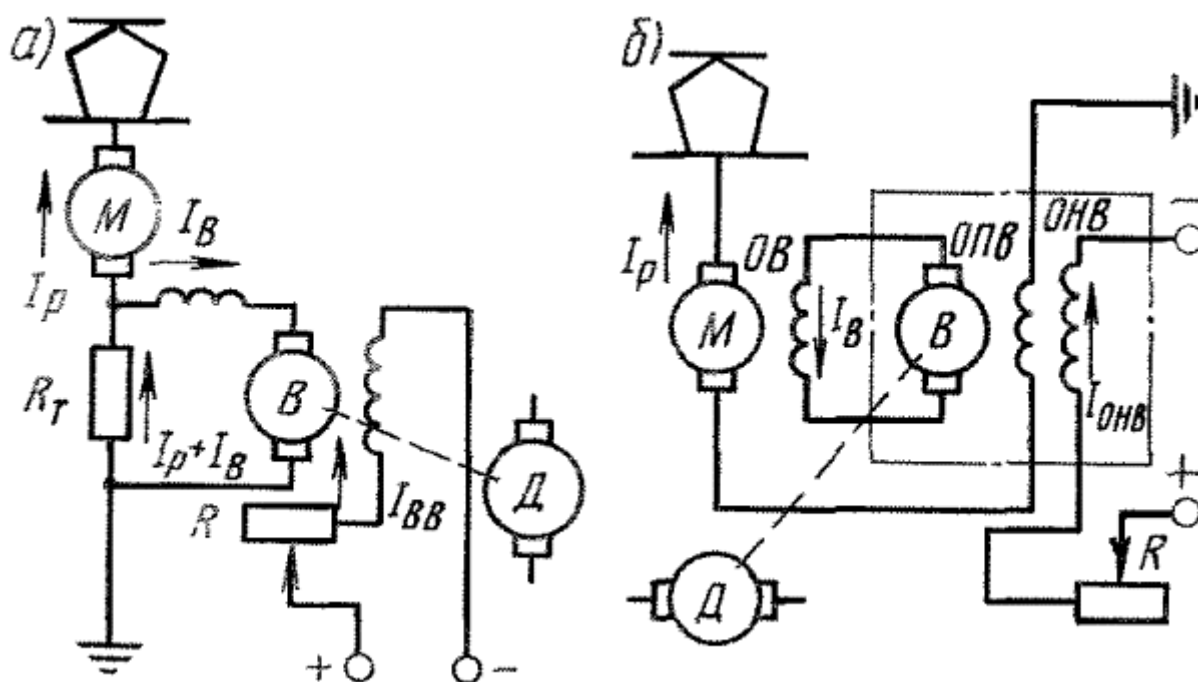


Рисунок 3. Схема рекуперативного торможения при независимом возбуждении тяговых двигателей со стабилизирующим резистором $R_{ст}$ (а) и с противовозбуждением возбудителя (б)

Якорь возбудителя приводится во вращение двигателем Д. Исходя из этого действия в обмотках возбуждения можно установить такой ток, при котором э. д. с. в обмотках якорей тяговых двигателей станет больше напряжения в контактной сети. Если скорость движения поезда уменьшится, то может снизиться э. д. с. двигателей, работающих в режиме генераторов. Однако достаточно увеличить ток возбуждения I_B чтобы поддержать необходимую э. д. с, а значит, ток и тормозной момент, создаваемый двигателями. Для этого регулируют ток I_B в независимой обмотке возбуждения возбудителя В, изменяя сопротивление реостата П.

Рекуперативное торможение дает огромный плюс к экономии энергии.

При сравнении рекуперативного торможения с реостатным, можно сделать следующие выводы. При включении реостатного торможения появляются следующие недостатки: Большой вес этих реостатов, большое

количество выделяемого тепла, нерациональное использование электроэнергии, неравномерное торможение

У динамического торможения тоже не все так просто т.к. есть необходимость в использовании источника постоянного тока и малая экономичность. Недостатками противовключения являются большие токи и потери в обмотках при торможении, наличие дополнительной аппаратуры которая будет отключать двигатель при остановке электровоза.

2. Управление двигателями

Приведем ниже методы, применяемые для управления тяговых двигателей, в том числе их торможением:

1) накопление электроэнергии. Накопление электроэнергии может происходить несколькими способами:

а) использование тяговых аккумуляторных батарей;

б) применение сверхпроводниковых накопителей электроэнергии;

2) тормозные резисторы. При реостатном торможении тяговые двигатели отключают от контактной сети и включают на тормозные резисторы;

3) контроль потребления электроэнергии:

а) регулирование скорости движения электровоза: - регулирование напряжения, результат: повышение надежности и улучшение энергетических и массогабаритных показателей устройства; - регулирование тока, результат: ограничение интенсивности нарастания тока и ограничение интенсивности нарастания тока рекуперации в переходных режимах;

4) управление рекуперативным торможением, результат: повышение быстродействия устройства и высокая скорость пуска рекуперативного тормоза, обеспечение режима рекуперативного торможения в широком диапазоне скоростей поезда;

5) конструкция. Использование реверсивных переключателей. результат: снижение требуемой мощности источника подпитки.

3. Электровоз

Для горнодобывающих предприятий основным перевозчиком грузов является электровоз. На карьере электровоз перевозит большую часть горной массы, а на шахтах только и пользуются электровозами.

Электровоз это локомотив на электрической тяге, у которого силовой агрегат электродвигатель с преобразователем частоты или напряжения. Схематично электровоз изображён на рисунке 4. 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 напряжение 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.

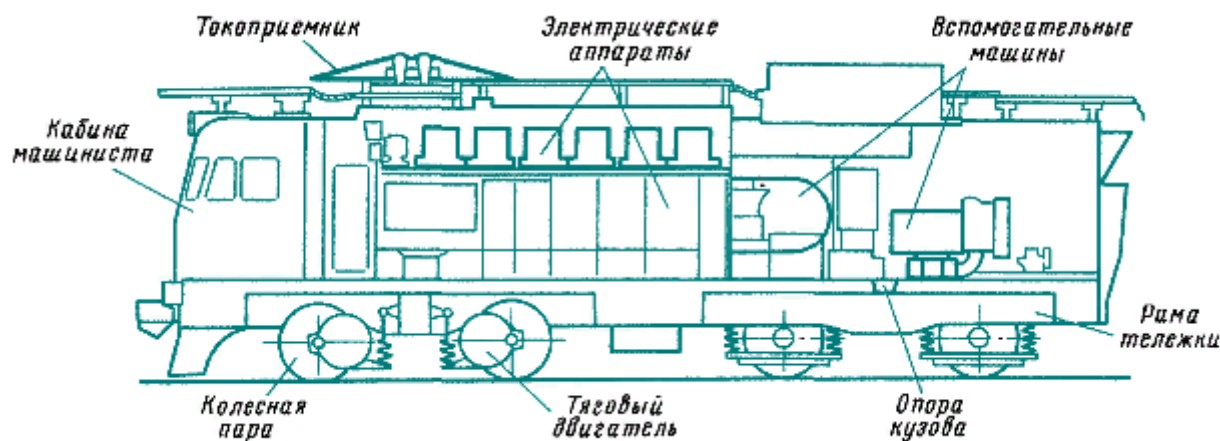


Рисунок 4. Схема электровоза

Питающая энергия до электровозов поступает через линии электропередач от подстанций. Линии электропередач расположены над железнодорожными путями вдоль всего маршрута. На крыше электровоза расположен пантограф который прижимается к линии электропередач, через него и питается электровоз.

На электровозах постоянного тока питание начинается от токоприемника далее следует на аппараты расположенные внутри электровоза, обмотки якорей и полюсов тяговых двигателей, к колёса электровоза и через рельсы к тяговой подстанции.

Колеса электровоза приводятся в движение через зубчатую передачу которая одной стороной жестко прикреплена к валу двигателя.

Есть два вида приводов для электровозов: индивидуальный и групповой.

Индивидуальный привод располагается один на одну пару колес, в таком случаи число движущих колес равно числу двигателей

Когда несколько колесных пар вращаются от одного двигателя такой привод считается групповой.

В данный момент эксплуатируются электровозы только с индивидуальным приводом, причин на это много .Вот главные из них:

- Удобство в эксплуатации;
- Позволяет применять более совершенные электрические схемы;

- Удобное размещение электрического оборудования.

Регулировка скорости на электровозах происходит по средствам изменения напряжения, что в свою очередь воздействует на магнитный поток. Для начала движения на электровозах оборудованными двигателями постоянного тока вначале двигатели подключены последовательно, а с набором скорости последовательно- параллельно и параллельно. Если электродвигатель переменного тока, то есть два способа регулировки: низковольтного и высоковольтного напряжения. На низковольтной системе регулировка происходит за счет изменения числа витков на вторичной обмотке трансформатора. Этот способ очень сильно распространен в российских электровозах. При высоковольтной системе меняют число витков со стороны первичной обмотки этого трансформатора. Почти все электровозы оборудуются механизмами электрического торможения это- реостатного и рекуперативного.

Все электрические машины имеют свойство обратимости. Когда электровоз движется в гору или по ровной поверхности двигатель работает в двигательном режиме, а при спуске переходит в генераторный.[4]

Запасенная кинетическая и потенциальная энергия поезда переходит в электрическую и передается в электрическую сеть. Этот процесс называется рекуперацией электрической энергии.

На некоторых электровозах вырабатываемая энергия генераторным режимом поглощается в резисторах, расходясь теплом. Этот способ торможения называется реостатным. Для рекуперации энергии.[3]

4.Оценка потребности

Для улучшения качества питающей электросети электровозов применение накопителей энергии поможет сгладить скачки напряжения в сети и стабилизирует напряжение в сети, позволит использовать рекуперативное торможение до полной остановки. Аккумуляторные батареи обладают большим кпд и запасам энергии но при больших температурах, что в одну сторону, что в другую их кпд снижается очень сильно. В таблице 1 приведены относительные характеристики в этих температурах. В отличие от аккумуляторных батарей у суперконденсаторов таких проблем нет они обладают большой удельной мощностью, могут работать при больших токах потребления, но обладают маленьким запасом энергии.

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 когда токи превышают номинальные в 5 раз, кпд накопителей падает до 12,3%, а отдача по емкости до 28,13%.

Попробуем оценить необходимость в накопителях электроэнергии в виде суперконденсаторов на электротранспорте. Таблица 2.

Таблица 2. Потребность в суперконденсаторах

Оборудование	Параметр
Количество рудничных электровозов	3000 шт.
Количество рудничных тяговых суперконденсаторных подстанций	1000 шт.
Средняя энергоемкость электровозного суперконденсатора	5 МДж
Средняя энергоемкость 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 составляет 5-10% всех затрат горнодобывающего предприятия.

5. Суперконденсаторы

Суперконденсатор— другое название ультраконденсатор, ионистор или двухслойный конденсатор, отличается от обычного конденсатора тем, что имеет большую мощность, намного долговечнее и меньше саморазряд. Они имеет маленькие габариты и в перспективе могут полностью заменить аккумуляторные батареи во всех сферах электроэнергетики.

Задачей для ученых стоит создание батареи высокой емкости. Именно из за этого суперконденсатор это перспективное направления развития, т.к. при развитие данной сферы появиться возможность увеличить пробег электромобилей, электровозов на аккумуляторных батареях, ускорить их зарядку. Также приведет к более экономической работе возобновляемых источников энергии таких как ветрогенераторы, солнечные батареи.

Суперконденсаторы это почти прямая замена аккумуляторной батареи, но с лучшими энергетическими показателями. Это быстрый заряд и разряд—суперконденсатор в сила принимать и отдавать большие токи большое количество раз без потери технических характеристик.

Суперконденсатор имеет похожую структуру с обычным конденсатором, но отличается наличием между электродами не просто диэлектрического слоя, а двойного электрического слоя Рисунок 5.



Рисунок 5. Конструкция суперконденсатора

Исходя из этого получается очень маленькое расстояние между обкладками, что в свою очередь в разы увеличивает его способность накапливать энергию.

Впервые о такой структуре конденсатора было упомянуто в 1962 году Робертом Райтмаером, в тот же год он подал на это изделие патент.

Принцип работы суперконденсатора: как и обычные конденсаторы они накапливают электроэнергию путём поляризации раствора электролита (рисунок 6). Благодаря возможности большой обратимости, суперконденсаторы способны к множеству циклам зарядки и разрядки.

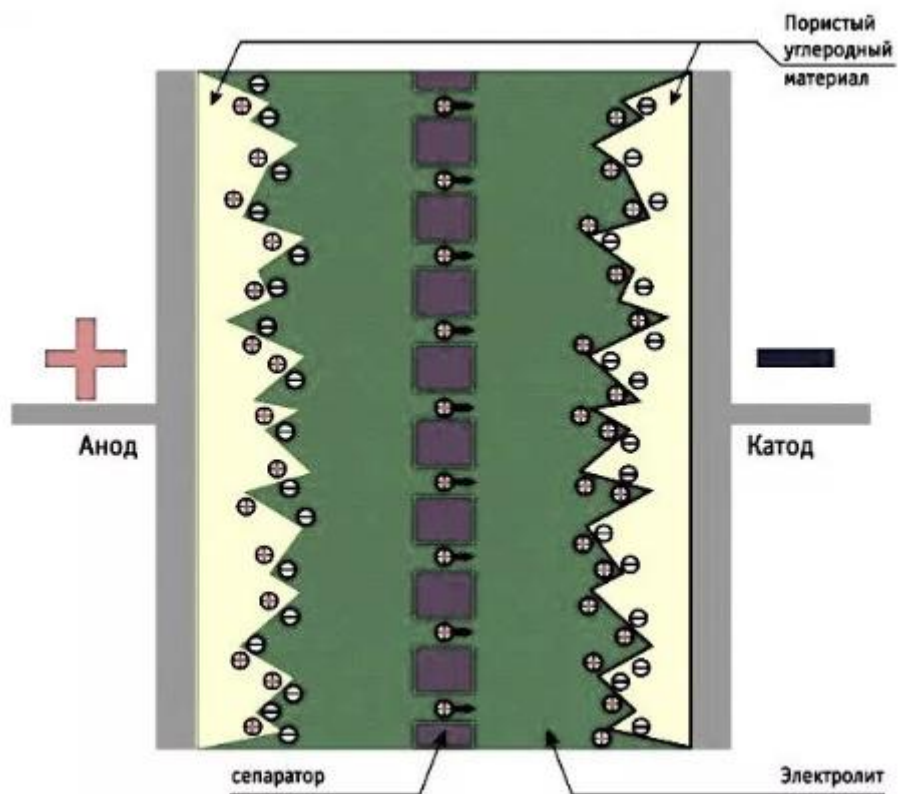


Рисунок 6. Принцип работы

Приведем примеры зарядки и разрядки суперконденсаторов. При зарядки суперконденсатора напряжение на нём увеличивается линейно, а ток в конце зарядки сходит на ноль. Рисунок 7.

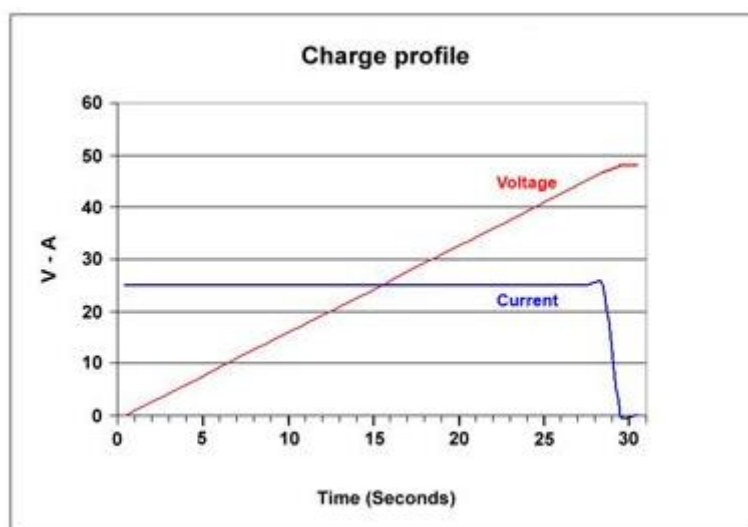


Рисунок 7. График зарядки суперконденсатора

При разрядки суперконденсатора напряжение будет уменьшаться так же линейно, для поддержания нужной мощности ток будет увеличиваться. Это будет происходить до того момента пока нагрузочные требования удовлетворяются. Рисунок 8.

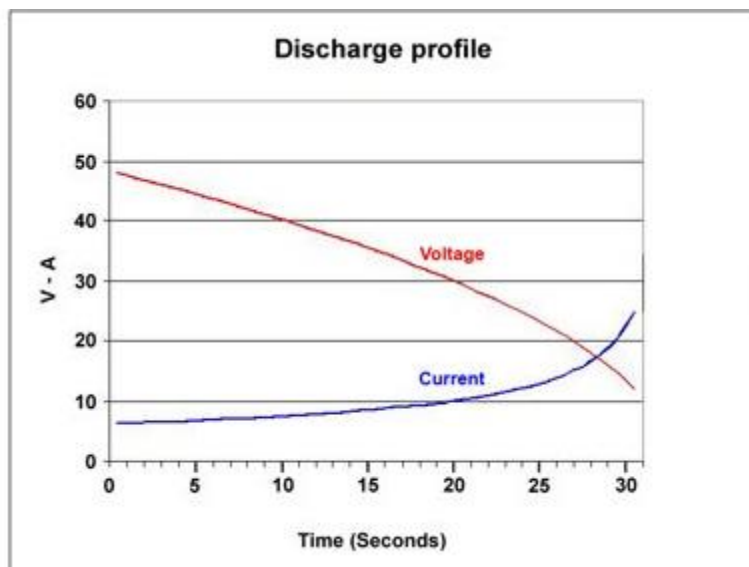


Рисунок 8. График разрядки суперконденсатора

Область применения суперконденсаторов может быть обширна:

- Применение на транспорте для запуска двигателя, или как накопитель энергии на электровозе
- В устройствах демпфирования пиковой нагрузки, а также запуска двигателя
- Источник резервного питания для материнских плат, микропроцессоров и запоминающих устройств.
- Мобильные телефоны
- Накопительные устройства для источников возобновляемой энергии: ветреных станций, солнечных станций

К достоинствам суперконденсатора можно отнести:

- Высокий КПД;
- Надежность;
- Экологичность;
- Широкий диапазон рабочих температур;

-
- Возможен разряд до 0;
- Большое количество циклов заряда и разряда.

К недостаткам отнесём:

- Выше ток саморазряда, чем у аккумуляторной батареи;
- Низкое напряжение;
- Эта технология находится на начальной стадии развития.

В ближайшем будущем суперконденсаторы могут войти в нашу жизнь повсеместно, они заменят полностью аккумуляторные батареи.

8. Финансовый менеджмент ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Цель раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» – определение экономической целесообразности использования источника питания на литий-ионных аккумуляторах для аккумуляторных рудничных электровозов, оценка ресурсоэффективности и конкурента способности проекта.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

- Оценить коммерческий потенциал и перспективность проведения научного исследования;
- Произвести планирование научно-исследовательских работ;
- Определить ресурсную и финансовую эффективность исследования.

8.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Чтобы определить потенциальных потребителей данной разработки, необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Выпускная квалификационная работа рассматривает схему питания асинхронного двигателя от аккумуляторной батареи и блока суперконденсатора. Задача заключается в разработке самой схемы питания, моделирование ее работы в условиях эксплуатации, сравнить эффективность схемы с суперконденсаторами и обычными аккумуляторами.

Разрабатываемый метод питания для электродвигателя электровоза позволит устанавливать его на любой электровоз.

Потенциальными потребителями данной исследования являются заводы, производящие горно-шахтное оборудование, которые заинтересованы в увеличении энергоэффективности и производительности при работе на горных выработках и на рудниках.

Для коммерческих организаций критерии сегментации могут быть: место нахождения; промышленность; промышленные товары; размер и другие.

Сегментирование рынка горно-шахтного будем проводить по следующим критериям:

- 1) Размер производства электровозов.
- 2) Тип аккумуляторных батарей. Например, никель-железные, суперконденсаторов, литий-ионные.

Таблица 8.1.1 – Карта сегментирования рынка

		Тип электропривода (применяемый на электровозе двигатель)			
		Суперконденсаторы		Никель-железные	Литий-ионный
Размеры производства электровозов	Крупные				
	Средние				
	Мелкие				
Фирма А		Фирма Б		Фирма В	

Для составления карты, представленной в таблице 8.1.1, взята информация о трёх фирмах, которые занимаются электродвигателями (Фирма А - ООО СЗЭМО «Электродвигатель», Фирма Б - ООО «НПО ССК», Фирма В – «МПС»). В этом примере сегментации карта показывает, какие ниши на рынке оборудования, не занятые конкурентами или где уровень конкуренции

находится на минимальном уровне.

В результате сегментации делаем вывод, что фирм производителей суперконденсаторов на рынке мало. Такие показатели связаны с тем, что эти аккумуляторы появились не так давно.

Цена на данные аккумуляторы намного выше, чем у никель-железных или литий-ионных, что является главным их недостатком. При этом преимуществ у суперконденсаторов значительно больше:

- высокая плотность накапливаемой энергии и разрядных токов;
- выдача более высокого напряжения (по сравнению с аккумуляторами типов NiCd и NiMH);
- легкий вес;
- большой эксплуатационный ресурс порядка 10 лет;
- простота в уходе и использовании и др. [1]

8.1.2. Анализ конкурентных технических решений

С помощью данного анализа в научный проект вносятся коррективы, которые помогают успешно противостоять конкурентам. В ходе проведения анализа необходимо оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов. Для этой цели используется вся имеющаяся информация о конкурентных разработках.

Анализ проводится с помощью оценочной карты. Оценочная карта приведена в таблице 8.1.2.

Так как объектом исследования является источник питания для рудничных электровозов, то сравнение будем делать на основе данных о двух типах аккумуляторных батарей для источника питания: источник питания с литий-ионным аккумулятором и источник питания с суперконденсатором.

Данный анализ позволяет выбрать тот вариант, который будет наиболее конкурентоспособным, а также определить, в каком направлении необходимо действовать для его дальнейшего улучшения.

Таблица 8.1.2 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Пункты оценки	Значение критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		СК	Л-И	СК	Л-И
1	2	3	4	5	6
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Энергетические показатели	0,2	5	3	1	0,6
2. Массогабаритные показатели	0,15	5	3	0,75	0,45
3. Экологическая чистота	0,09	3	4	0,27	0,27
4. Срок службы	0,1	3	3	0,3	0,3
5. Надежность	0,1	4	4	0,4	0,4
6. Саморазряд	0,08	4	2	0,35	0,16
7. Пожаровзрывозащищенность	0,1	2	4	0,2	0,4
Экономические показатели оценки эффективности					
1. Цена	0,09	2	3	0,18	0,36
2. Сервис	0,05	4	3	0,25	0,15
3. Предполагаемый срок эксплуатации	0,04	4	3	0,16	0,12
Итого	1	37	33	3,83	3,19

Анализ конкурентных технических решений определяется следующим образом:

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

Где: K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_j – балл i -го показателя.

Индексы у показателей *Л-И* – литий-ионный аккумулятор; *СК* – суперконденсатор.

Пример расчета:

$$K_{л-и} = \sum B_i \cdot B_{л-и} = 0,2 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 + \dots + 0,04 \cdot 3 = 3,83$$

Результаты показывают, что конкурентоспособность проекта составила 3,83, в то время как у литий-ионных аккумуляторов 3,19 соответственно.

Исходя из данных научная разработка, которая рассматривает суперконденсатор как дополнительный источник питания, является конкурентоспособным и имеет некоторые преимущества перед литий-ионным аккумулятором. Что позволяет нам быть конкурентоспособными с этой разработкой.

8.1.3 FAST-анализ

FAST-анализ выступает как синоним функционально-стоимостного анализа. Суть этого метода базируется на том, что затраты, связанные с созданием и использованием любого объекта, выполняющего заданные функции, состоят из необходимых для его изготовления и эксплуатации и дополнительных, функционально неоправданных, излишних затрат, которые возникают из-за введения ненужных функций, не имеющих прямого отношения к назначению объекта, или связаны с несовершенством конструкции, технологических процессов, применяемых материалов, методов организации труда и т.д.

Проведение FAST-анализа предполагает шесть стадий:

1. Выбор объекта FAST-анализа;
2. Описание главной, основных и вспомогательных функций, выполняемых объектом;
3. Определение значимости выполняемых функций объектом;
4. Анализ стоимости функций, выполняемых объектом исследования;
5. Построение функционально-стоимостной диаграммы объекта и ее анализ;
6. Оптимизация функций, выполняемых объектом.

Стадия 1. Выбор объекта FAST-анализа.

В магистерской диссертации в качестве объекта FAST-анализа выступает источник питания на суперконденсаторах для асинхронного электродвигателя.

Стадия 2. Описание главной, основных и вспомогательных функций, выполняемых объектом.

Таблица 8.1.3 – Классификация функций, выполняемых объектом исследования

Наименование детали (узла, процесса)	Количество деталей на узел	Выполняемая функция	Ранг функции		
			Главная	Основная	Вспомогательная
Аккумулятор	1	Обеспечивает электрической энергией электрическую машину	X		
Выпрямитель	1	Осуществляет выпрямление тока от двигателя		X	
Инвертор	1	Осуществляет преобразование тока для двигателя		X	
Суперконденсаторный модуль	1	Помогает энергией аккумулятору и заряжается от рекуперации	X		
Датчик тока	1	Следит за зарядом аккумуляторной батареи			X

Стадия 3. Определение значимости выполняемых функций объектом.

Таблица 8.1.4 – Матрица смежности

	Функция 1	Функция 2	Функция 3	Функция 4	Функция 5
Функция 1	=	>	>	=	>
Функция 2	<	=	=	<	>
Функция 3	<	=	=	<	>
Функция 4	=	>	>	=	>
Функция 5	<	<	<	<	=

Таблица 8.1.5 – Матрица количественных соотношений функций

	Функция 1	Функция 2	Функция 3	Функция 4	Функция 5	ИТОГО
Функция 1	1	1,5	1,5	1,5	1,5	6,5
Функция 2	0,5	1	1	0,5	1,5	4,5
Функция 3	0,5	1	1	0,5	1,5	4,5
Функция 4	1	1,5	1,5	1	1,5	6,5
Функция 5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	3
						$\Sigma=25$

Стадия 4. Анализ стоимости функций, выполняемых объектом исследования.

Таблица 8.1.6 – Определение стоимости функций, выполняемых объектом исследования

Наимено-вание детали (узла, процесса)	Коли- чество детале й на узел	Выполняемая функция	Нор- ма рас- хода , кг	Трудо- емкост ь детали, нормо- ч	Стои- мость мате- риала , руб.	Зара- ботна я плата, руб.	Себестои- мость, руб.
Аккумулятор	1	Обеспечивает электрической энергией электрическую машину	-	1,4	17000	5000	22000
Выпрямитель	1	Осуществляет выпрямление тока от двигателя	-	0,9	5300	2500	7800
Инвертор	1	Осуществляет преобразовани е тока для двигателя		0,9	5300	2500	7800
Суперконденсаторны й модуль	1	Добавляет необходимую для работы электрической машины энергию при необходимост и	-	1,1	10000	4000	14000
Датчик тока	1	Следит за зарядом ааккумулятор- ной батареи	-	0,5	280	140	420

Суммарная себестоимость :52020 руб.

Стадия 5. Построение функционально-стоимостной диаграммы объекта и ее анализ.

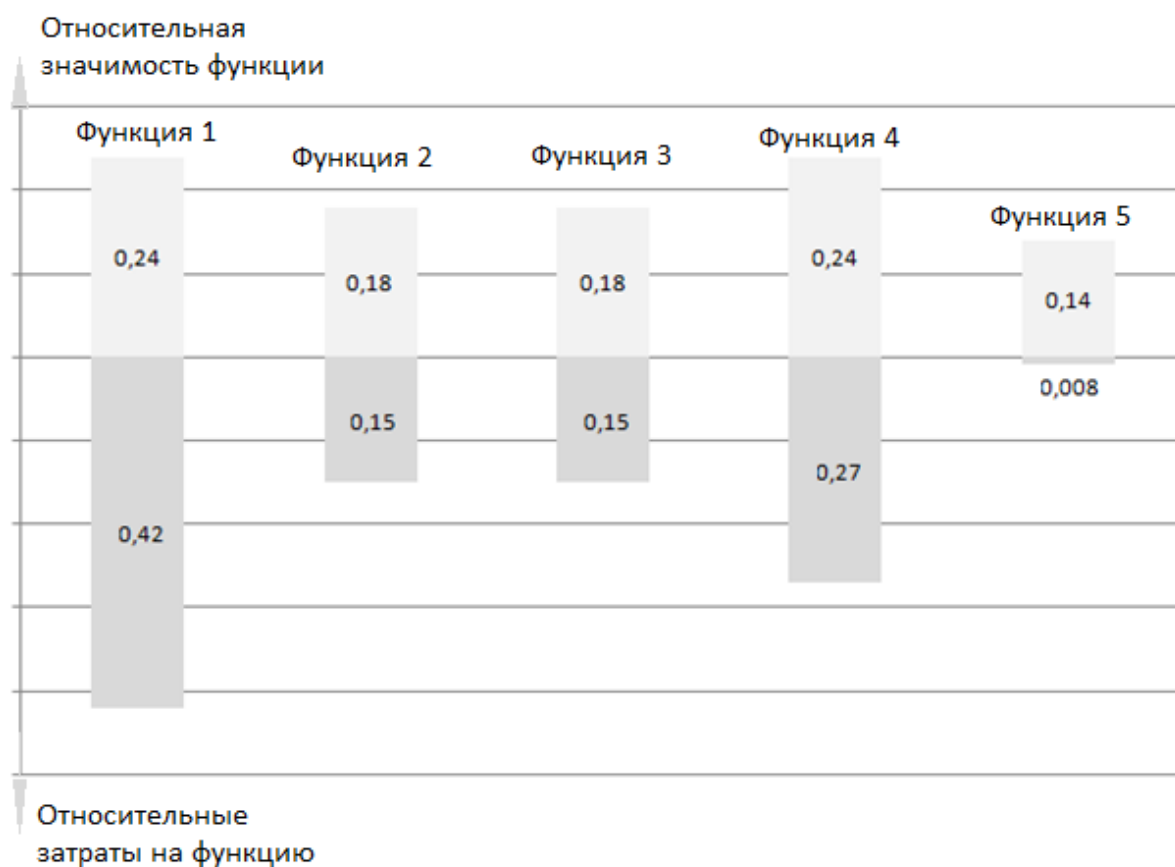


Рисунок 24 – Функционально-стоимостная диаграмма

Построенная функционально-стоимостная диаграмма позволяет выявить диспропорции между важностью (полезностью) функций и затратами на них. Анализ приведенной выше ФСД показывает явное наличие рассогласования по функциям 1,4,5. Необходимо провести работы по ликвидации данных диспропорций.

Стадия 6. Оптимизация функций выполняемых объектом.

Список мероприятий для снижения затрат на единицу полезного эффекта:

- применение принципиально новых конструкторских решений;
- оптимизация технических параметров;
- оптимизация параметров надежности;
- повышение ремонтпригодности;

- применение новых техпроцессов, заготовок, материалов и т.д.

8.1.4 Диаграмма Исикава

Диаграмма причины-следствия Исикавы – 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 25.

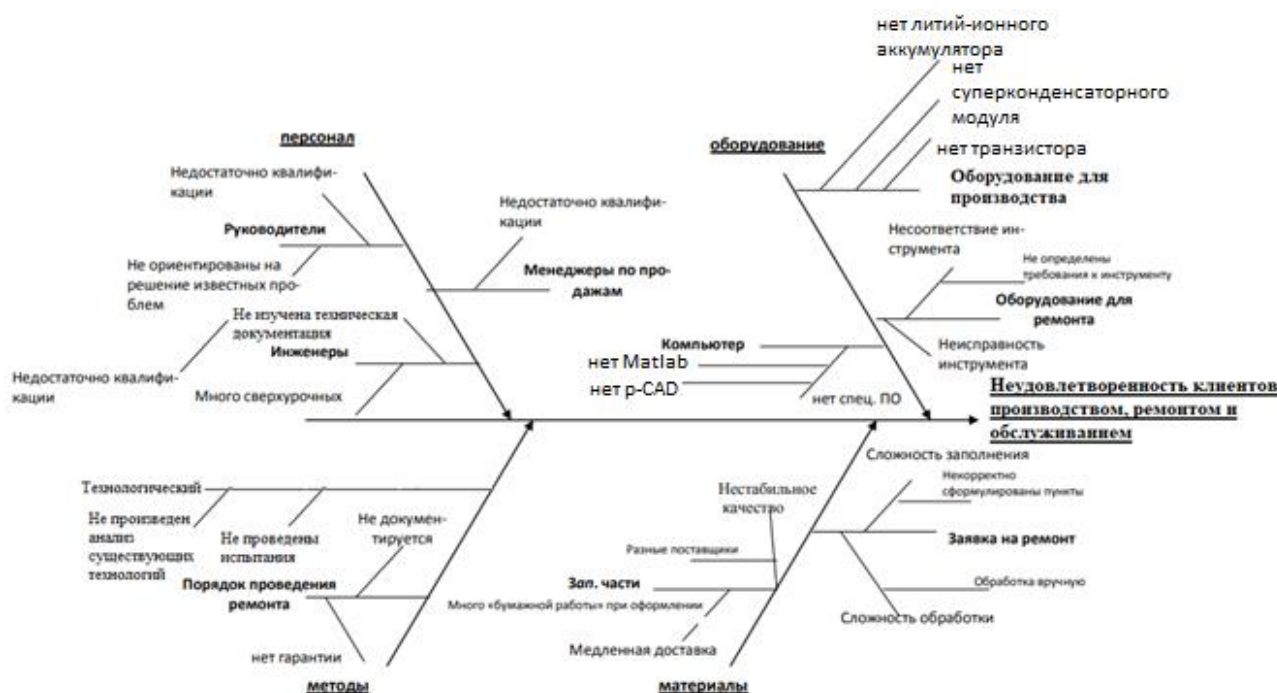


Рисунок 25 – Причинно-следственная диаграмма

8.1.5. SWOT-анализ

SWOT – анализ проводят для того, чтобы исследовать внешнюю и внутреннюю среды проекта.

Проведение анализа осуществляется в несколько этапов:

- Описание сильных (Strengths) и слабых (Weaknesses) сторон проекта, выявление возможностей (Opportunities) и угроз (Threats), которые могут появиться во внешней среде проекта;
- Выявление соответствия внешним условиям среды сильных и

слабых сторон исследовательского проекта;

- Составление итоговой матрицы SWOT-анализа.

SWOT-анализ проводим для исследования источника питания на литий-ионных аккумуляторах для рудничных электровозов.

Результаты SWOT-анализа представлены в таблице 8.1.7.

Таблица 8.1.7 – Матрица SWOT

	Сильные стороны (S) С1. Высокие энергетические показатели; С2. Простота и удобство в эксплуатации; С3. Безопасность; С4. Относительно небольшие массогабаритные показатели.	Слабые стороны (W) Сл1. Отсутствие инжиниринговой компании, способной сделать все под ключь; Сл2. Отсутствие прототипа разработки; Сл3. Высокая цена компонентов.
Возможности (O) В1. Развитие технологий в данной области; В2. использование инновационной инфраструктуры НИ ТПУ; В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт	В1В3С1С2С3С4. Высокие энергетические показатели, простота и удобство в эксплуатации, безопасность и невысокие массогабаритные показатели будут способствовать дальнейшему развитию технологии и появлению на него дополнительного спроса.	В1В3Сл1Сл2Сл3. Так как разработку никто не предлагает, отсутствуют прототипы, то такая разработка может быть интересна для дальнейшего исследования;
Угрозы (Т) У1. Отсутствие дополнительного спроса на новый продукт; У2. Возникновение конкурентов; У3. Несвоевременное финансирование научного исследования со стороны государства	У1С1С2С4. Высокие энергетические показатели, простота и удобство в эксплуатации и невысокие массогабаритные показатели должны повысить дополнительный спрос. У2С1С4. Высокие энергетические показатели, при относительно малых массогабаритных показателях способствуют опережению конкурентов.	У2У3Сл1Сл2Сл3. вследствие всех сложностей, могут возникнуть сложности с реализацией проекта и возможным опережением конкурентов.

Таблица 8.1.8 – Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны – возможности»

Возможности	Сильные стороны проекта				
		C1	C2	C3	C4
	B1	+	+	+	+
	B2	0	0	+	0
	B3	+	+	+	+

Таблица 8.1.9 – Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны – угрозы»

Угрозы	Сильные стороны проекта				
		C1	C2	C3	C4
	У1	+	+	0	+
	У2	+	-	-	+
	У3	+	0	+	+

Таблица 8.1.10 – Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны – возможности»

Возможности	Слабые стороны проекта			
		Сл1	Сл2	Сл3
	B1	+	+	+
	B2	0	0	-
	B3	+	+	+

Таблица 8.1.11 – Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны – угрозы»

Угрозы	Слабые стороны проекта			
		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	0	0	-
	У2	+	+	+
	У3	+	+	-

Применение источника питания на суперконденсаторах для рудничных электровозов целесообразно. Достоинства не значительно, но превосходит недостатки. Развитие этой темы ещё больше увеличит преимущество.

8.2 Инициация проекта

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в Уставе проекта.

Устав проекта документирует бизнес-потребности, текущее понимание потребностей заказчика проекта, а также новый продукт, услугу или результат, который планируется создать.

1. Цели и результат проекта. В данном разделе приведена информация о заинтересованных сторонах проекта, иерархии целей проекта и критериях достижения целей. Эта информация представлена в табличной форме (таблицы 15 и 16).

Таблица 8.2.1 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Горнодобывающие выработки и шахты	Получение эффективного транспорта для персонала и полезных ископаемых
Заводы производящие рудничные электровозы	Получение более экономного в электроэнергии транспорта
Инженер и руководитель ТПУ	Получение рабочей модели, повышение компетенции

Таблица 8.2.2 – Цели и результаты проекта

Цели проекта:	Разработка источника питания для рудничного электровоза, на суперконденсаторах, который снизит затраты на электроэнергию.
Ожидаемые результаты проекта:	Получение источника питания для рудничного электровоза, на суперконденсаторах, который снизит затраты на электроэнергию.

Окончание таблицы 8.2.2

Критерии приёмки результата проекта:	Работоспособность разработки, ее эффективность, безопасность, экономичность
Требования к результату проекта:	Требование:
	Работоспособность
	Эффективность
	Безопасность
	Экономичность

2. Организационная структура проекта. На данном этапе работы решаются следующие вопросы: кто будет входить в рабочую группу данного проекта, определяются роли каждого из участников и их трудозатраты в проекте. Эта информация представлена в табличной форме (таблица 8.2.3).

Таблица 8.2.3 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
1	Кладиев С.Н., ТПУ, доцент	Руководитель проекта	Отвечает за реализацию проекта в пределах заданных ограничений по ресурсам, координирует деятельность участников проекта	660
2	Спицына Л.Ю. ТПУ, доцент	Эксперт проекта	Отвечает за реализацию раздела «Финансовый менеджмент» в проекте	330
3	Фех А.И. ТПУ, старший преподаватель	Эксперт проекта	Отвечает за реализацию раздела «Социальная ответственность» в проекте	330
4	Поморцев А.И. ТПУ, студент	Исполнитель по проекту	Специалист, выполняющий отдельные работы по проекту	3060
ИТОГО:				4380

3. Ограничения и допущения проекта.

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а так же «границы проекта» - параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованы в рамках данного проекта.

Таблица 8.2.4 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
Бюджет проекта	300 000 руб.
Источник финансирования	Тендер
Сроки проекта	1.09.2019-1.05.2020
Дата утверждения плана управления проектом	10.01.2019
Дата завершения проекта	25.05.2020
Прочие ограничения и допущения	-

8.3. Планирование научно-исследовательских работ

Контрольные события проекта

При организации проекта необходимо оптимально планировать сроки проведения работ. В таблице 8.3.1 определены ключевые события проекта, их даты и результаты.

Таблица 8.3.1 – Контрольные события проекта

№ п/п	Контрольное событие	Дата	Результат (подтверждающий документ)
1	Разработка технического задания	10.01.2020	Бланк задания
2	Выбор направления проектирования	15.01.2020	Отчет
3	Разработка календарного плана	31.01.2020	Календарный план-график
4	Теоретические исследования	03.02.2020	Отчет
5	Практические исследования и разработки	15.02.2020	Графики, расчеты
6	Обобщение и оценка результатов	30.04.2020	Отчёт о результатах исследований

Окончание таблицы 8.3.1 – Контрольные события проекта

7	Оформление расчетно- Пояснительной записки	20.05.2020	Расчётно-пояснительная записка
---	-----------------------------------------------	------------	-----------------------------------

Планирование НИР

На данном этапе составляется полный перечень проводимых работ, определяются их исполнители и оптимальная продолжительность.

Результатом планирования работ является календарный план, представленный в таблице 8.3.2., где исполнители: **Р** – руководитель, **И** – инженер (дипломник).

Таблица 8.3.2 – Календарный план проекта

№	Название	Продолжительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Исполнители
1	Составление и утверждение технического задания	5	10.01.2020	14.01.2020	Р
2	Подбор и изучение материалов по теме	10	15.01.2020	25.01.2020	И
3	Описание объекта проектирования	5	26.01.2020	30.01.2020	И
4	Разработка календарного плана	3	31.01.2020	02.02.2020	Р
5	Постановка задач проектирования	7	03.02.2020	09.02.2020	Р
6	Поиск схемных решений и разработка схемы источника питания на литий-ионных аккумуляторах	20	10.02.2020	29.02.2020	И, Р
7	Выбор электропривода, используемого на электровозе	15	01.03.2020	15.03.2020	И
8	Расчет и выбор элементов схемы источника питания	15	16.03.2020	30.03.2020	И
9	Создание математической модели двигателя электровоза	20	31.04.2020	19.04.2020	И, Р

Окончание таблицы 8.3.2

10	Оценка результатов	5	20.04.2020	24.04.2020	Р
11	Оценка экономической эффективности исследуемой технологии	10	25.04.2020	04.05.2020	И
12	Рассмотрение вопросов социальной ответственности	8	05.05.20	12.05.2020	И
13	Оформление пояснительной записки	12	13.05.2020	25.05.2020	И

Для иллюстрации календарного плана построим диаграмму Ганта, таблица 8.3.3– календарный план-график проведения работ с разбивкой по месяцам и декадам, где синий – руководитель, красный– инженер (дипломник). По диаграмме определено, что длительность работ в календарных днях руководителя проекта равняется 28 дней, а инженера 107 дней.

Таблица 8.3.3 – Диаграмма Ганта

№	Кол-во дней	Продолжительность выполнения работ														
		январь			февраль			март			апрель			май		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	5															
2	10															
3	5															
4	3															
5	7															
6	3															
	17															
7	15															
8	15															
9	5															
	15															
10	5															
11	10															
12	8															
13	12															

8.4. Бюджет научного исследования

Научно-исследовательская работа была выполнена без специального оборудования и использования определенных материалов, поэтому в расчете бюджета НИР необходимо учитывать:

- затраты на амортизацию;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей;
- страховые взносы;
- накладные расходы.

Основная заработная плата (компенсация трудозатрат).

В этом разделе необходимо рассчитать основную заработную плату руководителя и проектировщика. Стоимость расходов на заработную плату определяется в зависимости от:

1. сложности работы;
2. существующей системы окладов и тарифных ставок.

Статья включает в себя: дополнительную заработную плату и основную заработную плату работников, включая премии, доплаты и т.д., непосредственно выполняющих НИР:

$$C_{\text{зн}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата; $Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата ($12 \div 20$ % от $Z_{\text{осн}}$).

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) руководителя и исполнителя рассчитывается по следующей формуле (в качестве примера расчет зарплаты инженера):

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}}$$

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}} = 969,8 \cdot 107 = 103768,6 \text{ руб}$$

где $T_{\text{раб}}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб.дн. (из таблицы 9); $Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле, руб.:

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

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{E_{\text{д}}} = \frac{22100 \cdot 10,4}{237} = 969,8$$

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

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{мс}} \cdot k_p$$

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{мс}} \cdot k_p = 17000 \cdot 1,3 = 22100$$

где $З_{мс}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.; k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для города Томска); M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 48 раб. дней – $M = 10,4$ месяца, 6- дневная неделя; F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно- технического персонала, раб. дн. (табл. 8.4.1).

Таблица 8.4.1 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер (дипломник)
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней: выходные дни и праздничные дни	66	66
Потери рабочего времени: отпуск и невыходы по болезни	62	62
Действительный годовой фонд рабочего времени	237	237

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 8.4.2.

Таблица 8.4.2 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$З_{мс}$, руб.	k_p	$З_m$, руб	$З_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$З_{осн}$, руб.
Руководитель	35 000	1,3	45 500	1 996,6	28	55 904,8
Инженер (дипломник)	17 000	1,3	22 100	969,8	107	103768,6
Итого:						159673,4

Дополнительная заработная плата.

Данная статья включает сумму выплат, предусмотренных законодательством о труде, таких как: оплата отпусков, выплата вознаграждения за выслугу лет, отклонение от нормальных условий труда и т.п.

Дополнительная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{доп} = З_{осн} \cdot k_{доп}$$

Для руководителя: $З_{доп} = З_{осн} \cdot k_{доп} = 55904,8 \cdot 0,15 = 8385,7$ руб

Для инженера (дипломника): $З_{доп} = З_{осн} \cdot k_{доп} = 103768,6 \cdot 0,15 = 15551$ руб

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на

стадии проектирования принимается равным $0,10 \div 0,15$).

В таблице 8.4.3 приведена форма расчета основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 8.4.3 – Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Инженер (дипломник)
Основная зарплата, руб.	55 904,8	103768,6
Дополнительная зарплата, руб.	8385,7	15551
Зарплата, руб.	64290,5	119319,6
Итого по статье $C_{зп}$ руб	183 610,1	

Отчисления на социальные нужды.

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды. Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$C_{внеб} = k_{внеб} (З_{осн} + З_{доп})$$

где $k_{внеб}$ — коэффициент отчислений во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования, фонд социального страхования.)

-Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 8.4.4.

Таблица 8.4.4 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная Заработная плата, руб.
Руководитель	55 904,8	8385,7
Инженер (дипломник)	103768,6	15551
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Отчисления во внебюджетные фонды		
Руководитель	17443	
Инженер (дипломник)	32336	
Итого по статье $C_{внеб}$	49779	

Прочие расходы.

Расчет стоимости материальных затрат на прочие расходы производится по действующим прейскурантам или договорным ценам. В эту же статью включаются затраты на оформление документации. Результаты по данной статье представлены в таблице 8.4.5.

Таблица 8.4.5 – Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные материалы

Наименование	Затраты на материалы, руб.
Канцелярские товары	700

$$C_{np} = 700 \text{ руб}$$

Накладные расходы.

Затраты организации: печать и копии материалов исследований, оплата электроэнергии, оплата услуг связи и интернета и тд., - не попавшие в предыдущие статьи расходов, являются накладными расходами. Их размер определяет с помощью следующей формулы (k_{np} – коэффициент, учитывающий накладные расходы, принят 15%):

$$C_{накл} = k_{накл} (З_{осн} + З_{доп})$$

Для руководителя:

$$C_{накл.руководителя} = k_{накл} (З_{осн} + З_{доп}) = 0,15(64290,5) = 9643,6 \text{ руб}$$

Для инженера (дипломника):

$$C_{накл.инж} = k_{накл} (З_{осн} + З_{доп}) = 0,15(119319,6) = 17897,9 \text{ руб}$$

$$\text{Итого: } C_{накл} = C_{накл.руководителя} + C_{накл.инженера} = 9643,6 + 17897,9 = 27541,5 \text{ руб}$$

Амортизация

Расчет амортизационных отчислений для полного восстановления основных фондов производится по нормам амортизации, утвержденным в порядке, установленном действующим законодательством, и определяется в зависимости от стоимости оборудования. Проектирование требует наличие оборудования:

Компьютер - 40000 рублей.

$$I_{ам} = \frac{T_{ис}}{T_{г}} \cdot \frac{1}{T_{сл}} \cdot C_{обор}$$

где $T_{ис}$ - время использования оборудования – 60 дней;

$T_{г}$ - количество использования в год – 365 дней;

$C_{обор}$ - стоимость оборудования – 40000 рублей;

$T_{сл}$ - срок службы оборудования – 3 года.

Пример расчета:

$$I_{ам} = \frac{87}{365} \cdot \frac{1}{3} \cdot 40000 = 3178 \text{ рублей.}$$

Полная смета затрат

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости НИИ. Полная смета затрат приведена в таблице 8.4.6.

Таблица 8.4.6 – Полная смета затрат

Наименование статьи	Затраты, руб.
1. Заработная плата	183 610,1
2. Отчисления во внебюджетные фонды	49 779
3. Прочие расходы	700
4. Накладные расходы	27 541,5
5. Амортизация	3178
Бюджет проекта	264 808,6

Таким образом, в этом разделе работы проведено технико-экономическое исследование:

- составлена структура работы и на ее основе проведены расчеты сложности НИИР, а также ее бюджет;
- рассчитан бюджет затрат НИИР, который составил 264808,6 руб.

8.5 Определение ресурсной и экономической эффективности исследования

Финансовая эффективность – это интегральный критерий финансовой эффективности и определяется по формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}$$

где: $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ - интегральный финансовый показатель разработки;

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

Φ_{max} - максимальная стоимость исполнения научно исследовательского проекта.

Таблица 8.5.1 – Финансовая эффективность

Наименование статьи	Затраты, руб.
1. Заработная плата	183 610,1
2. Отчисления во внебюджетные фонды	49 779
3. Прочие расходы	700
4. Накладные расходы	27 541,5
5. Амортизация	3178
Бюджет проекта	264 808,6

Таким образом, интегральный финансовый показатель равен:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{264808,6}{264808,6} = 1$$

Исходя из таблицы 1.5.1, делаем вывод что рассчитанная ранее смета экономически выгоднее для проекта.

Ресурсоэффективность – это интегральный критерий ресурсоэффективности и определяется по формуле:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i$$

где: I_{pi} - интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i - весовой коэффициент проекта;

b_i - бальная оценка проекта, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Таблица 8.5.2 - Ресурсоэффективность

Критерии	Весовой коэффициент	Бальная оценка разработки
Удобство в эксплуатации	0,2	5
Надежность	0,25	4
Безопасность	0,15	4
Предполагаемый срок эксплуатации	0,25	4
Энергоэкономичность	0,15	5
Итого:	1	22

Таким образом, интегральный показатель ресурсоэффективности для проекта равен:

$$I_{pi} = 0,2 \cdot 5 + 0,25 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,25 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 = 4,35$$

В данном пункте проведена оценка ресурсоэффективности исследуемого проекта, в результате получили оценку (4,35 из 5), что говорит об эффективности его реализации.

Оценить экономическую эффективность предлагаемого решения – В данное время крайне сложно так как применения источника питания подобного разрабатываемому еще не существует..

Таким образом, цель раздела достигнута, поставленные задачи выполнены:

С помощью карты сегментирования была проанализирована перспективность разработки источника питания на суперконденсаторах для электровозов;

Анализа конкурентных технических решений показал правильность

выбора типа аккумуляторных батарей для источника питания;

Оценив факторы, влияющие на проект, с помощью SWOT- анализа был сделан вывод о целесообразности осуществление проекта;

Разработана структура проектной работы, в результате были определены лица, осуществляющие проектирование: руководитель и инженер. Определена трудоемкость выполнения проектной работы, в результате длительность работ в календарных днях руководителя проекта равняется 28 дней, а инженера 107 дней. Составлена смета проекта, которая составила 264808 рублей, складывающаяся из расходов на заработную плату работников (183610 руб.), отчисления во внебюджетные фонды (49779 руб.), материальные расходы (700 руб.), амортизацию (3178 руб.) и накладные расходы (27541 руб.).

Интегральный показатель ресурсоэффективности, равен 4,35 по 5 – бальной шкале. Такой результат говорит о том, что данный проект будет эффективным.

Таким образом, установлено, что проект отвечает необходимым требованиям в области ресурсоэффективности. Является конкурентоспособным и привлекательным с экономической точки зрения.

9. Социальная ответственность

В горнодобывающей промышленности широкое распространение получил электротранспорт, так как обладает высокой эффективностью в транспортировке грузов. Рассматриваемый источник питания располагается на электровозе, работающем в горных выработках, и карьерах. Подробно рассматривается схема его питания от аккумуляторной батареи и блока суперконденсаторов. Суперконденсаторы позволят уменьшить массу акб на электровозе и увеличить время работы без подзарядки от сети. Но без обслуживающего персонала электровозы не передвигаются, всё равно нужны люди для обеспечения работы и шахты.

Рассматриваемое рабочее место находится на электровозе КМ-11. Электровоз проходит испытание в горной выработке. Испытания производятся с помощью самого электровоза и переносного оборудования в которое входит: компьютер, осциллограф, Дополнительные блоки питания конденсаторов.

Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Правовые нормы трудового законодательства изложены в документе «Трудовой кодекс Российской Федерации». Согласно данному документу, виды специальных норм трудового права представляют собой следующее:

- Нормы-льготы, предоставляют дополнительные гарантии трудовых прав;
- Нормы-приспособления, подстраивают общие нормы к данным условиям труда;
- Нормы-изъятия, ограничивают общие права.

Конструкция рабочего места человека-оператора (далее - оператора) должна соответствовать его антропометрическим свойствам по ГОСТ 12.2.049-80.

Масса машины или ее составных частей, удерживаемых в процессе работы руками, не должна превышать 10 кг. При большей массе должна быть обеспечена возможность применения поддерживающих устройств.

Масса машины или ее составных частей, предназначенных для переноски вручную, не должна превышать 15 кг. При большей массе должна быть предусмотрена возможность применения грузоподъемных и транспортных средств.

Размеры свободного рабочего пространства (смотровые отверстия, проходы, высота рабочей поверхности, ширина сиденья и т.д.) и размеры зон моторного поля рабочего места выбирают по ГОСТ 12.2.049-80.

Размеры кабины оператора должны соответствовать указанным в табл.9.1.

Таблица 9.1

Наименование размера	Значение размера, мм, не менее	
	для подземных горных работ	для открытых горных работ
Расстояние от подушки сиденья (в крайнем верхнем положении) до потолка	1000*	1500
Ширина кабины	850/1400**	1400
Дверной проем:		
высота	1200	1900
ширина	650	700

Производственная безопасность

В этом пункте анализируются вредные и опасные факторы, которые могут возникать при проведении исследований в горной выработке, или на карьере где будет тестироваться схема электропитания на суперконденсаторах.

Таблица 9.2 - Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разрабо тка	Изготов ление	Эксплуа тация	
1. Наличие в воздухе взвешенных частиц			+	Методы контроля запыленности рудничной атмосферы прописаны в ГОСТ Р 55175-2012 Производственная вибрация устанавливается СН 2.2.4/2.1.8.566-96 и ГОСТ 12.1.012-9.
2. Производственная вибрация и шум	+	+	+	
3. Недостаточная освещенность рабочей зоны		+	+	
4. Поражение электрическим током	+	+	+	Звуковое давление нормируется санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.562-96 и ГОСТ 12.1.003-83. СП 52.13330.2016, ГОСТ Р 55733-2013 Естественное и искусственное освещение.
5. Пожароопасность	+	+	+	

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 противопылевых 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;
- периодическая очистка от пыли откаточных и вентиляционных выработок;

Продолжительность нахождения рабочего персонала в запыленной рабочей зоне регламентирует ГОСТ Р 55175-2012.

Производственная вибрация и шум

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.

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 предприятие борются с шумом в основном с источником шума:

- Укрепляют конструкции;
- Протяжка кожухов;
- Шумоизоляция установок;

Для индивидуальной защиты используют противошумные наушники, антифоны.

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. Продолжительность вибраций представлена в таблице 9.3.[2]

Таблица 9.3 продолжительность вибраций

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

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 рабочей зоны

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.

Минимальные значения освещенности в различных рабочих зонах подземных выработок угольных шахт отображены в ГОСТ Р 55733-2013 и приведены в таблице 9.4[4].

Таблица 9.4 – Минимальные значения освещенности

Участок выработки	Плоскость, в которой нормируется освещенность	Минимальная освещенность, лк
Призабойное пространство стволов при проходке	Горизонтальная на забое	10
	Вертикальная на боковой поверхности ствола на расстоянии не менее 5 м от забоя	5
Участки выработки, где производятся перегрузка и погрузка угля	Горизонтальная на уровне лотка конвейера	10
Разминовки в пределах околоствольных дворов, приемные площадки уклонов и бремсбергов, электромашинные установки, передвижные подстанции и распределительные пункты вне специальных камер	Горизонтальная на почве	5
Станции посадки и схода людей в транспортные средства (кроме поездов)	Горизонтальная на почве	15

Утомляемость зрительного аппарата зависит не только от качества и контрастности изображения на экране монитора, но и от общей освещенности рабочего помещения.

Поражение электрическим током

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) [5], рассмотреть следующие вопросы:

- 1) обоснование категории помещения по степени опасности поражения электрическим током;
- 2) требования к электрооборудованию;
- 3) анализ соответствия реального положения на производстве перечисленным требованиям;
- 4) мероприятия по устранению обнаруженных несоответствий;
- 5) обоснование мероприятий и средств защиты, работающих от поражения электрическим током.

Система электрозащиты 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 электрозащитных 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.

Данные операции должны производиться на основании [6-9].

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.

Пожароопасность

Пожарная безопасность регламентируется ГОСТ 12.1.004-91, ГОСТ 12.1.010-76, инструкциями по пожарной безопасности, строительными нормами и правилами. [10]

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. [11]

Экологическая безопасность

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.

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:

- шахтные воды;
- оборотные воды из цехов обогащения;
- поверхностный сток с селитебных территорий и промплощадок;
- места хранения отходов производства;
- полигоны коммунальных и бытовых отходов.

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 отрабатывают с временным складированием пород вскрыши на борту, а оставшуюся часть отрабатывают с внутренним отвалообразованием и направляют заскладированные породы в выработанное пространство. Для упразднения опасности оседания почвы над разработкой используют способ заполнения полости пустой.

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 возникновениям 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.

Меры, которые сопровождают современные методы проведения горнодобывающих процессов, а также эксплуатацию шахт, направлены на полное исключение или сведение к минимуму указанных выше факторов риска.

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.

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. [13]

Вывод по разделу

В результате выполнения раздела ВКР «Социальная ответственность» были рассмотрены вредные и опасные факторы, возникающие в процессе разработки, изготовления и эксплуатации источника питания на суперконденсаторах для рудничных электровозов.

Приведены необходимые нормированные документы регламентирующие безопасную работу персонала. Описаны факторы которые действуют отрицательно на организм человека, рассмотрены средства коллективной и индивидуальной защиты от данных факторов. Рассмотрены вопросы защиты окружающей среды.

Рассмотрены вопросы по возникновению ЧС требования по противопожарной безопасности, мероприятия по профилактике и действия при ЧС.

Были предложены основные меры по профилактики и ликвидации воздействий пагубных факторов на организм человека. Исходя из описанного выше, можно прийти к выводу, что, с точки зрения эффективности трудовой деятельности работника, правильная организация рабочего места играет важную роль. Безопасные условия труда способствуют повышению эффективности и производительности работ инженера.

Заключение

В данной работе была спроектирована схема питания для асинхронного электродвигателя с аккумуляторными батареями и блоком суперконденсаторов. Использование блоков суперконденсатора позволяет использовать энергию рекуперации в полной мере. За счет того что суперконденсаторы могут принять большие токи, а аккумуляторные батареи нет. Это помогает продлить срок службы аккумуляторных батарей на электровозе.

Определены параметры для компонентов схемы таких как: автономный инвертор напряжения, DC-DC преобразователь, электродвигатель, батарея и суперконденсатор.

Компьютерная модель собранная в Simulink позволяет увидеть как конденсатор работает в разных режимах и как на это реагирует двигатель.

Список публикаций студента

Поморцев Александр Иванович. Емкостной накопитель энергии на суперконденсаторах для электротранспорта [Электронный ресурс] / А. И. Горшенина, А. И. Поморцев; науч. рук. А. Г. Юдинцев, С. Н. Кладиев // Энергетика и энергосбережение: теория и практика сборник материалов III всероссийской научно-практической конференции, 13-15 декабря 2017 г., Кемерово: / Кузбасский государственный технический университет (КузГТУ) . — Кемерово : Изд-во КузГТУ , 2017 . — [4 с.] . — Заглавие с экрана. — [Библиогр.: 2 назв.]. — Свободный доступ из сети Интернет.

Список использованных источников

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 энергосбережения 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. Денщиков 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 A1 Н 01 М 10/42 от 29.09.1989. Полезная модель. Способ подготовки разряженной шахтной аккумуляторной батареи к работе.

13. Гончар А.С., Семиков А.В. К реализации рекуперативных режимов в электроприводе электромобиля с ионисторами // 3б. матер. конф. «Расчет энергоэффективности использования тягового электропривода без и с рекуперацией для легкового автомобиля». – Кременчук, 2013. – с. 25–26.

14 . Пат. UA 85585 U. МПК (2013.01) H02J 7/00 H02P 3/00 Электропривод електромобіля. Винахідники: Клепиков В. Б., Гончар О. С., Касторний П. М., Моїсєєв О. М., Тимощенко А. В., Банєв Є. Ф., Пшенічніков Д. О.; Власник: НТУ «ХПІ»; Заявл.: и 2013 06550 від 27.05.2013; Публ.: 25.11.2013, Бюл. № 22.

15. Нургалеев А.Р., Павлова З.Х., Шабанов В.А. Перспективы использования вентильного электропривода в нефтяной и газовой промышленности. / Уфимский государственный нефтяной технический университет. – [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: http://www.rusnauka.com/13_EISN_2013/Tecnic/5_137070.doc.htm (дата обращения: 17.05.2018).
16. СНиП П-12-77. «Защита от шума»
17. ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ. «Вибрационная безопасность. Общие требования»
18. ГОСТ 12.0.003-74 (СТ СЭВ 790-77). «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»
19. ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»
20. ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности» Правила устройства электроустановок, ПУЭ, утвержденные Министерством энергетики России от 08.07.2002, №204, Глава 1.7.
21. ГОСТ 12.1.004-91, ССБТ «Пожарная безопасность. Общие требования»
22. СП 9.13130.2009 «Техника Пожарная. Огнетушители. Требования к эксплуатации»
23. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. – 6е изд., переработанное и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 24 с.
24. СНиП 2.04. 05-91. «Отопление, вентиляция и кондиционирование»
25. ГОСТ 12.1.019 -79 (с изм. №1) ССБТ. «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты»
26. ГОСТ 12.0.004–90 ССБТ. «Обучение работающих безопасности труда»
27. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. «Защитное заземление, зануление»

28. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. «Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов»
29. Постановление Администрации г. Томска от 11.11.2009 №1110 (с изменениями от 24.12. 2014) «Об организации сбора, вывоза, утилизации, и переработки бытовых и промышленных»
30. Постановление Правительства РФ от 03.09.2010 №681 «Об утверждении Правил обращения с отходами производства и потребления в части осветительных устройств»
31. ГОСТ Р 50571.3-94 «Электроустановки зданий. Часть 4. Защита от поражения электрическим током».

\

Приложение А

The study of retardation modes of mining electric locomotives

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM88	Поморцев Александр Иванович		

Руководитель ВКР:

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

Консультант – лингвист Отделения иностранных языков ШБИП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Пташкин А.С.	к.ф.н		

Traditional ways to get rid of excess energy

Electric transport has become widespread for the transport of goods at mining enterprises; it is an environmentally friendly and safe transport for use in mines.

Insufficient voltage for starting electric motors at full load is the only serious drawback in the operation of electric vehicles underground. To facilitate the work with an electric transport, a developer needs a drive on supercapacitors for regenerative energy, which will help the electric train move off.

The energy released in the frequency converters during braking of the asynchronous motors controlled by them was the dissipation thereof in the form of heat on the resistors. Braking resistors were used wherever there was high inertia of the load, for example, in centrifuges, on electric vehicles, on load stands, etc.

Such a solution was necessary to limit the maximum voltage at the terminals of the converters in braking mode. Otherwise, the frequency converters would fail, because it would be impossible to control the parameters of acceleration and braking.

Braking resistors did not burden the equipment economically, but some inconveniences invariably entailed. Resistors are dimensional, they are very hot, they need protection against moisture and dust. And all this is connected only with the fact that it is necessary to dissipate wasted energy, for which the enterprise pays money, and the money is not small, especially if we are talking about large-scale production.

In the summer, additional heating of the surrounding air is especially undesirable, because the technological equipment is already heated by warm air, and then there are also resistors heated to 100 degrees and above. Need additional ventilation – again expenses.

But there is another way. Why is dissipate energy in vain? You can return it to the network back, and so save energy consumption. This is where the energy recovery systems come to the rescue.

Of course, today's frequency converters greatly reduce the consumption of electricity by equipment, due to the optimization of the power supply of engines of various technological equipment, and this saves resources. But the use of recuperation further increases the savings. Energy may not be dissipated by resistors during braking but may be returned to the network taking into account the current network parameters.

Today, leading manufacturers of industrial machinery and equipment are already implementing such systems on electric transport: for trolleybuses, electric trains, escalators, trams, and finally – for electric cars.

Work recuperation system

An alternating current source supplying a motor or other installation must be able to take energy back. For this, instead of a conventional rectifier, a converter with pulse width modulation is used. Such a converter can direct power flows from both the source to the consumer, and from the consumer to the source. This method allows you to bring the power factor to one.

A typical IGBT cascade of the frequency converter operating in the recovery mode is initially represented as a sinusoidal current rectifier, but when braking it generates a pulse-width modulated signal, in which the direction of the current, when the voltage at the terminals is above a certain level, is not directed from the network, and to the network from the consumer circuit.

The voltage difference between the supply network and the load circuit is applied to the recovery inductor. Inductance blocks high-frequency harmonics, and an almost pure sinusoidal current is obtained, there is no need for synchronizing equipment, it is enough to apply three test pulses from the PWM modulator to the network to determine the frequency and phase of the voltage at the current moment.

Examples are frequency converters with a recovery system from Control Techniques that are used on Lamborghini and Nissan factories for powering

dynamic test benches, as well as for escalators and various metallurgical solutions. It is well-known that such converters work with a stable frequency, which is switching. The high-frequency carrier signal is used in the process of modulation [4].

The essence is the same everywhere – a bi-directional energy flow is created both for the consumer from the network, from the source, and from the consumer to the network. When designing recovery systems, many factors are taken into account: the range of the mains voltage, the rated power of the equipment and the power factor, maximum power taking into account overload, the level of losses.

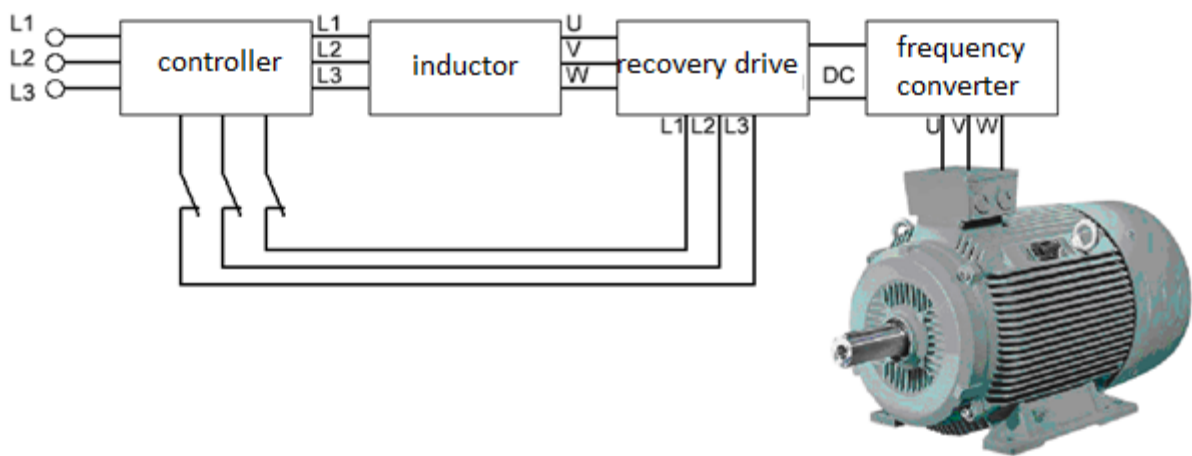


Figure 26. Scheme of recovery of single electric motor

The circuit shown in Figure 26 demonstrates a single-motor solution, where the electric motor and the recuperator drive are presented in a single copy, their ratings are equal. But sometimes motor overloads occur, and then a more powerful recovery drive is required to cover the lower voltage limit and motor losses.

The same principle ensures the operation of several engines with several motors drives Figure 27 while putting one powerful recovery motor that can pass through the total power for all engines of the system, taking into account the possibility of simultaneous braking of all engines.

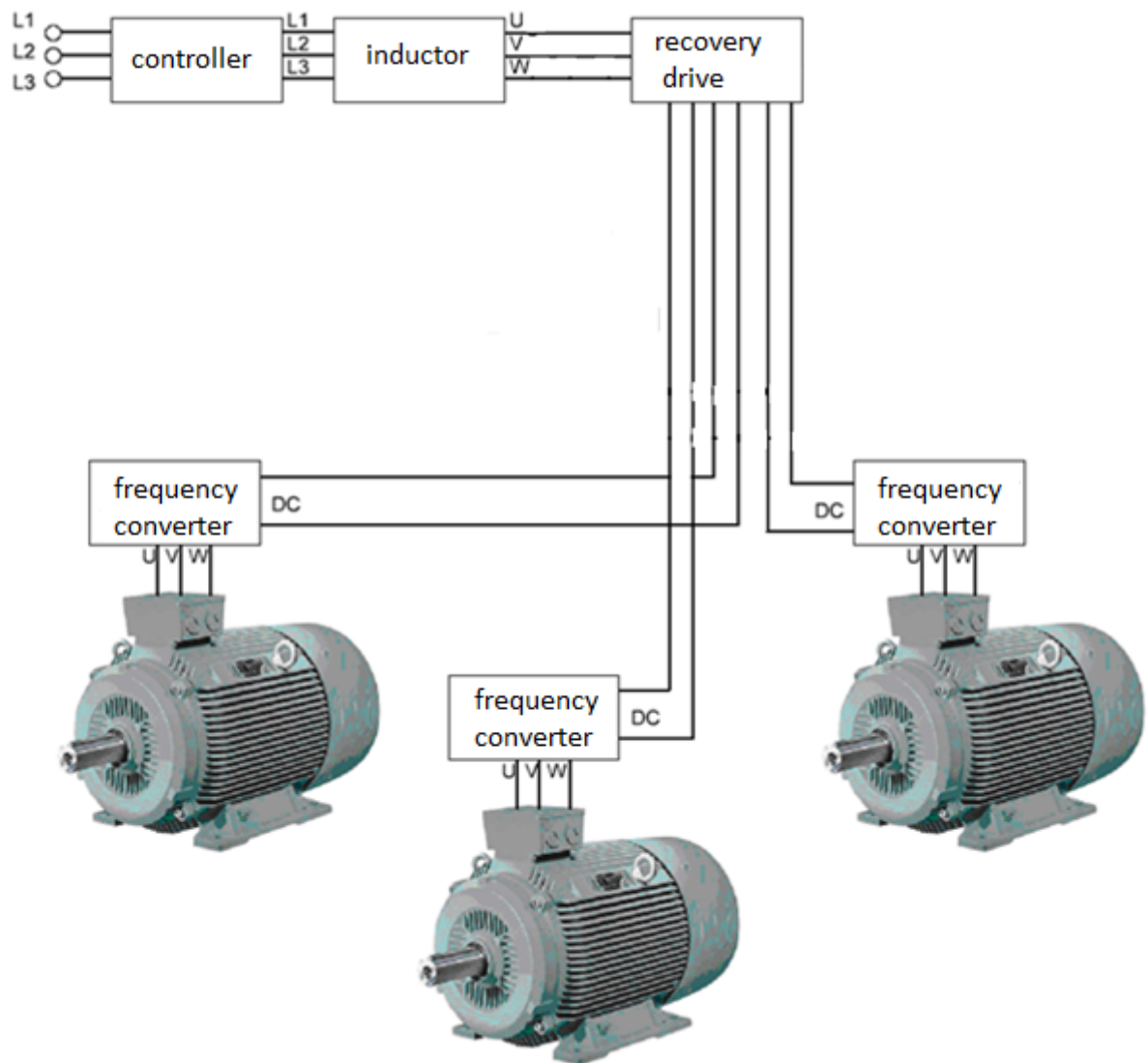


Figure 27. The recovery scheme of several electric motors

To limit the starting current in systems with several motors when combining DC buses, thyristor modules are used, they are connected through contactors to the capacitors of the converter with a charged direct current. After charging the capacitors, the thyristor module turns off. Obviously, recovery systems are configured differently and are individually designed.

Assessment of needs

In the electric grid of underground electric transport, it is possible to improve the quality of electricity in the light of straightening load schedules. We should also consider the reduction of jumps and loading failures within substations with the help of storage. The presence of supercapacitors on electric locomotives will stabilize the voltage for powering the engines and generate energy until it stops. Batteries with the continuous operation have sufficient energy efficiency and high efficiency, and ambient temperature below 15 °C and above 45 °C reduces their performance by 2-3 times. Table 1 shows the relative characteristics of these temperatures.

Table 8. The relative characteristics of the battery

Discharge time, h	The ratio of currents I_P / I_{PH}	Given capacity $E_P, \%$	Battery voltage, %	Energy given off, $\Theta_P / \Theta_H, \%$	Efficiency, %
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

Batteries with a discharge current of 3En and at an adequate temperature have a capacity of not more than 65% instead of 95-97% set by manufacturers. From table 1 it is seen that when the currents exceed the declared value by 5 times, the efficiency of energy storage is reduced to 12.3%, and the return on capacity to 28.13%..[1]

The need for mining electric locomotives of Russia for transport supercapacitors depends on the number and capacity of electric locomotives. See Table 9.

Table 9: Need for supercapacitors

Equipment	Parameter
Number of mine electric locomotives	3000
Number of mine traction supercapacitor substations	1000
Average energy intensity of an electric locomotive supercapacitor	5 MJ
The average energy consumption of underground substations	50 MJ
Equipment	Energy intensity, MJ
Mine electric locomotives	15,000
Mine traction power supply	50,000
Total	65,000

It is based on the data in table 2 65 MJ of energy saved during the year will be 5-10% of the total costs of the mining enterprise.

Supercapacitors

Supercapacitors (ionistors) are ultra-high capacitors with a double electric layer. A conventional capacitor has large power, but rather weak ability to dynamically store energy. A unique ionistor provides sufficient power and considerable power.

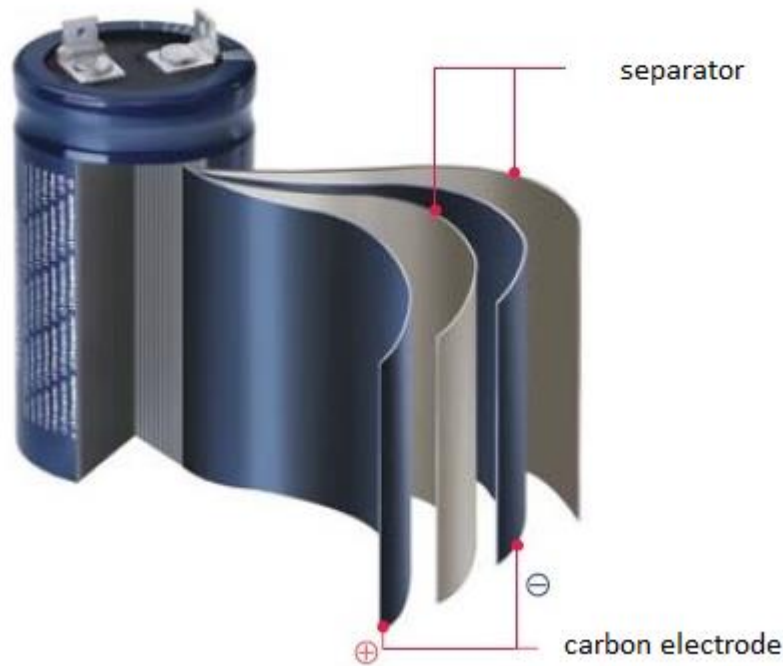


Fig. 28. Supercapacitors (ionistors)

The main advantage of the supercapacitor is the ability in a split second to acquire and give off a charge, withstanding a large number of charging and discharging without loss of performance.

Most chemical current sources, such as lithium-ion batteries, are charged under the condition that a chemical reaction occurs inside them. Energy is released when the reaction flows in the opposite direction. In a supercapacitor, energy storage occurs as a result of the concentration of electrons on the surface of the electrodes. As a result, energy is given in a very small time period (from milliseconds to a minute).

A significant advantage of a supercapacitor over an electrolytic capacitor is the high density of stored energy. The energy that a capacitor can store depends on its capacity.[2]

Advantages of supercapacitors:

- High speed charging and discharging;
- Withstands a large number of charges and discharges;
- Lightweight;

Non-toxic materials;

- High efficiency (95% are distinguished by us);
- Non-polarity.

The disadvantages of supercapacitors are of the following types:

- Specific energy (1-10 W · h / kg);

We observe voltage, which depends on a certain degree of charge;

Possibility of burnout of internal contacts during short circuit;

- High self-discharge;

Moreover, we should distinguish: low voltage.

It is necessary to consider in this light: short service life, using maximum charge voltages.

There are no harmful substances in the production of supercapacitors, their production is quite simple. It gives the opportunity to produce new supercapacitors at an affordable price.

Diagram of a bidirectional DC-DC converter and its operating modes

The simplest way to connect a supercapacitor to an electric drive is to directly connect it to the DC link of the frequency converter. This option is not the best. Therefore, the most common way is to connect the supercapacitor to the DC circuit of the frequency converter through the DC converter. We used the simplest circuit of a bidirectional DC-DC converter, shown in Fig. 29. The converter must be bidirectional, because due to the charge-discharge cycle of the supercapacitor,

the current will flow in both directions [3]. The circuit consists of two diodes VD1, VD2 and two transistors VT1, VT2.

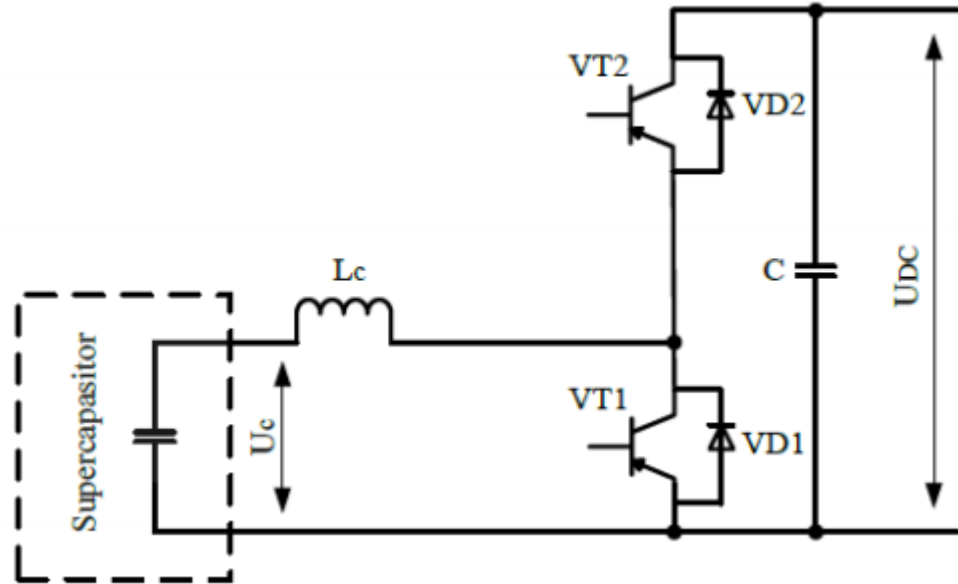


Figure 29. Diagram of a bidirectional DC-DC converter

In the motor mode, energy from the supercapacitor is transmitted to the DC link through a transistor VT2, which creates a load voltage at a constant level, providing active power. In the lowering mode, the energy generated by the electric motor is supplied to the supercapacitor unit through the transistor VT1.

When the converter operates in high voltage mode, the on-time of the transistor switch VT2 will be indicated in tons, the off-time is toff, the inductance current is $i_L(t)$, and the voltage across the filter capacitor is $U_{DC}(t)$ [4]. We write the system of equations:

$$\begin{cases} L \frac{di_L}{dt} = U_c - r_i \times i_L - (1-d)U_{DC} \\ C \frac{dU_{DC}}{dt} = -\frac{U_{DC}}{R_{eq}} + (1+d)i_L \end{cases}$$

Creating a model of a DC electric drive with a block of supercapacitors

In this paper, we consider a DC drive circuit using supercapacitor units and a bi-directional DC-DC converter (Fig. 30). The circuit uses a DC motor with independent excitation. The supercapacitor block is 6 series-connected supercapacitors.

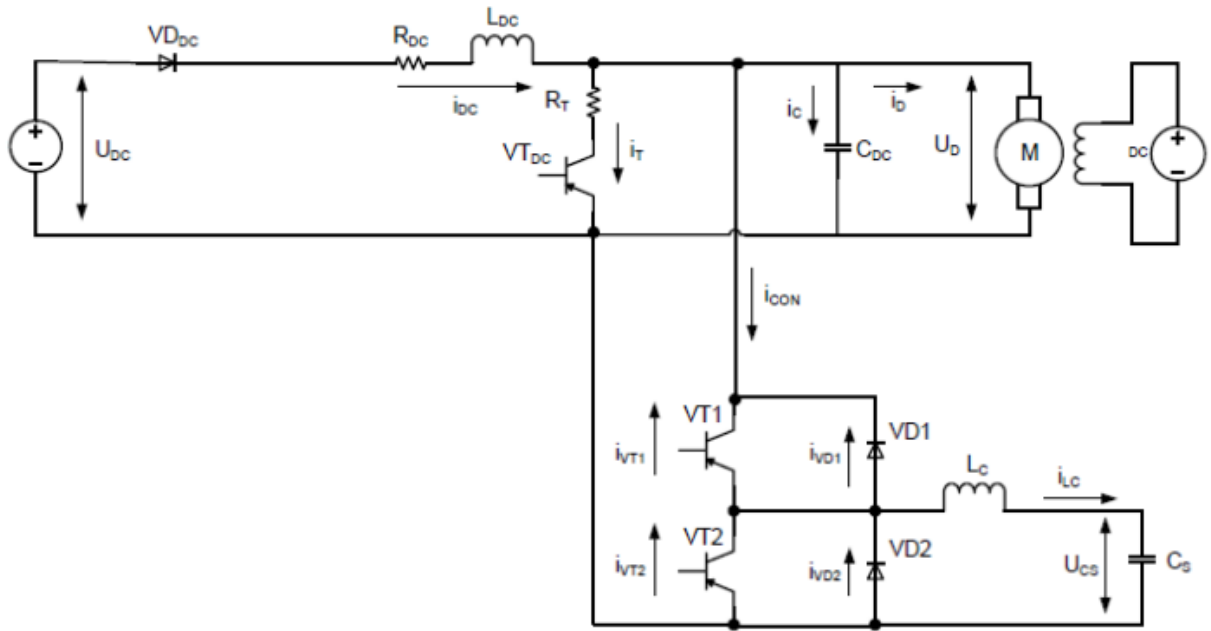


Figure 30. Diagram of a DC electric drive with a block of supercapacitors and a bidirectional DC-DC converter

In the braking mode of the motor, current is supplied to the converter, due to which the supercapacitor is charged and the voltage increases. In this mode, the $VT1$ transistor and the $VD2$ diode are active, while currents do not flow through the $VT2$ transistor and the $VD1$ diode. When the $VT1$ transistor is open, due to the presence of an inductance in the supercapacitor circuit, the current increases gradually and the supercapacitor charges. When $VT1$ is closed, the current closes through the $VD2$ diode. When the drive is in motor mode, the energy stored by the supercapacitor can be used to power the engine at start-up times, as well as to perform useful work. In this mode, the transistor $VT2$ and the diode $VD1$ are active, while the transistor $VT1$ and the diode $VD2$ are constantly in the closed

state. When the transistor VT2 is open, the current gradually increases. When VT2 is closed, the current closes through the VDI diode.

When the VTI transistor is open, due to the presence of an inductance in the supercapacitor circuit, the current increases gradually and the supercapacitor charges. When VTI is closed, the current closes through the VD2 diode. When the drive is in motor mode, the energy stored by the supercapacitor can be used to power the engine at start-up times, as well as to perform useful work. The transistor VT2 and the diode VDI are mentioned to be active in such a mode, while the transistor VTI and the diode VD2 are constantly in the closed state. When the transistor VT2 is open, the current gradually increases. When VT2 is closed, the current closes through the VDI diode.

Bibliography

1. Application of supercapacitors in cars [electronic resource]. URL: <https://www.intechopen.com/books/new-applications-of-electric-drives/electric-drives-in-alternative-fuel-vehicles-some-new-definitions-and-methodologies> (date of access: 29.05.2020).
2. Supercapacitor structure [electronic resource]. URL: <https://www.explainthatstuff.com/how-supercapacitors-work.html> (date of access: 29.05.2020).
3. Gitlin, Jonathan M. McLaren and Freescale partner up for regenerative braking. Ars Technica. Nov. 5, 2008. [electronic resource]. URL: <http://arstechnica.com/news.ars/post/20081113-mclaren-and-freescale-partner-up-for-regenerative-braking.html> (date of access: 29.05.2020)
4. Rodriquez, J. A New Control Technique for AC-AC Converters //IFAC Proceedings Volumes. Vol.16 (16), 1983. Pp. 203-208.