

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки –
15.03.04«Автоматизация технологических процессов и производств»
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Система управления тяговым двигателем легкового автомобиля

УДК 621.431.73-5:629.113

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158Т82	Вэй Цзяци		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Киселев А. В.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Былкова Т.В.	к.э.н		

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Е.И	к.т.н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений.
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде.
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах).
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах.
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни.
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов.
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в практической деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи.
УК(У)-10	Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности.
УК(У)-11	Способен формировать нетерпимое отношение к коррупционному поведению.
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления продукции требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда.
ОПК(У)-2	Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности.
ОПК(У)-3	Способен использовать современные информационные технологии, технику, прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности.
ОПК(У)-4	Способен участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с автоматизацией производств, выборе на основе анализа вариантов оптимального прогнозирования последствий решения
ОПК(У)-5	Способен участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью.

Код компетенции	Наименование компетенции
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен собирать и анализировать исходные информационные данные для проектирования технологических процессов изготовления продукции, средств и систем автоматизации, контроля, технологического оснащения, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством; участвовать в работах по расчету и проектированию процессов изготовления продукции и указанных средств и систем с использованием современных информационных технологий, методов и средств проектирования.
ПК(У)-2	Способен выбирать основные и вспомогательные материалы для изготовления изделий, способы реализации основных технологических процессов, аналитические и численные методы при разработке их математических моделей, методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей материалов и готовых изделий, стандартные методы их проектирования, прогрессивные методы эксплуатации изделий.
ПК(У)-3	Готов применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов, современные методы разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых технологий, средства автоматизации технологических процессов и производств.
ПК(У)-4	Способен участвовать в постановке целей проекта (программы), его задач при заданных критериях, целевых функциях, ограничениях, разработке структуры его взаимосвязей, определении приоритетов решения задач с учетом правовых и нравственных аспектов профессиональной деятельности, в разработке проектов изделий с учетом технологических, конструкторских, эксплуатационных, эстетических, экономических и управленческих параметров, в разработке проектов модернизации действующих производств, создании новых, в разработке средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации расчетов и проектирования.
ПК(У)-5	Способен участвовать в разработке (на основе действующих стандартов и другой нормативной документации) проектной и рабочей технической документации в области автоматизации технологических процессов и производств, их эксплуатационному обслуживанию, управлению жизненным циклом продукции и ее качеством, в мероприятиях по контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации действующим стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам.
ПК(У)-6	Способен проводить диагностику состояния и динамики производственных объектов производств с использованием необходимых методов и средств анализа.
ПК(У)-7	Способен участвовать в разработке проектов по автоматизации производственных и технологических процессов, технических средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, в практическом освоении и совершенствовании данных процессов, средств и систем.

Код компетенции	Наименование компетенции
ПК(У)-8	Способен выполнять работы по автоматизации технологических процессов и производств, их обеспечению средствами автоматизации и управления, готовностью использовать современные методы и средства автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством.
ПК(У)-9	Способен определять номенклатуру параметров продукции и технологических процессов ее изготовления, подлежащих контролю и измерению, устанавливать оптимальные нормы точности продукции, измерений и достоверности контроля, разрабатывать локальные поверочные схемы и выполнять проверку и отладку систем и средств автоматизации технологических процессов, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, а также их ремонт и выбор; осваивать средства обеспечения автоматизации и управления.
ПК(У)-10	Способен проводить оценку уровня брака продукции, анализировать причины его появления, разрабатывать мероприятия по его предупреждению и устранению, по совершенствованию продукции, технологических процессов, средств автоматизации и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, систем экологического менеджмента предприятия, по сертификации продукции, процессов, средств автоматизации и управления.
ПК(У)-11	Способен участвовать: в разработке планов, программ, методик, связанных с автоматизацией технологических процессов и производств, управлением процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, инструкций по эксплуатации оборудования, средств и систем автоматизации, управления и сертификации и другой текстовой документации, входящей в конструкторскую и технологическую документацию, в работах по экспертизе технической документации, надзору и контролю за состоянием технологических процессов, систем, средств автоматизации и управления, оборудования, выявлению их резервов, определению причин недостатков и возникающих неисправностей при эксплуатации, принятию мер по их устранению и повышению эффективности использования.
ПК(У)-18	Способен аккумулировать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции, компьютерных систем управления ее качеством.
ПК(У)-19	Способен участвовать в работах по моделированию продукции, технологических процессов, производств, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством с использованием современных средств автоматизированного проектирования, по разработке алгоритмического и программного обеспечения средств и систем автоматизации и управления процессами.
ПК(У)-20	Способен проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов, составлять описания выполненных исследований и подготавливать данные для разработки научных обзоров и публикаций.

Код компетенции	Наименование компетенции
ПК(У)-21	Способен составлять научные отчеты по выполненному заданию и участвовать во внедрении результатов исследований и разработок в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции и ее качеством.
ПК(У)-22	Способен участвовать: в разработке программ учебных дисциплин и курсов на основе изучения научной, технической и научно-методической литературы, а также собственных результатов исследований; в постановке и модернизации отдельных лабораторных работ и практикумов по дисциплинам профилей направления; способностью проводить отдельные виды аудиторных учебных занятий (лабораторные и практические), применять новые образовательные технологии, включая системы компьютерного и дистанционного обучения.

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

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 15.03.04«Автоматизация технологических процессов и производств»
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
158Т82	Вэй Цзяци

Тема работы:

Система управления тяговым двигателем легкового электромобиля	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	Приказ № 45-49/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

07.06.2022

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объектом исследования является система управления тяговым двигателем легкового электромобиля. Предложен алгоритм управления и функциональная схема, предназначенные для роботизированных электромобилей.
---------------------------------	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Анализ принципа работы аккумуляторной батареи автомобиля; Анализ факторов, влияющих на запас хода автомобилей; Алгоритм управления роботизированным электрокаром; Алгоритмы управления четырехколесным роботом при движении по пересеченной местности;
Перечень графического материала	Функциональная схема роботизированного электрокара; Обнаружение линии инфракрасными датчиками; Принципиальная схема мобильного робота; Функциональная блок-схема мобильного робота;

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	10.02.2022
---	-------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Киселев А. В.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158Т82	Вэй Цзяци		

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

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 15.03.04«Автоматизация технологических процессов и производств»

Уровень образования – Бакалавриат

Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

Период выполнения – Весенний семестр 2021 /2022 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.2022
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
27.05.2022 г.	Основная часть ВКР	60
30.05.2022 г.	Раздел «Социальная ответственность»	20
30.05.2022 г.	Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	20

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Киселев А. В.	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Е.И	к.т.н.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
158Т82		Вэй Цзяци	
Школа	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	Отделение (НОЦ)	Отделение автоматизации и робототехники
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Тема ВКР:

Система управления тяговым двигателем легкового автомобиля	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
Введение	<p>Объект исследования: Система управления тяговым двигателем легкового автомобиля</p> <p>Область применения: автомобиль</p> <p>Рабочая зона: производственное помещение</p> <p>Размеры помещения (климатическая зона*): 20*30 м.</p> <p>Количество и наименование оборудования рабочей зоны: Гироскоп, Компас, Видеорегистратор, ПК, Wi-Fi, Роутер, Ультразвуковой датчик, МП Микроконтроллер, Блок питания 1, Блок питания 2, Драйвер двигателя</p> <p>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: С помощью датчиков (ультразвуковые датчики, камеры, цифровой компас, гироскоп) робот-наблюдатель получает информацию о состоянии своей рабочей зоны.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения:	<p>ТК РФ Статья 351.6. Особенности регулирования труда работников в сфере электроэнергетики, сфере теплоснабжения, в области промышленной безопасности, области безопасности гидротехнических сооружений;</p> <p>Федеральный закон от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда.</p> <p>ГОСТ 12.0.003-2015 (СТ СЭВ 790-77). «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация »;</p> <p>ГОСТ 12.1.003-2014 « Шум. Общие требования безопасности »;</p> <p>Правила устройства электроустановок, ПУЭ, утвержденные Министерством энергетики России от 08.07.2002, №204, Глава 1.7.;</p> <p>ГОСТ 12.1.004-91, СС5Т « Пожарная безопасность. Общие требования »;</p> <p>Долин П.А. Справочник по технике безопасности. – 6е изд., переработанное и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 824 с.;</p> <p>СНиП П-12-77. « Защита от шума »;</p> <p>ГОСТ 12.1.019 -79 (с изм. №1) ССБТ. « Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты »;</p> <p>ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. « Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов »;</p> <p>ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ. « Вибрационная безопасность. Общие требования »;</p>
2. Производственная безопасность при разработке проектного решения/при эксплуатации :	<p>Опасные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов. 2. Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действием которого попадает работающий; 3. Движущиеся машины, механизмы 4. Статическое электричество 5. Короткое замыкание <p>Вредные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Повышенный уровень вибрации;

	<p>3. Повышенный уровень шума;</p> <p>4. Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения;</p> <p>5. Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего;</p> <p>6. Монотонность труда, вызывающая монотонию;</p> <p>7. Длительное сосредоточенное наблюдение.</p> <p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: использование защитных костюмов, виброизолирующие рукавицы, перчатки, виброизолирующая обувь, беруши, наушники, защитные ограждения.</p>
3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения	<p>Воздействие на селитебную зону: отсутствует.</p> <p>Воздействие на литосферу: в виде отходов, возникших при поломке персонального компьютера, люминесцентных ламп и других электроприборов. Также стоит учесть отходы макулатуры.</p> <p>Воздействие на гидросферу: продукты жизнедеятельности персонала.</p> <p>Воздействие на атмосферу: отсутствует.</p>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения	<p>Возможные ЧС:</p> <p>Природные катастрофы (наводнения, цунами, ураган и т.д.);</p> <p>Геологические воздействия (землетрясения, оползни, обвалы, провалы территории и т.д.);</p> <p>Техногенные аварии (возникновение пожара в следствие короткого замыкания.)</p> <p>Наиболее типичная ЧС: пожар</p>
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
15.05.2022	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
старший преподаватель	Авдеева Ирина Ивановна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158Т82	Вэй Цзяци		

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

Студенту:

Группа	ФИО
158Т82	Вэй Цзяци

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Автоматизация технологических процессов и производств

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость ресурсов определялась по средней рыночной стоимости, и в соответствии с окладами сотрудников организации
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	30% районный коэффициент, коэффициент дополнительной заработной платы 12%; накладные расходы 16 %.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	30% отчисления во внебюджетные фонды

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Представить оценку коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Разработать план научно-исследовательских работ и рассчитать затраты.
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Определить интегральный показатель финансовой эффективности, ресурсоэффективности для всех вариантов исполнения НИ.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i>
2. <i>Альтернативы проведения НИ</i>
3. <i>График проведения и бюджет НИ</i>
4. <i>Оценка ресурсной, финансовой эффективности НИ</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОСГН ШБИП	Былкова Т.В.	канд.экон.наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158Т82	Вэй Цзяци		

Реферат

Выпускная квалификационная работа: 77 листов, 11 таблиц, 12 рисунков, 21 использованных источников.

Ключевые слова: электромобили, увеличение запаса хода электромобилей, алгоритмы работы электромобилей.

Объектом исследования является система управления тяговым двигателем легкового электромобиля

Цель работы – проанализировать принцип работы тягового двигателя электромобиля и проанализировать увеличение запаса хода электромобиля.

В период исследования были проведены следующие работы: Проанализированы принцип работы двигателя электромобиля и факторы, влияющие на запас хода. Экономическое обоснование выбора.

В работе представлены расчеты.

Выпускная квалификационная работы выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2016 на белой бумаге формата А4.

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	14
1 Введение в электромобили с увеличенным запасом хода.....	17
2 Статус электромобилей с увеличенным запасом хода.....	22
3 Принцип работы литий-ионного аккумулятора	26
4 Механизм снижения срока службы литий-ионной батареи.....	28
5 метод расчета	31
6 Влияющие факторы и методы улучшения пробега автомобиля.....	36
7 Алгоритм управления роботизированным электрокаром.....	44
8 Алгоритмы управления роботом при движении по пересеченной местности	47
9 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	51
9.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	51
9.2 Планирование научно-исследовательских работ	54
9.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	55
9.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	58
10 Социальная ответственность	61
10.1 Введение	61
10.2. Анализ вредных факторов	63
10.2.1. Шум	64
10.2.2. Вибрация	65
10.2.3 Недостаток естественного света	66
10.3 Анализ опасностей	68
10.3.1. Электропоражение	69
10.3.2. Загорание (пожар)	70
10.4. Защита окружающей среды	71
10.5 Предотвращение ЧС и устранение их последствий	73
10.5.1 Пожар (загорание) – как источник ЧС	73
10.5.2 Электропоражение как источник ЧС	74
Список используемой литературы	76

Введение

Электромобили с увеличенным запасом хода (EREV) обладают такими преимуществами, как высокая степень экономии топлива и отсутствие ограничения запаса хода, и считаются лучшим переходным продуктом между традиционными топливными транспортными средствами и чисто электрическими транспортными средствами. Являясь ключевым компонентом EREV, производительность и срок службы литий-ионных аккумуляторных батарей оказывают значительное влияние на мощность, экономичность и безопасность всего транспортного средства. Очень важно изучить срок службы литий-ионных аккумуляторных систем.

С точки зрения индустриализации и развития индустриализации мировой автомобильной промышленности «электрификация транспортных средств» представляет собой процесс постепенного углубления. Первыми зрелыми и серийно выпускаемыми автомобилями на новой энергии на рынке являются гибридные автомобили, такие как Toyota Prius, Chevrolet Volt и т. д. Модель использует двигатель внутреннего сгорания и аккумулятор в качестве источника питания всего транспортного средства и компенсирует выходную мощность двигателя через аккумуляторную систему, так что двигатель работает с высокой эффективностью, что эффективно улучшает экономию топлива. С точки зрения развития энергетики транспортных средств, с улучшением технологии силовых аккумуляторов, преимущества электромобилей в области защиты окружающей среды и производительности постепенно будут выше, чем у автомобилей с двигателем внутреннего сгорания, и разрыв между ними с точки зрения стоимости и круиза. диапазон будет постепенно сужаться. Автомобиль в конечном итоге заменит традиционный автомобиль с двигателем внутреннего сгорания А, который работает на нефти. В настоящее время из-за ограничений аккумуляторной технологии чисто электрические транспортные средства имеют такие проблемы, как высокая стоимость и малый запас хода, а строительство вспомогательных сооружений отстает, поэтому чисто электрические транспортные средства не могут быть широко приняты

рынком в короткие сроки. промежуток времени. Индустриализация чисто электромобилей требует всестороннего использования переходных моделей, таких как гибридные электромобили, подключаемые гибридные электромобили и чисто электромобили с увеличенным запасом хода, и постепенного перехода к чисто электромобилям на основе постоянного совершенствования аккумуляторов двигателя и технологии управления.

В последние годы электромобиль с увеличенным запасом хода (EREV) привлек внимание отрасли благодаря своим преимуществам, заключающимся в том, что он не ограничен запасом хода, небольшим двигателем, высокой степенью экономии топлива и простой конструкцией. Лучшая переходная модель. EREV использует аккумулятор в качестве источника питания в течение определенного пробега, что эквивалентно чистому электромобилю. Когда заряд аккумулятора недостаточен, расширитель запаса хода заряжает аккумулятор, что позволяет избежать остановки автомобиля из-за недостаточного заряда аккумулятора во время движения, а его запас хода сравним с запасом хода на традиционном топливе. Двигатель у машины вполне. Двигатель внутреннего сгорания, установленный на EREV, заряжает аккумулятор только тогда, когда заряд аккумулятора ниже определенного значения, и не принимает непосредственного участия в управлении транспортным средством, поэтому двигатель с меньшим рабочим объемом (например, <1 л) может можно использовать, что не только повышает эффективность работы двигателя и экономит энергию, расход масла ниже, а общая емкость силовой батареи также ниже. Как основной источник питания EREV, силовая батарея является основным компонентом транспортного средства и имеет важное влияние на мощность и стоимость транспортного средства. Срок службы батареи является основным параметром батареи и важным параметром для конструкции системы управления транспортным средством и системы управления аккумуляторной батареей, напрямую связанной со стоимостью транспортного средства.

В этой статье мы оптимизируем систему управления электромобилей за счет увеличения времени автономной работы и производительности.

1. Введение в электромобили с увеличенным запасом хода

Чистые электромобили с увеличенным запасом хода (EREV) похожи на гибридные автомобили, а также имеют двигатель, генератор и электродвигатель. Поэтому некоторые люди классифицируют чистые электромобили с увеличенным запасом хода как тип гибридных транспортных средств, называя их подключаемыми серийными гибридами. транспортные средства. Тем не менее, EREV использует только электрическую энергию в качестве движущей силы транспортного средства, мощность двигателя используется только для привода генератора для выработки электроэнергии и не участвует непосредственно в вождении транспортного средства, и нет процесса смешивания с электрической мощностью двигателя. Его конструктивная концепция отличается от концепции гибридных транспортных средств. Поэтому EREV представляет собой чисто электрический привод, который является расширением диапазона чисто электрических транспортных средств.

Чисто электрические транспортные средства действительно являются транспортными средствами с нулевым уровнем загрязнения и нулевым уровнем выбросов. Они имеют преимущества высокой скорости преобразования энергии, низкого уровня шума, простой конструкции и удобства обслуживания. Однако из-за несовершенной инфраструктуры электромобилей, высокой стоимости силовых аккумуляторов, и небольшой запас хода. Существование чисто электромобилей пока не популярно. Гибридный электромобиль — это переходная мера, предпринятая для решения существующих проблем чисто электрических транспортных средств. Он сочетает в себе преимущества транспортных средств с двигателем внутреннего сгорания и чисто электрических транспортных средств, а также улучшает выбросы транспортных средств и экономию топлива. Однако гибридные электрические транспортные средства имеют сложную структуру, дорогата, и не может. Коренным образом избавиться от зависимости от нефтяных ресурсов. В последние годы чисто электромобиль с увеличенным запасом хода получил широкое внимание в отрасли как новый тип транспортного средства. Этот тип транспортного

средства на новой энергии может двигаться исключительно на электроэнергии в пределах определенного пробега, что удовлетворяет требованиям вождения на короткие расстояния. В основном на работу и обратно и экономит энергию. Большое значение имеет расход топлива и снижение выхлопных газов транспортных средств. В настоящее время отечественные и зарубежные автомобильные компании последовательно разработали модели с расширенным диапазоном, и на рынок были выпущены более зрелые продукты.

По сравнению с чисто электрическими транспортными средствами, EREV добавляет расширитель диапазона, состоящий из маломощного двигателя и генератора. Его рабочий режим в основном состоит из двух частей: чисто электрический диапазон и режим увеличения диапазона. Чисто электрическое движение: на начальном этапе вождения, когда силовая батарея EREV полностью заряжена, вся мощность, необходимая для движения транспортного средства, обеспечивается силовой батареей, а двигатель не работает. В это время автомобиль эквивалентен чистый электромобиль. В зависимости от емкости силовой батареи, пробег EREV на чистой электроэнергии различен, обычно 40~60 км. Режим расширения диапазона: когда потребление энергии силовой батареи достигает определенного уровня, двигатель приводит в действие генератор для зарядки силовой батареи. В это время EREV эквивалентен гибриднему транспортному средству, что значительно увеличивает запас хода транспортного средства. и устраняет необходимость вождения автомобиля от электросети на дороге. Скрытая опасность парковки из-за недостаточного заряда аккумуляторной батареи. Емкость аккумуляторной батареи EREV должна удовлетворять только ежедневные потребности людей, которые ездят на работу и с работы. Емкость аккумуляторной батареи ниже, чем у аккумуляторов для электромобилей, что значительно снижает стоимость аккумуляторных батарей. Двигатель, оснащенный EREV, предназначен в основном для того, чтобы люди не беспокоились о пробеге электромобилей. Двигатель работает с высокой эффективностью, когда заряд батареи недостаточен, и приводит в действие генератор для обеспечения

питания транспортного средства. Поэтому EREV может использовать маломощный двигатель, что значительно снижает энергопотребление. Стоимость двигателя улучшается, а эффект энергосбережения улучшается.

Хотя структура энергосистемы EREV аналогична системе серийного гибридного транспортного средства, EREV не может быть классифицирован как серийный гибрид. Батарея питания подключена параллельно, и батарея питания также может заряжаться от сети, в то время как мощность двигателя внутреннего сгорания. Поколение серийного гибридного автомобиля соединено последовательно с аккумулятором, ② аккумуляторная система в серийном гибридном автомобиле не может заряжаться от сети, батареи. Запасы энергии и мощности малы. Эта модель имеет высокий спрос на мощность двигателя. В нем по-прежнему используется двигатель большого объема, который в значительной степени зависит от нефтяных ресурсов и имеет неудовлетворительный эффект энергосбережения.

EREV и подключаемый гибрид также отличаются друг от друга, и между ними есть сходство: оба могут заряжаться от внешнего источника, а также могут заряжаться ночью от электричества в долине; оба могут работать в гибридном режиме, когда двигатель и силовая батарея работают одновременно. Основные отличия: ① EREV приводится в движение напрямую двигателем, без сцепления, без коробки передач или только с одноступенчатым сцеплением, а механизм силовой системы прост; подключаемая гибридная система имеет сложную структуру, включающую сцепления, коробки передач и т. ② EREV может работать на чистом электричестве при достаточной мощности аккумулятора, а двигатель работает в рабочей точке оптимального расхода топлива, который не меняется при изменении условий движения автомобиля; рабочее состояние двигателя в пробке - в гибридном транспортном средстве и скорости движения транспортного средства, связанной с условиями вождения. ③ Двигатель EREV всегда работает в наилучшей рабочей точке, требуемая

мощность двигателя невелика, а выбросы малы; система питания гибридного электромобиля с подключаемым модулем может иметь последовательную, параллельную, гибридную и другие структуры, а энергия система управления сложна, а стоимость высока.

Преимущества разработки EREV в основном включают:

(1) Емкость силовой батареи, используемой EREV, не должна быть большой, что снижает стоимость силовой батареи, а благодаря использованию расширителя диапазона EREV может преодолевать большие расстояния;

(2) Во время использования EREV SOC силовой батареи контролируется в определенном диапазоне, что позволяет избежать перезарядки и переразрядки силовой батареи, что полезно для продления срока службы силовой батареи;

(3) Поскольку EREV предъявляет более низкие требования к емкости силовых батарей, для силовых батарей могут быть выбраны другие типы батарей с более низкой удельной емкостью, такие как свинцово-кислотные батареи, что еще больше снижает стоимость силовых батарей;

(4) EREV можно заряжать от электросети, не требуется специальной зарядной станции, а пользователи могут заряжать на парковках и в других местах, что снижает нагрузку на городские земли, а также способствует продвижению транспортных средств на новых источниках энергии;

(5) EREV использует электроэнергию в низовьях долины в ночное время для зарядки автомобиля, что экономит затраты пользователя на электроэнергию;

(6) Когда чисто электрический автомобиль работает, когда заряд батареи недостаточен, он может остановиться только для зарядки или замены батареи. Из-за несовершенной инфраструктуры, такой как текущее зарядное оборудование, это доставляет неудобства пользователю. Расширитель запаса хода EREV может обеспечить энергией все транспортное средство, и транспортному средству не нужно останавливаться для зарядки или замены аккумулятора во время движения;

(7) Помещения и персонал, не требующие замены аккумуляторной батареи, с низкими эксплуатационными расходами;

(8) EREV оснащен небольшим двигателем внутреннего сгорания, который прост в обработке и может унаследовать и использовать все возможности и технологические достижения транспортных средств на традиционном топливе, что способствует исследованиям и разработкам, продвижению и применению EREV;

(9) Нет необходимости разрабатывать новые технологии, а на базе существующих технологий EREV может сэкономить более 50% топлива;

(10) Прежде чем технология силовых аккумуляторов сможет полностью удовлетворить потребности чисто электрических транспортных средств, EREV является лучшей переходной моделью и может заложить основу для развития транспортных средств на топливных элементах.

(11) EREV не полагается на зарядные станции (сваи), имеет неограниченный запас хода и маршруты движения, низкий расход топлива и хорошие рыночные перспективы.

2. Статус электромобилей с увеличенным запасом хода

Американская технология производства электромобилей с увеличенным запасом хода представлена родственными технологиями GM. Chevrolet VOLT от GM является знаковым автомобилем в области GM и даже в области транспортных средств на новых источниках энергии в мире. Автомобиль получил ряд наград в 2011 году и в настоящее время находится в Китайский рынок, цена 498 000 юаней. General Motors называет VOLT «электромобилем с увеличенным запасом хода», но двигатель VOLT может напрямую управлять автомобилем, когда заряд батареи недостаточен.

Время разгона VOLT до 100 километров составляет всего 9 секунд, максимальный крутящий момент составляет 370 Н·м, емкость литий-ионной аккумуляторной батареи составляет 16 кВт·ч, а максимальное расстояние движения в чисто электрическом режиме составляет 80 км, что соответствует ежедневным требованиям к поездкам. В электрическом режиме VOLT эквивалентен чистому электромобилю, который имеет преимущества «нулевого расхода топлива и нулевых выбросов», и в то же время он может использовать мощность сети для зарядки автомобиля, что снижает стоимость поездки. Двигатель с расширенным диапазоном, используемый VOLT, имеет рабочий объем 1,4 л. Когда емкость силовой батареи недостаточна, он приводит в действие генератор для выработки электроэнергии и приводит автомобиль в движение. Максимальный пробег автомобиля достигает 570 км, а расход топлива на 100 км в городских условиях всего 1,2 л. Зарядка литий-ионной аккумуляторной батареи VOLT занимает всего 6,5 часов, а электронная гидравлическая тормозная система также может преобразовывать кинетическую энергию в электрическую для хранения во время торможения, ускорения и спуска. Модель VOLT и ее трансмиссия «три в одном» показаны на картинке.



Рисунок 1. Chevrolet VOLT и его силовой агрегат

В 2015 году предпринимателем из Китая Ли Сяном была создана компания CHJ Automotive. Направление автомобильного стартапа – выпуск высокотехнологичных электрических автомобилей. Первенцем компании в 2019 году стал гибридный кроссовер на электротяге Leading Ideal One (Li One). В 2021 году модель была подвержена рестайлингу, привнесшему некоторые изменения в дизайне и в технических характеристиках. Многие могут сказать что Li One это гибрид, потому что у него кроме электромоторов есть и бензиновый двигатель. Это не совсем так, он электромобиль, но с увеличенным запасом хода. Бензиновый двигатель позволяет увеличить запас хода и на одном полном баке электрокар может проехать до 1080 km. Кроссовер основывается на модульной платформе, созданной специально под электрическую трансмиссию. Это обеспечило эффективную компоновку силовых агрегатов. Кроссовер с полным приводом обладает достойными техническими показателями. Основные данные представлены в табличной форме.

Таблица 1.

Трансмиссия	EREV
Колёсная база	2935 mm
Клиренс	180mm
Объём топливного бака	55 л
Тормоза передние и задние	Дисковые вентилируемые (оба)
Колёса	255/50 R20

Подвеска (передняя и задняя)	Независимая подвеска типа McPherson и независимая многорычажка
Тормозная система	Электронная с усилителем iBooster 2.0
Экологические стандарты	Евро 6

Оснащается кроссовер Li One двумя синхронными электродвигателями с постоянными магнитами (по одному на ось). Передний электромотор мощностью 100 кВт имеет крутящий момент 240 Нм, а задний – 145 кВт при крутящем моменте 215 Нм. Общая мощность электродвигателей составляет 326 л.с. Под капотом установлен трёхцилиндровый бензиновый турбомотор на 1,2 литра. Он выступает в качестве генератора для подзарядки аккумуляторной батареи. Разгон до «сотни» занимает 6,5 секунды. Максимальная скорость 172 км/ч. Производитель установил электронный ограничитель скорости. Литиевая батарея размещается над днищем. Суммарная ёмкость 3 секций составляет 40,5 кВт*ч. Установлено жидкостное охлаждение. Производитель даёт гарантию на ВВБ – 8 лет или 120 тыс км пробега.



Рисунок 2. Китайский электромобиль Li One: фото

Кузов BMW i3 изготовлен из высокопрочного углеродного волокна с колесной базой 2570 мм, длиной 3999 мм, шириной 1775 мм и высотой 1578 мм, как показано на рисунке. Тип привода версии i3 с увеличенным запасом хода —

задний привод, литий-ионный аккумулятор, установленный в системе питания, имеет емкость 22 кВт·ч, максимальная мощность электродвигателя — 125 кВт, а максимальный крутящий момент 250 Нм. Двигатель не может напрямую управлять транспортным средством и имеет рабочий объем 0,65 л, который используется для зарядки, когда аккумуляторная система разряжена.

Автомобиль развивает максимальную скорость 150 км/ч, время разгона 7,9 с на 100 км, пробег на чистом электричестве 130–160 км и максимальный запас хода 300 км в режиме повышенной дальности. Для полной зарядки BMW i3 от обычной бытовой розетки требуется 8 часов, а с помощью устройства быстрой зарядки его можно зарядить до 80% емкости аккумулятора за 30 минут.



Рисунок 3. Электромобиль BMW i3 с увеличенным запасом хода

3. Принцип работы литий-ионного аккумулятора

Литий-ионный аккумулятор представляет собой высокопроизводительную вторичную батарею, состоящую из четырех частей: положительного электрода, отрицательного электрода, сепаратора и электролита. Положительный электрод подвергается реакции восстановления, когда батарея разряжается, и в основном используются оксиды переходных металлов, такие как LiCoO_2 , LiNiO_2 и LiMn_2O_4 . Сепаратор обеспечивает электронную изоляцию положительного и отрицательного электродов. Электролит обычно представляет собой органический раствор, такой как LiAsF_6 , который является транспортной средой для движения ионов. Во время зарядки Li^+ деинтеркалируется с положительного электрода и вводится в отрицательный электрод через электролит, а компенсационный заряд электронов подается из внешней цепи на углеродный отрицательный электрод для поддержания электрического баланса отрицательного электрода. Наоборот, Li^+ деинтеркалируется с отрицательного электрода во время разряда и интеркалируется в положительный электрод через электролит. Из этого видно, что литий-ионный аккумулятор использует Li^+ для взаимной интеркаляции и деинтеркаляции между положительным и отрицательным зарядом и разрядом. Это литий-ионный аккумулятор с разностью концентраций. Его общий принцип работы показан на рисунке, а выражение электродной реакции выглядит следующим образом.

положительная реакция: $\text{LiMO}_2 \rightarrow \text{Li}_{1-x}\text{MO}_2 + x\text{Li}^+ + xe$

Отрицательная реакция: $n\text{C} + x\text{Li}^+ + xe \rightarrow \text{Li}_x\text{C}_n$.

Ответ батареи: $\text{LiMO}_2 + n\text{C} \rightarrow \text{Li}_{1-x}\text{MO}_2 + \text{Li}_x\text{C}_n$.

В формуле М обозначает Co, Ni, W, Mn и другие металлические элементы.

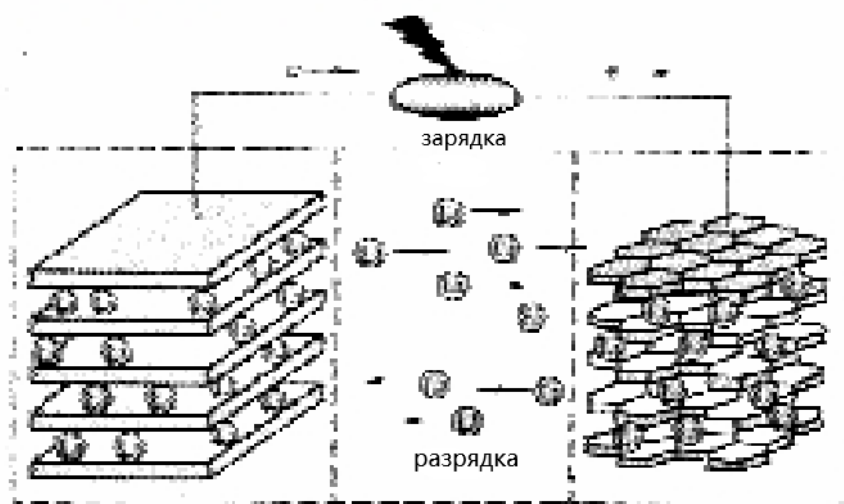


Рисунок 4. Принцип работы литий-ионного аккумулятора

Преимущества литий-ионных аккумуляторов по сравнению с другими силовыми структурами:

(1) Независимо от разницы в материалах положительного электрода, рабочее напряжение литий-ионных аккумуляторов составляет 3,2–3,7 В, что примерно в три раза больше, чем у других типов аккумуляторов, таких как никель-кадмиевые аккумуляторы.

(2) Теоретическая удельная энергия литий-ионных аккумуляторов достигает 200 Вт·ч/кг или более, фактическая удельная энергия выше 140 Вт·ч/кг, а удельная энергия примерно в два раза больше, чем у никель-водородных аккумуляторов. .

(3) Высокая производительность и эффективность преобразования энергии

(4) В подходящей среде литий-ионные батареи могут храниться более 5 лет, количество циклов глубокой зарядки и разрядки может достигать более 1000 раз, а срок службы может достигать 10 000 циклов на небольшой глубине разряда.

(5) Небольшой саморазряд

4. Механизм снижения срока службы литий-ионной батареи

Внутренние факторы, которые приводят к выходу из строя литий-ионных аккумуляторов, в основном включают: снижение производительности материалов положительного/отрицательного электрода, разложение электролита, старение диафрагмы и т. д., а внешние факторы включают рабочую температуру аккумулятора, силу зарядного и разрядного тока и глубину разряда. Когда литий-ионный аккумулятор выходит из строя, если он может достичь расчетного срока службы, указанного производителем, это называется нормальным отказом, в противном случае он называется ранним отказом. Основными причинами раннего выхода из строя литий-ионных аккумуляторов питания являются чрезмерное использование (перенапряжение, чрезмерная глубина, перегрузка и т. д.), внешние короткие замыкания, внутренние повреждения и т. д. Чрезмерное использование усугубляет необратимые побочные реакции внутри аккумулятора и ускоряет процесс распада батареи, может даже привести к пожару, взрыву и т. д.

Идеальное рабочее состояние литий-ионной батареи заключается в том, что происходит только интеркаляция и деинтеркаляция лития между положительным и отрицательным электродами, и никакие другие побочные реакции не потребляют лития. В процессе фактического использования, по мере заряда и разряда, металл будет появляться внутри литий-ионного аккумулятора. Отложение лития, растворение активного материала, разложение электролита и другие явления приводят к необратимой потере емкости литий-ионных аккумуляторов. Основные механизмы, вызывающие снижение емкости литий-ионных аккумуляторов, следующие:

(1) Растворение материала положительного электрода

Во время использования литий-ионных аккумуляторов материал положительного электрода будет растворяться, что в основном вызвано структурными дефектами материала положительного электрода, перезарядкой во время использования и другими факторами. Растворение материала положительного электрода приводит к образованию металлического элемента

рядом с отрицательным электродом, что увеличивает импеданс батареи и приводит к снижению емкости литий-ионной батареи.

(2) Фазовый переход материалов положительного/отрицательного электрода

Существует два типа фазовых переходов в материалах электродов литий-ионных аккумуляторов: ① Фазовый переход, вызванный деинтеркаляцией и интеркаляцией лития во время нормальной работы литий-ионного аккумулятора. Это фазовый переход вызывает физическое повреждение положительного и отрицательного материалы электродов и уменьшает внутренний электрический контакт между материалами; ② фазовое изменение материала положительного электрода, вызванное условиями чрезмерного использования, такими как перезарядка и чрезмерная разрядка во время использования, и это фазовое изменение изменяет объемную структуру материала положительного электрода. Оба этих фазовых перехода влияют на процесс распространения лития внутри батареи, что приводит к снижению емкости батареи.

(3) Падение емкости из-за электролита

Разложение электролита вызывает ряд необратимых реакций внутри батареи с образованием оксидов лития и LiOH и других отложений, расходующих электролит, что приводит к увеличению поляризации батареи, снижению концентрации лития и увеличению диффузионного сопротивления.

(4) Потеря емкости из-за перезарядки

При перезарядке Li восстанавливается и осаждается на отрицательном электроде, утолщая пленку SEI отрицательного электрода, а вблизи положительного электрода также образуются инертные вещества и кислород, что затрудняет деинтеркаляцию и интеркаляцию ионов лития, что приводит к необратимой потере емкости аккумулятора. .

(5) Явление саморазряда литий-ионных аккумуляторов неизбежно, лишь небольшая часть потери емкости аккумулятора, вызванная саморазрядом, является необратимой потерей, и большинство из них можно восстановить

путем перезарядки. Саморазряд приводит к большей потере исходного захваченного Li и закупорке микропор электрода оксидами электролита. .

(6) Формирование межфазной пленки SEI

На ранней стадии цикла заряд-разряд происходит необратимая реакция между материалом отрицательного электрода литий-ионного аккумулятора и электролитом, и на поверхности отрицательного электрода образуется пленка твердого электролита (пленка SEI). образование и рост потребляют литий и электролит внутри батареи, что приводит к снижению емкости литий-ионных батарей. Скорость роста пленки SEI тесно связана со временем использования батареи, рабочей температурой и удельной площадью материала отрицательного электрода.

(7) В процессе заряда и разряда литий-ионных аккумуляторов токосъемник будет подвергаться коррозии и будет образовываться коррозионная пленка. В случае глубокого разряда ионы меди будут образовывать отложения элементарной меди на поверхности отрицательного электрода во время процесс зарядки Эти пленки и отложения Материал препятствует интеркаляции и деинтеркаляции ионов лития, что приводит к снижению емкости аккумулятора.

5. метод расчета

В этой статье в качестве примера используется рабочее состояние NEDC для объяснения метода расчета дальности пробега. Поскольку рабочее состояние NEDC делится на состояние парковки, состояние постоянной скорости, состояние ускорения и состояние замедления, я установлю базовую модель каждого рабочего состояния отдельно. Сначала выбираются основные входные параметры имитационного расчета.

Таблица 2.

проект	единица меры	знак
время	s	t
скорость	km/h	v
начальная скорость	m/s	v_0
остановить скорость	m/s	v_t
Дистанция перемещения	m	s
Экспериментальное качество	kg	m
Общая масса при полной загрузке	kg	M
Коэффициент сопротивления качению шины		f
радиус качения шины	m	r
Наветренная зона автомобиля	m^2	A
коэффициент сопротивления ветру		C_a
Эффективность передачи трансмиссии	%	η_g
Передаточное число		i_g

Эффективность системы приводного двигателя	%	η_{mot}
крутящий момент	Nm	mt
Скорость вращения	rpm	ms
Мощность	kw	mp
энергия	kwh	me
Мощность батареи	kwh	be
Доступная мощность аккумуляторной батареи	kwh	En
Гравитационное ускорение	m/s^2	g
Плотность воздуха	kg/m^3	ρ
Потребляемая мощность при низком напряжении	kw	P_{au}
DC/DC КПД	%	η_p
Коэффициент преобразования вращающейся массы		δ

(1) Расчет ускорения в рабочих условиях

Базовое условие цикла включает соотношение между скоростью транспортного средства v и временем t , поэтому можно получить соответствующее ускорение транспортного средства в рабочем состоянии.

Формула расчета ускорения в соотв.:

$$acc = \frac{dv}{dt}$$

(2) Метод расчета сопротивления движению на ровных дорогах

Рассчитать сопротивление качению:

$$F_f = mgf$$

Рассчитать сопротивление воздуха:

$$F_W = \frac{C_d A}{21.15} v^2$$

Рассчитать сопротивление ускорению:

$$F_j = \delta m a c c$$

Рассчитать сопротивление движению:

$$F_t = m g f + \frac{C_d A}{21.15} v^2 + \delta m a c c$$

(3) Метод расчета мгновенного требуемого крутящего момента двигателя и требуемой скорости на ровных дорогах

Путь передачи мощности и скорости чисто электрических транспортных средств в основном от приводного двигателя через одноступенчатый редуктор, а затем к полуvalu и колесам. Таким образом, требуемый крутящий момент и скорость приводного двигателя, полученные из условий движения находятся:

Рассчитать требуемый крутящий момент:

$$m t = \frac{F_t r}{\eta_g i_g}$$

Рассчитать необходимую скорость:

$$m s = \frac{i_g v}{0.377 r}$$

(4) Метод расчета мгновенного смещения плоской дороги

Поскольку временной интервал расчета моделирования небольшой, формирование соседнего сегмента в условиях движения может быть рассчитано в соответствии с соотношением между скоростью, временем и смещением равномерно переменного линейного движения.

Рассчитать перемещение:

$$s = \frac{v_0 + v_t}{2} t$$

(5) Метод расчета мгновенной потребности батареи в энергии на ровной дороге.

Вся энергия, потребляемая чисто электрическими транспортными средствами, поступает от аккумуляторной батареи. Требуемый крутящий момент и скорость приводного двигателя могут быть рассчитаны на основе условий работы. Требуемая энергия приводного двигателя может быть рассчитана на основе крутящего момента и скорости приводного двигателя. , Потребляемая энергия может рассчитать необходимую энергию аккумуляторной батареи.

Рассчитайте энергию, необходимую для приводного двигателя:

$$m_e = \frac{F_t s}{3600000 \eta_g \eta_{mot}}$$

Рассчитайте энергию, потребляемую аккумуляторной батареей:

$$b_e = \frac{F_t s}{3600000 \eta_g \eta_{mot}} + \frac{P_{aut} t}{3600 \eta_p}$$

(6) Стратегии оценки для различных условий вождения

Поскольку временной интервал расчета симуляции невелик, его можно разделить на процесс парковки, процесс ускорения, процесс постоянной скорости и процесс замедления в условиях движения.

а) Стратегия оценки процесса парковки и потребность в энергии следующие:

Стратегия оценки: скорость автомобиля всегда равна нулю, $v == 0$

Энергопотребление: только потребляемая мощность вспомогательных систем,

$$b_e = \frac{P_{aut} t}{3600 \eta_p}$$

б) Стратегия оценки процесса ускорения и требуемая энергия следующие:

Стратегия оценки: ускорение больше нуля, $a_{acc} > 0$

Энергопотребление: в дополнение к энергопотреблению вспомогательных систем оно также включает энергопотребление транспортного средства с сопротивлением качению, энергопотребление с сопротивлением ветру и энергопотребление при ускорении.

$$b_e = \frac{\left(mgf + \frac{c_{dA}}{21.15} v^2 + \delta m_{acc}\right) s}{\eta_g \eta_{mot}} + \frac{P_{aut} t}{3600 \eta_p}$$

с) Стратегия оценки и требуемая энергия однородного процесса следующие:

Стратегия оценки: скорость автомобиля больше нуля и ускорение равно нулю, $v > 0$ и $acc = 0$

Потребность в энергии: помимо потребляемой мощности вспомогательных систем, она также включает потребляемую мощность сопротивления качению транспортного средства и потребляемую мощность сопротивления ветра,

$$b_e = \frac{\left(mgf + \frac{c_{dA}}{21.15} v^2\right) s}{\eta_g \eta_{mot}} + \frac{P_{aut} t}{3600 \eta_p}$$

d) Стратегия оценки процесса торможения и требуемая энергия следующие:

Стратегия оценки: ускорение меньше нуля, $acc < 0$

Потребность в энергии: в дополнение к потреблению энергии вспомогательной системой, она также включает рекуперацию энергии для зарядки аккумуляторной батареи,

$$b_e = \frac{(-\delta m_{acc}) s}{\eta_g \eta_{mot}} + \frac{P_{aut} t}{3600 \eta_p}$$

$\frac{(-\delta m_{acc}) s}{\eta_g \eta_{mot}}$ представляет собой максимальную способность рекуперации энергии при определенных условиях эксплуатации, то есть энергия всего торможения транспортного средства преобразуется в энергию силовой батареи, за исключением потери эффективности преобразования.

(7) Расчет пробега в условиях NEDC

Продолжительный пробег при условии NEDC:

$$R = \frac{E_n}{1000 \sum b_e} \sum s$$

Примечание: $\sum b_e$ в формуле – энергия силовой батареи, потребляемая за один рабочий цикл NEDC.

$\sum s$ - расстояние, пройденное за цикл NEDC.

6. Влияющие факторы и методы улучшения пробега автомобиля

Из вышеприведенных расчетов видно, что основными факторами, влияющими на запас хода, являются располагаемая мощность E_p аккумуляторной батареи, снаряженная масса m , коэффициент сопротивления качению f , коэффициент сопротивления ветру C_d , наветренная площадь A , условия движения, рекуперация энергии, привод КПД системы η_g , КПД системы двигателя η_{mot} , потребляемая мощность вспомогательной системы P_{au} и КПД вспомогательной системы η_p .

(1) Влияние снаряженной массы на запас хода

Из формулы расчета энергопотребления видно, что снаряженная масса в основном влияет на сопротивление качению и сопротивление ускорению. Из формулы также видно, что чем больше снаряженная масса, тем больше сопротивление качению и сопротивление ускорению, поэтому уменьшение снаряженной массы может увеличить пробег.

У чисто электромобилей основной вес сосредоточен на кузове, внутренней и внешней отделке, шасси, силовой батарее, системе электропривода и электронной системе управления. На долю кузова, салона и шасси приходится около 2/3 общей массы. Снижение веса вышеперечисленных систем. Конструкция позволяет эффективно снизить вес электромобиля.

Что касается снижения массы кузова, то проекты международной ассоциации производителей стали ULSAS, ULSACULSAB, ULASB-AVC и FCV с использованием усовершенствованной высокопрочной стали в качестве основного технического маршрута очень показательны. Для стального корпуса уровень легкости, который может быть достигнут за счет принятия таких мер, как легкая конструкция и модернизация технологического процесса, ограничен, а скорость снижения веса трудно превысить 20%. Например, проект ULSAB-AVC с высокопрочной сталью в качестве основного технического маршрута, коэффициент применения высокопрочной стали достигает более 90%, а 31% деталей кузова используют технологию лазерной сварки, 7% используют

гидроформинг. технологии и др. Масса кузова снижена на 17% по сравнению с аналогами. Видно, что даже с высокопрочной сталью и соответствующей передовой технологией обработки его потенциал снижения веса все еще ограничен. В последние годы Международная алюминиевая ассоциация реализовала проект AL с использованием алюминиевого сплава в качестве основного технического маршрута, а также американский проект PNGV с гибридным кузовом из нескольких материалов в качестве основного технического маршрута, проект SLC Европейской ассоциации стали и Министерство энергетики США, Ford и McGill Проект MMLV, совместно осуществляемый корпорацией Gena и др. Можно видеть, что широкомасштабное применение легких материалов, таких как алюминиевые сплавы и композитные материалы из углеродного волокна, является технологическим рубежом в этом направлении, а маршрут гибридной технологии с несколькими материалами является основной тенденцией технологического развития.

а) Алюминиевый сплав

В настоящее время наиболее широко используемой легкой технологией является алюминиевый сплав. Японская Honda NSX, поступившая в продажу в сентябре 1990 года, имеет полностью алюминиевый несущий кузов, который на 200 кг легче, чем такой же кузов из холоднокатаной стали, что привлекает внимание всего мира.



Рисунок 5. Honda NSX имеет полностью алюминиевый кузов.

В последние годы Audi, Jaguar и новый Range Rover использовали полностью алюминиевую конструкцию кузова. Алюминиевый сплав стал идеальным легким материалом. Алюминиевый сплав также может быть добавлен в соответствии с различными сплавами, пропорциями и производственными процессами. в кузове, раме, тормозном диске, блоке цилиндров двигателя, головке блока цилиндров, поршне, впускном коллекторе, коромысле, кронштейне подвески двигателя, шатуне воздушного компрессора, картере коробки передач, картере сцепления, колесах, деталях тормозов, ручках и крышках корпусов и других местах .

В последние годы стоимость переработки алюминиевых сплавов для материалов кузова снизилась. В прошлом толстые листы из алюминиевого сплава штамповались в тонкие листы для обработки, а в настоящее время GM внедрила технологию горячей штамповки, аналогичную штамповке стальных листов.

Audi R8
Audi Space Frame ASF
01/07



Рисунок 6. Полностью алюминиевый кузов Audi ASF.

б) Композитный материал из углеродного волокна

Долгое время корпус из углеродного волокна был более распространен в суперкарах. Дорогая цена всегда отпугивала гражданские автомобили. Появление BMW i3 оживило историческую цену в этой области. Зарубежная цена BMW i3 начинается с 266 000 юаней, преодолевая

стоимость Ограничения, в настоящее время все больше и больше углеродного волокна используется в гражданских автомобилях.

Сам материал из углеродного волокна не дорог, но реальная ценность заключается в переработке углеродного волокна в готовый продукт, пригодный для вождения автомобиля и столкновения. Вообще говоря, несущая конструкция кузова суперкара проходит 4 дня от склейки, сушки и охлаждения, как у Pagani Zonda. Ткань из переплетенных волокон может образовывать пропорциональный ромбовидный узор. Волокнистая ткань была смочена канифолью (химический процесс, т. е. пропитана химическими веществами), но ее необходимо охладить перед склеиванием, чтобы канифоль могла реагировать в печи. В целом это длительный процесс, который вряд ли можно автоматизировать, а значит, и дорогой.

Таким образом, значительное сокращение времени является одним из способов снижения стоимости углеродного волокна, и вместо ткани из углеродного волокна McLaren и Lamborghini используют одиночное, очень короткое и тонкое рубленое углеродное волокно (Chopped Carbon). Их связывают в пучки, пропитывают скипидаром, а затем формуют. Сформированные углеродные волокна затем помещаются в машину из стали, где давление нагревается (процессковки), вызывая химическую реакцию в структуре. Этот процесс должен быть завершен в течение 6 минут, что как раз подходит для процесса крупносерийных производственных линий. Хотя хорошая форма композитного материала, армированного углеродным волокном, не является ни идеальной ромбовидной формой, ни идеальной твердостью, предварительно обработанной химическими веществами, прочность материала, полученного этим методом, по-прежнему сравнима с прочностью стали, ключ в том, что вес только сталь.

Поскольку большинство OEM-производителей не участвуют в разработке и производстве элементов силовых батарей, для OEM-производителей снижение веса силовых батарей в основном отражается в облегченной конструкции батарейных блоков и выборе элементов силовых батарей с более

высокой плотностью энергии. Легкий вес аккумуляторной батареи аналогичен весу корпуса. Исходя из соответствия прочности конструкции, алюминиевого сплава.

(2) Влияние коэффициента сопротивления качению на расстояние пробега

Из формулы расчета расхода энергии видно, что на сопротивление качению в основном влияет коэффициент сопротивления качению. mgf — сопротивление качению. Из формулы также видно, что чем больше коэффициент сопротивления качению f , тем больше сопротивление качению. Поэтому снижение коэффициента сопротивления качению может увеличить пробег автомобиля.

Нам нужно понять, что вызывает сопротивление качению. Выводы исследования Мишлен показаны на рисунке. Из рисунка мы видим три основные физические причины сопротивления качению: Во-первых, потери энергии, вызванные деформацией заземляющей части, составляют 80% от общей потери энергии ~95%, запаздывающее действие аэродинамической силы на вращение шины составляет 0~15%, незначительное скольжение менее 5%. Таким образом, чтобы уменьшить коэффициент сопротивления качению, мы должны начать с трех вышеуказанных факторов, особенно необходимо уменьшить потери энергии, вызванные деформацией заземляющей части.

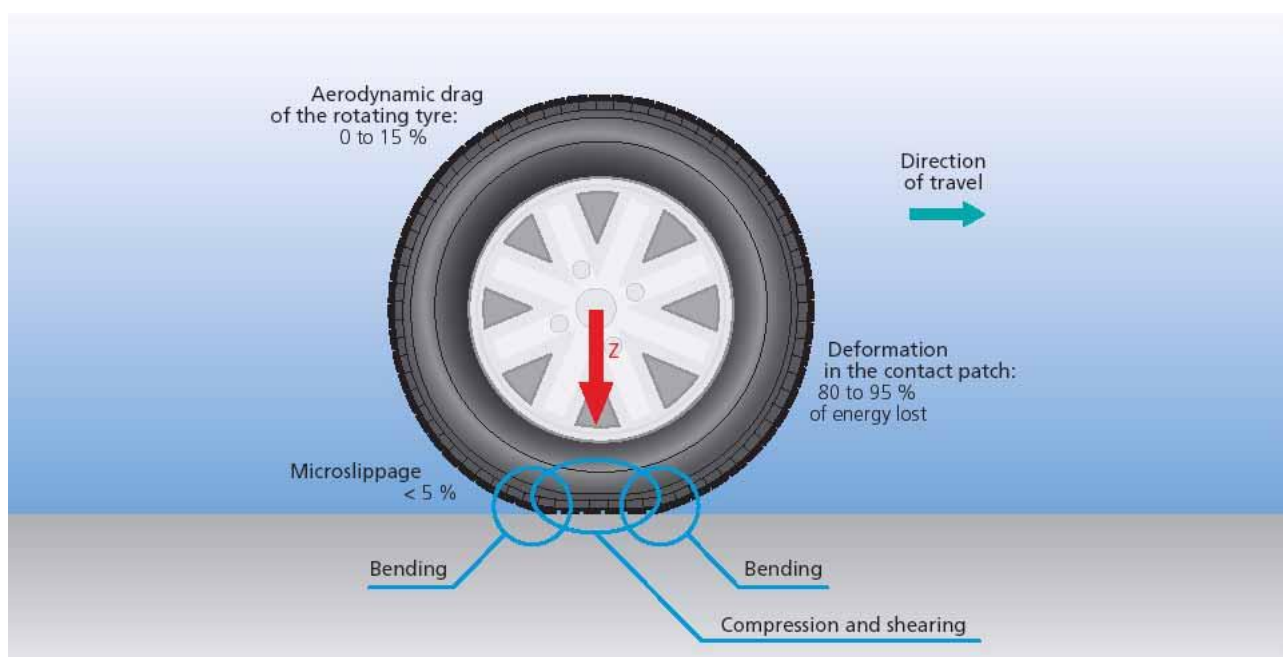


Рисунок 7. Выводы Мишлен.

Снижение коэффициента сопротивления качению за счет материала протектора:

Выбор материала протектора оказывает большое влияние на сопротивление качению шины, а его гистерезисные потери составляют 50% и более всей шины. Для шин с низким сопротивлением качению идеальный резиновый материал требует большего коэффициента потерь (хорошее сцепление с мокрой дорогой) при 0°C и меньшего коэффициента потерь (более низкое сопротивление качению) при 70°C. Состав протектора с низким сопротивлением качению, бутадиеновый каучук (BR), имеет $\tan\delta$ менее 0,01 при -100°C, с чрезвычайно низким сопротивлением качению и отличной износостойкостью, поэтому он очень подходит для зимних шин. Даже выше 30 °C $\tan\delta$ бутадиенового каучука (BR) не превышает 0,1, который является лучшим сырьем с низким сопротивлением качению и низким тепловыделением, но его характеристики против скольжения на мокрой дороге плохие. Температура стеклования натурального каучука (NR) составляет около -70 °C, а его низкотемпературная гибкость и износостойкость не так хороши, как у бутадиенового каучука (BR); но при том же сопротивлении качению и уровне тепловыделения его противоскользкие и мокрые характеристики лучше, это хорошо. Молекулярные свойства бутадиен-стирольного каучука, полимеризованного в растворе (S2SBR), делают его сопротивление качению ниже, чем у бутадиен-стирольного каучука, полимеризованного в эмульсии (E2SBR), поэтому он широко используется в составе протекторной смеси шин с низким сопротивлением качению. Для дальнейшего снижения сопротивления качению бутадиен-стирольный каучук, полимеризованный в растворе (S2SBR), может быть химически модифицирован, то есть к концу молекулярной цепи присоединена модифицированная группа. В настоящее время большая часть полимеризованного в растворе стирол-бутадиенового каучука (S2SBR) основана на использовании обрыва цепи тетраглорида олова для модификации другого конца молекулярной цепи. В настоящее время в шинах с низким сопротивлением качению в основном используется полимеризованный в

растворе стирол-бутадиеновый каучук (S2SBR) и натуральный каучук (NR) или полибутадиеновый каучук (BR). Эффективность также улучшается, но сопротивление истиранию снижается.

Уменьшить коэффициент сопротивления качению из конструкции шины:

(a) Сопротивление качению радиальных шин ниже, чем у диагональных шин. Коэффициент радиализации шин в Западной Европе в основном достигает 100%, а в США, Японии и Южной Корее достигает более 90%. Разработка радиальных шин принесла значительные экономические и социальные выгоды.

(b) Так называемое сплющивание означает, что соотношение размеров профиля шины становится все меньше и меньше. Сплющивание сначала началось с радиальных шин для автомобилей, а затем развилось с 80-й серии до 55,50-й серии и даже 35,30-й серии. Это в основном связано с тем, что при постоянном уменьшении отношения длины к длине деформация шины становится все меньше и меньше, и потери на гистерезис также соответственно уменьшаются, тем самым уменьшая сопротивление качению.

(c) Сопротивление качению шины напрямую связано с качеством шины. С этой целью крупные шинные компании активно ищут пути снижения качества шин, среди которых бескамерные являются тенденцией развития. Отсутствие внутренней камеры снижает массу всей шины и экономит топливо. В настоящее время автомобильные шины в основном представляют собой бескамерные радиальные шины, а грузовые шины также разрабатывают бескамерные. Бескамерные радиальные грузовые шины в Западной Европе близки к 100%, в США - более 90%, а в Японии - более 55%.

(d) Диаметр колеса Диаметр колеса оказывает определенное влияние на сопротивление качению. В общем, при увеличении диаметра колеса при одинаковой вертикальной нагрузке относительная деформация шины уменьшается, что снижает гистерезисные потери в процессе качения шины, тем самым уменьшая сопротивление качению шины. В настоящее время код диаметра автомобильных колес постепенно увеличивается.

(е) Структура брекерного слоя Ширина брекерного слоя больше ширины беговой поверхности, что позволяет эффективно контролировать деформацию от протектора до борта и минимизировать потери на гистерезис. В шине HT85 производства Continental используется новая структура брекера. Его структура 2X2, то есть два набора стальных кордов, расположенных крестообразно, разделенных слоем пленки. Эта конструкция позволяет эффективно снизить сопротивление качению шины. Угол ремня также оказывает определенное влияние на сопротивление качению. Угол ремня уменьшен, чтобы ограничить деформацию шины, тем самым уменьшая сопротивление качению. Например, в шинах Continental AquaContact два слоя нейлонового покрытия 0° размещены на двух слоях стальных брекеро

(f) Структура протектора Структура протектора оказывает большое влияние на сопротивление качению шины, поэтому крупные производители шин разработали новые рисунки протектора, не влияющие на сцепление и износостойкость шины, чтобы уменьшить сопротивление качению. Например, шины XZA (для переднего моста) производства компании Michelin имеют 4 продольных канавки на протекторе, а глубина канавки определяется расчетом эксплуатационной функции шины. Потери небольшие, а узел хорошая маслянистость.

Снижение коэффициента сопротивления качению от внешних факторов:

(a) Испытания под давлением воздуха и под нагрузкой доказывают, что по мере увеличения давления в шине увеличивается жесткость самой шины, а в процессе качения шины ее общая деформация уменьшается, а возникающие в результате потери на гистерезис уменьшаются, тем самым уменьшая сопротивление качению. Сопротивление качению шины пропорционально нагрузке, но тест показывает, что при достижении определенной нагрузки нагрузка продолжает увеличиваться, а изменение сопротивления качению уменьшается.

(b) Состояние дорожного покрытия Чем неровнее дорожное покрытие, тем больше коэффициент трения и сопротивление качению; чем больше воды на дорожном полотне, тем выше сопротивление качению. Поэтому при движении

по дороге с выбоинами или скоплением воды скорость следует относительно снизить.

7. Алгоритм управления роботизированным электрокаром

Средством распознавания линии, нанесенной на трассу, служит пара инфракрасных (ИК) датчиков, расположенных на осевой электрокара. Датчики реагируют на отражающую способность поверхности дороги. Управление скоростью и направлением движения осуществляется путем регулирования напряжения питания тяговых электродвигателей, связанных с левыми и правыми колесами. Напряжение регулируется с помощью широтно-импульсной модуляции (ШИМ).

В основе алгоритма управления роботом лежит функциональная схема, показанная на рисунке.

Скорость движения задается сигналом V . Этот сигнал посредством ШИМ воздействует на двигатели шасси. Положение шасси относительно линии фиксируется ИК датчиками. Сигналы датчиков после аналого-цифрового преобразования (АЦП) вычитаются. Полученное рассогласование Δ масштабируется (Δ) и используется в качестве коррекции сигналов управления:

$$V = V + \Delta;$$

$$V = V - \Delta.$$

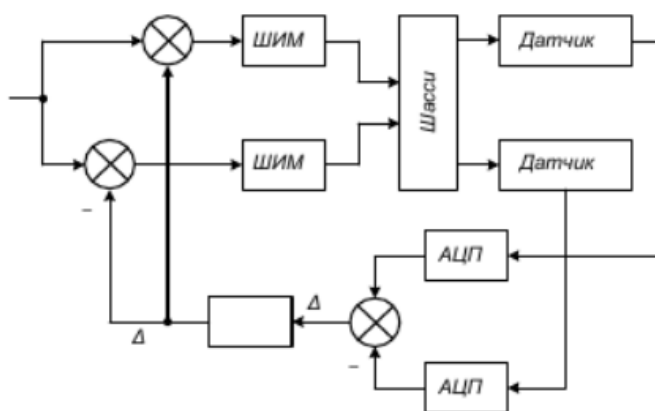


Рисунок 8. Функциональная схема роботизированного электрокара

Во время движения по прямой пара датчиков оказывается точно над линией. При этом их сигналы равны, рассогласование и воздействие на левый и правый двигатели одинаково ($V = V$). При любом отклонении электрокара сигналы датчиков станут отличаться.

Эта разность Δ будет корректировать управление, заставляя сместившийся электрокар

разворачиваться в сторону линии до тех пор, пока Δ не будет сведено к нулю.

Рассмотренный простой алгоритм, составляя основу управления электрокаром, практически нуждается в существенных дополнениях. Успешная его работа обеспечивается только при сравнительно небольшом отклонении электрокара. При больших отклонениях оба датчика пересекут линию и станут давать одинаковый сигнал, соответствующий цвету фона.

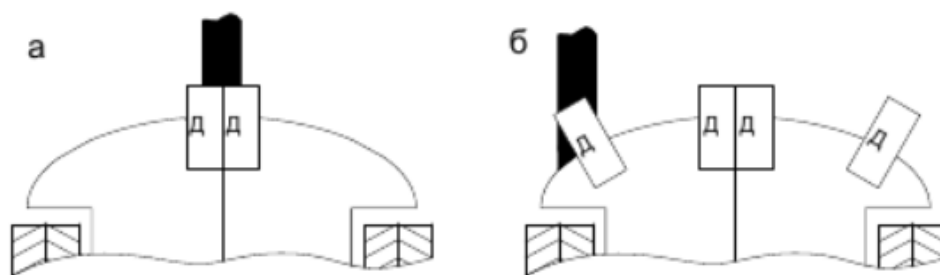


Рисунок 9. Обнаружение линии инфракрасными датчиками

В таком случае отклонение будет невозможно обнаружить и скорректировать по формулам. Траектория будет потеряна.

Для успешной работы, во-первых, вблизи колес устанавливаются два дополнительных ИК датчика, разнесенных в стороны. При этом функции датчиков разделены. Средние (основные) служат для плавного следования по линии и компенсации при небольших отклонениях от траектории. Боковые (дополнительные) датчики служат для резкого поворота в случае потери линии основными датчиками. Во-вторых, вводится понятие режима управления (условно обозначенные $0, \pm 1, \pm 2, \pm 3$). Алгоритмы управления в разных режимах различаются.

1) Режим 0. Оба датчика находятся вблизи линии, но по разные стороны от нее. Используется базовый алгоритм в соответствии со схемой на рисунке 1 и формулами. Из нулевого режима возможен переход в режимы ± 1 и ± 3 .

2) Режим ± 1 . Режим включается при условии, что один из датчиков расположен точно над линией, а второй уже находится в стороне от нее (состояние пограничное с потерей линии). Знак режима («+» или «-») определяется в зависимости от того, какой из датчиков пересек линию. В данном режиме включается управление, заставляющее автокар развернуться в сторону линии. Из первого режима возможен переход в режим 0 (если разворот вернул автокар на линию) или в режим ± 2 (если линия потеряна, оба датчика пересекли линию и дают одинаковый сигнал, соответствующий цвету дорожного покрытия).

3) Режим ± 2 . Переход в данный режим возможен только из режимов ± 1 в случае потери линии. Знак режима позволит определить в какую сторону следует продолжать разворот. Разворот выполняется до тех пор, пока один из датчиков снова не пересечет линию. Тогда выполняется смена режима на ± 1 .

4) Режим ± 3 . Режим включается при «касании» линии боковыми датчиками, что грозит сходом электрокара с трассы. В этом режиме осуществляется максимально быстрый разворот или даже разворот на месте до возврата на линию (переход режим ± 1).

Управление с помощью четырех датчиков позволяет с одной стороны обеспечить плавное движение электрокара, с другой — сохранить высокую маневренность в случае резкого изменения направления траектории. Это достигается благодаря трем ступеням чувствительности, выбираемым в зависимости от величины отклонения автокара. В нулевом режиме чувствительность низкая (определяется коэффициентом K). В режимах ± 1 и ± 2 чувствительность возрастает, но сохраняет плавность движения. В режимах ± 3 используется резкое маневрирование для возврата на траекторию.

8. Алгоритмы управления роботом при движении по пересеченной местности

Для выполнения своих функциональных задач роботы должны уметь автономно перемещаться по траекториям, заданным оператором. Как правило, в современных мобильных роботах (МР) для этой цели используется навигационная система, которая определяет координаты робота, планирует траекторию в текущий момент времени и управляет его движением. Для решения данных задач используются такие технические средства, как дальномеры, видеокамеры с механической обратной связью, стереовидеокамеры, гироскопы. Системный анализ и программное обеспечение, необходимое для обработки данных, поступающих с указанных технических устройств, подразумевает выбор алгоритмов решения задач навигации, реализацию этих алгоритмов в виде программ и сравнение их работы по эффективности и надежности функционирования.

Мобильный робот представляет собой четырехколесную тележку с двумя ведущими задними колесами и двумя передними рулевыми, его схема представлена на рис.

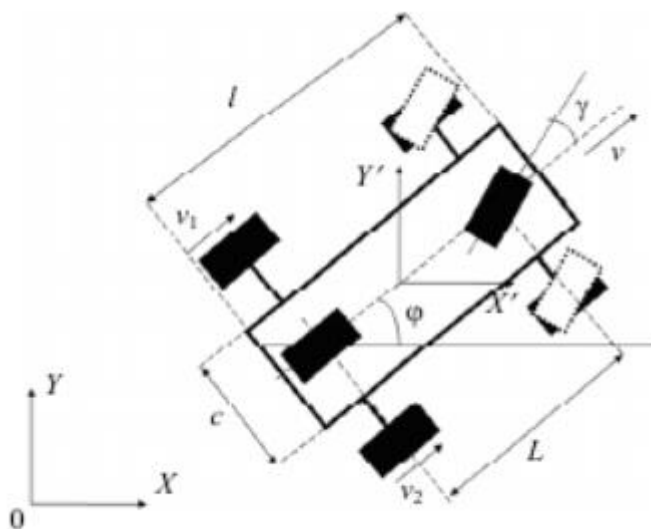


Рисунок 10.

В качестве переменных состояния колесного робота рассматриваются следующие величины: X' , Y' — координаты базовой точки робота; γ — угол поворота передних колес; φ — угол поворота центральной линии платформы; v

— модуль вектора скорости робота. Кинематическая модель робота описывается следующей системой уравнений:

$$\begin{cases} \dot{X} = v \cos \varphi \\ \dot{Y} = v \sin \varphi \\ \dot{\varphi} = \omega = \frac{vtg\gamma}{L} \end{cases}$$

где L — расстояние от базовой точки до переднего колеса, ω — скорость вращения платформы вокруг вертикальной оси. Перемещение робота описывается системой линейных дифференциальных уравнений:

$$\dot{x} = Ax + Bu$$

где A и B — матрицы состояния и управления соответственно, x — вектор состояний, u — вектор управления.

Представим непрерывную гладкую траекторию в дискретном виде, причем время дискретизации M стремится к нулю, а траектория на каждом дискретном участке линейна. Тогда система линейных уравнений в соответствии может быть представлена в виде.

$$x^{k+1} = \bar{A}x^k + \bar{B}$$

где $\bar{A} = \Delta tA + \varepsilon$, $\bar{B} = \Delta tB$, здесь ε — ошибка (отклонение от заданной траектории); k — шаг дискретизации.

Согласно уравнение можно представить в следующем виде:

$$\begin{bmatrix} v_x^{k+1} \\ v_y^{k+1} \\ \omega^{k+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} v_x^k \\ v_y^k \\ \omega^k \end{bmatrix} + B\Delta tQ \cdot \begin{bmatrix} \Delta\omega_1 \\ \Delta\omega_2 \\ \Delta\omega_3 \\ \Delta\omega_4 \end{bmatrix}$$

где матрица управления

$$B = 2\pi r \begin{bmatrix} 0.25 & 0.25 & 0.25 & 0.25 \\ -0.25 & 0.25 & 0.25 & -0.25 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ -\frac{1}{2(c+1)} & \frac{1}{2(c+1)} & -\frac{1}{2(c+1)} & \frac{1}{2(c+1)} \end{bmatrix}$$

а матрица поворота

$$Q = \begin{bmatrix} \cos \varphi^k & -\sin \varphi^k & 0 \\ \sin \varphi^k & \cos \varphi^k & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

здесь r — радиус колес, s — ширина платформы, l — длина платформы.

Функциональная схема мобильного робота представлена на рис.



Рисунок 11.

Оператор формирует на персональном компьютере начальную траекторию (программу) движения МР с учетом известных на данный момент препятствий. Программа с компьютера (посредством Wi-Fi роутера) отсылается на микроконтроллер МР. Дальнейшее движение робота полностью автономно. С помощью датчиков (УЗ-датчика, видеокамеры, цифрового компаса, гироскопа) робот получает информацию о состоянии его рабочей зоны. На основе обработки этих данных начинается выполнение соответствующего заложенного в микроконтроллер алгоритма — движение по заданной траектории.

В работе рассматривается алгоритм обнаружения роботом препятствия при движении по плоскости, способы его объезда и возвращения на первоначально заданную траекторию. Применительно к движению по пересеченной местности этот алгоритм следует доработать, так как робот может принять наклонную поверхность за препятствие и начать его объезжать, что потребует дополнительных энергетических и временных затрат (рис. 12).

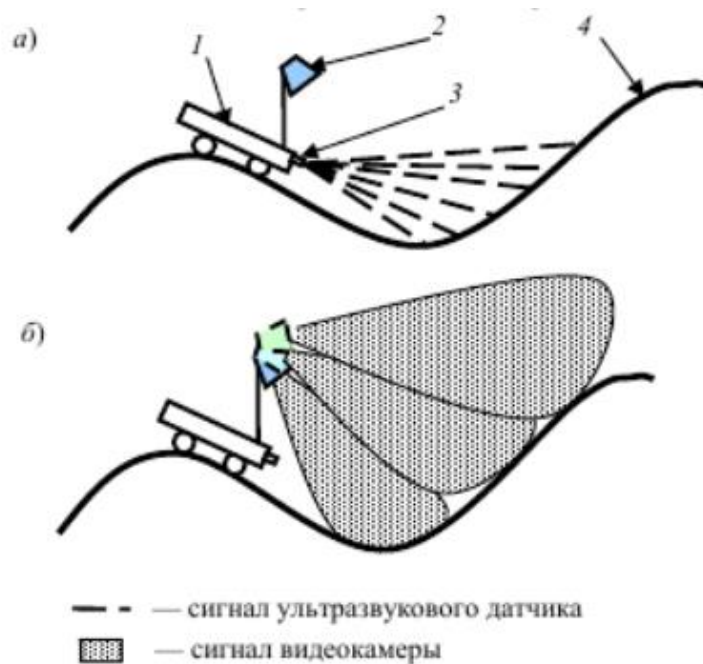


Рисунок 12.

При движении МР 1 по пересеченной местности возможен вариант, когда УЗ-датчик 3 примет противоположный склон 4 как препятствие (см. рис. 12, а). В этом случае включается видеокамера 2, которая начинает сканирование местности в вертикальной плоскости (рис. 12, б). Далее с помощью алгоритма распознавания образов анализируется последовательность видеок кадров и определяются границы возможного препятствия и его наклон. Если препятствие не имеет четких границ, то система технического зрения определяет это не как препятствие, а как подъем местности. Мощности двигателей рассматриваемой модели МР недостаточно для преодоления подъема с углом наклона более 30° . Если данные с гироскопа и видеокамеры превышают это значение, то МР будет идентифицировать впереди лежащую поверхность как препятствие и приступит к выполнению маневра объезда. Иначе, он продолжит движение по заданной траектории.

Таким образом, разработаны алгоритмы анализа окружающей обстановки с использованием системы технического зрения и выработки на их основе команд управления мобильным роботом при движении по пересеченной местности. Проведенное моделирование показало работоспособность предложенного подхода к указанной проблеме.

9. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью данного раздела является обеспечение экономической основы проектирования систем управления тяговыми двигателями пассажирских электромобилей. Для выполнения данной цели необходимо:

- 1) провести оценку технического уровня;
- 2) составить план работ и оценить время их выполнения;
- 3) составить смету затрат на проект;
- 4) определить эффективность проекта.

9.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Технические характеристики тягового синхронного электродвигателя:

- Мощность $P_H = 100$ кВт;
- Номинальная частота вращения ротора $n_H = 1500$ об/мин;
- Номинальное фазное напряжение УНФ = 380 В;
- Номинальный фазный ток ИНФ = 87,7 А;
- Частота питания $f = 50 \div 150$ Гц;
- Число пар полюсов $2p = 8$.

Данный анализ поможет методом сравнения рассматриваемого тягового электродвигателя для привода легкового электромобиля. Зачастую один рассматриваемый вариант не может обладать всеми техническими и экономическими показателями в наибольшей степени, поэтому оценка технического уровня производится относительно гипотетического образца, удовлетворяющего всем предъявляемым требованиям заказчика.

Таблица 3 – Оценка технического уровня новшества

Характеристики	Вес показателя	Проектируемый образец	Аналоговый образец	Гипотетический образец
----------------	----------------	-----------------------	--------------------	------------------------

	D_i	P_i	q_i	P_2	Q_2	P_{100}	Q_{100}
Мощность, кВт	0,15	100	0,6	50	0,3	150	0,9
Номинальное напряжение, В	0,05	380	0,9	220	0,52	380	0,9
Номинальный ток, А	0,05	87,7	0,6	75,8	0,51	131,6	0,9
Коэффициент мощности, о.е.	0,1	0,8	0,8	0,7	0,7	0,9	0,9
КПД, о.е.	0,1	0,9	0,82	0,85	0,78	0,98	0,9
Регулирование частоты (максимальная частота), Гц	0,15	150	0,675	100	0,45	200	0,9
Частота вращения, об/мин	0,1	1500	0,675	1000	0,045	2000	0,9
Срок эксплуатации, лет	0,15	10	0,45	10	0,45	20	0,9
Гарантийное обслуживание, мес.	0,15	24	0,6	12	0,3	36	0,9
Итого	1						

Единичный параметрический показатель определяется по формуле:

$$q = \frac{P}{P_{100}} \cdot p$$

где q – параметрический показатель;

P – величина параметра реального изделия;

P_{100} – величина параметра гипотетического образца, удовлетворяющего потребность на 100%;

p – вероятность достижения величины параметра. Вводится для получения точного результата с учётом элемента случайности, что позволяет снизить риск осуществления провала проекта. В расчетах принимается равной $p = 0,9$.

Каждому параметрическому показателю по отношению к изделию соответствует некий вес d , различный для каждого показателя.

Групповой техникий показатель, характеризующий соответствие изделия потребности в нём (полезный эффект товара) вычисляется по формуле:

$$Q = \sum_{i=1}^n q_i \cdot d_i,$$

где q_i – единичный параметрический показатель по i -му параметру;

d_i – вес i -го параметра;

n – число параметров, подлежащих рассмотрению.

Показатель конкурентоспособности нового образца по отношению к конкурирующему по техническим параметрам будет равен

$$k_{ТП} = \frac{Q_H}{Q_K},$$

где Q_H и Q_K – соответствующие групповые технические показатели нового и конкурирующего изделий.

В качестве примера рассчитаны показатели предлагаемого образца по мощности:

$$q = \frac{P}{P_{100}} \cdot p = \frac{100}{150} \cdot 0,9 = 0,6$$

$$Q = \sum_{i=1}^n q_i \cdot d_i = 0,6 \cdot 0,15 + 0,9 \cdot 0,05 + 0,6 \cdot 0,05 + 0,8 \cdot 0,1 + 0,82 \cdot 0,1 + 0,675 \cdot 0,15 + 0,675 \cdot 0,1 + 0,45 \cdot 0,15 + 0,6 \cdot 0,15 = 0,653$$

$$k_{ТП} = \frac{Q_H}{Q_K} = \frac{0,653}{0,429} = 1,52$$

Полученное значение показателя конкурентоспособности больше единицы, следовательно, новый образец превосходит конкурентный образец по техническому уровню. В результате проведенного анализа можно сделать вывод, что предлагаемый тяговый синхронный электродвигатель для городского электромобиля удовлетворяет предъявляемым требованиям и имеет лучшие характеристики по отношению к конкурентоспособному образцу.

9.2. Планирование научно-исследовательских работ

При проектировании участвуют два инженера: супервайзер (НР) и инженер (И). В таблице 4 перечислены этапы проектирования и соответствующие виды работ.

Таблица 4 - План разработки выполнения этапов проекта

№	Наименование работ	Исполнители	Продолжительность (дней)
п/п			
1	Определение целей и задач.	НР	1
	Составление и утверждение ТЗ.	И	
2	Поиск и изучение материалов по теме	И	8
3	Расчет основных параметров электродвигателя	И	8
4	Утверждение параметров электродвигателя	НР	1
		И	
5	Проектирование модели	И	6
8	Расчет потерь, массы и КПД электродвигателя	И	5
9	Проверка полученных результатов	НР	1
		И	
10	Выполнение всех оставшихся расчетов	И	7
11	Подготовка и составление схем, чертежей	И	6
12	Расчет технологической части проекта	И	6
13	Оформление расчетно-пояснительной записки и презентации	И	8
14	Проверка расчетно-пояснительной записки, чертежей и презентации	НР	2
		И	

Занятость исполнителей	НР	5
	И	59
Итого		59

Из таблицы 4 видно, что занятость НР и И составляют 8,4% и 100% соответственно от общей длительности работы.

9.3. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

Примем величину материальных затрат в размере 1000 руб. на канцелярские товары. и оплату электроэнергии на сумму 455 руб. Таким образом, общая сумма материальных затрат составляет 1455 руб.

Основной объем работ по разработке проекта был выполнен на персональном компьютере первоначальной стоимостью 25 000 рублей.

$$K_{ам} = \frac{T_{исп.кт.}}{T_{кал}} \cdot Ц_{кт} \cdot \frac{1}{T_{сл}}$$

- где $T_{исп.кт.}$ – количество отработанных дней на ПК;
- $T_{кал}$ – количество календарных дней в году;
- $Ц_{кт}$ – первоначальная стоимость ПК;
- $\frac{1}{T_{сл}}$ – срок полной амортизации;

$$K_{ам} = \frac{T_{исп.кт.}}{T_{кал}} \cdot Ц_{кт} \cdot \frac{1}{T_{сл}} = \frac{59}{365} \cdot 25000 \cdot \frac{1}{5} = 808 \text{ руб,}$$

Основная заработная плата исполнителей определяется на основе численности специалистов, соответствующих тарифных ставок и фонда рабочего времени и рассчитывается по следующей формуле:

$$ЗП_{мес} = ЗП_0 \cdot k_1 \cdot k_2$$

- где $ЗП_0$ – месячный оклад участников проекта (НР – 26300 р,

- И – 17000);
- $k_1 = 1,1$ – коэффициент, учитывающий отпуск;
- $k_2 = 1,3$ – районный коэффициент для г. Томск;

Рассчитаем заработную плату для каждого из исполнителей:

- $ЗП_{инж} = 17000 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 24310 \text{ р.}$
- $ЗП_{нр} = 26300 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 37609 \text{ р.}$

Фактическая заработная плата:

$$ЗП_{\phi} = \frac{ЗП_{м}}{21} \cdot n_{\phi},$$

- где $ЗП_{м}$ - месячная зарплата исполнителя;
- n_{ϕ} - фактическое количество дней, потраченных на разработку проекта (см.табл. № 2).

Фактическая заработная плата для научного руководителя:

$$ЗП_{фнр} = \frac{37609}{21} \cdot 5 = 8954 \text{ р.}$$

Фактическая заработная плата для инженера:

$$ЗП_{финж} = \frac{24310}{21} \cdot 59 = 68299 \text{ р.}$$

Итого затраты на заработную плату:

- $K_{з/н} = ЗП_{финж} + ЗП_{фнр},$
- $K_{з/н} = 8954 + 68299 = 77253 \text{ р.}$

В статью расходов «отчисления на социальные нужды» закладывается обязательные отчисления по установленным законодательством нормам. Органам государственного социального страхования, пенсионного фонда,

государственного фонда занятости и медицинского страхования, от элемента «затраты на оплату труда». Размер отчислений на социальные нужды составляет 30% от ФЗП.

$$K_{соц} = 0,3 \cdot K_{з/п},$$

$$K_{соц} = 0,3 \cdot 77253 = 23176 \text{ р.}$$

Прочие затраты представляют собой комплекс статей затрат, не вошедших в другие элементы. Это, как правило, виды расходов, каждый из которых не имеет большого удельного веса в себестоимости продукции (работ, услуг), однако их совокупность может быть достаточно ощутимой частью общей суммы затрат отчетного периода.

Прочие затраты принимаются в размере 10% от суммы уже рассчитанных нами ранее затрат:

$$K_{пр} = 0,1 \cdot (K_{мат} + K_{ам} + K_{з/пл} + K_{соц}),$$

На основании рассчитанных величин затрат на выполнение работы составим таблицу 5.

Таблица 5 – Затраты на выполнение работы по вариантам исполнения

Наименование статьи	Сумма, руб.	
	Исп.1	Исп.2
Материальные затраты	1455,00	705
Затраты на амортизация компьютерной технике	808,00	4400
Затраты по основной заработной плате исполнителей	77253,00	133844,89
Затраты на социальные нужды	23176,00	40153,47
Прочие расходы	10269,00	21415,18
Итого	112961,00	200518,54

9.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального финансового показателя, определяемого по следующей формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (15)$$

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.

Φ_{max} зависит от сложности проекта для которого разрабатывается АСУ.

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{112961,00}{200518,54} = 0,56. \quad (16)$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{200518,54}{200518,54} = 1. \quad (17)$$

Сравнительный анализ вариантов исполнения объекта исследования приведен в таблице 6.

Таблица 6 - Сравнительная оценка вариантов исполнения инженера

Критерии	Весовой коэффициент	Исп.1	Исп.2
Надежность	0,29	4	3
Удобство в эксплуатации	0,19	4	5
Технический уровень	0,18	5	4
Безотказная и долговременная работа всей системы привода городских электромобилей	0,33	5	3
Итого	1	30	28

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i \quad (18)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

$$I_{\text{исп.1инженера}} = 4,28;$$

$$I_{\text{исп.2инженера}} = 4,13.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки вычисляется на основании показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя результат в таблице 19.

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Результаты расчета показателей сведены в таблицу 7.

Таблица 7 – Сравнительная эффективность разработок

Показатель	Вариант	
	Исп.1	Исп.2
Интегральный финансовый показатель	0,56	1
Интегральный показатель ресурсоэффективности	4,28	4,13
Интегральный показатель эффективности	7,6	4,13
Сравнительный показатель эффективности	1,8	

Исходя из полученных данных таблицы 19, следует, что наиболее эффективной является система (исполнение 1), представленная студентом в предыдущих главах настоящего ВКР.

Итак, в данном разделе представлена оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурс эффективности и ресурсосбережения, которая показала технический уровень предлагаемого технического решения. Определена область применения: электропривод городского транспорта – в частности легковые электромобили.

При использовании разработанной системы управления тяговыми двигателями легкового электромобилей повышается эффективность работы за счет снижения общей стоимости оборудования, повышения надежности, обеспечения безотказной и долговременной работы всей системы привода городских электромобилей.

10. Социальная ответственность

10.1. Введение

Целью разработки настоящего раздела является принятие проектных решений, исключающих несчастные случаи и профессиональные заболевания в производстве, обеспечивающих снижение вредных воздействий на окружающую среду, безопасность в чрезвычайных ситуациях, экономное расходование ресурсов.

Рассмотрение данных вопросов отвечает требованиям международного стандарта ICCSR-26000:2011 к деятельности организаций в области социальной ответственности по тем разделам его модулей, по которым должны быть приняты указанные проектные решения.

На данном участке выполняются следующие виды работ: С помощью датчиков (ультразвуковые датчики, камеры, цифровой компас, гироскоп) робот-наблюдатель получает информацию о состоянии своей рабочей зоны.

Для осуществления технологического процесса общей сборки применяется следующее оборудование: Гироскоп, Компас, Видеорегистратор, ПК, Wi-Fi, Роутер, Ультразвуковой датчик, МП Микроконтроллер, Блок питания 1, Блок питания 2, Драйвер двигателя и др.

Объектом проектирования является система управления тяговым двигателем легкового электромобиля

Таблица 8 - Возможные опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте название рабочего места

Факторы(ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов.	Правила устройства электроустановок, ПУЭ, утвержденные Министерством энергетики России от 08.07.2002, №204,

Движущиеся машины, механизмы	Глава 1.7.;
Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий	ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. « Защитное заземление, зануление »
Короткое замыкание	
Повышенный уровень вибрации	ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ. « Вибрационная безопасность. Общие требования »
Повышенный уровень шума	ГОСТ 12.1.003-83 « Шум. Общие требования безопасности »
Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*
Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего	СП 60.13330.2020 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха СНиП 41-01-2003 (с Поправкой)
Монотонность труда, вызывающая монотонию	МР 2.2.9.2311 – 07 «Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности».
Длительное сосредоточенное наблюдение. Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: использование защитных костюмов, виброизолирующие рукавицы, перчатки, виброизолирующая обувь, беруши, наушники, защитные ограждения.	ГОСТ 12.4.259-2014. Одежда специальная для защиты от жидких химических веществ
Статическое электричество	ГОСТ 12.1.045-84 ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.

10.2. Анализ вредных факторов

Процесс исследования и испытаний системы управления тяговым двигателем электромобиля основан на работе с двигателем. Электродвигатели являются источником повышенного уровня шума, что является пагубным фактором в производственных условиях. Для снижения воздействия шума могут быть приняты различные меры, такие как: замена подшипников качения на подшипники скольжения, своевременная проверка и замена смазочного масла подшипников. Но эти меры слишком дороги и требуют много времени. Поэтому различные корпуса и различные части установки, изготовленные из звукопоглощающих материалов, также могут быть использованы для снижения уровня шума.

Опасность может представлять повышенный уровень вибрации, который возникает во время работы исследуемого двигателя при нагрузках выше номинальной. Для избегания влияния вибраций на человека необходимо провести мероприятия на основании, а именно, жесткая фиксация рабочих механизмов на своих местах с использованием виброгасящих материалов.

Следующий вредный фактор – недостаток естественного света, при работе в условиях недостаточной освещённости, связанным с временем суток и погодными условиями. Пониженная контрастность в взаимодействии с плохой освещенностью является наиболее опасным для зрительных органов работника и может привести к травмам, при работе с движущимися частями установки. Простым решением для снижения риска является покраска отдельных частей установки в различные отчетливо видные цвета.

Возможные отклонения параметров метеоусловий от нормы. В частности, вредным фактором является пониженная подвижность воздуха, связанная с плохой вентилируемостью помещения, в связи с отсутствием вентиляционной системы. Следствием наличия теплоотдающих при работе элементов установки

будет повышенная температура воздуха рабочей зоны, которая пагубно влияет на состояние человека. Для решения этой проблемы нужно установить вентиляционную систему и систему кондиционирования.

10.2.1. Шум

Шум — один из наиболее распространенных неблагоприятных факторов производственной среды. Основные производственные процессы, сопровождающиеся шумом — это работа насосов, вентиляторов и др. Говоря о действии шума на организм, следует иметь в виду, что он оказывает как местное, так и общее воздействие. При этом учащается пульс, дыхание, повышается артериальное давление, изменяются двигательная и секреторная функции желудка и других органов. Неблагоприятно отражается шум на нервной системе, вызывая головные боли, бессонницу, ослабление внимания, замедление психических реакций, что в конечном счете приводит к понижению работоспособности.

Для защиты от шума по СанПиН 2.2.4/2.1.8.562 – 96 и вибрации по СанПиН 2.2.4/2.1.8.566 – 96 предусматриваются:

- обеспечение персонала индивидуальными средствами защиты;
- установка звукоизолирующих кабин;
- звукоизолирующие кожухи и экраны;
- виброизолирующие материалы под оборудование (пружины, резины и другие прокладочные материалы).

Предельно допустимые уровни шума представлены в таблице 9.

Таблица 9 - Предельно допустимые уровни шума

Рабочее место	Уровни звукового давления, дБ									По шкале
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	

Цех	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
Щит управления	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65

10.2.2. Вибрация

Одним из наиболее опасных для человеческого организма производственных факторов является вибрация. Под вибрацией понимается колебание твёрдых тел.

Большое негативное воздействие этот фактор оказывает на отделы центральной нервной системы, желудочно-кишечного тракта и вестибулярного аппарата человека. Длительное воздействие вибрации на организм приводит к развитию профессиональных заболеваний, основным из которых является – виброболь, сопровождающаяся головокружением, онемением нижних конечностей и потерей ориентации в пространстве.

Большую опасность для организма представляют вибрации частотой 6-9 Гц, так как эти частоты наиболее близки к собственным частотам внутренних органов человека. Совпадение частоты вибрации и внутреннего органа приведёт к резонансному явлению, в результате чего начнётся процесс разрушения.

Гигиенические нормы вибрации представлены в таблице 10.

Таблица 10.

Вид вибрации	Среднеквадратичная частота, Гц									
	Логарифмический уровень виброскорости									
	1	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500
Цех	-	103	100	101	106	112	118	-	-	-

Для виброзащиты применяются средства индивидуальной защиты для рук, ног и тела оператора. В качестве средства защиты для рук применяются

рукавицы и перчатки, вкладыши и прокладки по ГОСТ 12.4.002 "Система стандартов безопасности труда. Средства защиты рук от вибрации. Технические требования и методы испытаний".

Виброзащитная обувь изготавливается в виде сапог, полусапог, в конструкции низа которых используется упруго-демпфирующий материал (ГОСТ 12.4.024-76 "Система стандартов безопасности труда. Обувь специальная виброзащитная. Общие технические требования").

10.2.3. Недостаток естественного света

Согласно научным исследованиям, отсутствие или недостаток естественного освещения на рабочем месте может вызвать ухудшение самочувствия, привести к потере сна и ослаблению здоровья. Специалисты полагают, что причина отрицательного воздействия может заключаться в изменении циркадных ритмов из-за недостатка естественного света. Поэтому следует уделять большее внимание достаточному дневному освещению для укрепления здоровья и морального состояния работников.

На рабочих местах, где трудовая деятельность ведется в условиях отсутствия естественного освещения, необходимо проводить мероприятия, направленные на уменьшение уровня вредности условий труда. В их число входят следующие:

- улучшение условий путем использования искусственного освещения;
- защита временем, то есть сокращение продолжительности пребывания работников в помещении без естественного освещения;
- профилактическое ультрафиолетовое облучение работников. В этом случае источники ультрафиолетового излучения устанавливаются рядом с обычными осветительными лампами, за счет чего достигается обогащение обычного искусственного освещения ультрафиолетовым излучением.

При недостатке естественного освещения в помещениях также возможно принятие следующих мер:

- анализ степени загрязненности стекол в светопроемах, их очистка и дальнейшие контрольные измерения коэффициента естественной освещенности, который показывает, какая часть наружного освещения попадает на рабочие места производственного помещения;

- при наличии в помещении зон с недостаточным и достаточным уровнем естественного освещения изменение размещения рабочих мест с их переносом в зону с достаточным уровнем естественного освещения;

- косметический ремонт помещения с применением светлых отделочных материалов.

В зависимости от напряжения зрительного аппарата при выполнении работы освещенность на предприятиях делят на восемь разрядов - от наивысшей точности до общего наблюдения за ходом производственного процесса.

В таблице 11 приведены нормируемые значения КЕО.

Таблица 11.

Характеристика выполняемой зрительной работы	Наименьший размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Значение КЕО в при естественном освещении, %	
			верхнем и комбинированном	боковом
Наивысшей точности	Менее 0,15	I	10	3,5
Очень высокой точности	0,15 ... 0,30	II	7	2,5
Высокой точности	0,3 ... 0,5	III	5	2,0
Средней точности	от 0,5 до 1,0	IV	4	1,5
Малой точности	от 1 до 5	V	3	1,0
«Грубая работа»	Более 5	VI	2	0,5
Работа с самосветящимися		VII		

материалами и изделиями в горячих цехах				
Общие наблюдения за ходом производственного процесса:		VIII		
постоянное наблюдение		VIIIa	1	0,3
периодическое при постоянном пребывании людей в помещении		VIIIб	0,7	0,2
периодическое при периодическом пребывании людей в помещении		VIIIв	0,5	0,1

В данном случае принимаем характеристику выполняемой зрительной работы наивысшей точности (V разряд). Значение КЕО при естественном освещении верхнего и бокового освещения составляет 3% бокового 1%.

10.3. Анализ опасностей

Проанализируем опасные производственные факторы в описанном выше процессе исследований и испытаний. Основным фактором риска является возможность поражения персонала электрическим током, так как работа ведется с работающими электроприборами, особенно с двигателями. Для снижения опасности электроустановки заземляют, а токоведущие части полностью или частично ограждают.

10.3. Анализ опасных факторов

Проанализируем опасные производственные факторы в описанном выше процессе исследований и испытаний. Основным фактором риска является

возможность поражения персонала электрическим током, так как работы выполняются с работающими электроустановками, особенно двигателями. Для снижения опасности электроустановки заземляют, а токоведущие части полностью или частично ограждают.

10.3.1. Электропоражение

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

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

К категориям помещений с повышенным уровнем опасности поражения электрическим током находятся объекты в которых имеются следующих условия:

- сырости (влажность более 75 %) или токопроводящей пыли;

токопроводящих полов (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т.п.);

высокой температуры (выше 35 °С);

возможности одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам и т.п., с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования - с другой.

Рассматриваемая лаборатория относится к помещению без повышенной опасности поражения электрическим током, так как в ней отсутствуют все вышеперечисленные признаки.

10.3.2. Загорание (пожар)

Пожары – неконтролируемый процесс горения, которые чреваты большими материальными издержками, а часто и человеческими жертвами.

Обеспечение пожаробезопасности начинается с определения класса взрывоопасной зоны или класса пожароопасной зоны данного производственного помещения. Согласно классификации производств по пожарной опасности (ППБ-03) рассматриваемое помещение относится к классу В (обработка или применение твердых сгораемых веществ и материалов, а также жидкостей с температурой выше 120 градусов): электроизоляция, бумага, мебель. Т.е. технологический процесс производственном цеху исключает взрывоопасную зону, имеющиеся вещества могут только гореть. Цех имеет пожароопасную зону класса П-2а. Минимальная допустимая степень защиты оболочек электрических машин для данной пожароопасной зоны обозначается IP44. Использование данной степени защиты – одно из направлений профилактики, оно должно быть установлено на объектах, где воздействие

опасных факторов пожара может привести к травматизму или гибели людей, этого требует «технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

Цех оснащена такой системой с дымовыми извещателями. Сигналы извещателей включают систему протоколирования информации, формируют управляющую систему тревоги и систему оповещения о пожаре, для своевременной эвакуации людей. Это другое направление профилактики загораний.

Выбор типа и расчет необходимого числа огнетушителей производится в зависимости от их огнетушащей способности. Из пяти таких классов, лаборатории подходит класс А (пожар твердых веществ) и класс Е (горение электроустановок). Согласно на 800 м² защищаемой площади рекомендуется использовать восемь двухкилограммовых порошковых огнетушителей. Для лаборатории достаточно одного двухкилограммового огнетушителя ОП.

10.4. Защита окружающей среды

Работа в производственном цеху сопряжена с образованием и выделением газообразных, жидких и твердых отходов.

Газообразные отходы, загрязняющие воздух помещения: естественные выделения - углекислый газ, пары воды, летучие органические соединения - ЛОС (альдегиды, кетоны), азотистые соединения; бытовая пыль; ЛОС, выделяющиеся в процессе эксплуатации отделочных материалов, лакокрасочных покрытий и др. Перед выбросом воздух помещений подвергается обязательной очистке в фильтровентиляционных системах, что предотвращает атмосферу от загрязнения. Жидкие отходы - бытовые отходы, образующиеся в процессах влажной уборки помещений, при пользовании водопроводом, туалетом и т.п., сбрасываются в городскую канализацию и далее поступают в системы централизованной очистки на городских очистных сооружениях.

При обращении с твердыми отходами: бытовой мусор (отходы бумаги, отработанные специальные ткани для протирки офисного оборудования и экранов мониторов, пищевые отходы); отработанные люминесцентные лампы; офисная техника, комплектующие и запчасти, утратившие в результате износа потребительские свойства – надлежит руководствоваться Постановлением Администрации г. Томска от 11.11.2009 г. №1110 (с изменениями от 24.12.2014): бытовой мусор после предварительной сортировки складировать в специальные контейнеры для бытового мусора (затем специализированные службы вывозят мусор на городскую свалку); утратившее потребительские свойства офисное оборудование передают специальным службам (предприятиям) для сортировки, вторичного использования или складирования на городских мусорных полигонах. Отработанные люминесцентные лампы утилизируются в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 03.09.2010 №681. Люминесцентные лампы, применяемые для искусственного освещения, являются ртутьсодержащими и относятся к I классу опасности. Ртуть люминесцентных ламп способна к активной воздушной и водной миграции. Интоксикация возможна только в случае разгерметизации колбы, поэтому основным требованием экологической безопасности является сохранность целостности отработанных ртутьсодержащих ламп. Отработанные газоразрядные лампы помещают в защитную упаковку, предотвращающую повреждение стеклянной колбы, и передают специализированной организации для обезвреживания и переработки. В случае боя ртутьсодержащих ламп осколки собирают щеткой или скребком в герметичный металлический контейнер с плотно закрывающейся крышкой, заполненный раствором марганцевокислого калия. Поверхности, загрязненные боем лампы, необходимо обработать раствором марганцевокислого калия и смыть водой. Контейнер и его внутренняя поверхность должны быть изготовлены из не адсорбирующего ртуть материала (винипласта).

К сфере защиты ОС и рационального использования природных ресурсов относится и экономия ресурсов, в частности, энергетических. Реальным

вкладом здесь может стать экономия электрической и тепловой энергии на территории предприятия. Во-первых, это улучшает экономические показатели деятельности предприятия (уменьшение расходов на электротепловую энергию). Во-вторых, экономия энергии означает уменьшение газа, мазута, угля, сжигаемого в топках котлов ТЭС и электроустановок (котельных) промпредприятий города Томска и области и одновременное уменьшение выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Несмотря на кажущуюся малость такого вклада в энергосбережение и в защиту атмосферного воздуха от загрязнения массовое движение в этом направлении, в том числе, в быту, принесет значимый эффект.

10.5. Предотвращение ЧС и устранение их последствий

Наиболее вероятные чрезвычайные ситуации на рассматриваемом рабочем месте в механическом цехе: возникновение пожара и электропоражение.

10.5.1. Пожар (загорание) – как источник ЧС

Основными причинами пожара могут быть: перегрузка проводов, короткое замыкание, большие переходные сопротивления в электрических цепях, электрическая дуга, искрение и неисправности оборудования.

Согласно, пожарная профилактика обеспечивается: системой предотвращения пожара; системой противопожарной защиты; организационно - техническими мероприятиями. К мерам предотвращения пожара относятся: применение средств защитного отключения возможных источников загорания (защитного зануления); применение искробезопасного оборудования; применение устройства молниезащиты здания; выполнение правил (инструкций) по пожарной безопасности.

К мерам противопожарной защиты относятся: применение пожарных извещателей; средств коллективной и индивидуальной защиты от факторов пожара; системы автоматической пожарной сигнализации; порошковых или углекислотных огнетушителей, два ящика с песком 0,5 м³.

Организационно-технические мероприятия: наглядная агитация и инструктаж работающих по пожарной безопасности; разработка схемы действий администрации и работающих в случае пожара и организация эвакуации людей; организация внештатной пожарной дружины.

При обнаружении загорания рабочий немедленно сообщает по телефону 01 в пожарную охрану, сообщает руководителю, приступают к эвакуации людей и материальных ценностей. Тушение пожара организуется первичными средствами с момента обнаружения пожара. Пострадавшим при пожаре обеспечивается скорая медицинская помощь.

10.5.2. Электропоражение как источник ЧС

Современная система электробезопасности обеспечивает защиту от поражения в двух наиболее вероятных и опасных случаях:

- при прямом прикосновении к токоведущим частям электрооборудования;
- при косвенном прикосновении.

Под косвенным прикосновением понимается прикосновение человека к открытым проводящим частям оборудования, на которых в нормальном режиме (исправном состоянии) электроустановки отсутствует электрический потенциал, но при каких-либо неисправностях, вызвавших нарушение изоляции или ее пробой на корпус, на этих частях возможно появление опасного для жизни человека потенциала.

Для защиты от прямого прикосновения к токоведущим частям, согласно п.412. служат изоляция токоведущих частей, применение ограждений и оболочек, установка барьеров, размещение вне зоны досягаемости, устройства защитного отключения (УЗО).

Для защиты от косвенного прикосновения применяются: защитное заземление и защитное зануление п.413.

Даже если при электропоражении работающий внешне сохранил формат нормального самочувствия, он должен быть осмотрен врачом с заключением о состоянии здоровья. Предварительно пострадавший должен быть освобожден от действия электрического тока. Если при этом отключить напряжение быстро невозможно, освобождение от электричества пострадавшего необходимо производить, изолировав себя диэлектрическими перчатками или галошами. При необходимости перерезать провода (каждый в отдельности) инструментом с изолированными ручками. Если есть необходимость (при потере сознания, остановке сердца и т.п.) оказания первой помощи, то до прибытия медработника необходимо начать делать: наружный массаж сердца, искусственное дыхание.

Для предотвращения от поражения электрическим током при прикосновении к корпусам электроустановок, находящихся под напряжением при пробое изоляции или в других случаях, необходимо рассчитать и установить защитное заземление.

Список используемой литературы

1. Evstigneev M. I., Litvinov Yu. V., Mazulina V. V., Mishchenko G. M. Algorithms of control over four-wheel robot moving over rough terrain // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedeniy. Priborostroe-nie. 2015. Vol. 58, N 9. P. 738—741 (in Russian) ;
2. Юревич Е. И. Основы робототехники. М.: БИУ, 2010. 368 с;
3. Михеев В. П. Просандеев А. В. Датчики и детекторы: Учебное пособие. М.: МИФИ, 2007. 172 с;
4. Мартин Т. Микроконтроллеры фирмы STMicroelectronics на базе ядра Cог!ex-M3. Серия STM32. М.: Техносфера, 2009. 168 с;
5. ГОСТ 12.0.003-2015 (СТ СЭВ 790-77). «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация »;
6. ГОСТ 12.1.003-83 « Шум. Общие требования безопасности »;
7. Правила устройства электроустановок, ПУЭ, утвержденные Министерством энергетики России от 08.07.2002, №204, Глава 1.7.;
8. ГОСТ 12.1.004-91, СС5Т « Пожарная безопасность. Общие требования »;
9. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. – 6е изд., переработанное и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 824 с.;
10. СНиП П-12-77. « Защита от шума »;
11. ГОСТ 12.1.019 -79 (с изм. №1) ССБТ. « Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты »;
12. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. « Защитное заземление, зануление » ;
13. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. « Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов »;
14. ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ. « Вибрационная безопасность. Общие требования » ;
15. 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 »;

16. Постановление Правительства РФ от 03.09.2010 №681 « Об утверждении Правил обращения с отходами производства и потребления в части осветительных устройств »;
17. ГОСТ Р 50571.3-94 «Электроустановки зданий. Часть 4. Защита от поражения электрическим током».
18. ГОСТ 12.1.045-84 ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.
19. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*.
20. СП 60.13330.2020 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха СНиП 41-01-2003 (с Поправкой) .
21. МР 2.2.9.2311 – 07 «Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности».