

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Политехнический институт
Факультет «Механико-технологический»
Кафедра «Машиностроение, автоматика и электроэнергетика»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
_____ В.Г. Некрутов
_____ 2017 г.

Разработка электропривода токоприемника трамвайного вагона

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ–13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ ВКР

Консультанты
Безопасность жизнедеятельности,
к.т.н., доцент
_____ В.Г. Некрутов
_____ 2017 г.

Руководитель работы,
преподаватель
_____ Н.Л. Дружкова
_____ 2017 г.

Автор работы
студент группы ДО-552
_____ Е.В. Сахаров
_____ 2017 г.

Нормоконтролер,
профессор
_____ Б.А. Решетников
_____ 2017 г.

Челябинск 2017

Содержание

	лист
ВВЕДЕНИЕ	6
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ	7
2 ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ ПРИВОДА ПАНТОГРАФА	10
2.1 Описание существующего пантографа	10
2.2 Описание нового пантографа	11
2.3 Описание принципиальной схемы БУД	12
2.4 Основные требования, предъявляемые к электроприводам	12
3 РАСЧЕТ МОЩНОСТИ ДВИГАТЕЛЯ.....	14
4 РАСЧЕТ РЕДУКТОРА.....	15
4.1 Кинематический расчет привода.....	15
4.2 Определение геометрических размеров передачи.....	17
4.3 Определение геометрических размеров зубчатых колес	18
5 РАСЧЕТ ВЕНТИЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ.....	21
5.1 Техническое задание	21
5.2 Определение основных размеров	21
5.3 Обмотка якоря	25
5.4 Пазово - зубцовая зона и спинка якоря	28
5.5 Параметры обмотки якоря и выбор коммутирующих элементов.....	30
5.6 Расчет магнитной цепи.....	34
5.7 Расчет индуктора.....	37
5.8 Потери и коэффициент полезного действия двигателя	38
6 ОПИСАНИЕ ДВИГАТЕЛЯ.....	42
6.1 Блок управления двигателем.....	47
7 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	51
7.1 Введение.....	51
7.2 Расчет затрат	51
8 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	55
8.1 Безопасность пассажиров, доступ для обслуживания и безопасность обслуживающего персонала	55
8.2 Требования безопасности в аварийных ситуациях	62
8.3 Оказание первой медицинской помощи	63
8.4 Требования безопасности по окончании работ.....	64
8.5 Требования безопасности во время работы.....	65
8.6 Требования безопасности в аварийных ситуациях.....	63
8.7 Требования безопасности по окончанию обкатки.....	69
8.8 Гражданская оборона.....	70
8.9 Экология.....	72

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	73
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	74
Приложение А:.....	76

					13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ	Лист
						5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ВВЕДЕНИЕ

Задачи улучшения качества обслуживания пассажиров определяют дальнейшее развитие городского электротранспорта. В настоящее время 50% городских перевозок осуществляет трамвай. Столь значительный объем перевозок ведет к появлению вагонов различных типов с использованием более надежных электроприводов и комплектов электрооборудования.

Учитывая специфику градообразующего предприятия (ФГУП УКВЗ) тема дипломного проекта актуальна и своевременна, так как работа привода токоприёмника является одним из важнейших моментов в эксплуатации трамвайного вагона и от степени надежности механизма привода зависит показатель выхода трамвая на линию в эксплуатирующихся предприятиях.

В настоящее время на ФГУП УКВЗ не применяется электропривод токоприёмника, что влияет на работу водителей трамвая. В большинстве своем вагонновожатыми работают женщины, для них становится проблемой поднятие и опускание пантографа. Комфортабельность рабочего места водителя напрямую связано с безопасностью транспортного средства. Чем удобнее водителю за рулем, тем более своевременными оказываются его действия, тем безопаснее на дороге.

Цель данного дипломного проекта заключается в рассмотрении возможности использования электропривода для механизма подъема и опускания токоприёмного устройства.

В качестве электродвигателя решено было выбрать вентильный двигатель с блоком управления (БУД) на полупроводниковых элементах.

Этот выбор объясняется простотой в управлении и обслуживании, высокой надежностью, высокой технологичностью в изготовлении и малыми габаритами.

Малые габариты электродвигателя позволили объединить его с передаточным редуктором в одном корпусе (мотор – редуктор “МР”).

Использование привода дистанционного управления подъёмом и опусканием токоприёмника позволяет сохранять величину контактного нажатия в рабочем диапазоне хода токоприёмника практически постоянной, что является основным требованием для удовлетворительного качества токосъёма.

Дальнейшее развитие электротранспорта определяется не только задачами улучшения качества обслуживания пассажиров, но и конкурентно способностью на российском рынке. Поэтому необходимо улучшать условия эксплуатации, вводя различные дополнительные функции, а также обновлять дизайн, что повысит конкурентоспособность и позволит увеличить объем производства.

					13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ.

Условия эксплуатации трамвайных вагонов в различных депо, как и уровень подготовки обслуживающего персонала, различен. Это привело к появлению двух видов пантографов трамвайного вагона: пантограф и полупантограф. При этом дистанционный привод управления токосъемником в настоящее время не применяется. Обеспечение качества токосъема – это основной критерий при выборе токоприёмника той или иной модификации. Стабильный токосъём достигается улучшением такого параметра пантографа как снижение приведённой массы изделия и усовершенствование системы, отвечающей за контроль над величиной статического нажатия полоза на контактный провод.

Конструкция однорычажного токоприёмника пантографного типа, с установленным на него электроприводом дистанционного управления подъёмом и опусканием, решает обе поставленные задачи. Незамкнутая асимметричная схема подвижных рам позволяет уменьшить массу, а привод отвечает за прижимное усилие.

Для более правильного выбора двигателя привода пантографа необходимо учесть высокие ударные нагрузки при вибрациях во время движения транспорта.

Вентильные двигатели на данном этапе по праву считаются одним из перспективных исполнительных элементов регулируемых приводов.

В состав схемы вентильного двигателя входят следующие основные узлы:

- электромеханический преобразователь;
- датчик положения ротора;
- полупроводниковый коммутатор.

В качестве электромеханического преобразователя обычно используется машина с возбуждением от постоянных магнитов на роторе и секционной обмоткой якоря на статоре.

Принцип действия вентильных двигателей соответствует принципу действия двигателя постоянного тока независимого возбуждения: при повороте ротора к источнику питания подключаются те секции обмотки якоря, пропускают ток, через которые с точки зрения создания вращающего момента наиболее выгодно.

Отличия сводятся к способу питания секций якоря: В классическом двигателе постоянного тока роль коммутирующего элемента выполняет щеточно-коллекторный узел, коммутация секций вентильного двигателя обеспечивается полупроводниковым коммутатором в зависимости от положения ротора, определяемого датчиком положения ротора.

Возможными конкурентами вентильным двигателям в рамках регулируемого привода средней и малой мощности являются: электропривод на базе синхронного и асинхронного двигателей и электропривод с использованием универсального коллекторного двигателя.

Наиболее близким к вентильному двигателю является синхронный или шаговый. Основным недостатком электропривода на базе синхронного двигателя является отсутствие контроля за частотой вращения, при сбоях в

системе управления, колебаниях напряжения сети, сигнала задания или нагрузки привода возможно "выпадение" требует повторного запуска двигателя.

					13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Асинхронный электропривод боится колебаний напряжения сети и нагрузки, и для регулирования скорости снова необходим источник варьлируемой частоты.

В отличие от синхронного асинхронный двигатель имеет более мягкую характеристику, поэтому точность поддержания скорости в рабочем режиме обеспечить труднее.

Поскольку возбуждение двигателя производится по обмотке статора, то для полного использования возможностей машины желательно обеспечить достаточно сложный закон управления, при котором отношение амплитуды и частоты напряжения на статоре поддерживается постоянным, для этого требуется дополнительный блок регулирования. Последнее требование является граничным по возможному диапазону регулирования частоты вращения привода: верхнее значение скорости ограничено, кроме механической прочности подшипников, допустимым уровнем напряжения на обмотке, а нижнее значение повышением уровня пульсации момента и снижением эксплуатационных характеристик двигателя при низкой частоте питания. В целом система уравнений асинхронного привода при диапазоне регулирования скорости, близком к 100, становится достаточно сложным по построению и наладке, к тому же массогабаритные и энергетические показатели асинхронного двигателя средней мощности значительно хуже показателей двигателей других типов. Дополнительное ограничение по использованию асинхронного двигателя связаны с относительно малыми частотами вращения промышленных серий двигателей.

Так как габариты электрических машин определяются величиной момента, то резкое снижение массы электропривода возможно при переходе на повышенные (до 1000 об/мин и выше) частоты вращения. Но при этом возникает необходимость добавления редуктора, который создает дополнительные потери на КПД.

По сути, вентильные двигатели являются продолжением развития привода на базе синхронного двигателя, который имеет высокие массогабаритные и энергетические показатели, надежность, технологичен в изготовлении.

До недавнего времени область применения вентильных двигателей ограничивалась автономными объектами с питанием от источников постоянного тока. Это объяснялось относительно высокой стоимостью как энергетических постоянных магнитов на базе редкоземельных металлов, так и полупроводниковых ключей, применяемых в силовом инверторе. В связи с появлением высоковольтных транзисторов и достаточно дешевых энергоемких магнитов, вентильные двигатели стали широко использоваться в технике.

Расширение области применения вентильных двигателей объясняется потенциально высокой надежностью, хорошими массогабаритными и энергетическими показателями, хорошими регулировочными характеристиками.

Функционально одним из важнейших элементов вентильных двигателей является датчик положения ротора, сигналы которого определяют подключение обмоток двигателя к источнику питания.

					13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ	Лист
						8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Датчик положения ротора в виде отдельного конструктивного элемента выполняется на базе индуктивных датчиков, фотоэлектрических и чувствительных гальваномагнитных элементов.

Одна из разновидностей последних датчиков, интегральные микросхемы на основе эффекта Холла, используется в вентильных двигателях наиболее часто. Преимущество датчиков Холла являются высокие надежность и чувствительность, малые габариты, позволяющие размещать датчики непосредственно в пазах двигателя, что, в свою очередь, исключает необходимость настройки датчиков. В некоторых двигателях датчик положения ротора выделяется в самостоятельную единицу со своей магнитной системой, устанавливаемый на одном валу с индуктором.

Преимуществом такого решения является некоторое упрощение технологии сборки, а недостатком - необходимость установки датчиков относительно ротора двигателя и увеличение габаритов привода.

Рассмотрев достоинства и недостатки имеющихся типов двигателей, окончательный выбор остановлен на вентильных двигателях.

Применение привода, также, устраняет неудобства связанные с опусканием токоприёмника посредством верёвки и гарантирует бесперебойную работу механизма.

Вывод по разделу 1: Система дистанционного управления и электропривод опускания подвижной системы позволяет производить быстрый отрыв токоснимающей головки от контактного провода (для уменьшения электрической дуги) и последующее ее опускание и фиксацию без приложения физических усилий персонала. Требованиям для применения в приводе наиболее полно отвечает вентильный двигатель, т.к. по сравнению с другими типами позволяет обеспечить лучшую управляемость, высокую надежность, массогабаритные и энергетические показатели.

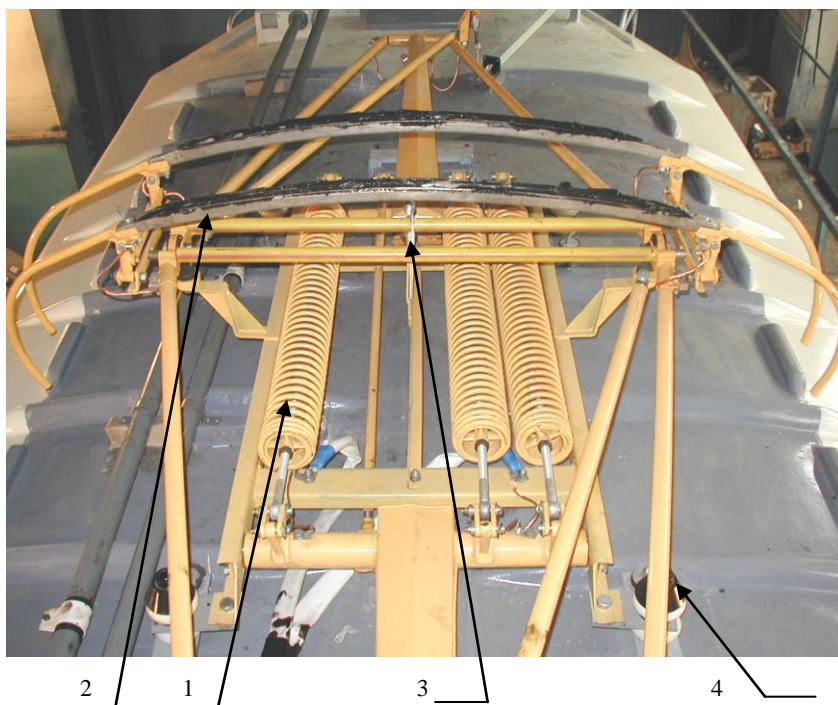
					13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2 ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ ПРИВОДА ПАНТОГРАФА.

2.1 Описание существующего пантографа

Токоприемник вагона предназначен для постоянного электрического соединения между контактным проводом и трамвайным вагоном, как при движении, так и при стоянке. Токоприемник обеспечивает надежный токосъем при скорости движения до 100 км/час. Система подвижных рам токоприемника состоит из двух нижних и двух верхних рам. В нижней раме основным элементом является цилиндрическая труба, служащая валом, к которой приваривается труба переменного сечения. С другой стороны приваривается стакан, к которому крепятся шарниры. Верхняя рама состоит из тонкостенных труб, причем каждая из них имеет по одной диагональной трубе.

Шарнирные соединения верхних концов рамы осуществляются вилкой и ушками. Основание токоприемника выполнено из двух продольных и двух поперечных швеллеров. В основание установлены два вала на подшипниках. На валах приварены кронштейны для удерживания пружин (поз.1), обеспечивающих необходимое контактное нажатие и кронштейны для удерживающих тяг, соединяющие валы друг с другом. Контактный узел состоит из двух алюминиевых вставок (поз.2) закрепленных в башмаках, которые установлены на вертикальных стойках. Стойки крепятся на ось шарниров верхней части рамы и соединены между собой пружиной, обеспечивающей рабочее положение полоза. Опускание токоприемника производится из кабины водителя при помощи веревки.



1-пружина, 2-алюминиевая вставка, 3-крюк, 4-резиновый упор.

Рисунок 1 - Токоприемник (пантографный)

					13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

Для удерживания подъемной рамы в опущенном состоянии имеется крюк (поз. 3) страховки токоприемника, состоящий из продольного угольника, на котором приварена стойка с захватом. Крюк расположен по центру поперечных балок токоприемника. При установке крюка на токоприемнике необходимо выдержать зазор 1,0 . . 1,5 мм между поперечной и верхней частью крюка за счет пазов в продольном угольнике. При опускании подъемной рамы токоприемника до резиновых упоров (поз.4) поперечина давит на крюк, который, вращаясь на вилке, займет верхнее положение. Для зацепления крюка с поперечиной необходимо резко опустить токоприемник. Для вывода крюка из зацепления с поперечиной необходимо медленно подтянуть токоприемник до резиновых упоров. Под действием противовеса крюк выходит из зацепления с поперечиной, и токоприемник поднимается в рабочее положение медленным отпуском веревки.

Для настройки токоприемника необходимо на максимальной рабочей высоте 2275 мм регулировкой пружин обеспечить усилие нажатия не менее 4,9 кгс.

2.2 Описание нового пантографа

Трамвайный вагон оборудован токоприёмником с незамкнутой асимметричной схемой подвижных рам. В отличие от предыдущей модели, система подвижных рам которой состояла из двух нижних и из двух верхних рам и являлась двухрычажной, настоящая модель однорычажная.

В нижней раме основным элементом является цилиндрическая труба, служащая валом, к которой приваривается труба – рычаг. С другой стороны приваривается стакан, к которому крепятся шарниры.

Верхняя рама состоит из тонкостенных труб переменного диаметра.

Основание токоприёмника выполнено из двух продольных и двух поперечных швеллеров.

В основание установлен вал на подшипниках. На валу приварены кронштейны для удержания пружины, обеспечивающей необходимое контактное нажатие и кронштейны для удерживающих тяг, соединяющих валы друг с другом.

Контактный узел состоит из двух алюминиевых вставок, закреплённых в башмаках, которые установлены на вертикальных стойках.

Опускание и подъём токоприёмника производится приводом дистанционного управления.

Привод токоприёмника состоит из мотор – редуктора, блока управления приводом и датчиков конечного положения.

Мотор – редуктор служит для подъёма и опускания токоприёмника. Блок управления обрабатывает сигналы с мотор – редуктора и датчиков конечного положения. Датчики конечного положения дают команду на остановку токоприёмника при подъёме и опускании.

					13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ	Лист
						11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Регулировку и настройку токоприёмника следует проводить при отключенном питании. Перед включением питания следует вручную полностью опустить токоприёмник и перевести коромысло в конечное положение, при котором планка будет находиться непосредственно под датчиком конечного положения.

Регулировка угла максимального подъёма токоприёмника осуществляется подбором регулировочного резистора на плате блока управления и проводится на фирме – изготовителе.

Токоприёмник сконструирован таким образом, чтобы осуществлялось постоянное электрическое соединение между контактным проводом и трамвайным вагоном, как при движении, так и при стоянке.

Надёжный токосъём должен быть обеспечен при скорости движения до 100 км/ч.

Привод токоприёмника состоит из мотор-редуктора, блока управления приводом и датчиков конечного положения.

2.3 Описание принципиальной схемы БУД

Показанная на чертеже в графической части работы схема является принципиальной схемой блока управления пантографом. Входные транзисторы VT1 – VT3, являются транзисторами переключателя питания, а транзисторами мощности являются – МОП – транзисторы VT4 – VT6. Каждое из этих устройств содержит внутренний паразитный диод защелки, который используется для возвращения из статора индуктивной энергии назад к блоку питания. В любой данной роторной позиции имеется только один верхний и один нижний переключатель питания (различных выходных двух транзисторных каскадов). Эти конфигурационные переключатели подключены на оба конца обмотки статора для того, чтобы создать контур, который заставляет электрический ток быть с двухсторонней или полной волной. Пик искажения формы волны может вызвать предельную неустойчивость контура. Искажение формы может быть сглажено, если добавить RS фильтр последовательно на вход микросхемы. Использование низкого резистора для RS фильтра также поможет нам сократить искажение формы волны. Настройка должна быть сделана таким образом, чтобы подбор входных транзисторов переключателя питания был таков, чтобы ток в течение торможения не превысил предел устойчивости устройства. В течение процесса торможения, сгенерированный максимальный ток ограничен только добавочным сопротивлением выключателя (коммутатора).

2.4 Основные требования, предъявляемые к электроприводам

Основные требования, предъявляемые к современным электроприводам следующие:

– минимальные габариты электрических двигателей при высоком вращающем моменте;

					13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

- значительная нагрузочная способность в режиме кратковременной и повторной кратковременной нагрузке;
- широкий диапазон регулирования;
- высокая стабильность характеристик;
- высокое быстродействие при апериодическом характере переходных процессов разгона и торможения;
- высокое быстродействие при наброске и сбросе нагрузки и при реверсе под нагрузкой на самых малых частотах вращения;
- высокая равномерность движения при различной нагрузке на всех скоростях, вплоть до самых малых;
- высокая надежность и ремонтпригодность;
- малые габаритные размеры и расход активных материалов;
- небольшой расход дефицитных материалов;
- простота наладки, ремонта и эксплуатации;
- высокая унификация узлов отдельных элементов;
- высокая экономичность и малая стоимость.

Как видно из перечисленных требований совмещение всех их в одном устройстве принципиально невозможно. Поэтому при проектировании и применении специальных электроприводов в каждом конкретном случае удовлетворение одним требованиям достигается в ущерб другим.

Вывод по разделу 2: Однорычажный токоприемник позволяет решить вопрос надежного токосъема для обеспечения питания электрических цепей вагона за счет более стабильной характеристики статического нажатия полоза на контактный провод. Опускание и подъем токоприёмника производится приводом дистанционного управления, где в качестве движителя используется вентильный двигатель.

					13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ	Лист
						13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3 РАСЧЕТ МОЩНОСТИ ДВИГАТЕЛЯ.

Исходя, из технических параметров и условий работы выбираем режим работы кратковременный номинальный режим, т.е. периоды с неизменной номинальной нагрузкой чередуются с периодами отключения, но за время включенного состояния температура двигателя становится равной температуре окружающей среды.

Расчет мощности при данном режиме работы ведем с применением нагрузочной диаграммы. При расчете ограничимся только одним периодом работы. Расчет ведем по методу среднеквадратичного момента, который применим для любых двигателей работающих с номинальным магнитным потоком и мало меняющейся скорости.

Расчет выполнен с применением математической системы MathCAD 13 и представлен в приложении А.

По результатам расчетов получена мощность двигателя 200 Вт.

Вывод по разделу 3: произведен расчет необходимой мощности двигателя с учетом режима работы. Необходимая мощность составляет 200 Вт.

					13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ	Лист
						14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4 РАСЧЕТ РЕДУКТОРА

4.1 Кинематический расчет привода.

4.1.1 Угловая скорость на валу двигателя ω_d ,

$$\omega_d := \frac{\pi \cdot n_d}{30} \quad (4.1)$$

где n_d - частота вращения вала двигателя;

$$n_d := 1000 \text{ об/мин}$$

$$\omega_d = \frac{3.14 \cdot 1000}{30}$$

$$\omega_d = 104,72$$

4.1.2 Общее передаточное число редуктора I .

$$I := i_1 \cdot i_2 \cdot i_3, \quad (4.2)$$

где i_1, i_2, i_3 – передаточное число зубьев редуктора;

$$i_1 := 8, \quad i_2 := 12$$

$$I = 8 \cdot 12 \cdot 2$$

$$I = 192$$

4.1.3 Угловая скорость и частота вращения валов редуктора ω , .

$$\omega_2 := \frac{\omega_1}{i_1} \quad (4.3)$$

где $\omega_1 = \omega_d$

$$\omega_2 = \frac{1000}{8}$$

$$\omega_2 = 13.09 \text{ , рад/сек.}$$

$$\omega_3 := \frac{\omega_2}{i_2}$$

$$\omega_3 = \frac{13.09}{12}$$

$$\omega_3 = 1.091 \text{ , рад/сек.}$$

					13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ	Лист
						15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4.1.4 Вращающие моменты на валах редуктора

$$M1 := \frac{P}{\omega_1} \quad (4.4)$$

где P_N - требуемая мощность на валу двигателя,

$$P := \frac{P_k}{\eta}$$

где P_k – мощность на валу исполнительного двигателя,

$$P_k = 190 \quad \eta = 0.885 ;$$

η – КПД передачи;

$$P := \frac{190}{0.885}$$

$$P = 214.689, \text{ Вт.}$$

$$M1 := \frac{214}{104.72}$$

$$M1 = 2.05, \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

$$M2 := M1 \cdot i_1$$

$$M2 = 8.632, \text{ М, Н}\cdot\text{м.}$$

$$M3 := M2 \cdot i_2$$

$$M3 := 8.632 \cdot 12$$

$$M3 = 103.586 \quad \text{Н}\cdot\text{м.}$$

4.1.5 Мощность передаваемая редуктором P

$$P1 := N \quad (4.5)$$

$$P2 := P1 \cdot \eta$$

$$P2 = 4.521 \cdot 0.885$$

$$P2 = 99.97, \text{ Вт}$$

					13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ	Лист
						16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4.2 Определение геометрических размеров передачи.

4.2.1 Ширина зубчатого венца колеса b_2 ,

$$b_{21} = \psi_{ba1} \cdot a_{w1} \quad (4.6)$$

где $\psi_{ba} = \frac{2 \cdot \psi_{bd}}{i_1 + 1}$ - коэффициент для ширины зубьев;

$\psi_{bd} = 0.8$ - коэффициент ширины зубчатого венца;

$a_{w1} = 130$ – межосевое расстояние, мм;

$a_{w2} = 190$ мм;

$$\psi_{ba1} = \frac{2 \cdot 0.8}{8 + 1}$$

$$\psi_{ba1} = 0.178$$

$$\psi_{ba2} = \frac{2 \cdot 0.8}{12 + 1}$$

$$\psi_{ba2} = 0.123$$

$$b_{21} = 0.178 \cdot 130$$

$$b_{21} = 20, \text{ мм}$$

$$b_{22} = \psi_{ba2} \cdot a_{w2}$$

$$b_{22} = 0.123 \cdot 190$$

$$b_{22} = 25, \text{ мм}$$

4.2.2 Ширина зубчатого венца шестерни b_1 ,

$$b_{11} := b_{21} + 4 \quad (4.7)$$

$$b_{11} = 2 + 4$$

$$b_{11} = 6, \text{ мм}$$

$$b_{12} = b_{22} + 4$$

$$b_{12} = 12, \text{ мм}$$

4.2.3 Число зубьев шестерни Z_1 .

$$Z_{11} := \frac{Z_c}{i_1 + 1} \quad (4.8)$$

где Z_c – общее число зубьев.

$$Z_{c1} := 90 \quad Z_{c2} := 130$$

					13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ	Лист
						17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$Z_{11} = \frac{90}{8 + 1}$$

$$Z_{11} = 10$$

$$Z_{12} = 10$$

4.2.4 Число зубьев зубчатых колес Z_2 .

$$Z_{21} := Z_c - Z_{11} \quad (4.9)$$

$$Z_{21} = 90 - 10$$

$$Z_{21} = 80$$

$$Z_{22} = 130 - 10$$

$$Z_{22} = 120$$

4.2.5 Уточняем передаточное число Z_a .

$$Z_a := \frac{Z_{21}}{Z_{11}} \quad (4.10)$$

$$Z_{a1} = \frac{80}{10}$$

$$Z_{a1} = 8$$

$$Z_{a2} = \frac{120}{10}$$

$$Z_{a2} = 12$$

4.3 Определение геометрических размеров зубчатых колес.

4.3.1 Делительный диаметр шестерни d_{11}

$$d_{11} := \frac{m \cdot Z_{11}}{\cos(\beta_a)} \quad (4.11)$$

где β_a - угол наклона зубьев;

$$\beta_a := 0$$

m – модуль зацепления;

$$m = 0.35$$

$$d_{11} = \frac{0.35 \cdot 10}{1}$$

$$d_{11} = 3.5, \text{ мм}$$

					13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ	Лист
						18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$Z_{12} = \frac{130}{12 + 1}$$

$$d_{12} = 3.5, \text{ мм}$$

4.3.2 Делительный диаметр зубчатого колеса d_2

$$d_{21} := \frac{m \cdot Z_{21}}{\cos(\beta_a)} \quad (4.12)$$

где $m = 0.3$

$$d_{21} = \frac{0.3 \cdot 80}{1}$$

$$d_{21} = 24, \text{ мм}$$

$$d_{22} = \frac{0.3 \cdot 120}{1}$$

$$d_{22} = 36, \text{ мм}$$

4.3.3 Диаметр вершин зубьев шестерни da_1 ,

$$da_{11} := d_{11} + 2 \cdot m \quad (4.13)$$

$$da_{11} = 3.5 + 2 \cdot 0.35$$

$$da_{11} = 4.2, \text{ мм}$$

$$da_{12} = 4.2, \text{ мм}$$

4.3.4 Диаметр вершин зубьев колеса da_2

$$da_{21} := d_{21} + 2 \cdot m \quad (4.14)$$

$$da_{21} = 24 + 2 \cdot 0.3$$

$$da_{21} = 24.6, \text{ мм}$$

$$da_{22} = 36 + 2 \cdot 0.3$$

$$da_{22} = 36.6, \text{ мм}$$

4.3.5 Диаметр впадин зубьев шестерни df_1

$$df_{11} := d_{11} - 2.5 \cdot m \quad (4.15)$$

$$df_{11} = 3.5 - 2.5 \cdot 0.35$$

$$df_{11} = 2.625, \text{ мм}$$

$$df_{12} = 2.625$$

					13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ	Лист
						19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4.3.6 Диаметр впадин зубьев колеса df_2 ,

$$df_{21} = 24 - 2.5 \cdot 0.3 \quad (4.16)$$

$$df_{21} = 23.25 \text{ ,мм}$$

$$df_{22} = 36 - 2.5 \cdot 0.3$$

$$df_{22} = 35.25 \text{ ,мм}$$

Вывод по разделу 4: произведен кинематический расчет привода и расчет основных параметров редуктора, определена мощность, передаваемая редуктором, геометрические размеры передачи, общее передаточное число редуктора, вращающие моменты на валах редуктора и мощность, передаваемая редуктором.

					13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

5 РАСЧЕТ ВЕНТИЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ.

5.1 Техническое задание

Исходные данные:

Напряжение питания - $U_{\text{пост.}} = 24 \text{ В}$

Мощность на валу – $P_2 = 200 \text{ Вт}$

Частота вращения - $N = 1000 \text{ об/мин}$

Температура окружающей среды - $T_{\text{ср.}} = \text{от } -40^\circ \text{ до } +40^\circ$

Режим работы – кратковременный

5.2 Определение основных размеров

В качестве основных размеров ВДПТ, как и в любой машине, принимают диаметр якоря D_a , причем в данном случае имеют в виду диаметр расточки пакета якоря и его длину l_δ .

5.2.1. В качестве исходной величины при определении основных размеров ВДПТ, как правило, принимается расчетная мощность $P_{\text{ем}}$

$$P_{\text{ем}} := E_{\text{ср}} \cdot I_{\text{ср}} \quad (5.1)$$

где $I_{\text{ср}}$ – среднее значение тока;

$E_{\text{ср}}$ – среднее значение Э.Д.С двигателя.

Предварительно эта мощность может быть определена по формуле:

$$P_{\text{ем}} := \frac{1 + \eta}{2 \cdot \eta} \cdot P_2 \quad (5.2)$$

где η - К.П.Д двигателя, определяется по кривым рис. 3.1 [5] ;

P_2 - мощность на валу.

Принимаем $\eta = 0.9$

$$P = \frac{1 + 0.9}{2 \cdot 0.9} \cdot 200$$

$$P = 211.111 \text{ , Вт}$$

5.2.2 Предварительно среднее значение Э.Д.С двигателя можно определить, исходя из выражения электромагнитной мощности $E_{\text{ср}}$.

$$E_{\text{ср}} := \frac{1 + \eta}{2} \cdot U \quad (5.3)$$

$$E_{\text{ср}} = \frac{1 + 0.9}{2} \cdot 24$$

					13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ	Лист
						21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$E_{cp} = 22.8 \text{ ,В}$$

5.2.3 Среднее значение тока I_{cp} .

$$I_{cp} := \frac{P_{em}}{E_{cp}} \quad (5.4)$$

$$I_{cp} = \frac{211.111}{22.8}$$

$$I_{cp} = 9.259 \text{ ,А}$$

5.2.4 Действующее значение тока I_d .

$$I_d := K_d \cdot I_{cp} \quad (5.5)$$

где K_d рассчитывается исходя, из уравнений ((2.10), (2.15) и (2.16) [5]), как соотношение:

$$K_d := \frac{\sqrt{1 + K_o \cdot \left(\frac{E_{cp}}{U}\right)^2 - 2 \cdot \frac{E_{cp}}{U}}}{1 - \frac{E_{cp}}{U}}, \quad (5.6)$$

где $K_o = 1$ для прямоугольной Э.Д.С.

$$K_d = \frac{\sqrt{1 + 1 \cdot \left(\frac{22.8}{24}\right)^2 - 2 \cdot \frac{22.8}{24}}}{1 - \frac{22.8}{24}}$$

$$K_d = 1$$

отсюда

$$I_d = 1 \cdot 9.259$$

$$I_d = 9.259 \text{ , А}$$

5.2.5. Для определения D_a и l_δ якоря нужно определить машинную постоянную C .

$$C = \frac{D_a^2 \cdot l_\delta \cdot n}{P_{em}} = \frac{6}{\xi \cdot K_l \cdot \alpha \delta \cdot B_\delta \cdot A} = \frac{C_1}{\xi \cdot K_l}, \quad (5.7)$$

где $C_1 := \frac{6}{\xi \cdot K_l \cdot \alpha \delta \cdot B_\delta \cdot A}$ - машинная постоянная эквивалентного коллекторного двигателя постоянного тока;

ξ - коэффициент, зависящий от формы кривой Э.Д.С и способа коммутации, выбираем из таблицы $\xi = 1,2$

					13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ	Лист
						22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

где $\alpha\delta$ - коэффициент полюсной дуги;

$$\alpha\delta = (1,04 - 1,1) \alpha$$

где $\alpha = 0,65 - 0,7$;

принимается $\alpha = 0,7$, отсюда

$$\alpha\delta := 1,05 \cdot 0,7$$

$$\alpha\delta = 0,735$$

где K_1 - коэффициент, учитывающий влияние индуктивности;

принимается $K_1 = 1,1$

При выборе индукции $B\delta$, в воздушном зазоре учитывается, что она существенно зависит от параметров внешней магнитной цепи и от свойств материала постоянного магнита $B\delta$

$$B\delta := B\delta_m \cdot \frac{2 \cdot p \cdot (1 - \sqrt{1 - K_m})}{\alpha\delta \cdot \pi} \quad (5.8)$$

где $B\delta_m := \frac{K_b \cdot B_r}{K_\sigma}$ - индукция воздушного зазора, приведенная к нейтральному сечению магнита;

$K_b := 1 \cdot \sqrt{j}$ - коэффициент использования остаточной индукции;

j - коэффициент формы кривой размагничивания;

$j = 0,8$ (формула 1.5 [5]).

$$K_b := 1 \cdot \sqrt{0,8}$$

$$K_b := 0,9$$

$K_\sigma = 1,02-1,15$ - коэффициент магнитного рассеяния индуктора;

Принимается $K_\sigma = 1,02$

$$B\delta_m := \frac{0,9 \cdot 0,9}{1,02}$$

$$B\delta_m = 0,794 \text{ Тл}$$

$$B\delta := 0,794 \cdot \frac{2 \cdot 1 \cdot (1 - \sqrt{1 - 0,95})}{0,68 \cdot 3,14}$$

$$B\delta_m = 0,446$$

A - линейная нагрузка, выбирается по кривым (рис. 3.3) [5]

Принимается $A = 7 \times 10^3 \text{ А/М}$

$$C_1 := \frac{6}{\xi \cdot K_1 \cdot \alpha\delta \cdot B\delta \cdot A}$$

					13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ	Лист
						23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$C1 = \frac{6}{1.2 \cdot 1 \cdot 0.68 \cdot 0.577 \cdot 7 \cdot 10^3}$$

$$C = 4.128 \times 10^{-3}$$

5.2.6 Диаметр якоря Da.

$$Da := \sqrt[3]{\frac{C1 \cdot Pem}{\lambda_k \cdot \xi \cdot Kl \cdot n}} \quad (5.9)$$

где $\lambda_k = 0,6 - 2,5$ – конструктивный коэффициент;
принимается $\lambda_k = 0,6$

$$Da = \sqrt[3]{\frac{0.004128 \cdot 211.11}{2.5 \cdot 1.2 \cdot 1 \cdot 0.9}}$$

$$Da = 0.064 \text{ ,м}$$

5.2.7 Расчетная длина якоря lδ.

$$l\delta = \frac{la + l}{2}$$

$$l\delta := \lambda_k \cdot Da$$

где $la := l\delta$

$$l\delta = 2.5 \cdot 0.064$$

$$l\delta = 0.18$$

$$la := 0.18 \cdot l\delta$$

$$la = 0.31$$

Расчетные значения Da и la округляются до ближайших стандартных по ГОСТ 66366-69. Принимаются

$$Da = 0.065 \text{ м } La = 0.03 \text{ м}$$

5.2.8. С целью непосредственной взаимосвязи между основными размерами машины и параметрами материала, выраженные машиной постоянной удобно видоизменить.

При двухполупериодной 120 – градусной коммутацией и трапециидальном поле:

$$C := \frac{1}{6.1 \cdot 10^{-2} \cdot Kl \cdot \frac{Kb}{\alpha\delta \cdot K\sigma} \cdot Km \cdot Kn \cdot Vr \cdot Hc \cdot p}, \quad (5.10)$$

где $Kn = 0.2-0.4$ – коэффициент использования коэрцитивной силы магнита;
принимается $Kn = 0.2$;

					13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ	Лист
						24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$K_m = 0,74-0,95$ – коэффициент заполнения поперечного сечения индуктора магнитом;

Принимается $K_m = 0,95$;

H_c - напряженность размагничивающего поля, при котором индукция в магните = 0;

Принимается $H_c = 160 \cdot 10^3$

Для индуктора в качестве материала постоянного магнита принимается магнито-пласт на основе железа $B_r = 0,9$;

p - число пар полюсов;

Принимается $p = 1$

$$C = \frac{1}{6,1 \cdot 10^{-2} \cdot 1 \cdot \frac{0,9}{0,68 \cdot 1,02} \cdot 0,95 \cdot 0,2 \cdot 0,9 \cdot 160 \cdot 10^3 \cdot 1}$$

$$C = 7,189 \times 10^{-4}$$

5.2.9 Наружный диаметр пакета якоря D_{an}

$$D_a = \frac{D_{an}}{KD}$$

$$D_{an} := D_a \cdot KD, \text{ м} \quad (5.11)$$

где $KD = 1,5 - 2,0$ при $2p = 2$. т. к. число пар полюсов p берется равным одному, в двигателях мощностью до 150-200 Вт.

Принимается $KD = 1,5$

$$D_{an} = 0,065 \cdot 1,5$$

$$D_{an} = 0,0975, \text{ м}$$

5.3 Обмотка якоря.

В случае трапецеидального паза для обеспечения прямоугольной формы Э.Д.С трех - секционная обмотка должна выполняться сосредоточенной и с диаметральным шагом.

5.3.1 Число пазов якоря Z .

$$Z := 2 \cdot p \cdot m \cdot q, \quad (5.12)$$

где q - число пазов на полюсе и фазе;

$m = 3$ – число секций обмотки якоря.

$$Z = 2 \cdot 1 \cdot 3 \cdot 2$$

$$Z = 12$$

					13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ	Лист
						25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

5.3.2 Число витков секций W.

$$W := \frac{4.77 \cdot E_{cp}}{n \cdot B\delta \cdot Da \cdot l\delta} \quad (5.13)$$

$$W = \frac{4.77 \cdot 22.8}{0.9 \cdot 0.3 \cdot 0.065 \cdot 0.18}$$

$$W = 35.273$$

5.3.3 Поток в воздушном зазоре Φ .

$$\Phi := \frac{2}{\pi} \cdot B\delta \cdot l\delta \cdot \tau \quad (5.14)$$

где $\tau := \frac{\pi \cdot Da}{2 \cdot p}$ - полюсное деление;

$$\tau = 0.039$$

$$\Phi = \frac{2}{3.14} \cdot 0.577 \cdot 0.015 \cdot 0.04$$

$$\Phi = 2.122 \times 10^{-4}, \text{ Вб}$$

5.3.4 Линейная нагрузка при двухполупериодной коммутации A,

$$A := \frac{2 \cdot W \cdot m \cdot I_{sn}}{\pi \cdot Da} \quad (5.15)$$

где $I_{sn} := \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot I_d$ - действительное значение токов секций;

$$I_{sn} = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot 9.259$$

$$I_{sn} = 2.485$$

$$A = \frac{2 \cdot 35.7 \cdot 2.485}{3.14 \cdot 0.065}$$

$$A = 869.598, \text{ А/м}$$

5.3.5 Плотность тока в обмотке якоря j_a ,

Плотность тока в обмотке якоря зависит от режима работы, класса изоляции, конструктивного исполнения и условий охлаждения машины.

					13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ	Лист
						26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$j_a = \frac{(10 - 17)}{A} \cdot q_1 \quad (5.16)$$

где q_1 - удельная тепловая нагрузка внутренней цилиндрической поверхности якоря;

$$q_1 := \Delta Q_m \cdot \alpha_t \cdot (1 + 0.1 \cdot V) ;$$

где ΔQ_m -предельное допустимое превышение температуры якоря над температурой окружающей среды;

Принимается $\Delta Q_m = 75^\circ$;

α_t - коэффициент теплоотдачи поверхности якоря, равный 24 Вт/град.×м²;

$$V := \frac{\pi \cdot D_a \cdot n}{60} \quad - \text{ окружная скорость ротора,}$$

$$V = \frac{3.14 \cdot 0.065 \cdot 1000}{60}$$

$$V = 3.359 \text{ ,м/с}$$

$$q_1 = 75 \cdot 24 \cdot (1 + 0.1 \cdot 1.296)$$

$$q_1 = 1.804 \times 10^3$$

$$j_a := \frac{10}{A} \cdot q_1$$

$$j_a = \frac{10}{869.598} \cdot 1.804 \cdot 10^3$$

$$j_a = 8.74, \text{ A/мм}^2$$

5.3.6 Сечение провода обмотки якоря g_a ,

$$g_a := \frac{I_{sn}}{j_a} \quad (5.17)$$

$$g_a = 0.296 \text{ ,мм}^2$$

Полученное значение уточняется в соответствии с ГОСТом на обмоточные провода. Якорная обмотка выполнена из круглого медного изолированного провода марки ПЭТВ- 2.

Принимается $g_a - 0.3$

					13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ	Лист
						27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

5.3.7 Сечение изолированного провода обмотки gau, мм².

$$gau := \frac{\pi \cdot du^2}{4} \quad (5.18)$$

где du - диаметр изолированного провода;

$$du = 0.7, \text{ мм}$$

$$gau = \frac{3.14 \cdot 0.7^2}{4}$$

$$gau = 0.363, \text{ мм}$$

5.4 Пазово - зубцовая зона и спинка якоря.

Пакет якоря вентильного электродвигателя набирается из листов электротехнической стали марки Э31.

При определении его геометрии можно использовать рекомендации, известные из опыта проектирования электротехнических машин малой мощности.

5.4.1 В качестве исходной величины для определения размеров пазово - зубцовой зоны служит площадь паза Qn.

$$Q_n := \frac{W \cdot gau \cdot 10^{-6}}{p \cdot q \cdot K_{n1}} \quad (5.19)$$

где K_{n1} = 0,28-0,42 – коэффициент заполнения паза изолированным проводом; принимается K_{n1} = 0,42.

$$Q = \frac{35.273 \cdot 0.139 \cdot 10^{-6}}{1 \cdot 2 \cdot 0.3}$$
$$Q_n = 2.135 \times 10^{-5}, \text{ м}^2$$

5.4.2 Ширина зубца в случае трапециидальной формы bz.

$$bz := \frac{B\delta \cdot t_1}{Bz \cdot K_c} \quad (5.20)$$

где $t_1 := \frac{\pi \cdot Da}{Z}$ - зубовое деление по окружности якоря;

					13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ	Лист
						28
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$t_1 = \frac{3.14 \cdot 0.065}{12}$$

$$t_1 = 0.017, \text{ м}$$

B_z - индукция в зубце;

$$B_z = (0.9-1.8) \text{ Т};$$

Принимается $B_z = 1,8 \text{ Т};$

K_c - коэффициент заполнения пакета якоря сталью;

Принимаем $K_c = 0,93$ (табл. 3,2).

$$b_z = \frac{0.3 \cdot 0.017}{1.1 \cdot 0.93}$$

$$b_z = 4.919 \times 10^{-3}, \text{ м}^2$$

5.4.3 Основные размеры паза наружного якоря.

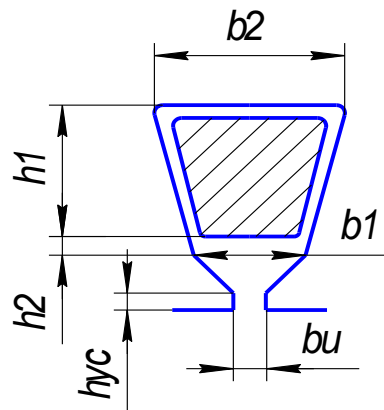


Рисунок 5.1 – Трапециидальный паз.

$$b_1 = 0.012, \text{ м}$$

Высота усика h_{yc} , м.

$$h_{yc} = (0,3-1,5) \times 10^{-3}$$

принимается $h_{yc} = 1 \times 10^{-3}$

$$b_2 := 0.009 \text{ ,м}$$

$$h_n := 0.011 \text{ ,м}$$

5.4.4 Ширина шлица паза b_u ,

$$b_u := (d_u + 2 \cdot \Delta U + 0.2) \cdot 10^{-3} \quad (5.21)$$

где ΔU -толщина пазовой изоляции;

$\Delta U = (0,15-0,25)$, мм при напряжении 12-30В;
 принимается $\Delta U = 0,2$, мм.
 В качестве пазовой изоляции принимается фторопласт.

$$b_u = (0,42 + 2 \cdot 0,2 + 0,2) \cdot 10^{-3}$$

$$b_u = 1,02 \times 10^{-3}$$

5.5 Параметры обмотки якоря и выбор коммутирующих элементов.

5.5.1 Средняя длина витка секции обмотки якоря l_b .

$$l_b := 2 \cdot (l_\delta + l\Delta\delta) \quad , \text{ м} \quad (5.22)$$

где $l\Delta\delta := \beta \cdot \tau_{cp}$ - длина лобовой части полувитка, м.

$$\tau_{cp} := \frac{\pi \cdot D_{cp}}{2 \cdot p} \quad - \text{ полюсное деление, отнесенное к среднему диаметру.}$$

$D_{cp} := D_a + h_n$ - средний наружный диаметр якоря.

$$D_{cp} = 0,065 + 0,011$$

$$D_{cp} = 0,075, \text{ м}$$

$$\tau_{cp} = \frac{3,14 \cdot 0,075}{2 \cdot 1} \quad , \text{ м}$$

$$\tau_{cp} = 0,056, \text{ м}$$

$\beta = 1$ - коэффициент укорочения обмотки.

$$l\Delta\delta = 1 \cdot 0,056$$

$$l\Delta\delta = 0,056, \text{ м}$$

$$l_b = 2 \cdot (0,015 + 0,056)$$

$$l_b = 0,142$$

5.5.2 Активное сопротивление секций r .

$$r := \frac{W \cdot l_b}{57 \cdot g_a} \quad (5.23)$$

$$r := \frac{40,5 \cdot 0,142}{57 \cdot 0,296}$$

$$r = 0,156, \text{ Ом}$$

					13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ	Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

5.5.3 Индуктивность секций обмотки якоря L.

$$L := 2 \cdot \mu_0 \cdot \frac{W^2 \cdot l\delta}{p \cdot q} \cdot \Sigma\Lambda \quad (5.24)$$

где Λ = суммарная магнитная проводимость.

$$\Sigma\Lambda := \lambda_n + \lambda l\delta + \lambda u \quad (5.25)$$

где $\lambda_n, \lambda l\delta, \lambda u$ - проводимость от потока пазового рассеивания, потока рассеяния лобовых частей и потока якоря, замыкающего через индуктор.

$$\lambda_n := \frac{h_1}{3 \cdot b_1} \cdot K\beta + \left(\frac{h_2}{b_2} + \frac{3 \cdot h_3}{b_1 + 2 \cdot b_u} + \frac{h_{yc}}{b_u} \right) \cdot K\beta_i, \quad (5.26)$$

где $K\beta, K\beta_i$ - коэффициенты для трехфазной двухслойной обмотки;

$$K\beta := \frac{1 + 9 \cdot \beta}{16}$$

$$K\beta = \frac{1 + 9 \cdot 1}{16}$$

$$K\beta = 0.625$$

$$K\beta_i := \frac{1 + 3 \cdot \beta}{4}$$

$$K\beta_i = \frac{1 + 3 \cdot 1}{4}$$

$$K\beta_i = 1$$

$$h_1 := 0.006$$

$$h_2 := 0.002$$

$$h_3 := h_2$$

$$\lambda_n = \frac{0.006}{3 \cdot 0.005} \cdot 0.625 + \left(\frac{0.002}{0.009} + \frac{3 \cdot 0.002}{0.005 + 2 \cdot 1.02 \cdot 10^{-3}} \right) \cdot 1$$

$$\lambda_n = 2.305$$

$$\lambda l\delta := 0.34 \cdot \frac{q}{l\delta} \cdot (l\delta - 0.64 \cdot \beta \cdot \tau_{cp}) \quad (5.27)$$

где $l\delta := \beta \cdot \tau_{cp}$

					13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ	Лист
						31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$I\lambda\delta = 1 \cdot 0.056$$

$$I\lambda\delta = 0.056$$

$$\lambda l\delta = 0.34 \cdot \frac{2}{0.015} \cdot (0.056 - 0.64 \cdot 1 \cdot 0.056)$$

$$\lambda l\delta = 0.925$$

$$\lambda u := 0.5 \cdot \frac{p\beta}{p \cdot \mu_0}$$

где $p\beta := \frac{Br}{Hc}$ - коэффициент возврата постоянного магнита;

$$p\beta = \frac{0.9}{160 \cdot 10^3}$$

$$p\beta = 5.625 \times 10^{-6}$$

$$\mu_0 := 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$$

$$\lambda u = 0.5 \cdot \frac{5.6 \cdot 10^{-6}}{1 \cdot 4 \cdot 3.14 \cdot 10^{-7}}$$

$$\lambda u = 2.238$$

$$\Sigma\lambda = 2.305 + 0.925 + 2.238$$

$$\Sigma\Lambda = 5.47$$

$$L = 2 \cdot 4 \cdot 3.14 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{405 \cdot 0.015}{1 \cdot 2} \cdot 5.47$$

$$L = 0.017, \text{ Гн}$$

5.5.4. После определения параметров обмотки якоря проверяется среднее значение тока двигателя I_{cp}

$$I_{cp} = \frac{U - E_{cp}}{r} \cdot Kl \quad (5.28)$$

где r - активное сопротивление эквивалентной обмотки якоря;

Уточняется коэффициент индуктивности Kl .

$$Kl := \frac{i_{cp}}{i_{cpr}}$$

					13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ	Лист
						32
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

где i_{cp} и i_{cpr} - среднее относительное значение токов при $\zeta := w\delta \cdot \frac{L_e}{r}$ и $\zeta = 0$, которое определяется по кривым $v = f(i_{cp})$, соответствующих 120 – градусной двухполупериодной коммутации.

При этом базовая угловая скорость вращения $w\delta$.

$$w\delta := \frac{p \cdot \pi \cdot n\delta}{30}$$

где $n\delta$ - рассчитывается путем решения уравнения (5.14) относительно скорости при подстановке в них E_{cp} . Коэффициент K_1 определяется по кривым (рис. 3.2а [5]) относительно скорости вращения.

$$n\delta := \frac{4.77 \cdot E_{cp}}{W \cdot B\delta \cdot Da \cdot l\delta}$$

$$n\delta = \frac{4.77 \cdot 18}{405 \cdot 0.577 \cdot 0.025 \cdot 0.015}$$

$$n\delta = 1 \times 10^3, \text{ об/мин}$$

$$w\delta := \frac{1 \cdot \pi \cdot 1000}{30}$$

$$w\delta = 104.72, \text{ рад/сек}$$

$$v = \frac{n}{n\delta}$$

$$v = \frac{1000}{1000}$$

$$v = 1$$

$$i_{cp} = 0.253$$

$$\zeta := w\delta \cdot \frac{L_e}{r}$$

где L_e - индуктивность эквивалентной обмотки, $L_e = 2L$.

$$\zeta = 104.72 \cdot \frac{2 \cdot 0.017}{8.9}$$

$$\zeta = 0.4$$

$$i_{cpr} = 0.0723$$

$$K_1 = \frac{0.253}{0.0723}$$

					13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ	Лист
						33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$K1 = 3.499$$

$$I_{cp} = \frac{24 - 22.8}{0.156} \cdot 3.499$$

$$I_{cp} = 9.647, \text{ A}$$

5.5.5. При выборе коммутирующих элементов учитывается максимально возможные токи машины. Для нереверсивного вентильного электропривода таким током является пусковой ток I_{max} .

$$I_{max} := \frac{U}{\frac{a_n}{r}} \quad (5.29)$$

где $a_n = 4$ - число последовательно соединенных секций.

$$I_{max} = \frac{6}{0.156}$$

$$I_{max} = 38.462, \text{ A}$$

5.6 Расчет магнитной цепи.

Внешняя магнитная цепь включает в себя воздушный зазор, зубовую зону и спинку якоря.

5.6.1 Расчетный воздушный зазор δ_1 .

$$\delta_1 := K\delta \cdot \delta \quad (5.30)$$

где δ - воздушный зазор между якорем и полюсами индуктора;

принимается $\delta = 0,2 \times 10^{-3}$ м;

$K\delta$ - коэффициент воздушного зазора.

$$K\delta := \frac{t1 + 10 \cdot \delta}{t1 - bu + 10 \cdot \delta}$$

$$K\delta = \frac{6.48 \cdot 10^{-3} + 10 \cdot 0.2 \cdot 10^{-3}}{6.48 \cdot 10^{-3} - 1.02 \cdot 10^{-3} + 10 \cdot 0.2 \cdot 10^{-3}}$$

$$K\delta = 1.137$$

$$\delta_1 = 1.137 \cdot 0.2 \cdot 10^{-3}$$

$$\delta_1 = 2.273 \times 10^{-4}, \text{ м}$$

					13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ	Лист
						34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

5.6.2 Н.С воздушного зазора на пару полюсов $F\delta$.

$$F\delta := 1.6 \cdot B\delta \cdot \delta 1 \cdot 10^6, \text{А} \quad (5.31)$$

$$F\delta = 209.964$$

5.6.3 Н.С зубцов якоря Fz .

$$Fz := 2 \cdot Hz \cdot hz, \text{А} \quad (5.32)$$

где Hz - напряженность поля в узле;

$hz = h_n$ - высота зубца;

$hz = h_n = 0,011$ м.

При определении напряженности поля в зубце сначала рассчитывают индукцию в зубце Bz .

$$Bz := B\delta \cdot \frac{t1}{bz \cdot Kc}, \text{Тл} \quad (5.33)$$

$$Bz = 0.58 \cdot \frac{6.48 \cdot 10^{-3}}{3.094 \cdot 10^{-3} \cdot 0.93}$$

$$Bz = 1.3$$

Hz - выбирается по кривым намагничивания в зависимости от Bz

$$Hz = 950 \text{ А/М}$$

$$Fz = 2 \cdot 950 \cdot 0.011$$

$$Fz = 20.9$$

5.6.4 Н.С спинки якоря Fa .

$$Fa := \xi_0 \cdot Ha \cdot za, \text{А} \quad (5.34)$$

где $\xi_0 = 0,63-0,55$ - коэффициент, учитывающий неравномерность величины индукции вдоль средней линии магнитной индукции;

Принимается $\xi_0 = 0,64$;

za – длина средней линии магнитной индукции.

При внешнем якоре za ,

$$za := \frac{\pi \cdot (Da + 2 \cdot hz + ha)}{2 \cdot p}, \text{м} \quad (5.35)$$

$$za = \frac{3.14 \cdot (0.025 + 2 \cdot 0.011 + 5.909 \cdot 10^{-3})}{2 \cdot 1}$$

$$za = 0.083$$

Напряженность поля Ha в спинке якоря определяется по кривой намагничивания материала пакета якоря для индукции Ba , Тл.

$$Ba := 1.3$$

					13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ	Лист
						35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$H_a = 950 \text{ A/M}$$

$$F_a = 0.64 \cdot 950 \cdot 0.083$$

$$F_a = 50.464$$

5.6.5 Полная Н.С магнитной цепи F.

$$F := F\delta + F_z + F_a \quad ,A \quad (5.36)$$

$$F = 209.9 + 20.9 + 50.464$$

$$F = 281.264$$

5.6.6 Коэффициент насыщения магнитной цепи K_μ .

$$K_\mu := \frac{F}{F\delta} \quad (5.37)$$

$$K_\mu = \frac{281.264}{209.9}$$

$$K_\mu = 1.34$$

Далее производится расчет для ряда значений индукции $B\delta$.

Данные расчета сводятся в таблицу 5.1 , а затем строится кривая намагничивания.

Таблица 5.1 – Расчет магнитной цепи

Величина	КВδ				
	0.5Вδ	0.8Вδ	1Вδ	1.15 Вδ	1.3Вδ
1	2	3	4	5	6
Φ	$1.048 \cdot 10^{-4}$	$1.67 \cdot 10^{-4}$	$2.122 \cdot 10^{-4}$	$2.38 \cdot 10^{-4}$	$2.75 \cdot 10^{-4}$
B z	0.65	1.04	1.3	1.5	1.7
B a	0.65	1.04	1.3	1.5	1.7
H z	110	220	950	3000	10500
H a	110	220	950	3000	10500
F δ	103	166	209	236	269
F z	2.42	4.84	21	66	231
F a	4.9	9.8	50	134	468
F	110	180	282	436	968
$B\delta_m = \Phi / Q_m$	0.36	0.58	0.7	0.83	0.9
$H = F / 2hm$	23000	38000	558000	990000	200000

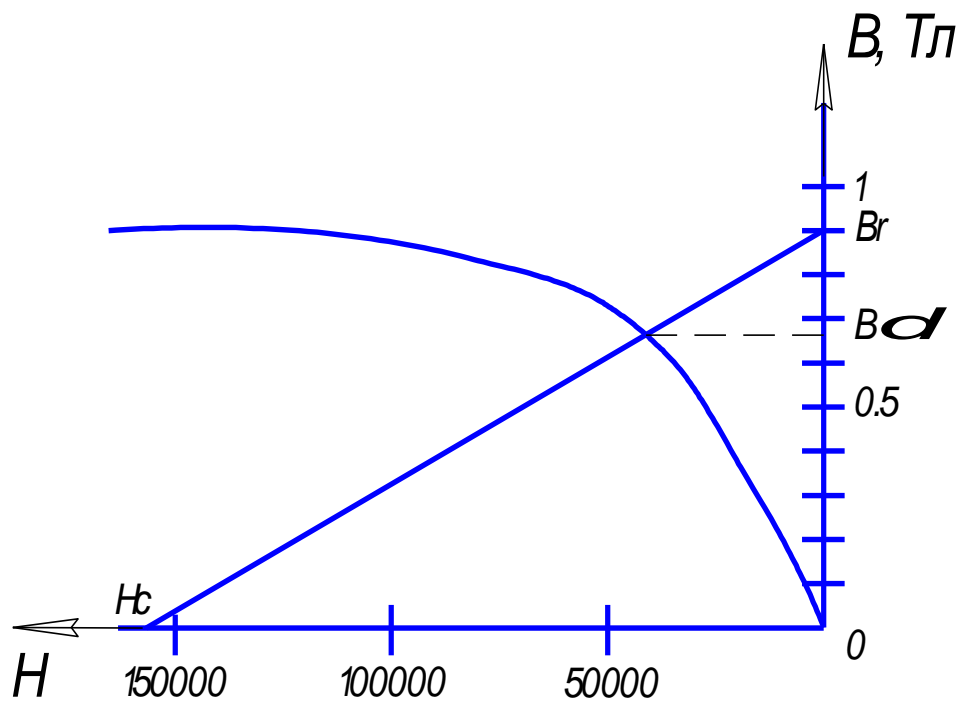


Рисунок 5.2- Рабочая диаграмма магнита

5.7 Расчет индуктора

Расчет индуктора сводится к определению размеров постоянного магнита и его рабочей точки.

Двигатель с внутренним индуктором.

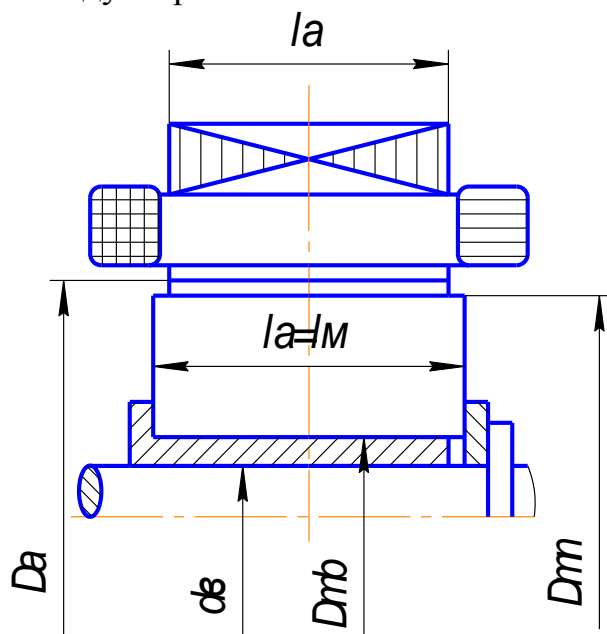


Рисунок 5.3 – Схема индуктора.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ

Лист

37

5.7.1 Наружный диаметр магнита D_{mn}

$$D_{mn} := D_a - 2 \cdot \delta \quad (5.38)$$

$$D_{mn} = 0.065 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 10^{-4}$$

$$D_{mn} = 0.064 \text{ ,м}$$

5.7.2 Внутренний диаметр магнита D_{mb} .

$$D_{mb} := D_{mn} \cdot \sqrt{1 - K_m} \text{ ,м} \quad (5.39)$$

$$D_{mb} = 0.064 \cdot \sqrt{1 - 0.95}$$

$$D_{mb} = 0.014$$

5.7.3 Ширина магнита в нейтральном сечении b_m .

$$b_m := \frac{0.5 \cdot (D_{mn} - D_{mb})}{2} \quad (5.40)$$

$$b_m = \frac{0.5 \cdot (0.64 - 0.014)}{2}$$

$$b_m = 0.012 \text{ ,м}$$

5.7.4 Осевая длина магнита l_n ,

$$l_n := 1 \cdot l_\delta \quad (5.41)$$

$$l_n = 1 \cdot 0.16$$

$$l_n = 0.16 \text{ ,м}$$

5.8 Потери и коэффициент полезного действия двигателя.

Потери в вентильном электродвигателе включают в себя следующие виды потерь:

- 1) электрические потери в обмотке якоря (основные и добавочные);
- 2) потери в коммутирующем устройстве;
- 3) магнитные потери на гистерезис и вихревые токи;
- 4) механические потери (трение в подшипниках, якоря о воздух);
- 5) добавочные потери.

5.8.1 Электрические потери в обмотке якоря P_{el} .

$$P_{el} := m \cdot I_{sn}^2 \cdot r$$

$$P_{el} = 3 \cdot 2.485 \cdot 0.456$$

$$P_{el} = 1.97 \text{ ,Вт}$$

					13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ	Лист
						38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

5.8.2 Потери в коммутирующем устройстве P_k.

$$P_k := m_l \cdot I_{cp} \cdot \Delta U_k \quad (5.43)$$

где $m_l=2$ - число последовательно включенных коммутирующих элементов;
 $\Delta U_k = 0,5- 1,0$ - падение напряжения на коммутирующем элементе;
 Принимается $\Delta U_k = 1$.

$$P_k = 2 \cdot 9.259 \cdot 0.5$$

$$P_k = 9.259 \text{ ,Вт}$$

5.8.3 Магнитные потери на гистерезис и вихревые токи P_{mz}.

$$P_{mz} := P_0 \cdot \left(\frac{f}{50} \right)^{1.4} \cdot (B_a^2 \cdot m_a \cdot K_{ta} + B_z^2 \cdot m_z \cdot K_{tz}) \quad (5.44)$$

где P_0 – удельные потери в стали на гистерезис и вихревые токи при частоте 50 Гц и индукции 1Тл;

$$P_0 = 4.5 \text{ (приложение 9)[5];}$$

f – частота перемагничивания;

$$f := \frac{p \cdot n}{60}$$

$$f = 16.667, \text{ Гц}$$

$K_{tz} = 1,4 - 1,6$ – технологический коэффициент, учитывающий увеличение магнитных потерь в спинке якоря после механической обработке;

Принимается $K_{tz} = 2.1$;

m_a - масса спинки якоря.

$$m_a := \pi \cdot (D_a + 2 \cdot h_z + h_a) \cdot h_a \cdot l_a \cdot K_c \cdot j \quad (5.45)$$

$$m_a = \pi \cdot (0.025 + 2 \cdot 0.011 + 5.909 \cdot 10^{-3}) \cdot 5.909 \cdot 10^{-3} \cdot 0.015 \cdot 0.93 \cdot 7.8 \cdot 10^3$$

$$m_a = 0.107 \text{ ,кг}$$

m_z - масса зубцов якоря, кг.

$$m_z := Z \cdot h_z \cdot h_n \cdot l_\delta \cdot j \quad (5.46)$$

где $j = 7,8 \cdot 10^3$ - плотность стали магнитопровода якоря.

$$m_z = 12 \cdot 0.011 \cdot 0.011 \cdot 0.015 \cdot 7.8 \cdot 10^3$$

$$m_z = 0.17 \text{ ,кг}$$

$$P_{mz} = 4.5 \cdot \left(\frac{16.6}{50} \right)^{1.4} \cdot (1.3^2 \cdot 0.107 \cdot 1.5 + 1.3^2 \cdot 0.17 \cdot 2.1)$$

$$P_{mz} = 0.841 \text{ ,Вт}$$

5.8.4 Механические потери:

- потери на трение якоря о воздух P_{mb} .

$$P_{mb} := 1.4 \cdot 10^4 \cdot (1 + 5 \cdot \lambda_b) \cdot \left(\frac{n}{10000} \right)^{2.5} \cdot D_b^4 \quad (5.49)$$

$$\lambda_b := \frac{l_a}{D_a}$$

l_a ; D_a - наружные длина и диаметр вращающейся части двигателя.

$$\lambda_b = \frac{0.16}{0.065}$$

$$\lambda_b = 0.6$$

$$P_{mb} = 1.4 \cdot 10^4 \cdot (1 + 5 \cdot 0.6) \cdot \left(\frac{1000}{10000} \right)^{2.5} \cdot 0.01^4$$

$$P_{mp} = 4.665 \times 10^{-3} \text{ ,Вт}$$

5.8.5 Добавочные потери P_d .

$$P_d := 0.05 \cdot P_1 \quad (5.50)$$

где $P_1 = U \cdot I_{cp}$

$$P_1 = 24 \cdot 0.338$$

$$P_1 = 7.92$$

$$P_d = 0.406 \text{ ,Вт}$$

5.8.6 Коэффициент полезного действия электродвигателя η , %.

$$\eta := \frac{U \cdot I_{cp} - \Sigma P}{U \cdot I_{cp}} \cdot 100, \quad (5.51)$$

где $\Sigma P := P_{el} + P_{mz} + P_{mb} + P_k + P_d$

$$\Sigma P = 3.4 + 0.841 + 9.259 + 2.022$$

$$\Sigma P = 15.522 \text{ ,Вт}$$

$$\eta_1 = \frac{24 \cdot 9.259 - 15.522}{24 \cdot 9.259} \cdot 100$$

$$\eta_1 = 93.015$$

					13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

Вывод по разделу 5: На основании технического задания произведен полный расчет вентильного двигателя для мотор-редуктора привода полупантографа, определены основные размеры, электрические параметры, произведен расчет сечения провода обмоток, определены форма и размеры пазово-зубцовых зон, произведен расчет магнитной цепи, выполнен расчет индуктора, а также потери и коэффициент полезного действия двигателя.

					13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ	Лист
						41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

6 ОПИСАНИЕ ДВИГАТЕЛЯ.

В настоящее время все более широкое применение получают постоянные магниты из высокоэффективных сплавов.

Применение таких магнитов позволяет улучшить массогабаритные показатели машины и разработать беспазовую конструкцию якоря.

Обмотка якоря выполняется из тонкого провода по типу двухслойной или однослойной. Она учитывается в виде секций на цилиндрический каркас, пропитывается термореактивным компаундом на основе эпоксидной смолы, а затем после формовки и полимеризации компаунда, превращается монолитный цилиндр.

В состав схемы вентильного двигателя (ВД) входят следующие основные узлы:

- электромеханический преобразователь (ЭМП);
- датчик положения ротора (ДПР);
- полупроводниковый коммутатор (ПК).

Структурная схема вентильного двигателя представлена на рисунке 6.1.

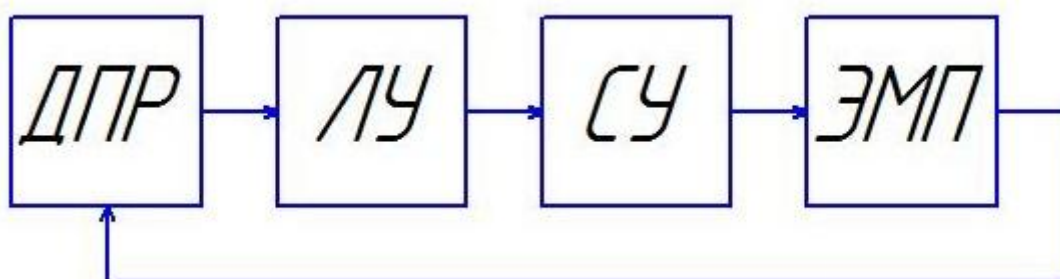


Рисунок 6.1. Структурная схема вентильного двигателя:

ДПР – датчик положения ротора;

ЛУ – логическое устройство;

СУ – система управления;

ЭМП – электромеханический преобразователь

Общий вид двигателя представлен на рисунке 6.2.

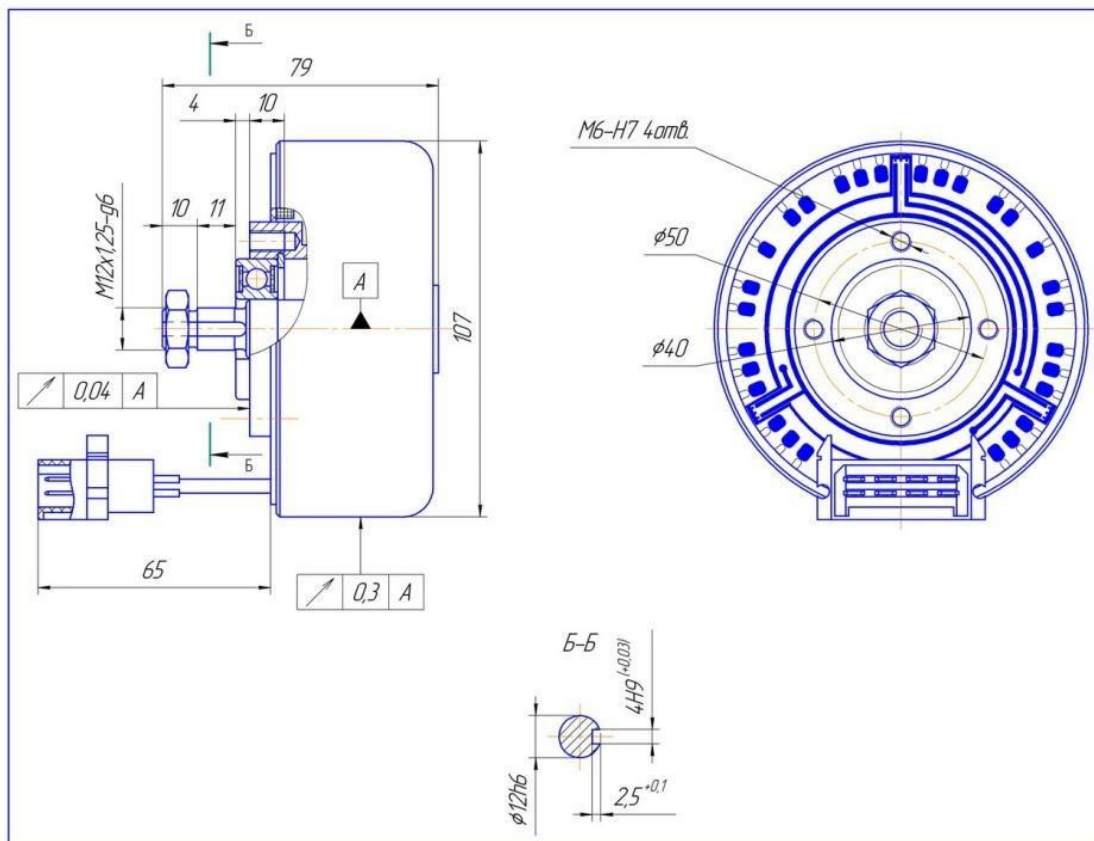


Рисунок 6.2 Общий вид двигателя

ЭМП представляет собой синхронную машину с возбуждением от постоянных магнитов на роторе и секционированной обмоткой якоря на статоре. Принцип действия вентильного двигателя аналогичен принципу действия классического двигателя постоянного тока независимого возбуждения: при повороте ротора к источнику питания подключаются те секции обмотки якоря, пропускать ток через которые, с точки зрения создания вращающего момента, наиболее выгодно. Отличие сводится к способу питания секций якоря - в классическом двигателе постоянного тока роль коммутирующего элемента выполняет щеточно-коллекторный узел, коммутация секций ВД обеспечивается ПК в зависимости от положения ротора, определяемого ДПР.

Функциональная схема четырех секционного вентильного двигателя с нереверсивным питанием силовых обмоток и дискретным ДПР на базе элементов Холла, представлена на рисунке 6.3. В состав схемы входят: ЭМП с обмоткой LM, состоящей из отдельных секций LM1...LM4 на статоре и возбуждением от постоянных магнитов ротора, силовой инвертор (СИ), логическое устройство и ДПР на базе двух элементов Холла ДХ1 и ДХ2. Питание двигателя осуществляется от внешнего источника постоянного напряжения G.

Взаимодействие полей статора и ротора создает вращающий момент двигателя, ротор поворачивается, что вызывает очередное переключение ДПР, и цикл повторяется.

По способу соединения фазных обмоток ВД между собой возможны три варианта: в «звезду» – разомкнутая обмотка (РО), в «кольцо» – замкнутая (ЗО), с независимым подключением – гальванически развязанные фазы (ГР). Наиболее часто применяется разомкнутая обмотка, реже – гальванически развязанные фазы, требующие большого количества силовых ключей. Замкнутая обмотка в ВД используется редко из-за повышенного тока через ключи СИ.

Вентильный двигатель представляет собой бесконтактный аналог двигателя постоянного тока. На рисунке 6.3. приведена функциональная схема одного из вариантов ВД – четырехсекционного двигателя с нереверсивным питанием силовых обмоток и дискретным датчиком положения ротора на базе элементов Холла. В состав схемы входят: электромеханический преобразователь (ЭМП) с обмоткой ОБ, состоящей из отдельных секций L1...L4 на статоре и возбуждением от постоянных магнитов ротора, силовой инвертор (СИ), логическое устройство (ЛУ) и датчик положения ротора (ДПР) на базе двух элементов Холла ДХ1 и ДХ2. Питание двигателя осуществляется от внешнего источника постоянного напряжения G.

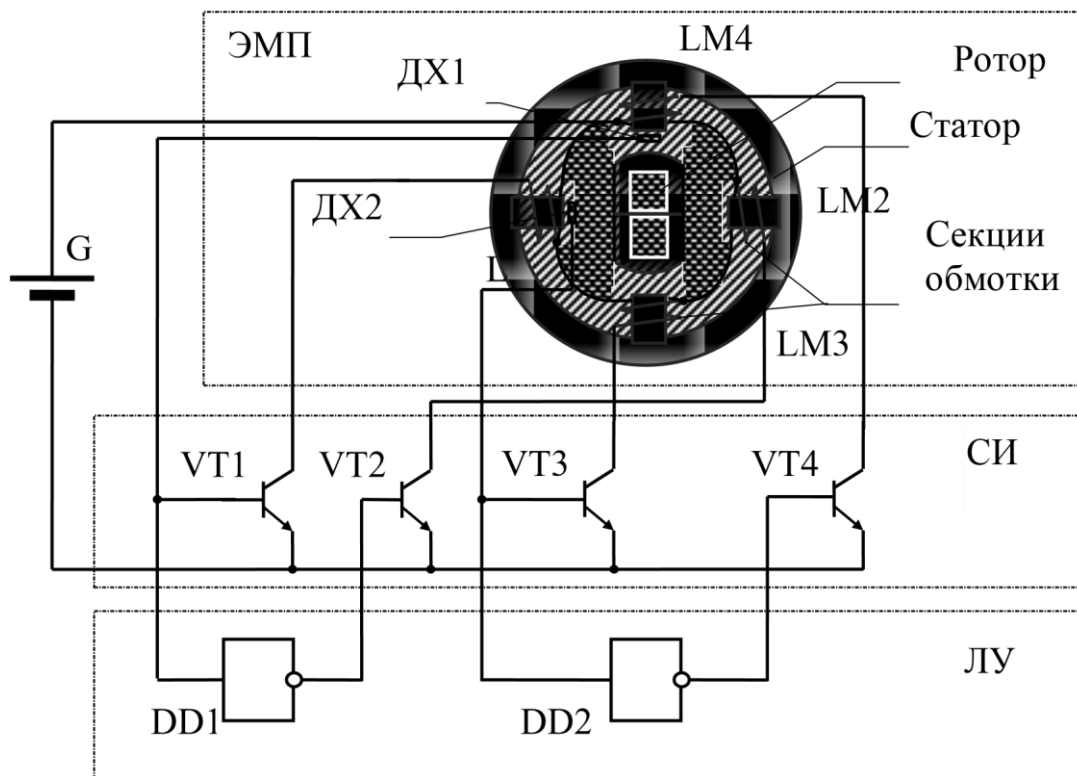


Рисунок 6.3 Функциональная схема вентильного двигателя

Принцип действия ВД соответствует принципу действия классического двигателя постоянного тока независимого возбуждения: при повороте ротора к источнику питания подключаются те секции обмотки якоря, пропускать ток через которые с точки зрения создания вращающего момента наиболее выгодно. Отличия сводятся к способу питания секций якоря: в классическом двигателе постоянного тока роль коммутирующего элемента выполняет щеточно-коллекторный узел, коммутация секций вентильного двигателя обеспечивается силовым инвертором по сигналам с ДПР. Работа схемы поясняется таблицей 1.

Таблица 1 – Коммутация обмоток ВД

Состояние элементов	Номер такта				
	1	2	3	4	1
Положение ротора					
ДХ1	+	+	-	-	+
ДХ2	-	+	+	-	-
VT1	Уип	Уип	0	0	Уип
VT2	0	0	Уип	Уип	0
VT3	0	Уип	Уип	0	0
VT4	Уип	0	0	Уип	Уип
LM1	S	S	N	N	S
LM2	N	N	S	S	N
LM3	N	S	S	N	N
LM4	S	N	N	S	S
Направление вектора поля статора					

В зависимости от положения ротора изменяется состояние датчиков Холла ДХ1 и ДХ2, контролирующих знак магнитного поля индуктора, соответственно с помощью ЛУ происходит переключение силовых транзисторов СИ VT1...VT4, и по двум из четырех обмоток LM1...LM4 начинает протекать ток, намагничивая соответствующие полюсы ЭМП. Взаимодействие полей статора и ротора создает вращающий момент двигателя, ротор поворачивается, что вызывает очередное переключение ДПР, и цикл повторяется.

В двигателе обмотки сдвинуты относительно друг друга на 120°. Применяется реверсивная схема пульсации момента за счёт дискретной коммутации. Возможна вариация параметров двигателя за счёт изменения параметров обмоток.

Алгоритм коммутации определяет очередность и комбинацию подключения фаз к источнику питания.

При реверсивном питании полная коммутация соответствует подключению к источнику в любой момент времени всех фаз, а любое переключение сводится к реверсу питания одной фазы при нечетном и двух фаз при четном числе фаз.

Варианты организации неполной коммутации, предусматривающей отключение от источника питания некоторого числа фаз, более разнообразны. В частности, возможен симметричный алгоритм, когда на каждом такте число фаз, подключенных к источнику питания, сохраняется и несимметричный, с изменением числа включенных фаз. Последний, более сложный алгоритм, требует увеличения числа элементов ДПР и ЛУ.

Способ питания, алгоритм коммутации и число фаз двигателя при использовании позиционной коммутации, когда на выходах ДПР формируются логические сигналы, определяют число тактов коммутации, то есть количество дискретных положений вектора поля якоря на электрический оборот ротора. При симметричном расположении фаз, нереверсивном питании и симметричном алгоритме коммутации число тактов определяется числом фаз. Число тактов удваивается в случае реверсивного питания при нечетном числе фаз. Дополнительно удвоить число тактов можно за счет перехода к некоторым несимметричным алгоритмам коммутации.

На энергетические и моментные характеристики ВД значительно влияет угол коммутации – фазовый сдвиг между первой гармоникой фазного напряжения и первой гармоникой фазной ЭДС вращения. Нулевой сдвиг соответствует нейтральной коммутации, положительный – опережающей, отрицательный – отстающей или запаздывающей. Опережающая коммутация часто позволяет увеличить момент двигателя, а нейтральная обычно соответствует максимуму КПД. Оптимизация угла коммутации достигается соответствующим смещением чувствительных элементов ДПР относительно оси фазы.

На рисунке 6.4 представлена механическая характеристика.

Двигатель вентильный моментный трехфазный, 26-полюсный, обращенной конструкции. На неподвижном статоре 1 двигателя размещена секционная обмотка якоря 2, состоящая из 24-х катушек. Схема соединения обмотки – звезда с нейтральным выводом. Посадка статора на вал производится с помощью подшипников качения 3.

Ротор двигателя 4 с расположенными на нем 26-ю постоянными магнитами 5 имеет чашеобразную форму, выполнен за одно целое с валом. Конструкция ротора неявнополюсная, радиальная. Материал магнитов – самарий-кобальт.

На статоре в пазах катушек расположены три датчиков положения ротора 6, выполненные на кристаллах Холла, на расстоянии 30° друг от друга. Кроме того, на статоре расположена печатная плата блока управления 7, которая содержит выводы 8 фаз, датчиков положения ротора. Для крепления двигателя на статоре предусмотрен посадочный фланец 9 с четырьмя отверстиями М6.

На базе разрабатываемого двигателя возможна реализация трех, четырех, шести и двенадцати фазных машин. Соответственно изменяется число ДПР и обмоток.

Сопrotивление фазы обмотки складывается из 8 катушек двигателя, а сопротивление якоря обмотки складывается из двух фаз двигателя.

На рисунке 6.5 представлен сборочный чертеж двигателя.

					13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ	Лист
						46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

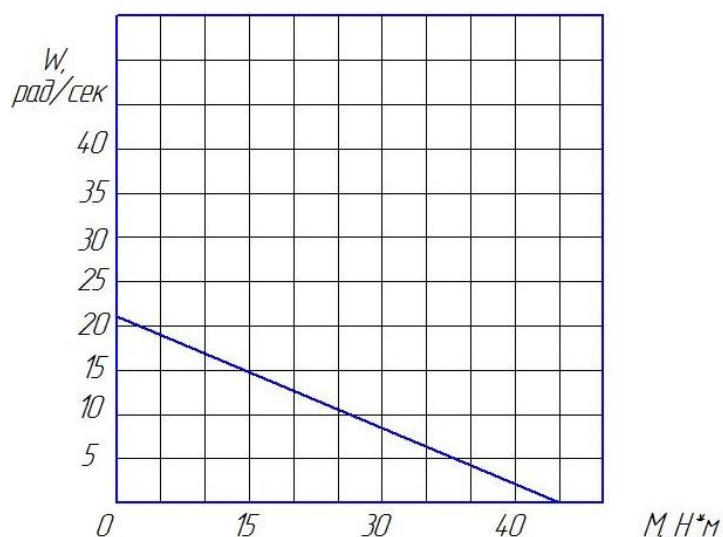


Рисунок 6.4 Механическая характеристика двигателя

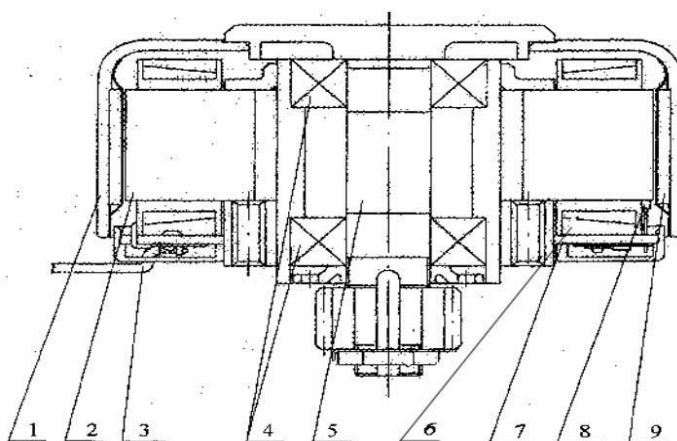


Рисунок 6.5 Сборочный чертеж вентильного двигателя

Одним из важнейших функциональных элементов схемы ВД является ДПР. ДПР в виде отдельного конструктивного элемента может быть реализован на базе индуктивных, фотоэлектрических и гальваномагнитных чувствительных элементов. Одна из разновидностей последних датчиков, интегральные микросхемы на основе эффекта Холла, используется в ВД наиболее часто. Преимуществами датчиков Холла являются высокая чувствительность, малые габариты, позволяющие размещать датчики непосредственно в пазах двигателя, что, в свою очередь, исключает необходимость настройки датчиков.

По расчетным данным приводов врезки и подачи на механической характеристике двигателя указываются точки номинальных режимов работы электродвигателей: значения угловой скорости и момента.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ

Лист

47

Механическая характеристика вентильного управляемого двигателя представляет собой прямую линию. Построение характеристики производится по двум точкам: угловой скорости идеального холостого хода, соответствующей моменту равному нулю, и угловой скорости, соответствующей номинальному моменту.

Для построения механической характеристики двигателя используются данные двигателя, представленные в таблице 2.

Таблица 2. Паспортные данные двигателя

Параметры	Значение
Напряжение номинальное, В	24
Мощность номинальная, Вт	50
Ток номинальный, А	2,4
Момент номинальный, Н·м	2,3
Скорость номинальная, рад/с	19
Число пар полюсов	13
Сопrotивление обмоток $R_{об}$, Ом	1,547
Индуктивность обмоток $L_{об}$, мГн	4,541
Момент инерции J , кг·м ²	0,00049
Габаритные размеры, мм	107×107×80

К тому же аналогичные двигатели уже используются на трамвайных вагонах ФГУП «Усть-Катавского вагоностроительного завода им. С. М. Кирова», например, в приводе дверей, пантографа, а мотор-редукторные блоки, с входящими в них двигателями ДВМ-150 используются в тормозной системе тележек трамвайного вагона 71-630.

Вентильные двигатели обладают оптимальными электромеханическими и энергетическими характеристиками, широким диапазоном частот, повышенной надежностью, низкими массогабаритными показателями.

6.1 Блок управления двигателем

Управление двигателем осуществляется с помощью блока управления двигателем (БУД). Он реализуется на распространенной трехфазной схеме с 120° коммутацией с помощью контроллера типа МС33035, производства американской фирмой Motorola.

Контроллер МС-33035 является высокопроизводительным контроллером для управления вентильным двигателем и содержит все необходимые функции для реализации разомкнутой системы управления подобными трех- и четырехфазными двигателями. В его состав входят: декодер положения ротора для осуществления требуемой последовательности коммутации фаз двигателя (т.н. n-кодер); термостабилизированный источник опорного напряжения, осуществляющий питание датчика положения ротора; осциллятор с программируемой частотой колебаний; полностью доступный схемотехнически усилитель ошибки; компаратор ШИМ; три верхних драйвера с открытым

коллектором и три нижних драйвера с высокой перегрузочной токовой способностью, идеально приспособленные для управления мощными полевыми MOSFET- транзисторами.

Рассматриваемый контроллер имеет основные функции, дополнительные функции и функции защиты.

Основные функции:

- выбор направления вращения;
- аналоговое задание скорости;
- сигнализация неисправности;

Дополнительные функции:

- возможность выбора электрической фазировки датчика положения ротора $60^\circ/300^\circ$ или $120^\circ/240^\circ$;
- обеспечение возможности доступа как к инвертирующему, так и к не инвертирующему входам компаратора токоограничения;

Функции защиты:

- блокировка выходов при пониженном напряжении питания;
- токоограничение на каждом периоде ШИМ с устанавливаемой временной задержкой;
- блокировка от превышения внутренней температуры ИС.

Контроллер МС-33035 в базовой схеме включения работает без обратной связи по скорости. Для получения более жестких механических характеристик и повышения точности регулирования замыкание контура скорости может быть осуществлено при использовании контроллера МС33035 совместно с контроллером МС33039, предназначенным для преобразования сигналов датчика положения в импульсный сигнал со скважностью, пропорциональной частоты вращения двигателя.

Контроллер МС 33039 содержит три входных буфера, каждый с гистерезисом обеспечения помехозащищенности, три детектора фронта, одновибратор с программируемой длительностью импульса и внутренний стабилизатор напряжения питания. Также имеется инверсный выход фазы А для облегчения преобразования между $60^\circ/300^\circ$ или $120^\circ/240^\circ$ фазировкой датчика положения. На рисунке 6.6 представлена функциональная схема БУД, в таблице 3 - технические характеристики контроллера МС-33035.

					13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ	Лист
						49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

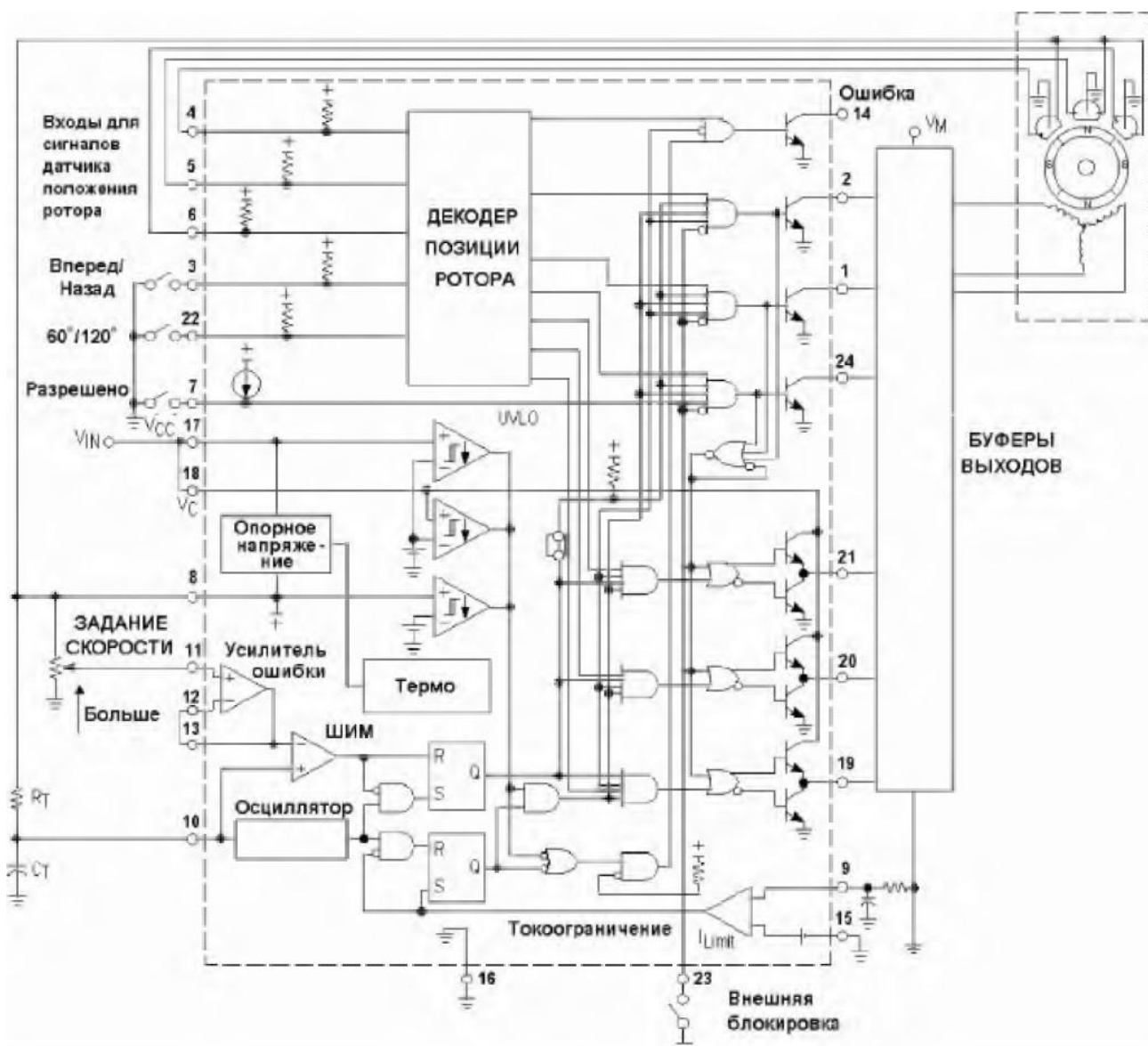


Рисунок 6.6 — Функциональная схема БУД

Электрическая принципиальная схема БУД представлена на листе 5 графической части проекта.

Выводы по разделу 6: Разработана функциональная схема работы двигателя, на основании рассчитанных ранее размеров выполнены габаритный и сборочный чертежи двигателя, рассчитана механическая характеристика, разработана функциональная и принципиальная электрические схемы системы управления двигателем.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ

Лист

50

Таблица 3 – Технические характеристики контроллера МС-33035.

Наименование параметра	Норма		Предельный режим	
	Не более	Не менее	Не более	Не менее
Напряжение питания, U_{cc} , В - 30 - 40	-	30	-	40
Напряжение на логических входах 03, 04, 05, 06, 22, 23	-	-	-	6,5
Входной ток генератора сигнала (втекающий или вытекающий), мА	-	-	-	30
Диапазон входного напряжения усилителя ошибки, V_{IR} , В (входы 11, 12)	-	6,5	- 0,3	6,5
Выходной ток усилителя ошибки (втекающий или вытекающий), мА	-	-	-	10
Диапазон входного напряжения сенсорных входов 09, 15, В	-	-	-	5,0
Выходной ток (втекающий или вытекающий) нижних драйверов, мА, выходы 19, 20, 21	-	-	-	100
Напряжение на выходе ошибки V_{ST} , В	-	-	-	20
Втекающий ток выхода ошибки I_{sink} , мА	-	-	-	20
Напряжение на выходах верхних драйверов, V_{CE} , В, выходы 01, 02, 24	-	-	-	
Вытекающий ток выходов верхних драйверов, мА, выходы 01, 02, 24	-	-	-	50
Напряжение питания нижних драйверов, В, вывод 18	-	-	-	30
Максимальная рассеиваемая мощность при $T_A = 85^\circ\text{C}$, мВт	-	-	-	867
Вытекающий ток выходов верхних драйверов, мА, выходы 01, 02, 24	-	-	-	50
Напряжение питания нижних драйверов, В, вывод 18	-	-	-	30
Тепловое сопротивление кристалла, R_{OJA} , $^\circ\text{C}/\text{Вт}$	-	-	-	75
Температура кристалла, T_j , $^\circ\text{C}$	-	-	-	150
Рабочий диапазон температуры, T_A , $^\circ\text{C}$	-40	85	- 40	85
Температура хранения, T_{stg} , $^\circ\text{C}$	-	-	- 65	150

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ

Лист

51

7 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.

7.1 Введение.

Экономическое обоснование дипломного проекта па тему «Электропривод дистанционного управления подъёмом и опусканием токоприёмника трамвайного вагона» сводится к решению следующего вопроса – это определение затрат, необходимых для осуществления установки привода с вентильным двигателем постоянного тока, блоком управления БУД и датчиками конечного положения ДКП , а также расчёт транспортно – заготовительных расходов и расходов связанных с амортизацией производственных фондов и налоговыми отчислениями.

7.2 Расчет затрат

В статью материала включена стоимость основных и вспомогательных материалов, которая определяется по каждому виду договорной ценой, руб.:

$$С_{\text{ом}} = k \times \sum (M_i - Ц_i),$$

где M_i - норма расхода материала;

$Ц_i$ - договорная цена учтенной единицы материала;

K - коэффициент, учитывающий транспортно – заготовительные расходы по материалу.

Принимается $k=1$

Результаты расчета представлены в таблице 7.1

Для расчета стоимости изделий составляется сводная спецификация, представленная в таблице 7.2

Стоимость монтажа принимается равной 3% от стоимости оборудования, указанного в спецификации. Стоимость транспортно – заготовительных расходов и неучтенного оборудования принимается 10%.

Таблица 7.1 – Стоимость материалов и комплектующих.

Материалы	Себестоимость единицы материала, руб.	Количество единиц материала	Стоимость материала, руб.
Плата монтажная	80,4	1 дм ²	80,4
Провод монтажный	4,80	5м.	240
Припой ПОС-60	8,0	0,008 кг	0,64
Канифоль КС-8	24	0,005 кг	1,2
Итого:			322,24

Таблица 7.2 – Стоимость оборудования.

Наименование	Количество единиц, шт.	Цена за единицу, руб/шт.	Общая стоимость, руб.
Мотор-редуктор	1	3030,0	3081,0
Блок управления привода БУД	1	3295,0	3295,0
Датчик конечного положения ДКП - 6	2	193,0	386,0
Стоимость оборудования			6762,0
Стоимость неучтенного оборудования и транспортные расходы			676,2
Стоимость монтажа			892,5
Итого:			8330,7

Стоимость основных материалов Сосн.м

$$\text{Сосн.м}=322,24, \text{ руб}$$

Стоимость вспомогательных материалов Свм

$$\text{Св.м}=0,1 \times \text{Сосн.м}, \text{ руб}$$

Стоимость основного оборудования Сосн.об.

$$\text{Сосн.об}=6762,0 \text{ руб}$$

Стоимость неучтенного оборудования Сн.о

$$\text{Сн.о}=0,1 \times \text{Сосн.об}$$

$$\text{Сн.о}=0,1 \times 6762,0$$

$$\text{Сн.о}=676,2, \text{ руб}$$

Основная заработная плата инженерно – технического персонала Сзи.

$$\text{Сзи} = \text{Кп} \times \text{Зм} \times \text{Тм} / (\text{Д} \times \text{тм}),$$

где Кп - поясной коэффициент;

Кп-1,15

Зм - месячный оклад инженера;

Зм - 1500 руб.

Тм - время необходимое для выполнения работ;

Тм- 4 дня

Д- количество рабочих дней в месяц;

Д- 22 дня

Тм - средняя продолжительность рабочего дня.

Тм- 8 ч

										Лист
										53
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ

$$C_{зи} = 1500 \times 4,15 \times 4 / (22 \times 8)$$

$$C_{зи} = 141,5 \text{ ,руб}$$

Заработная плата двух монтажников

$$C_{зм} = 2 \times 800 \times 4,15 \times 4 / (22 \times 8)$$

$$C_{зм} = 150,9 \text{ ,руб}$$

Основная заработная плата $C_з$

$$C_з = C_{зи} + C_{зм}$$

$$C_з = 141,5 + 150,9$$

$$C_з = 292,4 \text{ ,руб}$$

Доплата к заработной плате по монтажу.

а) За работу в условиях действующего производства Дд

$$Дд = 0,2 \times C_з$$

$$Дд = 0,2 \times 292,4$$

$$Дд = 58,48 \text{ ,руб}$$

б) По постоянному коэффициенту Дп

$$Дп = 0,15 \times (C_з + Дд)$$

$$Дп = 0,15 \times (292,4 + 58,48)$$

$$Дп = 52,6 \text{ ,руб}$$

Отчисление единого налога O_e

$$O_e = 0,347 \times (C_з + Дд + Дп)$$

$$O_e = 0,37 \times (292,4 + 58,48 + 52,6)$$

$$O_e = 149,3 \text{ руб}$$

Накладные расходы принимаются в размере 80% от основной заработной платы на монтажные работы НР

$$НР = 0,8 \times C_з$$

$$НР = 0,8 \times 292,4$$

$$НР = 233,9 \text{ ,руб}$$

Транспортно заготовительные расходы ТЗР, составляют 5% от стоимости основного и не учётного оборудования

$$ТЗР = 0,05 \times (C_{осн.об} + C_{н.о})$$

$$ТЗР = 0,05 \times (7641,06 + 764,106)$$

$$ТЗР = 420,2 \text{ ,руб}$$

					13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ	Лист
						54
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Капитальные затраты К, составляют сумму из стоимости основного и не учтенного оборудования, транспортно заготовительных и накладных расходов, отчисление единого налога.

$$K = C_{\text{осн.об}} + C_{\text{н.о}} + C_{\text{з}} + D_{\text{д}} + D_{\text{п}} + T_{\text{ЗР}} + НР + O_{\text{е}}$$

$$K = 6762,0 + 676,2 + 292,4 + 58,48 + 52,6 + 149,3 + 233,9 + 420,2$$

$$K = 8644,88 \text{ , руб}$$

Таблица 7.3 – Смета затрат

Наименование статьи затрат	Затраты, руб.
Материал и комплектующие	322,24
Стоимость оборудования	8330,7
Основная заработная плата производственного персонала Сз,	292,4
Дополнительная заработная плата производственного персонала Дд+Дп,	111,08
Отчисление единого налога Ое,	108,9
Транспортно заготовительные расходы ТЗР	420,2
Накладные расходы	233,9
Прочие расходы	544,47
Итого	10363,89

Вывод по разделу 7: произведено технико-экономическое обоснование работы, определены капитальные затраты на приобретение оборудования, материалов, монтаж электропривода токоприёмника, заработную плату работников, составлена смета затрат. Общие затраты составляют 10363,89 рубля.

8 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.

Цель данной квалификационной работы заключается в рассмотрении возможности использования электропривода для механизма токоприёмного устройства.

В качестве электродвигателя решено было выбрать вентильный двигатель с блоком управления (БУД) на полупроводниковых элементах.

Этот выбор объясняется простотой в управлении и обслуживании, высокой надежностью, высокой технологичностью в изготовлении и малыми габаритами.

Малые габариты электродвигателя позволили объединить его с передаточным редуктором в одном корпусе (мотор – редуктор “МР”).

Использование привода дистанционного управления подъёмом и опусканием токоприёмника позволяет сохранять величину контактного нажатия в рабочем диапазоне хода токоприёмника практически постоянной, а так же позволяет в короткое время обесточить трамвайный вагон путем опускания пантографа с кабины водителя трамвая, что является основным требованием в случае возникновения пожара или другой аварийной ситуации.

8.1 Безопасность пассажиров, доступ для обслуживания и безопасность обслуживающего персонала.

В пассажирском помещении должно быть установлено устройство для аварийной остановки вагона. У каждой пассажирской двери должны быть установлены и обозначены надписями устройства для экстренного открывания двери.

Кабина водителя должна быть оборудована устройством бдительности (педаль безопасности), включающим экстренное торможение.

Сопротивление изоляции при относительной влажности окружающей среды 80 % должно быть не менее:

- 1,5 МОм - для тяговой силовой цепи;
- 1,5 МОм - для вспомогательной цепи на 550 В;
- 1 МОм - для вспомогательной цепи на 220 В.

Конструкция дверей пассажирского помещения должна предусматривать возможность открывания их при отключенной системе дистанционного привода.

По согласованию с потребителем вагон может быть оборудован устройством для автоматического затормаживания на уклонах пути. В случае разрыва сцепных устройств, при работе вагонов по системе многих единиц должно быть обеспечено автоматическое затормаживание и остановка ведомых и ведущих вагонов.

Вагон должен иметь устройство для защиты от радиопомех и грозовых разрядов. Крыша вагона в зоне установки электрооборудования должна иметь электроизоляционное покрытие.

Вагоны должны быть оборудованы специальным устройством, исключающим попадание посторонних предметов под колеса вагона.

					13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

Высоковольтная и низковольтная проводка должны быть выполнены в отдельных жгутах.

Пожар в вагоне может возникнуть при замене предохранителя или проведении какого-либо ремонта электрического оборудования при поднятом токоприемнике, при применении предохранителей, по номинальному току не соответствующих данной цепи, а также при попадании на электрическую аппаратуру посторонних металлических предметов. Нельзя продолжать работу, если в вагоне чувствуется запах гари или дыма, невыяснена причина этого и не устранена неисправность.

При возникновении пожара в вагоне тушение производится огнетушителем типа ОУ-2 (ОУ-5), установленным в кабине водителя или песком из песочниц.

Защитное заземление предназначено для защиты людей от поражения электрическим током в случае прикосновения их к нетоковедущим частям электроустановки, случайно оказавшихся под напряжением.

Частями электрооборудования трамвайного вагона, подлежащих заземлению, являются:

- корпуса электрических машин;
- вторичной обмотки измерительных трансформаторов и магнитопроводов;
- корпуса электрических аппаратов;
- каркас вагонов.

Заземляющее устройство состоит из заземлителя и заземляющих проводников, которые в свою очередь делятся на искусственные и естественные. В данном случае в качестве естественных заземляющих проводников используют рельсы. В качестве заземлителей используют стержни из угловой или круглой стали.

Изолирующие средства защиты обеспечивают электрическую изоляцию человека от токоведущих или заземленных частей, а также от земли. До ввода в эксплуатацию вагон проходит проверку в цехе на участке пробоя.

Этим занимается персонал, который специально обучен.

Вагон перед пробной обкаткой комплектуется:

- набором необходимого инструмента;
- полным комплектом запасных предохранителей и плавких вставок;
- диэлектрическими резиновыми перчатками;
- диэлектрическим изоляционным ковриком, галошами;
- огнетушителем углекислотным.

В качестве основных индивидуальных защитных средств при напряжении до 1000В используют:

- изолирующие штанги;
- изолирующие и токоизмерительные клещи;
- диэлектрические перчатки;
- слесарно-монтажный инструмент с изолированными рукоятками;
- указатели напряжения.

К индивидуальным дополнительным защитным средствам при напряжении до 1000 В относят:

- диэлектрические перчатки
- диэлектрические калоши;

					13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

- резиновые коврики;
- изолирующие подставки и накладки;
- переносные заземления.

Индивидуальные защитные средства периодически подлежат испытанию.

К работам по ремонту электрооборудования вагона допускаются квалифицированные рабочие, достигшие 18-летнего возраста, прошедшие освидетельствование, инструктаж по технике безопасности и имеющие удостоверение на право работ с электроустановками напряжением 1000 В.

К проверке электрической прочности изоляции допускаются лица, имеющие удостоверение на право работ на электроустановках с напряжением свыше 1000 В.

Опасные факторы при производстве работ электромонтера.

Работы со слесарно-монтажным инструментом и электроинструментом.

Возможное прикосновение к частям оборудования, находящимся под напряжением.

Работы с лестниц и стремянок.

Работы на высоте.

Работы на сверлильных, заточных станках.

Общие требования безопасности.

Электромонтер по обслуживанию электрооборудования, осуществляет оперативное управление и обслуживание электроустановок.

К работе в качестве электромонтеров по обслуживанию электрооборудования допускаются лица:

- достигшие 18-ти летнего возраста;
- прошедшие медицинское освидетельствование;
- вводной, первичный на рабочем месте, повторный, внеплановый и целевой инструктажи по охране труда, а также инструктаж по пожарной безопасности;
- подготовку по новой должности или профессии с обучением на рабочем месте (стажировку 2-14 смен);
- проверку знаний Правил, норм по охране труда, правил пожарной безопасности и других нормативных документов;
- дублирование (2-12 смен);
- специальную подготовку;
- допуск к самостоятельной работе с росписью начальника цеха в личной карточке инструктажа.

Лица, допускаемые к работам, связанным с опасными, вредными и неблагоприятными производственными факторами, не должны иметь медицинских противопоказаний для выполнения этих работ.

Действие допуска к самостоятельной работе лиц, для которых проверка знаний обязательна, сохраняется до срока очередной проверки и может быть прервано решением руководителя организации, структурного подразделения или органов государственного надзора при нарушении этими лицами норм и правил, которые они должны соблюдать согласно служебным обязанностям.

Перед допуском персонала, имевшего длительный перерыв в работе, независимо от проводимых форм подготовки, он должен быть ознакомлен:

					13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ	Лист
						58
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- с изменениями в оборудовании, схемах и режимах работы энергоустановок;
- с изменениями в инструкциях;
- вновь введенными в действие нормативно-техническими документами;
- с новыми приказами, техническими распоряжениями и другими материалами по данной должности.

Работники, обладающие правом проведения специальных работ, должны пройти соответствующее обучение и быть аттестованными с пометкой в удостоверении.

При работе с ГПМ электромонтер должен пройти соответствующее обучение и быть аттестован с выдачей удостоверения на право работы с ГПМ.

Работники, принимаемые для выполнения работ в эл.установках, должны иметь профессиональную подготовку, соответствующую характеру работы. При отсутствии профессиональной подготовки такие работники должны быть обучены (до допуска к самостоятельной работе) в специализированных центрах подготовки персонала (учебных комбинатах, учебно-тренировочных центрах и т.п.).

Электротехнический персонал до назначения на самостоятельную работу или при переходе на другую работу (должность), связанную с эксплуатацией электроустановок, а также при перерыве в работе в качестве электротехнического персонала свыше 1 года обязан пройти стажировку (производственное обучение) на рабочем месте.

На рабочем месте всегда должна находиться аптечка для оказания первой медицинской помощи пострадавшему от несчастного случая.

В работе электромонтерами должен применяться специальный испытанный слесарно-монтажный инструмент с изолированными рукоятками.

Средства защиты, используемые в электроустановках, должны полностью удовлетворять требованиям соответствующих ГОСТ и ППиИСЗ и аттестованными в сроки установленные ППиИСЗ.

Соединение изолирующих рукояток с ручками инструмента и изоляцией стержней отверток должно быть прочным, исключая возможность их взаимного продольного перемещения и проворачивания при работе.

Требования безопасности перед началом работы.

Работающий должен получить задание на производство работ, наряд или распоряжение, в зависимости от места выполняемых работ с указанием производства работ и мер безопасности.

Допуск к работе по нарядам и распоряжениям должен проводиться непосредственно на рабочем месте с проведением целевого инструктажа.

Ознакомиться с необходимой документацией и инструкциями, сделать необходимые записи в журналах.

Убедиться в исправности рабочей одежды, защитных средств и приспособлений.

Проверить даты и сроки испытания защитных средств.

Ознакомиться со схемами, состоянием и режимом работы оборудования на своем участке, общей схемой электроснабжения участка (цеха) и т.д.

					13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ	Лист
						59
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

При организации рабочего места, для выполнения ремонтных работ необходимо выполнить технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ.

Допуск к работе проводится после проверки подготовки рабочего места, при этом допускающий должен проверить соответствие состава бригады составу бригады, указанному в наряде, доказать бригаде, что напряжение отсутствует, показом установленных заземлений или проверкой отсутствия напряжения.

Требования безопасности во время работы.

Обслуживающий персонал должен поддерживать оборудование в работоспособном состоянии на своем участке, цехе.

Следить за тем, чтобы были вывешены предупреждающие плакаты во всех местах, где есть опасность поражения эл. током.

Не загромождать места расположения электроустановок, подходов к пусковым устройствам, щитам, рубильникам и т.д.

Работы в действующих электроустановках должны выполняться по наряду-допуску (установленного образца), по распоряжению и перечню работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации.

Не допускается самовольное проведение работ, а также расширение рабочих мест и объема задания, определенных нарядом или распоряжением.

Вагон и его оборудование должны обеспечивать безопасность пассажиров, доступ для обслуживания и безопасность обслуживающего персонала.

Использование привода дистанционного управления подъёмом и опусканием токоприёмника позволяет сохранять величину контактного нажатия в рабочем диапазоне хода токоприёмника практически постоянной, а так же позволяет в короткое время обесточить трамвайный вагон путем опускания пантографа с кабины водителя трамвая, что является основным требованием в случае возникновения пожара или другой аварийной ситуации.

В пассажирском помещении должно быть установлено устройство для аварийной остановки вагона. У каждой пассажирской двери должны быть установлены и обозначены надписями устройства для экстренного открывания двери.

Кабина водителя должна быть оборудована устройством бдительности (педаль безопасности), включающим экстренное торможение.

Сопротивление изоляции при относительной влажности окружающей среды 80 % должно быть не менее:

- 1,5 МОм - для тяговой силовой цепи;
- 1,5 МОм - для вспомогательной цепи на 550 В;
- 1 МОм - для вспомогательной цепи на 220 В.

Конструкция дверей пассажирского помещения должна предусматривать возможность открывания их при отключенной системе дистанционного привода.

Вагон должен иметь устройство для защиты от радиопомех и грозовых разрядов. Крыша вагона в зоне установки электрооборудования должна иметь электроизоляционное покрытие.

Высоковольтная и низковольтная проводка должны быть выполнены в отдельных жгутах.

					13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

Пожар в вагоне может возникнуть при замене предохранителя или проведении какого-либо ремонта электрического оборудования при поднятом токоприемнике, при применении предохранителей, по номинальному току не соответствующих данной цепи, а также при попадании на электрическую аппаратуру посторонних металлических предметов. Нельзя продолжать работу, если в вагоне чувствуется запах гари или дыма, невыяснена причина этого и не устранена неисправность.

При возникновении пожара в вагоне тушение производится огнетушителем типа ОУ-2 (ОУ-5), установленным в кабине водителя или песком из песочниц.

Частями электрооборудования трамвайного вагона, подлежащих заземлению, являются:

- корпуса электрических машин;
- вторичной обмотки измерительных трансформаторов и магнитопроводов;
- корпуса электрических аппаратов;
- каркас вагонов.

Заземляющее устройство состоит из заземлителя и заземляющих проводников, которые в свою очередь делятся на искусственные и естественные. В данном случае в качестве естественных заземляющих проводников используют рельсы. В качестве заземлителей используют стержни из угловой или круглой стали.

Изолирующие средства защиты обеспечивают электрическую изоляцию человека от токоведущих или заземленных частей, а также от земли. До ввода в эксплуатацию вагон проходит проверку в цехе на участке пробоя.

Этим занимается персонал, который специально обучен.

Вагон перед пробной обкаткой комплектуется:

- набором необходимого инструмента;
- полным комплектом запасных предохранителей и плавких вставок;
- диэлектрическими резиновыми перчатками;
- диэлектрическим изоляционным ковриком, галошами;
- огнетушителем углекислотным.

В качестве основных индивидуальных защитных средств при напряжении до 1000В используют:

- изолирующие штанги;
- изолирующие и токоизмерительные клещи;
- диэлектрические перчатки;
- слесарно-монтажный инструмент с изолированными рукоятками;
- указатели напряжения.

К индивидуальным дополнительным защитным средствам при напряжении до 1000 В относят:

- диэлектрические перчатки
- диэлектрические калоши;
- резиновые коврики;
- изолирующие подставки и накладки;
- переносные заземления.

Индивидуальные защитные средства периодически подлежат испытанию.

					13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

К работам по ремонту электрооборудования вагона допускаются квалифицированные рабочие, достигшие 18-летнего возраста, прошедшие освидетельствование, инструктаж по технике безопасности и имеющие удостоверение на право работ с электроустановками напряжением 1000 В.

К проверке электрической прочности изоляции допускаются лица, имеющие удостоверение на право работ на электроустановках с напряжением свыше 1000 В.

Допуск к работе проводится после проверки подготовки рабочего места, при этом допускающий должен проверить соответствие состава бригады составу бригады, указанному в наряде, доказать бригаде, что напряжение отсутствует, показом установленных заземлений или проверкой отсутствия напряжения.

Требования безопасности во время работы.

Обслуживающий персонал должен поддерживать оборудование в работоспособном состоянии на своем участке, цехе.

Следить за тем, чтобы были вывешены предупреждающие плакаты во всех местах, где есть опасность поражения эл. током.

Не загромождать места расположения электроустановок, подходов к пусковым устройствам, щитам, рубильникам и т.д.

Работы в действующих электроустановках должны выполняться по наряду-допуску (установленного образца), по распоряжению и перечню работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации. Не допускается самовольное проведение работ, а также расширение рабочих мест и объема задания, определенных нарядом или распоряжением.

Электромонтер по обслуживанию электрооборудования должен выполнять небольшие по объему работы согласно перечню работ выполняемых в порядке текущей эксплуатации.

Электромонтер обязан выполнять единолично или совместно с администрацией цеха, участка требования диспетчера энергосистемы, передаваемого через дежурного электромонтера ГПП – 110 кВ цеха 38 по снижению эл. нагрузки и сохранения расхода электропотребления, а также об отключении отдельных потребителей при аварийном положении в электроснабжающей организации. При осмотре распределительных устройств (РУ), щитов, шинопроводов, сборок напряжением до 1000 В запрещается снимать предупреждающие плакаты и ограждения, проникать за них, касаться токоведущих частей и чистить их, устранять обнаруженные неисправности.

Оперативные переключения на щитах и сборках напряжением до 1000 В должен выполнять оперативный или оперативно-ремонтный персонал с группой по электробезопасности единолично с записью в оперативном (сменном) журнале.

Не допускается в электроустановках работать в согнутом положении, если при выпрямлении расстояние до токоведущих частей будет менее разрешенных. Не допускается при работе около не огражденных токоведущих частей располагаться так, чтобы эти части находились сзади работника или с двух боковых сторон.

					13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ	Лист
						62
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Не допускается прикасаться без применения электрозащитных средств к изоляторам, изолирующим частям оборудования, находящегося под напряжением.

Электрооборудование бывшее в ремонте или на испытании, включается под напряжение только после приемки его оперативным персоналом от ответственного лица или производителя работ.

Смену предохранителей производить при снятом (выключенном) напряжении. В случае невозможности снятия напряжения, предохранители менять при помощи клещей в диэлектрических перчатках, защитных очков, стоя на изолирующем основании при снятой нагрузке. Не реже раза в месяц производить осмотр осветительных установок цеха.

При осмотре обращать внимание на исправность электропроводки, ламп, арматуры, щитков, соответствие электрооборудования условиям работы.

Смену ламп производить при снятом напряжении. В случае невозможности снятия напряжения, производить смену ламп при помощи эл. защитных средств (диэлектрические перчатки, защитные очки). Запрещается очищать лампы и арматуру от пыли и грязи без снятия напряжения.

Обслуживание осветительных устройств, расположенных на потолке машинных залов и цехов с тележки мостового крана должны производить по наряду не менее двух работников, один из которых, имеет группу 3, выполняет соответствующую работу, применяя защитные средства (предохранительные пояса, каски и т.д.). Работу следует выполнять непосредственно с тележки или с установленных на настиле стационарных подмостей. Устройство временных подмостей, лестниц и т.п. на тележке мостового крана не допускается.

Для освещения места работы использовать переносные светильники с электрическими лампами на напряжение 36 В, а в особо опасных местах напряжением 12 В. Не оставлять неизолированными концы проводов, кабелей после демонтажа осветительной, силовой электропроводки, пусковой электроаппаратуры, электродвигателей и других токоприемников.

Для выполнения ремонтных работ электрооборудования при применении сверления и заточки деталей необходимо выполнять требования инструкций по ОТ при работе на сверлильных станках и инструкции по ОТ для заточника. При выполнении работ с грузоподъемными механизмами соблюдать требования инструкции по ОТ при работе с грузоподъемных машин и механизмов вблизи ВЛ. При работе с переносным электроинструментом, включение его в сеть следует производить при помощи штепсельных вилок и розеток с заземляющими контактами. При отсутствии таких розеток заземлению корпуса инструмента осуществляется отдельным проводом.

8.2 Требования безопасности в аварийных ситуациях.

При обнаружении во время работы неисправностей, частей оборудования, находящегося под напряжением, необходимо приостановить работу до выяснения причин появления напряжения и устранения этих причин с последующим уведомлением вышестоящего начальства. При возникновении пожара, необходимо обесточить опасный участок, вызвать пожарную команду,

					13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

сообщить энергетика или другому вышестоящему начальнику и принять меры по тушению пожара.

8.3 Оказание первой медицинской помощи.

При несчастном случае немедленно прекратить работу, известить об этом руководителя и обратиться за медицинской помощью (здравпункт №1, 2, поликлиника МСЧ-162). При несчастном случае с другим работником следует оказать ему первую доврачебную помощь и отправить в медицинское учреждение.

Последовательность оказания первой помощи:

а) устранить воздействие на организм повреждающих факторов, угрожающих здоровью и жизни пострадавшего (освободить от действия эл. тока, вынести из зараженной атмосферы, погасить горящую одежду, извлечь из воды т.д.), оценить состояние пострадавшего общим осмотром;

б) определить характер и тяжесть травмы, наибольшую угрозу для жизни пострадавшего и последовательность мероприятий по его спасению;

в) выполнить необходимые мероприятия по спасению пострадавшего в порядке срочности (восстановить проходимость дыхательных путей, провести искусственное дыхание, наружный массаж сердца, остановить кровотечение, наложить повязку и т.д.);

г) поддержать основные жизненные функции пострадавшего до прибытия медицинского работника;

д) принять меры для транспортировки пострадавшего в ближайшее лечебное учреждение.

При попадании работника под напряжение 2-му лицу принять меры к освобождению пострадавшего от действия эл. тока путем обесточивания оборудования, предварительно приняв меры предотвращающие падение пострадавшего при отключении тока. При невозможности обесточить оборудование, освобождение производить с помощью подручных средств непроводящих эл. ток

Если пострадавший не дышит или дышит судорожно, нужно немедленно снять с пострадавшего стесняющие части одежды, расстегнуть пояс, ворот, очистить рот от крови и слизи, обеспечить доступ чистого воздуха к пострадавшему и делать искусственное дыхание и наружный массаж сердца. Показанием к проведению реанимационных мероприятий является остановка сердечной деятельности, для которой характерно сочетание следующих признаков: появление бледности или синюшности кожных покровов, потеря сознания, отсутствие пульса на сонных артериях, прекращение дыхания или судорожные, неправильные вдохи. При остановке сердца, не теряя ни секунды, пострадавшего надо уложить на ровное жесткое основание: скамью, пол, в крайнем случае подложить под спину доску (никаких валиков под плечи и шею подкладывать нельзя). Если помощь оказывает один человек, он располагается сбоку от пострадавшего и, наклонившись, делает два быстрых энергичных вдувания (по способу «изо рта в рот» или «изо рта в нос»), затем поднимается, оставаясь на этой же стороне от пострадавшего, ладонь одной руки кладет на

					13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

нижнюю половину грудины (отступив на два пальца выше от ее нижнего края), а пальцы приподнимает. Ладонь второй руки он кладет поверх первой поперек или вдоль и надавливает. Надавливание следует производить быстрыми толчками, так чтобы сместить грудину на 4—5 см, продолжительность надавливания не более 0,5 с, интервал между отдельными надавливаниями 0,5 с. Если оживление проводит один человек, то на каждые два вдувания он производит 15 надавливаний на грудину. За 1 мин необходимо сделать не менее 60 надавливаний и 12 вдуваний. При участии в реанимации двух человек соотношение «дыхание — массаж» составляет 1 : 5.

Если реанимационные мероприятия проводятся правильно, кожные покровы розовеют, зрачки сужаются, самостоятельное дыхание восстанавливается. Пульс на сонных артериях во время массажа должен хорошо прощупываться, если его определяет другой человек.

8.4 Требования безопасности по окончании работ.

По окончании работы рабочее место следует привести в порядок.

Убрать инструмент и необходимые средства защиты на место.

Сделать необходимые записи в оперативном или сменном журналах по состоянию электрооборудования участка цеха и схемы электроснабжения.

При эксплуатации трамвайных вагонов водитель должен иметь необходимый комплект плавких вставок и предохранителей на напряжение 550В.

Категорически запрещается применение предохранителей, не соответствующей документации завода-изготовителя.

Перезарядку предохранителей на 550 В производить в соответствии с требованиями чертежа.

Запрещается производить осмотр тяговых и вспомогательных двигателей, клеммных коробок, смену предохранителей, нагревательных элементов при поднятом пантографе.

Зарядку аккумуляторных батарей производить в специальных помещениях.

Работы в электроприводах подъема и опускания пантографом производят по письменному наряду, распоряжению, в порядке текущей эксплуатации.

По наряду производят:

- а) работы, выполняемые со снятием напряжения с токоведущих частей;
- б) работы, выполняемые без снятия напряжения вблизи и на токоведущих частях;
- в) работы, выполняемые без снятия напряжения вдали от токоведущих частей под напряжением.

Ответственными за безопасность являются:

- а) лица, выдающие наряд;
- б) ответственный руководитель работ – лицо из числа оперативного персонала;
- в) производитель работ;
- г) наблюдающий;

					13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

д) рабочие, входящие в состав бригады.

Право выдачи нарядов предоставляется лицам электротехнического персонала предприятия (начальник цеха, мастер), уполномоченным на выдачу нарядов распоряжением главного энергетика.

Полное окончание работ с указанием даты и времени оформляется в конце наряда подписью производителя работ.

Допускающий к работе совместно с ответственным руководителем и производителем работ проверяет правильность подготовки рабочего места и состав бригады.

Надзор во время работы осуществляет производитель работ. По окончании всех работ, зафиксированных в наряде, рабочее место должно быть убрано ремонтной бригадой и осмотрено ответственным руководителем, который расписывается в наряде и сдает его оперативному персоналу.

К техническим мероприятиям относятся:

а) отключение ремонтируемого электрооборудования и принятие мер против ошибочного его включения или самовключения;

б) вывешивание запрещающих плакатов «не включать!- работают люди!», установку временных ограждений, не отключенных токоведущих частей;

в) проверку отсутствия напряжения на токоведущих частях;

г) наложение переносного заземления;

д) ограждение рабочего места и вывешивание на нем разрешающего плаката «Работать здесь!».

Для проверки работы механического и электрического оборудования трамвайные вагоны подлежат обкаточным испытаниям, как одного вагона, так и по системе многих единиц, состоящих из двух и трех вагонов на электрифицированном участке пути.

8.5 Требования безопасности во время работы.

Каждый водитель во время обкатки вагона должен всегда иметь при себе удостоверение на право вождения трамвайным вагоном (поездом), выданное госавтоинспекцией, книжку водителя или другое удостоверение, выдаваемое трамвайным Управлением, медицинскую отметку о предрейсовом осмотре.

Перед началом движения вагона (поезда) проверить фальшборта, которые должны быть закрыты.

Проверить два тяговых аппарата, они должны быть застопорены распорками. При обкатке вагонов по системе многих единиц тяговые аппараты должны быть сцеплены.

Перед началом движения поезда (вагона) закрыть все двери и, убедившись в том, что все двери закрыты, можно начинать движение.

Для движения трамвайного вагона со смотровой канавы водитель обязан получить устное разрешение от инженера испытателя на движение.

Предварительно он должен посмотреть под трамвайный вагон и

					13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ	Лист
						66
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

убедиться в том, что работы с трамвайным вагоном не производятся.

Водитель должен громко объявить о том, что трамвайный вагон трогается, после чего подать звуковой сигнал, тронуть трамвайный вагон на первой ходовой позиции и отключить контролер. Затем водитель может выезжать с канавы со скоростью не более 5 км/час.

При выезде со смотровой канавы и при езде по территории завода водитель должен быть очень осторожен, учитывая габариты ворот.

Особую осторожность следует проявить при выезде из завода до тупика треугольника. Внимание водителя во время движения трамвайного вагона (поезда) должно быть сосредоточено на наблюдении за уличным движением, а также за состоянием пути и контактной сети трамвая.

Водителю во время обкаточных испытаний запрещается провозить в салоне и в кабине посторонних лиц, кроме лиц, имеющих на это право.

Водителю запрещается передавать кому-либо управление трамвайным вагоном (поездом), кроме лиц точно указанных в должностной инструкции: другому водителю, мастеру обкатки или члену бригады обкатки, имеющему удостоверение на право вождения.

Во время движения трамвайного вагона (поезда) во избежание удара о мачты, столбы, колонны запрещается:

- высовываться из окон;
- находиться на крыше вагона;
- открывать двери (кроме аварийных ситуаций);
- выпрыгивать и выходить на ходу вагона

запрещается при обкаточных испытаниях производить наладочные работы на уклонах.

Перед началом каких-либо вынужденных наладочных работ во время обкаточных испытаний, если необходимо оставить кабину водителя хотя бы на самое короткое время, водитель обязан взять с собой рукоятку контроллера, затормозить трамвайный вагон барабанным тормозом, выключить автоматические выключатели силовой, вспомогательных цепей управления, опустить пантограф и надежно его закрепить.

Водитель несет ответственность за соблюдение сохранности вагона и его оборудования.

Запрещается заменить и наращивать веревку токоприемника проволокой или другими токопроводящими материалами.

При плохой видимости и густом тумане водитель должен включить фары, все группы освещения трамвайного и, двигаясь со скоростью не выше 5 км/час подавать резкие, короткие звуковые сигналы.

При плохих условиях вождения трамвая (туман, метель, загрязнение рельсов, скользкая дорога и др.) водитель обязан двигаться с максимальной осторожностью и пониженной скоростью, обеспечивающей безопасность движения.

Водитель обязан немедленно остановить трамвайный вагон:

- при угрозе наезда или столкновения с другим видом транспорта;
- при всяком внезапном толчке, стук, сходе вагона с рельсов, при

					13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

тревожных криках прохожих;

- при наличии препятствия для движения;
- по сигналу остановки.

Водитель должен вести трамвайный вагон (поезд) со скоростью, обеспечивающей безопасность движения с учетом местных условий и соблюдением указаний, приведенных в технологическом процессе «Обкатка».

Водитель может трогать трамвайный вагон (поезд) с остановочного пункта только после того, когда убедится, что впереди путь свободен, двери закрыты и обеспечена полная безопасность движения

При обкатке вагонов по системе многих единиц водитель должен быть особо внимательным, чтобы во время сцепки (или расцепки) вагонов соблюдать правила техники безопасности.

Во время сцепки (расцепки) вагонов один из членов бригады обкатки должен находиться на задней площадке ведущего вагона и подавать необходимые сигналы водителю; сигналы, поступающие от рабочего, производящего сцепку (расцепку) вагонов.

Рабочий, производящий сцепку (расцепку) вагонов, должен находиться от трамвайного пути не менее, чем на 1,5 м и передавать сигналы водителю четко для сближения (или удаления) ведущего вагона к ведомому (или от ведомого).

Только после полной остановки ведущего вагона рабочий может подойти и производить сцепку (расцепку) вагонов.

Водитель после подъезда к сцепляемому вагону на расстояние, указанное рабочим, производящим сцепку (расцепку) вагонов, обязан немедленно остановить вагон и затормозить барабанным тормозом, скорость при этом должна быть минимальной.

При подаче трамвайного вагона задним ходом во время обкатки на задней площадке последнего вагона должен обязательно находиться член бригады обкатки и в случае необходимости подавать сигнал.

На кривых участках пути скорость движения не должна превышать 10 км/час - при радиусах $R=50$ м;

15 км/час - при $R=51-75$ м; 25 км/час - при $R=76-250$ м.

Скорость движения не должна, превышать 15 км/час, когда трамвайный вагон:

- движется на спусках, превышающих 0,04;
- проезжает мимо стоящих трамвайных вагонов;
- буксирует;
- проходит по путевым спец частям;
- проезжает пошерстные стрелки

Скорость движения снижают до 10 км/час:

- при отсутствии освещения вагонов в темное время суток;
- на переездах;

при проезде мимо шествий, воинских частей;

при неисправном стеклоочистителе в дождливую и снежную погоду;

					13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ	Лист
						68
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- на спусках свыше 0,030 в осенне-зимний период.

Скорость движения трамвайных вагонов (поездов) не должна превышать 5 км/час в случае:

- проезда мест скопления пешеходов;
- движения назад;
- прохождения участков, огражденных сигналом снижения скорости, если нет предела ограничения.
- по путям залитым водой;
- движение по путям завода;
- следования прицепным вагоном вперед, а так же управления поездом с задней площадки;
- густого тумана, метели и видимости менее 30 м;
- маневров и постановки вагона (поезда) на запасной путь;
- проезда по противошерстным стрелкам.

На опасных участках скорость движения при обкатке вагонов устанавливается Управлением трамвая. В этих местах ставятся знаки с указанием разрешения скорости движения.

8.6 Требования безопасности в аварийных ситуациях.

При поломке токоприемника (пантографа) его необходимо оттянуть от контактного провода и надежно закрепить, предварительно остановив вагон и затормозив его барабанным тормозом.

Пожар, возникающий на подвижном составе, водитель (или члены бригады обкатки) должен тушить сухим песком или углекислотным огнетушителем.

Тушить пожар водой, запрещается!

В случае обрыва контактного провода водитель и члены бригады обкатки должны оградить этот участок, никого не допускать к оборвавшемуся проводу и самим не прикасаться к нему.

По прибытии линейных работников на место происшествия необходимо принять меры по ликвидации повреждения контактной сети.

8.7 Требования безопасности по окончанию обкатки.

По окончанию обкаточных испытаний трамвайный вагон ввести на территорию завода и поставить на смотровую канаву, водитель должен быть особенно внимателен к положению входных стрелок. Если стрелки не переведены, то водитель обязан сойти с вагона и перевести стрелку.

При постановке трамвайного вагона на смотровую канаву водитель должен подавать сигналы звонком, имея в виду, что на пути или в канаве могут быть рабочие.

При сдаче трамвайного вагона водитель должен доложить мастеру о всех неисправностях вагона в процессе обкатки с записью в технологический паспорт на вагон.

					13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ	Лист
						69
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

После остановки вагона водитель должен выключить выключатели вспомогательных цепей и цепей управления, выключить автоматические выключатели ПВА и АВ силовых цепей, опустить пантограф и надежно закрепить. Отключить рубильник аккумуляторных батарей, затормозив вагон барабанным тормозом.

Лица, виновные в нарушении данной инструкции привлекаются к ответственности в соответствии с действующим законодательством.

8.8 Гражданская оборона

Задачи гражданской обороны принято условно делить на три группы.

В первую группу входят все задачи по защите населения. Они являются главными, основой основ гражданской обороны. В системе гражданской обороны защита населения осуществляется укрытием его в защитных сооружениях, эвакуацией, а также обеспечением средствами индивидуальной защиты.

Вторая группа задач - это мероприятия гражданской обороны, направленные на повышение устойчивости экономики, а также уменьшение возможного ущерба народному хозяйству при возникновении стихийных бедствий, авариях и катастрофах.

В третью группу задач входят мероприятия по подготовке сил и средств для ликвидации последствий стихийных бедствий, аварий и катастроф.

Из этой группы задач гражданской обороны в первую очередь решается одна из наиболее важных - спасательные и неотложные аварийно-восстановительные работы в очагах поражения с привлечением всех сил и средств.

Крупные аварии и катастрофы могут возникать в результате стихийного бедствия, а также нарушения технологии производства, правил эксплуатации машин, оборудования установленных мер безопасности.

Под аварией понимают внезапную остановку работы или нарушение процесса производства на предприятии, транспорте, других объектах, приводящих к повреждению или уничтожению материальных ценностей.

Для ликвидации последствий, вызываемых стихийными бедствиями, могут привлекаться как формирования общего назначения, так и формирования служб гражданской обороны. Основная задача формирований - спасение людей и материальных ценностей.

При борьбе с пожарами их ликвидация состоит из остановки огня, его локализации, тушения и последующей охраны места возгорания. Основным способом тушения пожаров является тушение водой или растворами огнетушащих химикатов, отжиг (пуск встречного огня).

Спасение людей - главная задача спасательных работ при пожарах. Из зон возможного распространения пожара эвакуируются люди и материальные ценности. В первую очередь разыскивают людей, оказавшихся в горящих районах, зданиях и сооружениях. Розыск людей осуществляют в целях безопасности парами: один спасатель разыскивает, а второй страхует его с помощью веревки, находясь в более безопасном месте. В гражданской обороне большое внимание уделяется устойчивости предприятий.

					13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ	Лист
						70
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Под устойчивостью понимают способность объекта выпускать установленный вид продукции в объемах и номенклатурах, предусмотренных соответствующими планами в условиях воздействия различных бедствий, а также приспособленность объекта к восстановлению в случае повреждения.

Факторы, влияющие на устойчивость:

- район расположения объекта;
- характеристика здания экспериментального цеха;
- внутренняя планировка территории объекта;
- автономность системы энергоснабжения;
- непрерывность материального обеспечения;
- способность к восстановлению производства.

Повышение устойчивости объекта достигается путем усиления наиболее уязвимых элементов и участков объекта. Большое значение имеет проведение инженерно-технических мероприятий.

Основными мероприятиями, проводимыми для повышения устойчивости работы промышленных объектов, являются:

- повышение прочности и устойчивости важнейших элементов объектов и совершенствование технологии;
- повышение устойчивости материального обеспечения;
- повышение устойчивости управления объектов;
- разработка мероприятий по уменьшению вероятности возникновения вторичных факторов поражения и ущерба от них.

Выход из строя электроснабжения ведет к остановке работы предприятия. Поэтому повышение устойчивости работы электроснабжения объекта имеет важнейшее значение. Повышение устойчивости системы электроснабжения объекта достигается проведением общегородских инженерно-технических мероприятий. Кроме того, на предприятиях предусматривается проведение инженерно-технических мероприятий по своему плану:

1) повышение устойчивости системы электроснабжения объекта достигается базированием предприятия на двух и более источниках, удалённых на такое расстояние, чтобы исключалась возможность их одновременного удаления;

2) в случае питания предприятия от районной энергосистемы линии электропередачи целесообразно подводить с двух направлений, а приемные подстанции строить на таком расстоянии друг от друга, чтобы исключить их одновременное поражение;

3) при отсутствии возможности питания от двух источников на случай выхода из строя основного источника электроснабжения подготавливается автономный резервный местный источник;

4) целесообразно также провести мероприятия по защите существующих и строящихся резервных подстанций, а распределительную аппаратуру и приборы размещать в защитных сооружениях;

5) для предотвращения выхода из строя электрических сетей следует устанавливать устройства автоматического отключения их при образовании перенапряжений, которые могут быть созданы электромагнитными полями, возникающими при авариях.

					13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ	Лист
						71
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

8.9 Экология.

Трамвай является экологически чистым видом городского транспорта. Существует два вредных фактора, которые могут повлиять на состояние экологии. Это – выброс масла и утечка серной кислоты из аккумуляторной батареи.

Так как масло – производное нефтепродуктов, то для его уничтожения применяются методы утилизации нефти и нефтепродуктов. Масло можно сжечь, однако это неблагоприятно отразится на состоянии атмосферы. Поэтому лучше использовать специальные адсорбирующие вещества, которыми присыпают масляное пятно. Эти вещества впитывают масло, затем их отправляют на переработку. При отсутствии адсорбирующих веществ масляное пятно можно посыпать древесными опилками, так как они обладают впитывающими свойствами.

Так как аккумуляторы содержат ядовитую компоненту –концентрированную серную кислоту, следовательно, аккумуляторы необходимо оберегать от ударов и падений. В случае утечки кислоты нужно нейтрализовать ее раствором пищевой соды, а при отсутствии соды разбавить кислоту водой до безопасной концентрации. При попадании кислоты на кожу человека необходимо промыть ее 10%-ым раствором пищевой соды.

Вывод по разделу 8: рассмотрены вопросы охраны труда, способы безопасной организации и выполнения работ, правила и необходимые меры безопасности при эксплуатации трамвайных вагонов, задачи гражданской обороны, задачи по защите населения, мероприятия по подготовке сил и средств для ликвидации последствий стихийных бедствий, аварий и катастроф, повышения устойчивости работы промышленных объектов. Рассмотрены вопросы предупреждения вредных факторов, которые могут повлиять на экологическую обстановку.

					13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ	Лист
						72
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной квалификационной работе был рассмотрен вариант изготовления электропривода однорычажного токоприемника. Для данного электропривода, при просмотре нескольких вариантов двигателей, был отмечен вариант использования вентильного двигателя постоянного тока. Произведен расчет двигателя и редуктора расчет с помощью программы «MATHCAD». Этот выбор объясняется простотой в управлении и обслуживании, высокой надежностью, высокой технологичностью в изготовлении и малыми габаритами.

Для данного электропривода была выбрана аналоговая (пропорциональная) система управления, которая может быть реализована на любой элементной базе.

Разработка дипломного проекта производилась при помощи программы «Компас-3D».

Была составлена смета затрат на проектирование данного типа электропривода. Сумма затрат на проектирование составила 10363,89 руб.

Рассмотрены вопросы техники безопасности, охраны труда, гражданской обороны и экологии.

					13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ	Лист
						73
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 8802-78 Вагон трамвайный пассажирский.
2. Липкин Б.Ю., Комаров Н.С. Электроснабжение промышленных предприятий. – М.: Высшая школа, 1991.
3. Москаленко В.В. Электрический привод: Учебное пособие для студентов учреждений профессионального образования - М.: Мастерство; Высшая школа, 2001.
4. Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами/ Под ред. В.И. Круповича, Ю.Г. Барыбина, М.Л. Самовера. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоиздат, 1982.
5. Измерение электрических и неэлектрических величин: Учеб. пособие для вузов./Н.Н.Евтихеев, Я.А. Купершмидт, В.Ф. Папуловский, В.Н. Скугоров; Под общ. ред. Н.Н.Евтихеева. - М.: Энергоатомиздат, 1990.
6. Башарин А.В., Постников Ю.В. Примеры расчета автоматизированного электропривода на ЭВМ. – Л.: Энергоатомиздат, 1990.
7. Расчет себестоимости изделия Методическое пособие/ Некрасова Н. В. - Челябинск, 1999.
8. Измерения в электронике: Справочник/ В.А. Кузнецов, В.А. Долгов, и другие; Под ред. В.А. Кузнецова. - М.: Энергоатомиздат, 1987
9. Козлов Б. А., Ушаков И. А. Краткий справочник по расчету надежности радиоэлектронной аппаратуры. - М.: Сов. радио, 1966.
10. Сандалов В. М. Резервированные электроприводы на базе вентильных двигателей: Автореф. диссерт. на соискание учен. степени канд. технич. наук. - Челябинск: ЮурГУ, 2001.
11. Чиликин М. Г., Сандлер А. С. Общий курс электропривода: Учеб. для вузов.-Изд. 6-е, испр., доп. и перераб. - М.: Энергоиздат, 1981.
12. Дружинин Г. В. Надежность автоматизированных производственных систем. - М.: Энергоатомиздат, 1986.
13. Авдоткин Н. П. и др. Управляемые бесконтактные двигатели постоянного тока. - Л.: Энергоатомиздат, 1984.
14. Матушкина О. Е., Некрасова Н. В. Экономика предприятия: Учеб. пособ. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2001.
15. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
16. Правила устройства электроустановок. - Изд. 7-е - М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2002 г.
17. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
18. СНиП 21-01-97 Пожарная безопасность зданий и сооружений.
19. Атаманюк В. Г., Ширшов Л. Г., Акимов Н. И. Гражданская оборона. - М.: Высшая школа, 1986.

					13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ	Лист
						74
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

20. Лифанов В.А., Мармелев Г.Н. Расчет микромашин постоянного тока с постоянными магнитами: Челябинск, 1978.

21. Вагон трамвайный модель 71-623, Техническое описание.

					13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ	Лист
						75
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Приложение А

Расчёт моментов статических сопротивлений и предварительный расчет мощности электродвигателя.

Исходные данные:

$$m1 := 150 \quad dz := 96 \cdot 10^{-3} \quad \mu := 0.1 \quad g := 9.81 \quad \omega := 1.091 \quad dv := 0.035$$

Момент сил трения в подшипниках.

$$M1 := \frac{m1 \cdot dz \cdot \mu \cdot g}{2}$$

$$M1 = 7.063$$

Где m1- масса деталей и узлов опирающихся на подшипники, dz-диаметр цапфы вала, m- коэффициент трения скольжения в подшипниках.

Расчет собственных моментов инерции вращающихся деталей редуктора

Задание исходных данных :

$$Z_{11} := 10 \quad Z_{12} := 80 \quad Z_{21} := 10 \quad Z_{22} := 120 \quad Z_{31} := 10 \quad Z_{32} := 20$$

$$m1 := 0.3 \cdot 10^{-3} \quad l_{11} := 20 \cdot 10^{-3} \quad b_{12} := 6 \cdot 10^{-3} \quad l_{1221} := 20 \cdot 10^{-3} \quad d_{1221} := 3 \cdot 10^{-3}$$

$$m2 := 0.3 \cdot 10^{-3} \quad b_{21} := 6 \cdot 10^{-3} \quad d_{2231} := 3 \cdot 10^{-3} \quad b_{22} := 2 \cdot 10^{-3} \quad l_{2231} := 20 \cdot 10^{-3} \\ d_{32} := 6 \cdot 10^{-3} \quad l_{32} := 17 \cdot 10^{-3}$$

$$m3 := 0.3 \cdot 10^{-3} \quad v := 7850 \quad b_{31} := 6 \cdot 10^{-3} \quad b_{32} := 2 \cdot 10^{-3}$$

$$J_{11} := \frac{v \cdot \pi \cdot (m1 \cdot Z_{11})^4 \cdot l_{11}}{32} \quad J_{11} = 1.248 \times 10^{-9}$$

$$J_{12} := \frac{v \cdot \pi \cdot (m1 \cdot Z_{12})^4 \cdot b_{12}}{32} \quad J_{12} = 1.534 \times 10^{-6}$$

$$J_{1221} := \frac{v \cdot \pi \cdot (d_{1221})^4 \cdot l_{1221}}{32} \quad J_{1221} = 1.248 \times 10^{-9}$$

$$J_{21} := \frac{v \cdot \pi \cdot (m2 \cdot Z_{21})^4 \cdot b_{21}}{32} \quad J_{21} = 3.745 \times 10^{-10}$$

$$J_1 := J_{12} + J_{21} + J_{1221} \quad J_1 = 1.536 \times 10^{-6}$$

					13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		76

Продолжение приложения А

$$J_{22} := \frac{\nu \cdot \pi \cdot (m_2 \cdot Z_{22})^4 \cdot b_{22}}{32} \quad J_{22} = 2.589 \times 10^{-6}$$

$$J_{31} := \frac{\nu \cdot \pi \cdot (m_3 \cdot Z_{31})^4 \cdot b_{31}}{32} \quad J_{31} = 3.745 \times 10^{-10}$$

$$J_{2231} := \frac{\nu \cdot \pi \cdot (d_{2231})^4 \cdot l_{2231}}{32} \quad J_{2231} = 1.248 \times 10^{-9}$$

$$J_2 := J_{22} + J_{31} + J_{2231} \quad J_2 = 2.59 \times 10^{-6}$$

$$J_{32} := \frac{\nu \cdot \pi \cdot (m_3 \cdot Z_{32})^4 \cdot b_{32}}{32} \quad J_{32} = 1.998 \times 10^{-9}$$

$$J_{3232} := \frac{\nu \cdot \pi \cdot (d_{32})^4 \cdot l_{32}}{32} \quad J_{3232} = 1.698 \times 10^{-8}$$

$$J_3 := J_{32} + J_{3232} \quad J_3 = 2.5 \times 10^{-3}$$

Момент инерции якоря двигателя:

$$J_{\text{я}} := 0.025$$

Приведение моментов инерции вращающихся и движущихся масс к валу двигателя:

Задание исходных данных :

$$m := 150$$

Определение передаточных чисел зубчатых пар:

$$i_1 := \frac{Z_{12}}{Z_{11}} \quad i_2 := i_1 \cdot \frac{Z_{22}}{Z_{21}} \quad i_3 := i_2 \cdot \frac{Z_{32}}{Z_{31}}$$

$$i_2 = 96 \quad i_3 = 192$$

Продолжение приложения А

Приведение моментов инерции вращающихся масс редуктора к валу двигателя:

$$J_1 := J_{12} + J_{21} + J_{1221} \quad J_2 := J_{22} + J_{31} + J_{2231} \quad J_3 := J_{32} + J_{я} + J_{3232}$$

$$J_1 = 1.536 \times 10^{-6} \quad J_2 = 2.59 \times 10^{-6} \quad J_3 = 0.025$$

$$J_p := J_{11} + \frac{J_1}{(i_1)^2} + \frac{J_2}{(i_2)^2} + \frac{J_3}{(i_3)^2} \quad J_p = 7.037 \times 10^{-7} \quad Z := 30000$$

Приведение момента инерции движущейся массы пантографа к валу двигателя по формуле:

$$J_3 := m \cdot \frac{(d_B)^2}{4}$$

Приведение моментов инерции вращающихся и движущихся масс к валу двигателя:

$$a := 1.5 J_{пp} := (J_{я} + J_p + J_3) J_{пp} = 0.071$$

Рассчитываем динамический момент

$$M_{rd} := \frac{J_{пp} \cdot 2 \cdot a}{d_B}$$

$$M_{rd} = 6.08$$

Определим полный момент. Так как двигатель малой мощности, работает при малых нагрузках и кратковременном режиме работы берем только два момента при пуске и торможении. Статический режим работы не учитываем.

$$M_{п} := M_{rd} + M_1 \quad M_{п} = 13.144 \quad M_{т} := M_1 - M_{rd} \quad M_{т} = 0.983$$

Определим время работы:

Число оборотов в минуту равно:

$$n := \frac{60 \cdot \omega}{2 \cdot \pi}$$

$$n = 10.418$$

Поворот на 10 градусов дает число оборотов 0,289

$$\frac{10}{360} \cdot 10.418 = 0.289 \quad \frac{60}{10.418} = 5.759$$

					13.03.02.2017.103.00.00 ПЗ	Лист
						78
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Продолжение приложения А

Искомое время работы

$$t1 := 0.289 \cdot 5.759 \quad t1 = 1.664 \quad t2 := 2$$

Рассчитываем среднеквадратичное значение момента

$$M_{ck} := \sqrt{\frac{M_{\Gamma 1}^2 \cdot t1 + M_{\Gamma 2}^2 \cdot t2}{t1 + t2}}$$

$$M_{ck} = 8.888$$

$$tz := \frac{3600}{Z}$$

$$tz = 0.12$$

$$PVf := \frac{t1 + t2}{tz}$$

$$PVf = 30.536$$

Для данного режима работы принимаем ПВ=15%

$$PVk := 0.15 K1 := 1.5$$

$$V_o := \omega \cdot \frac{d_B}{2}$$

Мощность двигателя определяем по формуле:

$$P_{dv} := K1 \cdot M_{ck} \cdot 2 \cdot \frac{V_o}{d_B} \cdot \sqrt{\frac{PVf}{PVk}}$$

$$P_{dv} = 207.525$$