

«ЎЗБЕКИСТОН ТЕМИР ЙЎЛЛАРИ» АЖ

Тошкент темир йўл муҳандислари институти



Ҳимоя қилишга рухсат берилсин

Кафедра мудири

“ 7 ” 06 2016 й

Э.Т.ва Ю.Т.Э.Х.Т

кафедраси

МАЛАКАВИЙ БИТИРУВ ИШИ

Мавзу: “Проектирование тягового асинхронного электропривода
электропоезда пригородного следования.” (Шаҳар атрофида
ҳаракатланувчи электропоезд учун асинхрон электр юритма
лойиҳалаштириш)

Муаллиф

Ильясов М. М

Раҳбар

Исраилов У.Ш.

Маслаҳатчилар:

Файзиходжаева.М

Криворучко Б.В.

Такризчи

Кулахмедов А. Б

Тошкент – 2016й.

«ЎЗБЕКИСТОН ТЕМИР ЙЎЛЛАРИ» АЖ

Тошкент темир йўл муҳандислари институти



ТАСДИҚЛАЙМАН:

Э.Т.ва Ю.Т.Э.Х.Т

кафедраси мудири

доц. У.Т.Бердиев

« 26 » 01 2016 й

БАКАЛАВР БИТИРУВ МАЛАКАВИЙ ИШИ БЎЙИЧА

ТОПШИРИҚ

Талабанинг: Ильясов Муҳаммад, Муҳиддинович

Битирув иши мавзуси: “ Проектирование тягового асинхронного электропривода электропоезда пригородного следования”.

Мавзу институтнинг “22” январь 2016.й. № 32-У - сонли буйруғи билан тасдиқланган.

Битирув малакавий ишини топшириш муддати 8 июн 2016 й.

Битирув малакавий ишини бажариш учун дастлабки маълумотлар ва асосий манбалар:

Данные депо “Узбекистан” и технические литературы.

Хал этилиши лозим бўлган саволлар:

1. Введение.
2. Электропоезда и современные тяговые асинхронные электроприводы электропоездов.
3. Расчет асинхронного тягового электропривода для электропоезда пригородного направления.
4. Экономические расчеты
5. Охрана труда
7. Исползованная литература.

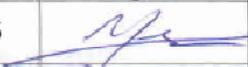
Ишнинг график қисми чизмаларининг мазмуни:

1. Структурная схема системы управления ЭПС постоянного и переменного тока
2. Силовая схема ЭП10 для одной тележки при питании от контактной сети переменного тока
- 3 Функциональная схема системы ТЭП тележки электропоезда ЭНЗ
4. Принципиальная силовая схема электровоза переменного тока с поосным регулированием силы тяги

Битирув иши булимларининг маслахатчилари

| БЎЛИМЛАР | МАСЛАХАТЧИЛАР | Имзо, сана | |
|---------------------------|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| | | Топширик берилди | Топширик қабул қилинди |
| Ҳаёт фаолият хавфсизлиги. | Криворучко Б.В. |  |  |
| Техник иктисодий ҳисоблар | Файзиходжаева.М |  |  |

8. Bitiruv ishini bajarish rejasi

| № | Bitiruvishi Bosqichlarning nomi | Bajarish muddati (sana) | Tekshiruvdan o'tganlik belgisi |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | .Введение. | 1.04.16 – 10.04.16 |  |
| 2 | Электropoezda и современные тяговые асинхронные электроприводы электропоездов. | 10.04.16 – 10.05.16 |  |
| 3 | Расчет асинхронного тягового электропривода для электропоезда пригородного направления. | 10.05.16 – 20.05.16 |  |
| 4 | Охрана труда | 20.05.16 – 25.05.16 |  |
| 5 | . Экономические расчеты | 20.05.16 – 25.05.16 |  |
| 6 | Исползованная литература. | 25.05.16 – 4.06.16 |  |

Bitiruvishirahbari: Israilov U.SH.

(F.I.SH) (imzo)

Topshiriqibajarishgaoldim:Ильясов М. М

(F.I.SH) (imzo)

Topshiriqberilgansana 16.01. 2016 yil

Реферат

Тема дипломной работы имеет следующее название: “Проектирование тягового асинхронного электропривода электропоезда пригородного следования”.

В данной выпускной квалификационной работе имеется 81 листа, в которых отражается соответствующая каждому отдельному разделу информация.

В работе сделан расчет параметров агрегатов силовой электрической цепи пригородного электропоезда с асинхронным тяговым приводом. Выполнено компьютерное моделирование рабочих режимов тягового двигателя для тягового электропривода электровоза. Был моделирован работа АТД с инвертором напряжения, с помощью пакета SimPowerSystem.

В экономическом разделе рассчитаны экономические показатели надежности преобразователей.

В разделе охраны труда был произведен анализ опасных и вредных производственных факторов; рассмотрены требования безопасности, предъявляемые при эксплуатации электроподвижного состава переменного тока с асинхронным тяговым приводом.

| | | | | | | | | | | |
|-------------|------|-------------|------|------|------------------------|--|--|-------------------------------------------------|------|--------|
| | | | | | 5310700.214.12-ПЗ 2016 | | | | | |
| Изм | Лист | № докум | Подп | Дата | Оглавление | | | Лит | Лист | Листов |
| Разраб | | Ильясов М.М | | | | | | Лит | Лист | Листов |
| Пров | | Исроилов У. | | | | | | | | |
| Реценз | | У.Исроилов | | | | | | | | |
| З.Реценз | | | | | | | | | | |
| Защ. кафедр | | Бердиев У.Т | | | | | | | | |
| Кафедра | | Т.Бердиев | | | | | | | | |
| | | | | | | | | Таш ИИТ ЕМ-575 Таш ИИТ ЕМ-575 Таш ИИТ ЕМ- | | |

| Оглавление | | |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| | ВВЕДЕНИЕ..... | |
| ГЛАВА I. | ЭЛЕКТРОПОЕЗДА И СОВРЕМЕННЫЕ ТЯГОВЫЕ АСИНХРОННЫЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДЫ ЭЛЕКТРОПОЕЗДОВ.... | |
| 1.1. | Электропоезда. Термины, определения и основные понятия..... | |
| 1.2. | История, современность и перспективы..... | |
| | 1.2.1. Первые электровозы..... | |
| | 1.2.2. Первые электрические моторвагонные поезда..... | |
| | 1.2.3. Развитие пригородных перевозок..... | |
| 1.3. | Классификация электропоездов..... | |
| 1.4. | Требования, предъявляемые к электропоездам..... | |
| 1.5. | Современные электроприводы электропоездов..... | |
| | 1.5.1.Современные электрические приводы с IGBT технологии.... | |
| 1.6. | Системы управления ЭПС переменного тока асинхронными тяговыми электромашинными..... | |
| | 1.6.1.Структурные схемы силовой цепи..... | |
| | 1.6.2.Структура систем управления электроподвижного состава переменного тока..... | |
| 1.7. | ЭПС переменного тока с четырёхквadrантными преобразователями..... | |
| 1.8. | Электроподвижной состав переменного тока с автономными инверторами тока..... | |
| ГЛАВА II. | РАСЧЕТ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ДЛЯ ЭЛЕКТРОПОЕЗДА..... | |
| 2.1. | Требования к параметрам тягового асинхронного двигателя..... | |
| 2.2. | Влияние статического преобразователя на характеристики АД..... | |
| 2.3. | Расчет электропривода..... | |
| 2.4. | Расчет предельных режимов работы тягового двигателя..... | |
| 2.5. | Моделирование работы преобразователей..... | |
| ГЛАВА III | ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ЭЛЕКТРОПОЕЗДА ПРИГОРОДНОГО НАЗНАЧЕНИЯ..... | |
| ГЛАВА IV | ОХРАНА ТРУДА..... | |
| | ЗАКЛЮЧЕНИЕ..... | |
| | СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ..... | |
| | ПРИЛОЖЕНИЕ | |

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы железнодорожный отрасль Узбекистана бурно развивается благодаря тщательно продуманной политики по развитию экономико-социальную сферу и транспортной инфраструктуры республики и правильному подходу руководства компании к решений технико-экономических проблем.

Большое внимание выделен к оздоровлению и одновременную обновлению существующего парка локомотивов. Повышение эффективности железнодорожных грузоперевозок и пассажироперевозок в настоящее время невозможно без своевременного обновления действующего парка электроподвижного состава и повышения его технического уровня.

К сожалению, небольшое внимание выделяется к обновлению парка электропоездов пригородного направления, сообщаемые Газалкент, Хаваст, Гулистан со столицей нашей прекрасной республики. При высоком росте технического и технологического состояния АО «УТЙ», все еще эксплуатируются электропоезда ЭР9, почти черпающие свой ресурс.

Обновления мотор-вагонного подвижного состава повисит уровень обслуживания пассажирских направлений как Ташкент-Газалкент-Ташкент, Ташкент-Гулистан-Хаваст. Возникает вопрос, каким требованиям должен отвечать, какого привода должен иметь мотор-вагонный подвижной состав?

Многолетние теоретические и экспериментальные исследования, проводимые за рубежом, открывают возможность применения на электрическом подвижном составе асинхронных тяговых двигателей (АТД).

Многолетняя история развития тягового электропривода подвижного состава всегда происходила на фоне конкуренции между двумя системами – приводом на постоянном токе и переменном.

Существующий сегодня на вагонах привод постоянного тока с релейно-контакторной системой управления прост, но неэкономичен по расходу электроэнергии и текущим расходам на содержание.

| | | | | | | | | | |
|---------|--------|-------------|---|----------|------------------------|------|------------------------|--|--|
| | | | | | 5310700.214.12-ПЗ 2016 | | | | |
| Изм | Лист | № докв | № | Подп. | П | дата | | | |
| Разраб | Разраб | Ильясов.М.М | | | | | ВВЕДЕНИЕ РЕФЕРА | | |
| Пров | Пров | Пр | | Исроилов | | | | | |
| Реценз. | Рецен | | | | | | Таш ИИТ ЕМ-575 | | |
| Заф. | | Бердиев У | | | | | | | |

ГЛАВА I. ЭЛЕКТРОПОЕЗДА И СОВРЕМЕННЫЕ ТЯГОВЫЕ АСИНХРОННЫЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДЫ ЭЛЕКТРОПОЕЗДОВ

1.1. Электропоезда. Термины, определения и основные понятия.

Электропоезд – разновидность неавтономного моторвагонного подвижного состава, получающего энергию от внешней контактной сети с помощью токоприёмников.

Электропоезда широко используются в пригородном и ближнем междугородном сообщении. В отличие от других типов тягового подвижного состава, они способны быстро разгоняться и тормозить на коротких перегонах между станциями, относительно малозумны и не загрязняют окружающую среду, что очень важно в густонаселённых районах. Кроме того, электропоезда применяются в высокоскоростном пассажирском сообщении.

Электропоезда состоят из головных, моторных и прицепных секций. Поезд содержит 2 головные секции, из которых происходит управление составом. Между ними заключены моторные (влияющими на сцепной вес поезда) и прицепные секции. Количество моторных секций не должно быть меньше, чем количество головных и прицепных секций вместе взятых. Исходя из этого, минимальное количество вагонов в пригородном электропоезде может быть четыре. Наибольшее количество вагонов в электропоезде по его технической характеристике – двенадцат.

Пригородный поезд — железнодорожный состав для выполнения пригородных перевозок по железной дороге. Как правило, пригородный поезд останавливается на всех остановочных пунктах на маршруте, имеющих пассажирскую платформу. Длина маршрута пригородного поезда, как правило, не превышает 200 км в одном направлении. Посредством согласований пригородные поезда выполняют роль «сетеобразующего» транспорта, позволяющего с гарантированными пересадками переехать от пункта А в пункт Б.

Тяговыми электрическими машинами (ТЭМ) называют электрические машины, предназначенные для работы в качестве двигателей, генераторов, преобразователей на подвижном составе всех видов.

| | | | | | | | |
|-------------|------|-------------|-------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------|------|---------|
| | | | | | 5310700.214.12-ПЗ 2016 | | |
| Изм | Лист | № докum | Подп. | дата | | | |
| Разраб | | Ильясов М.М | | | ЭЛЕКТРОПОЕЗДА И СОВРЕМЕННЫЕ ТЯГОВЫЕ АСИНХРОННЫЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДЫ ЭЛЕКТРОПОЕЗДОВ | | |
| Пров | | | | | ЛИТ | ЛИСТ | ЛИТСТОВ |
| Руководител | | Исроилов У | | | ТашИИТ ЕМ-575 | | |
| Заф.Каф | | Бердиев У. | | | | | |

году, когда электрические трамваи уже успешно завоевали европейские города, они появились на улицах Санкт-Петербурга.

Инженер Ф.Б. Беспалов в опубликованной в 1894 году брошюре "Электрическая экономическая железная дорога" обосновал принцип управления несколькими вагонами в сцепе с одного поста - пожалуй, впервые в мире. Это ключевой принцип управления многосекционным подвижным составом.

1.2.1. Первые электровозы.

Впервые в промышленном применении участок электрической железной дороги длиной примерно 2 км был запущен в 1879 году на текстильной фабрике во французском городе Брейле.

В Великобритании первой линией, электрифицированной на постоянном токе напряжением 500 В с применением контактного рельса, стала подземная пассажирская City&SouthLondonRailway длиной 5,6 км, открытая в 1890 году. Компанией MessrsMather&PlattandSiemensBros для нее было поставлено 16 электровозов, на каждом установлены 2 тяговых безредукторных двигателя мощностью 36,7 кВт. Фактически это был первый в мире метрополитен.

Первый участок магистральной железной дороги на электрической тяге длиной 11,2 км был открыт в 1895 году в США между Балтимором и Огайо (BaltimoreBeltLine) с напряжением в контактной сети 675 В постоянного тока. Линия состояла из открытого участка длиной 6,4 км и подземного в черте города. Электровозы для нее поставлялись компанией GeneralElectric.

Первый в Европе опытный электровоз для магистральных линий был создан венгерским инженером Кальманом Кандо в 1894 году. Электровоз питался от трехфазной сети высокого напряжения 3300 В частотой 15 Гц и был оборудован асинхронным тяговым двигателем. В качестве преобразователя была применена новая электрическая машина, изобретенная Кандо, - фазовращатель. К. Кандо для европейских инженеров имеет такое же значение, как Ф. Спарг для американцев, поэтому в европейских странах "отцом электрической тяги" считают К. Кандо (1869-1931).

Электровозы, сконструированные К. Кандо, были применены в Италии для организации движения на полноценном железнодорожном маршруте (до этого они применялись только на отдельных участках дорог). Энергия к электровозу подавалась по двум контактными проводам, в качестве третьей фазы использовались рельсы.

1.2.2. Первые электрические моторвагонные поезда

Появление в США многосекционных моторвагонных поездов также связано с именем Ф. Спарга. В 1895 году им был запатентован принцип

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|-----|------------------------|-----|
| | | | | | 5310700.214.12-ПЗ 2016 | Лис |
| Изм | Лис | № докум. | Полп.с | Лат | | |

эксплуатационных затрат. С 2006 года в связи с изменением системы контроля оплаты проезда и установкой турникетов на многих платформах, количество безбилетных пассажиров резко сократилось. Несмотря на это, тарифы на перевозки возросли пригородный поезд в Италии. Монтекатини-Терме, 2015 При большинстве крупных городов мира также имеется пригородное сообщение железных дорог, обычно осуществляемое пригородными маршрутами национальных операторов железных дорог. Также в Германии, Индии, Японии, Австралии и ряде других стран системы S-Bahn (cityrail) выходят в пригороды, хотя преимущественно обслуживают жителей городов.

1.3. Классификация электропоездов

Электропоезда в зависимости от расстояния следования и скорости движения классифицируются:

- для перевозок пассажиров на выделенных маршрутах с высоким пассажиропотоком длиной участка оборота не более 60 км; для перевозок пассажиров в пригородных зонах длиной участка оборота не более 200 км;
- для перевозок пассажиров на межрегиональных и междугородних маршрутах длиной участка оборота от 150 до 700 км;
- пассажирские, обращающиеся со скоростью движения до 120 км/ч;
- скорые, обращающиеся со скоростью движения в интервалах св. 120 до 140 км/ч;
- скоростные, обращающиеся со скоростью движения в интервалах св. 140 до 200 км/ч;
- высокоскоростные, обращающиеся со скоростью движения св. 200 км/ч.

Классификация электропоездов по назначению (типы) и их основные признаки представлены в таблице 1.

| | | | | | | |
|-----|-----|---------|--------|-----|------------------------|-----|
| | | | | | 5310700.214.12-ПЗ 2016 | Лис |
| Изм | Лис | № локвм | Полп с | Лат | | |

Также в кабине управления должен быть обеспечен контроль (по пневматическим манометрам прямого действия) со стороны машиниста за следующими параметрами работы тормозов:

- давлением воздуха в тормозном цилиндре (тормозном блоке) в головном вагоне;
- давлением воздуха в тормозной магистрали;
- давлением воздуха в главных воздушных резервуарах пневматического тормоза.

Рельсовые тормоза должны быть автоматически приведены в действие на каждом вагоне при экстренных торможениях, а также при снижении давления в тормозной магистрали ниже 0,20 МПа. Допускается использование рельсовых тормозов в качестве дополнения к автоматическому тормозу.

Должен быть предусмотрен подогрев башмаков рельсового тормоза для предотвращения налипания снега и образования льда в допустимом диапазоне температур наружного воздуха. Рельсовые тормоза должны обеспечивать работоспособность при торможении на стрелочных переводах. Не допускаются их перекосы при опускании.

Магниторельсовые тормоза не могут быть использованы при скорости движения свыше 280 км/ч и менее 30 км/ч.

Все виды тормозов, применяемых при различных режимах торможения, последовательность их включения и выключения при замещении, дотормаживании и совместном действии должны задаваться алгоритмом управления системой торможения электропоезда.

Должно быть обеспечено бесперебойное питание всех систем торможения и противоюзных устройств.

Должна быть предусмотрена система автоматического замещения электрического тормоза при его отказе на каждом моторном вагоне фрикционным тормозом, при не меньшей тормозной эффективности последнего на данном вагоне, а также дотормаживание с помощью фрикционного тормоза при истощении электрического торможения в зоне малых скоростей. Должно быть предусмотрено автоматическое замещение электропневматического тормоза пневматическим при отказе электропневматического тормоза.

Должна быть предусмотрена возможность совместного действия электрического и фрикционного тормозов, а также возможность совместного действия электрического тормоза моторных вагонов и фрикционного тормоза немоторных вагонов.

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|-----|------------------------|-----|
| | | | | | 5310700.214.12-ПЗ 2016 | Лис |
| Изм | Лис | № док.м. | Полп.с | Лат | | |

- тягового электрооборудования;
- вспомогательного электрооборудования;
- системы управления тяговым и вспомогательным оборудованием.

Тяговое электрооборудование включает в себя высоковольтные аппараты, предназначенные для регулирования тяги и торможения электропоезда (токоприемник, коммутационная и защитная аппаратура, тяговые трансформаторы, тяговые преобразователи, тяговые электродвигатели).

Вспомогательное электрооборудование включает в себя оборудование собственных нужд электропоезда (электрическая часть системы охлаждения тягового оборудования, компрессор), источники питания и электрические потребители систем жизнеобеспечения и сервиса.

К системам управления тяговым и вспомогательным электрооборудованием относят оборудование, обеспечивающее управление всеми системами электропоезда, контроль безопасности движения, автоведения (при наличии), бортовую диагностику (при наличии), регистрацию режимов ведения, управление дверями электропоезда, автоматической пожарной сигнализации. Расчетный коэффициент сцепления в режиме тяги 0,25 (при трогании с места), 0,175 (при скорости 200 км/ч), 0,137 (при скорости свыше 250 км/ч). Тормозной коэффициент сцепления при электрическом торможении - не более 0,18.

В силовых цепях должны быть предусмотрены устройства защиты:

- при коротких замыканиях на любом участке электрической схемы (в том числе междуфазных и на корпус);
- при внешних коротких замыканиях в режиме рекуперативного торможения;
- от токов перегрузок в цепях тягового привода;
- при воздействии внешних перенапряжений;
- при недопустимо высоком нагреве элементов электрооборудования;
- при кратковременном повышении напряжения в контактной сети выше допустимого уровня и ниже минимально допустимого уровня;
- при боксовании и юзе колесных пар.

В случае отказа части электрооборудования должна быть обеспечена работа электропоезда в аварийном режиме с возможностью ручного включения схемы резервирования из кабины машиниста.

Цепь тока в рельсы должна быть осуществлена через специальные заземляющие устройства на оси колесной пары вагона электропоезда при обязательном шунтировании цепи буксовых подшипников.

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|-----|------------------------|-----|
| | | | | | 5310700.214.12-ПЗ 2016 | Лис |
| Изм | Лис | № докум. | Полп.с | Лат | | |

осуществлять управление всем оборудованием электропоезда, сбор информации о состоянии оборудования, позволять управлять электропоездом только из одной кабины, обеспечивать рабочую кабину всей информацией о работе других составов при работе по системе многих единиц.

В режиме автоведения (при ее наличии) система управления должна осуществлять автоматическое управление движением электропоезда, обеспечивающее выполнение графика с учетом реальных условий движения, участка и характеристик электропоезда на основе выбора энергетически рационального режима движения, а также речевое информирование машиниста при подъездах к проходным светофорам, переездам и станциям.

Система информационного обеспечения (при ее наличии) должна реализовать информационное обеспечение локомотивной бригады, поездного персонала, ремонтных служб депо, пассажиров.

Машинисту должны быть представлены необходимые данные о ходе выполнения системой управления всех основных функций. При этом должна быть предусмотрена возможность получения информации о:

- расчетной и реализуемой траектории движения;
- работе и состоянии оборудования, систем электропоезда;
- предотказных (предшествующих отказу) ситуациях и отказах;
- приближении или наступлении предельных режимов работы;
- обмене информацией с объектами железнодорожной инфраструктуры.

При диагностировании в условиях депо при плановом осмотре и ремонте должна быть реализована проверка узлов и агрегатов, а также всех блоков системы управления с помощью набора тестов и сервисных программ.

Конструкция межвагонных электрических и пневматических соединений, аппаратное и программное обеспечение системы должны быть унифицированными и предусматривать возможность соединения всех разновидностей вагонов электропоезда одной серии друг с другом, изменения составности электропоезда одной серии с сохранением функционирования системы управления без дополнительного перепрограммирования.

Должна быть определена структура пассивного и активного дублирования и резервирования систем с учетом функций безопасности и минимального набора функций.

Система самодиагностики коммуникационной сети электропоезда (при ее наличии), перед и во время поездки должна обеспечивать распознавание и игнорирование ошибочных данных в случае сбоя на всех уровнях передачи информации.

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|-----|------------------------|-----|
| | | | | | 5310700.214.12-ПЗ 2016 | Лис |
| Изм | Лис | № доквм. | Подп.с | Дат | | |

1.5. Современные электроприводы электропоездов

1.4.1. Современные электрические приводы с IGBT технологии.

Компания «Шкода Электрик» является ведущим поставщиком тяговых электроприводов для железнодорожных вагонов и средств общественного транспорта. Для поездов с электрическим или дизельным приводом компания производит с использованием технологии IGBT современные электрические приводы для напряжения 1,5 кВ постоянного тока, 3 кВ постоянного тока и 25 кВ 50 Гц, 15 кВ 16,7 Гц. Приводы производства компании «Шкода» имеют высокое качество, долговечность и надежность. Для эксплуатации локомотивов необходима целая система электрического оснащения, включающая в себя: тяговые преобразователи, преобразователи для вспомогательных приводов, зарядные устройства аккумулятора батареи и управление с высшего уровня. Каждая часть центрального источника энергии может быть точно приспособлена требованиям заказчика. Технологические решения для этих современных поездов гарантируют пассажирам высокую комфортность проезда, с другой стороны - приносят значительную экономию энергии. Специальная система диагностики DIS Show позволяет проводить постоянный мониторинг работы электрического оснащения, это позволяет немедленно реагировать на ситуации прямо при эксплуатации.

Техническое описание

Номинальное напряжение контактной сети:

- 1,5 до 3 кВ постоянного тока
- 25 кВ_50 Гц переменного тока
- 15к кВ_16, 7 Гц переменного тока
- Высокое качество, долговечность и надежность оснащения.
- Диагностические системы DIS Show, мониторинг эксплуатации электрического оснащения.
- Использование современной технологии IGBT.
- Эффективная защита от скольжения и буксования.
- Большая экономия энергии.
- Высокий комфорт проезда.
- Благоприятное соотношение «цена - качество»

1.6. Электроприводы ЭПС переменного тока с асинхронными тяговыми электромашинными

1.6.1. Структурные схемы силовой цепи

На ЭПС переменного тока с асинхронными ТЭМ общим элементом является трансформатор, который понижает напряжение контактной сети до требуемого уровня. Существует четыре наиболее известных варианта

| | | | | | | |
|-----|-----|-----------|--------|-----|------------------------|-----|
| | | | | | 5310700.214.12-ПЗ 2016 | Лис |
| Изм | Лис | № док.вм. | Полп.с | Лат | | |

1.5.2. Структура систем управления электроподвижного состава переменного тока

В основном на ЭПС с АД система управления имеет иерархическую структуру, включающую три уровня. На рис. 1.4 показан один из возможных вариантов структурной схемы системы управления ТЭП ЭПС переменного тока.

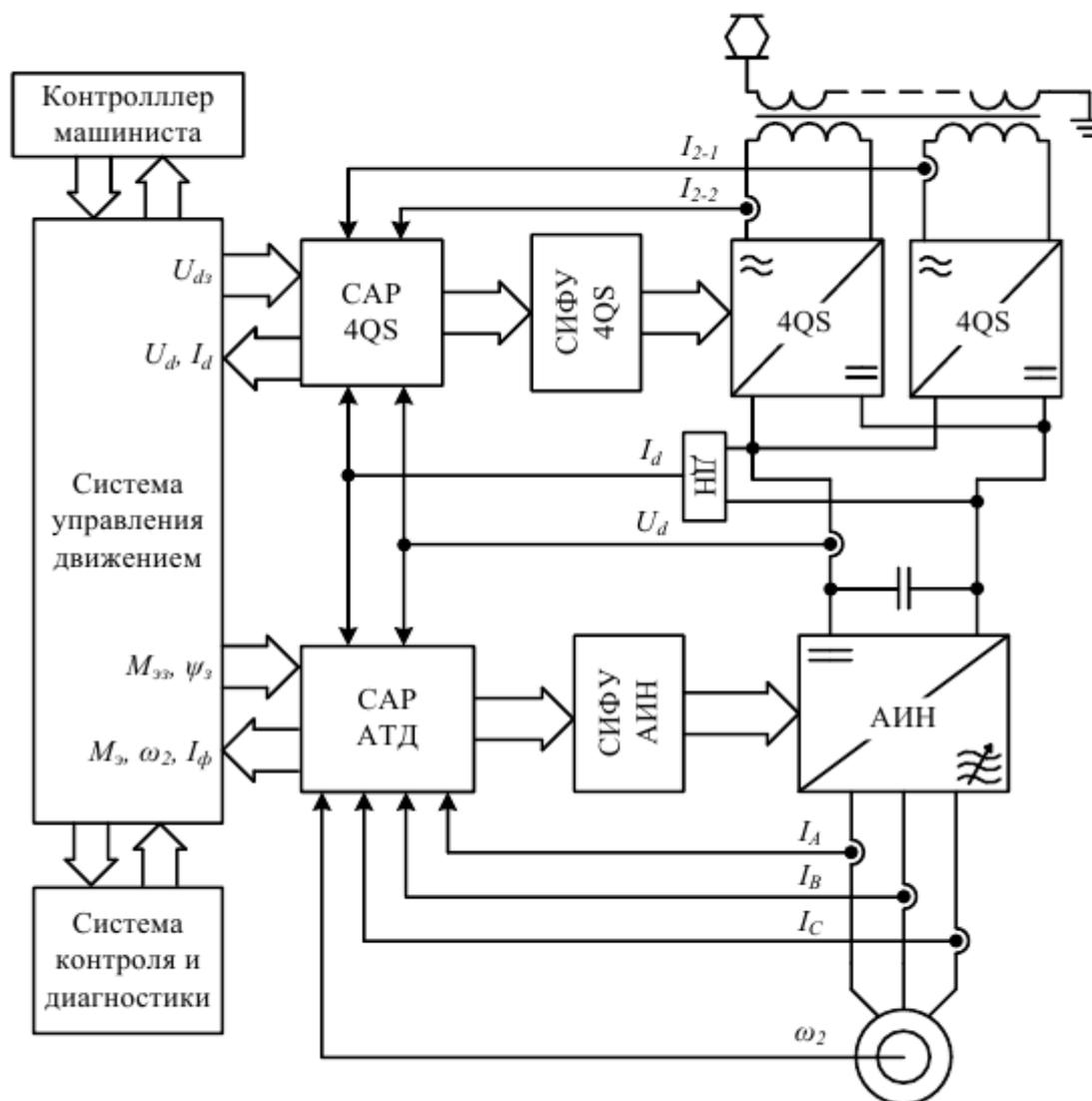


Рис. 1.4. Структурная схема системы управления ЭПС переменного тока

На верхнем уровне находится система управления движением локомотива. Входной информацией для нее являются поступающие с контроллера машиниста команды и получаемые от системы контроля и диагностики данные о состоянии оборудования локомотива. Кроме того, может использоваться информация, поступающая от СЦБ и диспетчерской службы. Система управления ЭПС осуществляет определение режима работы оборудования. В ее функции входит формирование задания на управление

номных инвертора тока $U1.2$ и $U2.2$ и четыре асинхронных тяговых двигателя $M1-M4$.

Выпрямительно-инверторный преобразователь реализуют двухзонное регулирование выпрямленного напряжения, а АИТ осуществляет инвертирование выпрямленного тока в обмотки двух параллельно включённых тяговых двигателей. Подробнее о работе инвертора тока можно прочитать в учебном пособии [4].

Функциональная схема системы тягового электропривода тележки ЭНЗ приведена на рис. 2.9 .

Команды на задание величины тока поступают с КМ в зависимости от требуемого тягового усилия. Система управления тяговым электроприводом содержит два основных канала регулирования:

- 1) канал регулирования модуля вектора статоров;
- 2) канал регулирования частоты токов статоров АД.

Регулирование величины тока статоров осуществляется регулятором тока статоров РТ через управление ВИП; на вход РТ поступает разность между заданным значением тока и его фактическим значением, получаемым с датчика тока.

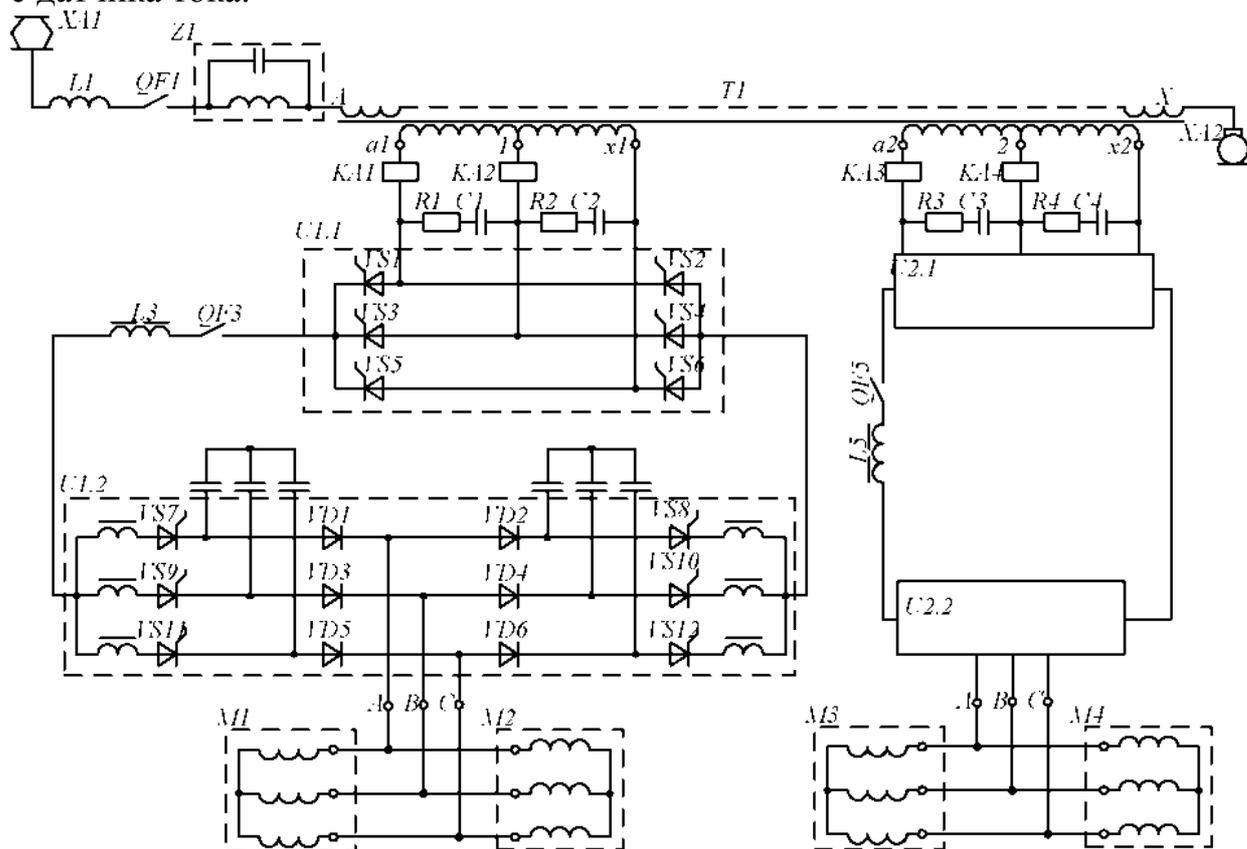


Рис. 7.8. Силловая схема моторного вагона ЭНЗ

Рис. 1.8. Силловая схема моторного вагона ЭНЗ

ГЛАВА II. РАСЧЕТ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ДЛЯ ЭЛЕКТРОПОЕЗДА

2.1. Требования к параметрам тягового асинхронного двигателя

Обычно проектирование тягового асинхронного частотно-регулируемого двигателя питаемого от статического преобразователя ведется поэтапно. При расчете двигателя, предназначенного для работы с синусоидальным напряжением, при помощи стандартной вычислительной программы можно быстро выявить влияние проектных параметров на его характеристики.

Для асинхронного двигателя, питающегося от статического преобразователя, тепловые потери, обусловленные высшими гармоническими составляющими тока, определяются по экспериментальным данным или учитываются дополнительной вычислительной программой.

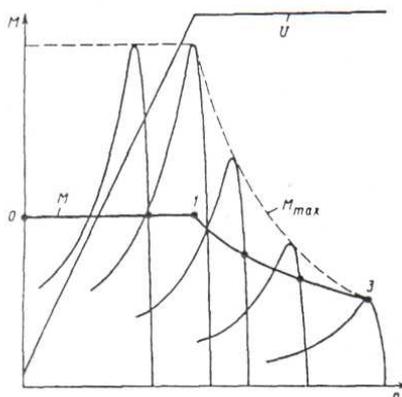


Рис. 2.1. Механические характеристики асинхронного двигателя при частотном управлении

При неизменной пульсации тока точка 1 на рис. 1, соответствующая режиму одновременного воздействия полного поля и максимального тока, определяет использование мощности двигателя по нагреву. В режиме с частотой вращения выше, чем та, которой соответствует точке 1, мощность двигателя ограничивается мощностью питающего устройства. Максимальный вращающий момент с некоторым приближением можно выразить в виде.

$$M_{MAX} = \frac{U^2}{f^2} \cdot \frac{1}{L_{\sigma}} \quad (2.1)$$

| | | | | | | | | | | |
|---------|-------------|---------|-------|------|---------------------------------------------------------------------|--|--|-----|------|---------|
| | | | | | 5310700.214.12-ПЗ 2016 | | | | | |
| Изм | Лист | № доквм | Подп. | дата | РАСЧЕТ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ДЛЯ ЭЛЕКТРОПОЕЗДА | | | лит | лист | литстов |
| Разраб | Ильясов.М.М | | | | | | | | | |
| Пров | Исроилов | | | | | | | | | |
| Реценз. | | | | | | | | | | |
| Заф.каф | Бердиев У | | | | Таш ИИТ ЕМ-575 | | | | | |

$$r_{1T} = 56.31 / 2 = 28.1 \text{ Ом.}$$

Активное сопротивление тяговой обмотки трансформатора (полной):

$$r_{2T} = r_T / 2K_T^2. \quad (2.8)$$

$$r_{2T} = 56.31/2 * 29.41^2 = 0.03 \text{ Ом.}$$

2.3. Расчет четырехквadrантный преобразователя

Четырёхквadrантный преобразователь 4QS - это два моста (однофазный и трёхфазный) с транзисторами и обратными диодами, соединённые между собой со стороны постоянного напряжения. Со стороны переменного тока – последовательно включен индуктивный фильтр. Со стороны постоянного напряжения – параллельно включён емкостной фильтр.

Со стороны однофазного моста напряжение контактной сети $U_{кc} = \text{const}$ и $f_{кc} = \text{const}$. Со стороны трёхфазного моста напряжение АД $U_{АТД} = \text{var}$ и $f_{АТД} = \text{var}$.

Принципиальная схема четырехквadrантного преобразователя приведен на рис 1.13.

2.3.1. Расчёт трехфазного моста.

Максимальный ток через ключи инвертора определяется из выражения:

$$I_{с,макс} = \frac{P_n \cdot k_1 \cdot \sqrt{2} \cdot k_2}{\eta_n \cdot \cos \varphi \cdot \sqrt{3} \cdot U_l} \quad (2.9)$$

$$I_{с,макс} = \frac{180000 \cdot 1.2 \cdot \sqrt{2} \cdot 1.15}{0.95 \cdot 0.91 \cdot \sqrt{3} \cdot 750} = 312.8 \text{ А.}$$

где P_n – номинальная мощность двигателя, Вт;

$k_1 = (1,2-1,5)$ – коэффициент допустимой кратковременной перегрузки по току, необходимой для обеспечения динамики электропривода;

$k_2 = (1,1-1,2)$ – коэффициент допустимой мгновенной пульсации тока; η_n – номинальный КПД двигателя;

U_l – линейное напряжение двигателя, В.

Среднее выпрямленное напряжение

$$U_d = k_{сн} \cdot U_l \quad (2.10)$$

| | | | | | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|-----|--|--|--|--|--|-----|
| | | | | | | | | | | Лис |
| | | | | | | | | | | |
| Изм | Лис | № докум. | Полп.с | Лат | | | | | | |

$$U_d = 0.9 \cdot 750 = 675 \text{ В}$$

где $k_{сн} = 0,9$ – для мостовой однофазной схемы.

Выбираем IGBT модуль при условии $I_c \geq I_{c.макс.}$ и $U_{ce} \geq U_d$:

Параметры IGBT модуля FUJIElectric 1DI400D-100 Fuji IGBT 400A

1000V приведен в таблице 2.2.

Таблица 2.2

| Тип прибора | Предельные параметры | | | Электрические характеристики | | | | | | | | | Обратный диод | | Тепловые и механические параметры | | Масса, кг | |
|-------------|----------------------|--------------|--------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|----------------------|---------------------------|----------------------|------------------------------|---|-----------------------------------|-------|-----------|-----|
| | | | | U _{CE(sat)} , В | | C _{ies} , нФ | C _{oes} , нФ | C _{res} , нФ | t _{d(on)} , мкс | t _r , мкс | t _{d(off)} , мкс | t _f , мкс | | | | | | |
| | типовое | максимальное | U _f , В | t _{rr} , мкс | R _{th(c-f)} , °C/Вт | | | | | | | | R _{th(j-f)} , °C/Вт | | | | | |
| CM800HA-34H | 1000 | 400 | 8300 | 4,5 | 5,5 | 93 | 13,5 | 5,1 | 1,2 | 1,5 | 2 | 0,6 | 3 | 2 | 0,12 | 0,015 | 0,048 | 1,5 |

Примечание: U_{CE(sat)} – максимальное напряжение коллектор-эмиттер; I_c – максимальный ток коллектора; P_c – максимальная рассеиваемая мощность; U_{CE(sat)} – напряжение коллектор-эмиттер во включенном состоянии; C_{ies} – входная емкость; C_{oes} – выходная емкость; C_{res} – емкость обратной связи (проходная); t_{d(on)} – время задержки включения; t_r – время нарастания; t_{d(off)} – время задержки выключения; t_f – время спада; U_f – прямое падение напряжения на обратном диоде транзистора; t_{rr} – время восстановления обратного диода при выключении; R_{th(c-f)} – тепловое сопротивление корпус-охладитель; R_{th(j-f)} – тепловое сопротивление переход-корпус.

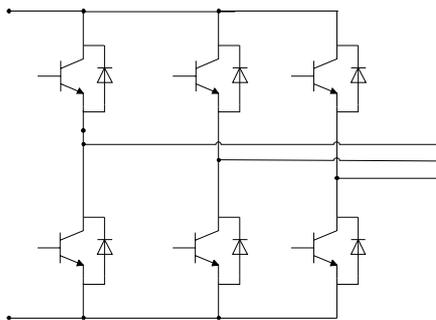


Рис 2.3. Схема инвертора

Число последовательно включенных полупроводниковых приборов определяем по формуле:

$$m_i = \frac{U_d}{U_{RRM} \cdot K_u} \quad (2.10)$$

$$m_n = \frac{675}{1000 \cdot 0.9} = 0.75 \approx 1$$

Число параллельно включенных полупроводниковых приборов в каждом плече выпрямителя однофазного тока определяем по формуле

$$a_{II} = \frac{I_P}{I_{F\Delta Vm} \cdot K_\tau \cdot K_I} \quad (2.11),$$

где $I_{F\Delta Vm}$ – максимально допустимый средний ток полупроводникового прибора,

K_τ – коэффициент, учитывающий подогрев охлаждающего воздуха в преобразователе при последовательном расположении нескольких охладителей;

K_I – коэффициент, учитывающий неравномерность деления тока по параллельным цепям полупроводниковых приборов.

$I_{F\Delta Vm} = 800$ А; $K_\tau = 0,9$; $K_I = 0,9$.

$$a_{II} = \frac{312,8}{400 \cdot 0,9 \cdot 0,9} = 0,96 \approx 1.$$

Производим расчет количества полупроводниковых приборов для других классов для сопоставление и выбора оптимального варианта .

| | | |
|---------------|--------------|----------------------|
| FUJI Electric | 1MBI100L-060 | Fuji IGBT 100A 600V |
| FUJI Electric | EVL32-060DF | Fuji IGBT 150A 600V |
| FUJI Electric | 2DI200MC-050 | Fuji IGBT 200A 600V |
| FUJI Electric | 1DI400A-060 | Fuji IGBT 400A 600V |
| FUJI Electric | 2DI100D-100 | Fuji IGBT 100A 1000V |
| FUJI Electric | 1DI200Z-100 | Fuji IGBT 200A 1000V |
| FUJI Electric | 1DI400D-100 | Fuji IGBT 400A 1000V |

Таблица 2.3

| Данные прибора | | | Число последовательно включенных приборов $m_{п}$ | Число параллельно включенных приборов $a_{п}$ | Число приборов в инверторе $N_{п}$ | Число приборов в инверторе с учетом резервирования $N_{п} + N_{п.рез.}$ |
|----------------|-------|-----------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Тип | Класс | Цена, сум | | | | |
| 1MBI100L-060 | 6 | 128070 | 2 | 4 | 48 | 60 |
| EVL32-060D | 6 | 139500 | 2 | 3 | 36 | 48 |
| 2DI200MC-050 | 6 | 210375 | 2 | 2 | 24 | 36 |
| 1DI400A-060 | 6 | 188325 | 2 | 2 | 24 | 36 |
| 2DI100D-100 | 10 | 209250 | 1 | 1 | 6 | 12 |
| 1DI200Z-100 | 10 | 192510 | 1 | 2 | 12 | 18 |
| 1DI400D-100 | 10 | 365670 | 1 | 1 | 6 | 12 |

Определяем надежности инверторного блока для каждого класса полупроводниковых приборов. При этом интенсивность отказов принимаем равным для всех типов полупроводниковых приборов ($\lambda = \text{const}$).

Для транзисторов $\lambda = (0,7 \dots 4) \cdot 10^{-5}$, 1/ч. Принимаем $\lambda = 1 \cdot 10^{-5}$, 1/ч.

Вероятность безотказной работы определяется по формуле:

$$P(t) = e^{-\lambda_c t} \quad (2.12)$$

Где λ_c - сумма интенсивности отказов всех элементов блока. Если все элементы равнонадежны, интенсивность отказов будет:

$$\lambda_c = \sum_{i=1}^N N_i \lambda_i \quad (2.13)$$

Где N_i - число полупроводниковых приборов в блоке.

Для IGBT модуля CM800HA-34H, где $N=4$

$$P(t) = e^{-\lambda \cdot N \cdot t} = e^{-10^{-5} \cdot 4 \cdot t}$$

Результаты расчетов приведены в таблице 2.4.

Графики приведены на рисунке 2.4.

| | | | | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|-----|--|--|--|--|-----|
| | | | | | | | | | Лис |
| | | | | | | | | | |
| Изм | Лис | № локум. | Полп.с | Лат | | | | | |

Изм Лис
 № локвм
 Подп с Дат

5310700.214.12-ПЗ 2016

Лис

| Данные прибора | | Число приборов в инверторе N _п | Т, ч. | | | | | | | | | | |
|----------------|-------|-------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | 0 | 1000 | 2000 | 3000 | 4000 | 5000 | 6000 | 7000 | 8000 | 9000 | 10000 |
| тип | класс | | P | | | | | | | | | | |
| 1MBI100L-060 | 6 | 48 | 1 | 0,619 | 0,383 | 0,237 | 0,147 | 0,091 | 0,056 | 0,035 | 0,021 | 0,013 | 0,008 |
| EVL32-060D | 6 | 36 | 1 | 0,698 | 0,487 | 0,340 | 0,237 | 0,165 | 0,115 | 0,080 | 0,056 | 0,039 | 0,027 |
| 2DI200MC-050 | 6 | 24 | 1 | 0,787 | 0,619 | 0,487 | 0,383 | 0,301 | 0,237 | 0,186 | 0,147 | 0,115 | 0,091 |
| 1DI400A-060 | 6 | 24 | 1 | 0,787 | 0,619 | 0,487 | 0,383 | 0,301 | 0,237 | 0,186 | 0,147 | 0,115 | 0,091 |
| 2DI100D-100 | 10 | 6 | 1 | 0,942 | 0,887 | 0,835 | 0,787 | 0,741 | 0,698 | 0,657 | 0,619 | 0,583 | 0,549 |
| 1DI200Z-100 | 10 | 12 | 1 | 0,887 | 0,787 | 0,698 | 0,619 | 0,549 | 0,487 | 0,432 | 0,383 | 0,340 | 0,301 |
| 1DI400D-100 | 10 | 6 | 1 | 0,942 | 0,887 | 0,835 | 0,787 | 0,741 | 0,698 | 0,657 | 0,619 | 0,583 | 0,549 |

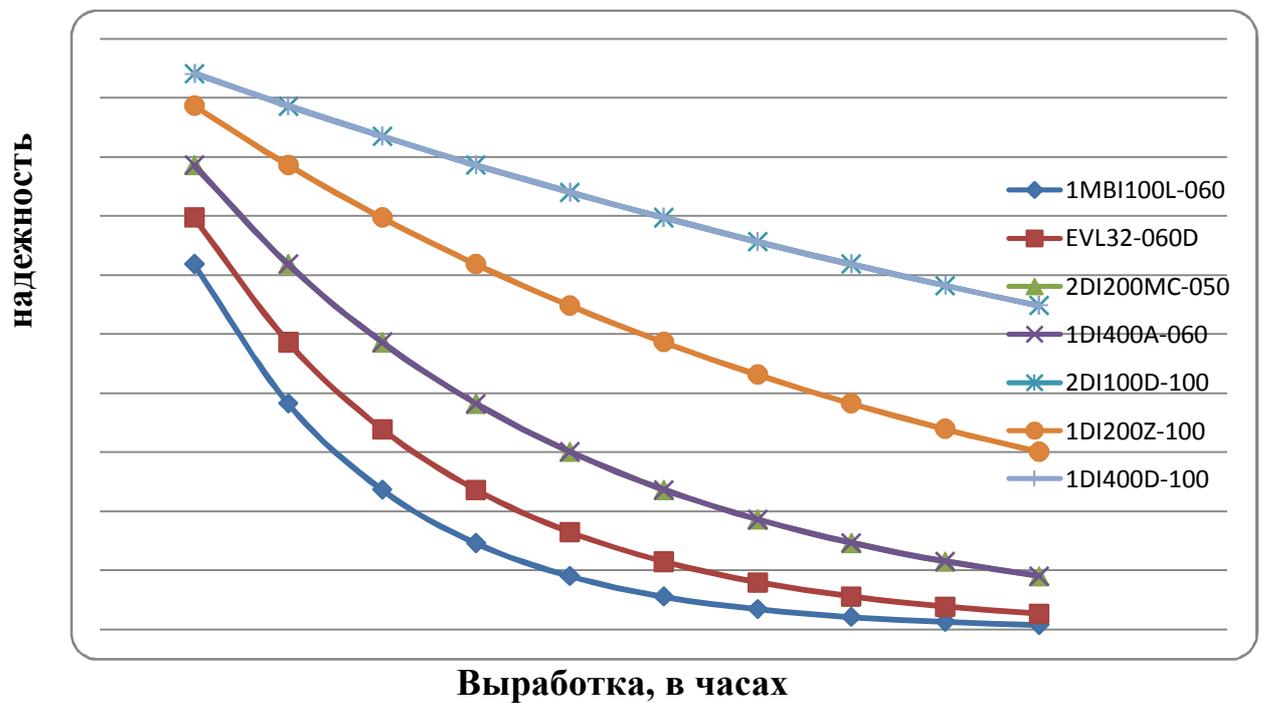


Рис. 2.4. Надежность инвертора при использовании разных классов полупроводниковых элементов.

Для увеличения надежности системы применяется резервирование элементов. В преобразовательных установках ЭПС применяется резервирования с дробной кратностью.

По способу включения резервирование может быть постоянным и резервированием замещением.

При постоянном резервировании резервные изделия подключены косновным в течение всего времени работы и находятся в одинаковом с ними режиме. При резервирование замещением резервные изделия замещают основные после их отказа.

При резервирование постоянно включенным резервом и дробной кратностью. Если в системе имеется k однотипных элементов и они резервируются методом замещения при помощи одного и того же запасного элемента, находящегося под нагрузкой, то надежность устройства определяется

$$(2.14)$$

Результаты расчетов приведены в таблице 2.5.

Графики приведены на рис 2.5.

2.3.2. Расчет выпрямителя

Максимальное значение среднего выпрямленного тока

$$I_{dm} = \frac{\left[\sqrt{3} \cdot \left(\frac{I_{c, \max}}{\sqrt{2}} \right) \cdot U_d \cdot \cos \varphi + n \cdot P_T \right]}{U_d} \quad (2.22)$$

$$I_{dm} = \frac{\left[\sqrt{3} \cdot \left(\frac{644.4}{\sqrt{2}} \right) \cdot 1500 \cdot 0.91 + 6 \cdot 1384 \right]}{1350} = 437,9 \text{ A.}$$

где n – количество пар IGBT/FWD в инверторе.

Максимальный рабочий ток транзистора

$$I_{vm} = k_{cc} \cdot I_{dm} \quad (2.23)$$

$$I_{vm} = 1.57 \cdot 437,9 = 688 \text{ A.}$$

где при оптимальных параметрах Г-образного LC-фильтра, установленного на выходе выпрямителя $k_{cc} = 1,57$ для мостовой однофазной схемы.

Максимальное обратное напряжение вентиля (для мостовых схем)

$$U_{vm} = k_{3H} \cdot \sqrt{2} \cdot U_d \cdot k_{CH} \cdot k_C + \Delta U_H \quad (2.24)$$

$$U_{vm} = 1,2 \cdot \sqrt{2} \cdot 750 \cdot 0,9 \cdot 1,1 + 150 = 1410 \text{ В.}$$

где $k_C \geq 1,1$ – коэффициент допустимого повышения напряжения сети; k_{3H} – коэффициент запаса по напряжению ($>1,15$); ΔU_H – запас на коммутационные выбросы напряжения в звене постоянного тока (≈ 100 – 150 В).

Выбираем модуль IGBT для функциональной электрической схемы АД электропривода с ПЧ по следующим данным:

$$U_{vm} = 1410 \text{ В}$$

$$I_{vm} = 688 \text{ А}$$

Выбираем транзистор CM800HA-34N Mitsubishi

Параметры транзистора MG1500FXF1US51: $U_{vm} = 1700 \text{ В}$, $I_{vm} = 800 \text{ А}$.

Число последовательно включенных полупроводниковых приборов

$$m'_H = \frac{1410}{1,1 \cdot 1700} = 0.75 \approx 1$$

Число параллельно включенных полупроводниковых приборов

FUJIElectric 2DI200MC-050 FujiIGBT 200A 600V

FUJI Electric 1DI400A-060 Fuji IGBT 400A 600V

| | | | | | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|-----|--|--|--|--|--|-----|
| | | | | | | | | | | Лис |
| | | | | | | | | | | |
| Изм | Лис | № локум. | Полп.с | Лат | | | | | | |

5310700.214.12-ПЗ 2016

FUJI Electric 1DI200Z-100 Fuji IGBT 200A 1000V
 FUJI Electric 1DI400D-100 Fuji IGBT 400A 1000V
 Mitsubishi Electric CM800HA-34H Mitsubishi IGBT 800A 1700V

Таблица 2.6.

| Данные прибора | | | Число последовательно включенных приборов $m_{п}$ | Число параллельно включенных приборов $a_{п}$ | Число приборов в выпрямителе $N_{п}$ | Число приборов в выпрямителе с учетом резервирования $N_{п} + N_{п.рез}$ |
|----------------|-------|--------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Тип | Класс | Цена | | | | |
| 2DI200M C-050 | 6 | 210375 | 4 | 3 | 48 | 64 |
| 1DI400A-060 | 6 | 188325 | 2 | 3 | 24 | 32 |
| 1DI200Z-100 | 10 | 192510 | 4 | 2 | 32 | 48 |
| 1DI400D-100 | 10 | 275670 | 2 | 2 | 16 | 24 |
| CM800H A-34H | 17 | 547650 | 1 | 1 | 4 | 8 |

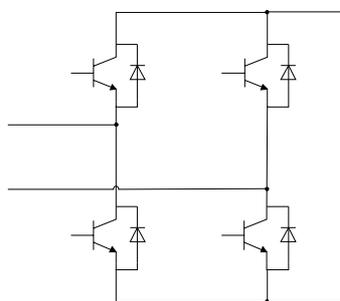


Рис. 2.6. Схема выпрямителя

Расчет надежности выпрямителя производится онологично с инвертором.

Результаты расчетов приведены в таблицах 2.7, 2.8

Графики приведены на рис 2.7, 2.8.

Таблица 2.7.

| Данные прибора | | Число приборов в выпрямителе N _п , шт. | T, ч. | | | | | | | | | | |
|----------------|-------|----------------------------------------------------------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|
| | | | 0 | 1000 | 2000 | 3000 | 4000 | 5000 | 6000 | 7000 | 8000 | 9000 | 10000 |
| тип | класс | | P | | | | | | | | | | |
| 2DI200MC-050 | 6 | 48 | 1 | 0,2780 | 0,0773 | 0,0215 | 0,0059 | 0,0016 | 0,00046 | 0,00012 | 3,57E-05 | 9,9E-06 | 2,8E-06 |
| 1DI400A-060 | 6 | 24 | 1 | 0,52729 | 0,27803 | 0,14660 | 0,0773 | 0,04076 | 0,02149 | 0,01133 | 0,005976 | 0,00315 | 0,00166 |
| 1DI200Z-100 | 10 | 32 | 1 | 0,38289 | 0,14660 | 0,05613 | 0,02149 | 0,00823 | 0,00315 | 0,00120 | 0,000462 | 0,00017 | 6,8E-05 |
| 1DI400D-100 | 10 | 16 | 1 | 0,61878 | 0,38289 | 0,23692 | 0,14660 | 0,09071 | 0,05613 | 0,03473 | 0,021494 | 0,0133 | 0,00823 |
| CM800HA-34H | 17 | 4 | 1 | 0,85214 | 0,72614 | 0,61878 | 0,52729 | 0,44932 | 0,38289 | 0,32628 | 0,278037 | 0,23692 | 0,20189 |

5310700.214.12-ПЗ 2016

Лис

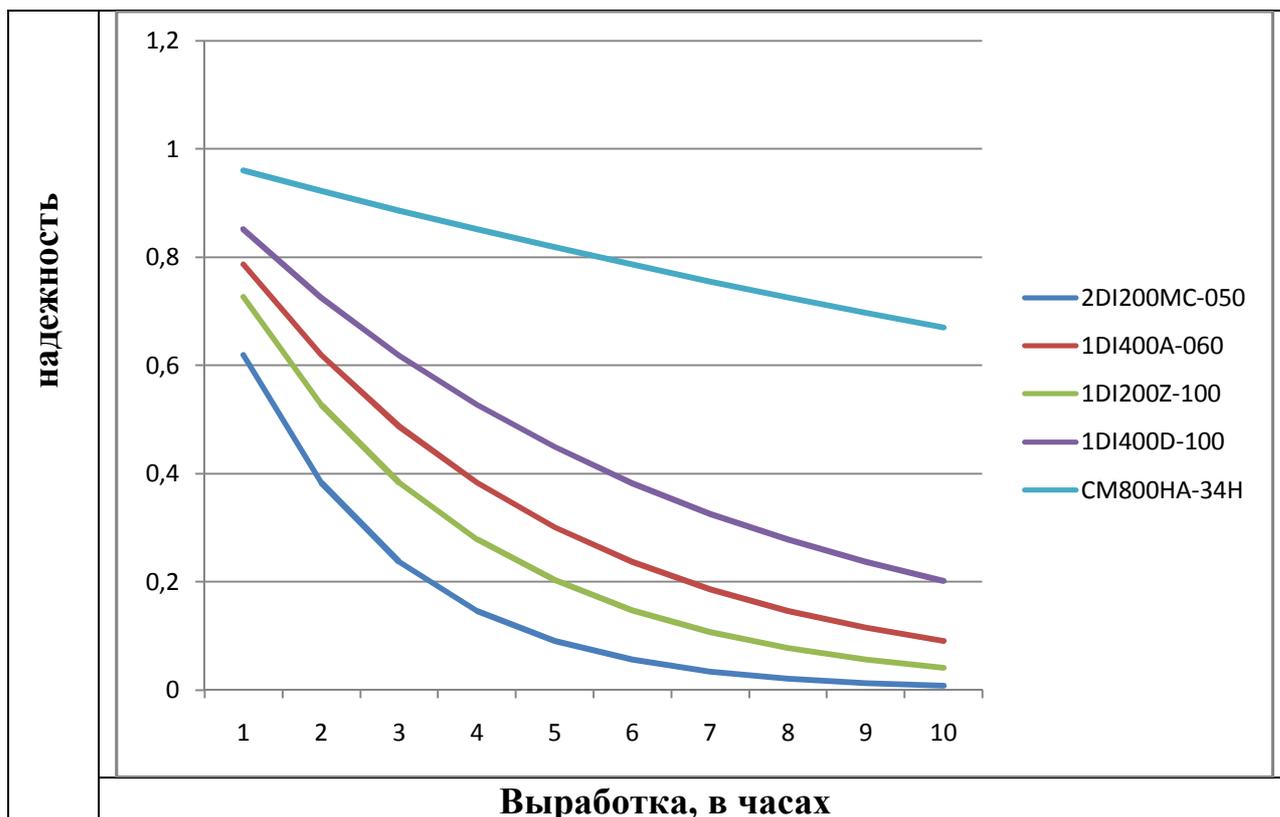


Рис. 2.7. Надежность выпрямителя при использовании разных классов полупроводниковых элементов

2.4. Расчет предельных режимов работы тягового двигателя

С точки зрения тягового электропривода характеристики двигателей должны обеспечивать возможность длительной работы подвижного состава во всем диапазоне скоростей. Поэтому выбор предельных параметров привода должен соответствовать условиям передачи тягового усилия между колесами и рельсами, а режимы работы должны соответствовать режиму движения поезда на расчетном перегоне.

Например, выбор предельных значений по частоте для тягового двигателя имеет свои особенности:

- Максимальное значение частоты зависит не только от максимальной скорости ЭПС, передаточного отношения редуктора и диаметра изношенных колес, но и от коэффициента запаса по статической перегружаемоеTM и величины критического скольжения двигателя;
- величина предельного пускового тока двигателя зависит от допустимого тока статического преобразователя в пусковом режиме, который в свою очередь зависит от предельно допустимых параметров полупроводниковых приборов статического преобразователя.

1. Пусковой режим. Выход на номинальную скорость с максимальной нагрузкой вагона.

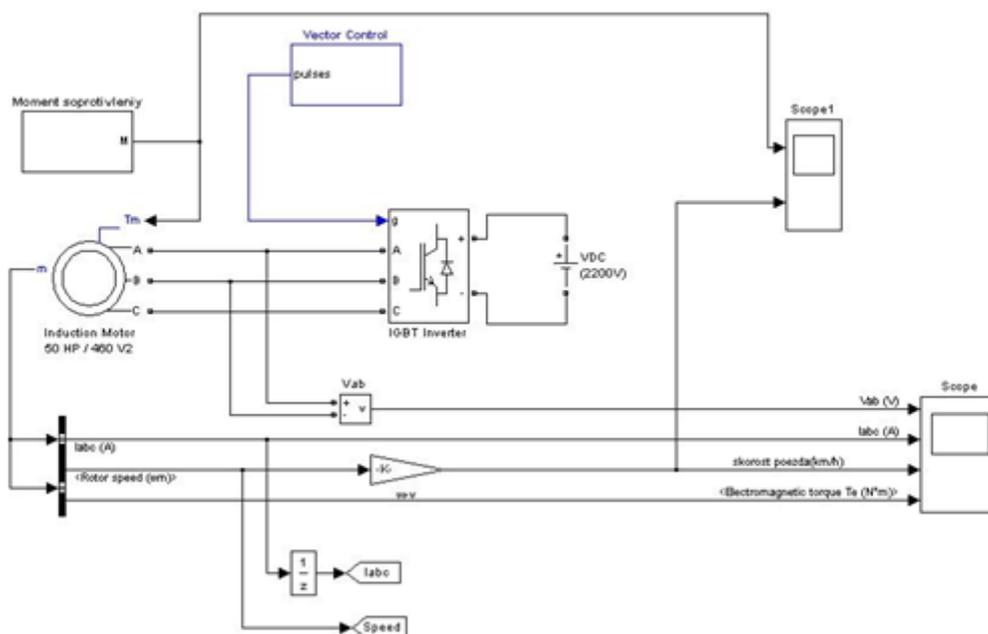


Рис 3.1. Модель АД с АИН с векторном управлении.

Она содержит:

источник постоянного напряжения VDC из библиотеки `PowerSystemBlockset/Extras/ElcctricalSources`;

трехфазный инвертор напряжения на IGBT транзисторах (библиотека `PowerSystemBlockset/Powerelectronics/Universalbridge`);

исследуемая трехфазная асинхронная машина `AsynchronousMachine` (библиотека `PowerSystemBlockset/Extras/Machines`);

блоки `Scope` для наблюдения токов ротора и статора, а также скорости и момента асинхронной машины (главная библиотека `Simulink/Sinks`);

блок `MomentSoprotivleniy` для задания механического момента от сопротивлений движению поезда на валу машины;

блок `VectorControl` для частотно-векторной управлении привода;

датчики тока и скорости;

| | | | | |
|-----|-----|----------|--------|-----|
| | | | | |
| Изм | Лис | № доквм. | Подп.с | Дат |

ГЛАВА IV. ОХРАНА ТРУДА

4.1. Преимущества асинхронного тягового привода с позиции охраны труда.

Достижения последних лет в области силовой полупроводниковой и микропроцессорной техники в сочетании с достоинствами асинхронного двигателя, как наиболее простого, дешевого и практически не требующего обслуживания, делают электропривод с асинхронным двигателем и преобразователем частоты наиболее предпочтительным типом электропривода.

Асинхронный тяговый привод более экономичен по расходу энергии, значительно снижает эксплуатационные расходы на обслуживание за счет применения современных высокоресурсных и надежных в работе полупроводниковых приборов, не требующих обслуживания. Снижается вероятность возникновения отказов из-за некачественного ремонта, так как привод имеет систему диагностики и проходит настройку и проверку на специализированном стендовом оборудовании. Могут быть увеличены межремонтные пробеги и сокращены затраты на обслуживание.

Привод постоянного тока с релейно-контакторной системой управления прост, но неэкономичен по расходу электроэнергии и текущим расходам на содержание. Этот привод по многим параметрам уже перестал удовлетворять современным требованиям. Релейно-контакторная система управления требует частого обслуживания и ремонта, связанного с малыми ресурсными возможностями контактных систем. Кроме того, как показывает опыт эксплуатации, неквалифицированное обслуживание и ремонт приводит к отказам оборудования на линии, ведущим к сбоям графика движения и в конечном результате к материальным убыткам.

| | | | | | | | | |
|-------------|------|--------------|-------|------|------------------------|---------------|------|---------|
| | | | | | 5310700.214.12-ПЗ 2016 | | | |
| Изм | Лист | № докум | Подп. | дата | Охрана труда | ЛИТ | ЛИСТ | ЛИТСТОВ |
| Разраб | | Ильясов М | | | | | | |
| Пров | | Криворучко Б | | | | | | |
| Руководител | | Исроилов У | | | | | | |
| Заф.Каф | | Бердиев У | | | | | | |
| | | | | | | ТашиИТ ЕМ-575 | | |

Анализируя причины отказов, можно сказать, что в большинстве случаев они связаны с нарушением технологии обслуживания и ремонта оборудования привода. Коллекторные тяговые двигатели боятся перегрузок и требуют повышенного внимания к обслуживанию щеточно-коллекторных узлов в эксплуатации и сложной высокочеловеческой технологии ремонта.

Таким образом, АТД имеет следующие преимущества с позиции охраны труда:

1. Не существует коллекторно-щеточных узлов, требующих ежедневного осмотра.
2. В место релейно-контакторной системы управления, требующей частого обслуживания и ремонта, используется преобразователями на основе силовых полупроводниковых приборов, что практически не требует обслуживания.
3. Масса АТД значительно меньше, чем двигатель постоянного тока с той же мощностью, что уменьшает риск травмирования рабочих, при погрузке, разгрузке и при монтаже электродвигателей.
4. Привод имеет систему диагностики и проходит настройку и проверку на специализированном стендовом оборудовании.

4.2. Анализ опасных и вредных производственных факторов

Опасные и вредные производственные факторы при ремонте электрической части локомотива приведены в табл.4.2.

| | | | | | | |
|-----|-----|---------|--------|-----|------------------------|-----|
| | | | | | 5310700.214.12-ПЗ 2016 | Лис |
| Изм | Лис | № док-м | Полп.с | Лат | | |

| ОВПФ | Место проявления | Норма | Мери нормализации условия труда |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Движущиеся машины и механизмы | Консольные краны, поточные линии ремонта электродвигателей | | Применение касок и звуковых сигналов |
| Незащищенные подвижные элементы производственного оборудования | Балансировочный станок, токарно-винторезный станок | | Установка кожухов |
| Повышенная температура воздуха рабочей зоны | Индукционные нагреватели для подшипниковых щитов, сушильные печи | 18–24°С | Установка вентиляторов |
| Повышенный уровень шума на рабочем месте | Станок для обточки, шлифовки | 85 дБ | Установка экранов, и звукоизолирующих кожухов |
| Загазованность воздуха на рабочем месте | Участок сварочных работ | 5 мг/м ³ Хлористый водород (хлорид); | Установка фильтров, вентиляторов и вытяжек |
| Относительная влажность воздуха | Электромашинный цех | 40–60 % | Подача сухого воздуха |
| Недостаточная освещенность рабочей зоны | Электромашинный цех | 150 лк– общее; 200 лккомбинированное | Применение переносных ламп |
| Скорость движения воздуха в рабочей зоне | Электромашинный цех | не более 0,2 м/с | Предотвращение сквозняков |
| Поражающее действие электрического тока | Аппарат для проверки междувитковой изоляции | 2 В, 0,3мА переменного тока с частотой 50Гц | Постоянный контроль изоляции, защитное заземление, зануление |
| Воздействие вибрации | Ручной электрифицированный инструмент | см. табл.5.3 | Применение виброизоляторов, гасителей |
| Психофизиологические нагрузки: – физическая динамическая нагрузка – подъем и перемещение тяжестей при чередовании с другой работой; | Электромашинный цех | | Механизация труда. Улучшение эргономики рабочего места. Рационализация режима работы. |

- заменять перегоревшие лампы в кабине машиниста, в кузове (без захода в высоковольтную камеру и снятия ограждения), освещение ходовых частей, буферных фонарей, внутри вагонного электросекции при обесточенных цепях освещения;
- протирать стекла кабины внутри и снаружи, лобовую часть кузова, не приближаясь к токоведущим частям, находящимся под напряжением контактной сети, на расстояние менее 2м и не касаясь их через какие либо предметы.
- заменят в цепях управление предохранители, предварительно их обесточив.

На электровозах дополнительно разрешается обслуживать аппаратуру под напряжением 50 В постоянного тока, которая находится вне высоковольтной камеры.

Проверять цепи защиты под наблюдением мастера, стоя на диэлектрическом коврик и с надетыми диэлектрическими перчатками.

Контролировать по приборам и визуалью работу машин и аппаратов, не снимая ограждения и не заходя в высоковольтную камеру.

Другие работы на электроподвижном составе при поднятом и находящимся под напряжением тока приемнике запрещается.

Запрещаются работы на электроподвижном составе, состоящим из двух и более секции, хотя бы одним из них поднят токоприемник.

На электровозах переменного тока заземляющей штангой коснитесь выводов тягового трансформатора для снятия емкостного заряда с силовой цепи электровоза, после чего заземлите высоковольтный ввод, пользуясь диэлектрическими перчатками.

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|-----|------------------------|-----|
| | | | | | 5310700.214.12-ПЗ 2016 | Лис |
| Изм | Лис | № доквм. | Подп.с | Дат | | |

После проведенных операций, убедившись на слух в полной остановке вращения вспомогательных машин, разрешается вход в высоковольтную камеру, снятие ограждений и выполнение осмотра или ремонта, при этом дверь, шторы и ограждения высоковольтной камеры должны оставаться открытым и на все время вашего пребывания в опасной зоне.

У электровозов (секций), работающих в системе многих единиц, техническое обслуживание тяговых двигателей, вспомогательных машин и других электрических аппаратов должно проводиться при опущенных токоприемниках на всех электровозах (секций).

При обрыве заземляющих шунтов, кожухов электропечей, заземляющих проводников пультов машиниста и помощника машиниста и корпусов вспомогательных машин восстанавливайте заземление оборудование только при опущенных токоприемниках и выключенном главном выключателе (быстродействующем выключателе).

4.3.1. Электробезопасность при открытии крышки преобразователя тягового электропривода

Настоящая часть распространяется на все случаи при необходимости открывать крышку преобразователя тягового электродвигателя.

Необходимо проверять, и убедиться, что преобразователь тягового электродвигателя находится на положении без напряжения перед открытием его крышки.

Если преобразователь тягового электродвигателя находится на неизвестном положении эксплуатации, то считается, что в конденсатор постоянного удерживающего контура заряжен высоким напряжением. Составляющая часть близко преобразователя тягового электродвигателя (например, тяговый электродвигатель) также считается находится под высоким напряжением. Перед проведением работ с преобразователем тягового электродвигателя, необходимо обеспечивать разрядку постоянного удерживающего контура полностью.

После завершения разрядки и заземления постоянного удерживающего конденсатора, ещё сохраниться опасное напряжение в нем.

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|-----|------------------------|-----|
| | | | | | 5310700.214.12-ПЗ 2016 | Лис |
| Изм | Лис | № докум. | Подп.с | Лат | | |

Опасное напряжение может быть вызвано напряжением тока питания. При отключении выключателей на стороне сети и выключателей предварительного заряжения, точка заземления тока питания пока не соединена прямо с проводом заземления. Если трансформатор находится на рабочем положении, и соединен с проводом заземления, всё равно в этих клеммах сохранится напряжение.

В случае не отключенного главного выключателя и отпущенного пантографа нельзя открыть шкаф главного преобразователя.

Если резонансный реактор не подключен к главному преобразователю, тоже может быть сохранил опасное напряжение. При этом нельзя производить разряжение резонансного конденсатора через резистор короткого замыкания. Разряжение производится только с помощью постоянного резистора разряжения.

Если электрическое соединение в преобразователи тягового электродвигателя повреждено или прекращено, и подключен к проводу заземлению, все равно принимается, что преобразователь находится под опасным напряжением.

В электроустановках напряжением выше 1000 В работники из числа персонала, единолично обслуживающие электроустановки, или старшие по смене должны иметь группу по электробезопасности IV, остальные работники в смене - группу III.

В электроустановках напряжением до 1000 В работники из числа оперативного персонала, обслуживающие электроустановки, должны иметь группу III.

4.3.2. Требования к персоналу

Работники, принимаемые для выполнения работ в электроустановках, 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.).

Профессиональная подготовка персонала, повышение его квалификации, проверка знаний и инструктажи проводятся в соответствии с требованиями государственных и отраслевых нормативных правовых актов по организации охраны труда и безопасной работе персонала.

Электротехнический персонал до допуска к самостоятельной работе должен быть обучен приемам освобождения пострадавшего от действия электрического тока, оказания первой помощи при несчастных случаях.

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|-----|------------------------|-----|
| | | | | | 5310700.214.12-ПЗ 2016 | Лис |
| Изм | Лис | № локум. | Полп.с | Лат | | |

На электровозах и МВПС не допускается:

- соединять электропровода между собой холодной скруткой;
- включать или отключать контакты реле принудительным способом;
- подтекание масла трансформаторов, компрессоров и других узлов;
- курить в неустановленных местах;
- выпускать электровозы и МВПС на линию с неработающими системами противопожарной защиты и неуккомплектованными согласно нормам средствами пожаротушения.

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|-----|------------------------|-----|
| | | | | | 5310700.214.12-ПЗ 2016 | Лис |
| Изм | Лис | № докум. | Полп.с | Лат | | |

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе сделан расчет параметров агрегатов силовой электрической цепи пригородного электропоезда с асинхронным тяговым приводом. Выполнено компьютерное моделирование рабочих режимов тягового двигателя для тягового электропривода электровоза. По результатам расчетов выбрана элементная база преобразователей.

Был моделирован работа АД с инвертором напряжения, с помощью пакета SimPowerSystem. Результаты выполненных расчетов позволили подтвердить правильность выбранной элементной базы четырехквadrантного преобразователя и расчетных параметров тягового двигателя.

Полученные данные по перегрузочной способности двигателя позволяют сделать вывод о физической реализуемости предназначенных режимов работы электропоезда в режимах тяги и рекуперации.

В экономическом разделе рассчитаны экономические показатели надежности преобразователей, исходя критерии расходов на приобретение и обслуживание.

В разделе охраны труда был произведен анализ опасных и вредных производственных факторов; рассмотрены требования безопасности, предъявляемые при эксплуатации электропоездов переменного тока с асинхронным тяговым приводом; перечислены требования безопасности, предъявляемые к электромеханическому персоналу при обслуживании электровозов переменного тока.

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|-----|------------------------|-----|
| | | | | | 5310700.214.12-ПЗ 2016 | Лис |
| Изм | Лис | № доквм. | Подп.с | Дат | | |

Приложение

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|--------|-----|------------------------|-----|
| | | | | | 5310700.214.12-ПЗ 2016 | Лис |
| Изм | Лис | № докум. | Подп.с | Лат | | |