

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС
ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**

ТОШКЕНТ ТЕМИР ЙЎЛ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ

Қўл ёзма ҳуқуқида

УДК 621.333.

Хасанов Фозил Фарход ўғли

**“UZ-EI туридаги электровозларнинг тортув электр
жихозларини таъмирлаш технологиясини ишлаб чиқиш”**

5A310704 - Электр техник мажмуалар ва тизимлар

Магистр академик даражасини олиш учун ёзилган диссертация

Илмий раҳбар:
т.ф.н., Раджибаев Д.О

Тошкент 2018

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
Глава 1. Обзор научно-технической и патентной литературы.	
1.1 Обзор научно-технической и патентной литературы по тяговому электрооборудованию для электровозов с асинхронными тяговыми двигателями.....	11
1.2 Тяговое электрооборудование электровозов серии UZ-EL и их принцип работы.....	24
1.3. Постановка задач исследований.....	38
Глава 2 Изучение существующих методов технического обслуживания и ремонта тягового электрооборудования электровозов с АТД.....	40
2.1 Изучение методов технического обслуживания тяговых электрооборудования электровозов в условиях Узбекистана	40
2.2. Изучение методов ремонта тяговых электрооборудования электровозов с асинхронным приводом в условиях Узбекистана.....	49
Глава 3. Разработка технологического процесса технического обслуживания и ремонта тягового электрооборудования электровозов серии UZ-EL	69
3.1. Разработка технологического процесса технического обслуживания и ремонта тягового шкафа.....	69
3.2. Разработка технологического процесса ремонта тягового	

(внутрикузовного) электрооборудования электровозов серии UZ-EL.....	81
Выводы.....	92
ЛИТЕРАТУРА.....	94

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы после открытия направления Ангрэн-Пап увеличился общий пассажирооборот и грузооборот железных дорог Узбекистана. Отсюда возрастает необходимость в увеличении количества локомотивов способных обеспечивать надежные перевозки. В локомотивный парк Узбекистана наряду с новыми локомотивами также входят и прошедшие капитальный ремонт электровозы серий ВЛ. Обеспечение работоспособности подвижного состава плотно связано с процессом планово-предупредительного ремонта на предприятиях Узбекистана.

Анализ работ ремонтных предприятий свидетельствует о необходимости повышения надежности локомотивного парка, для чего необходимо повышать уровень организации ремонта, вести эффективный контроль и совершенствовать технологические операции ремонта, использовать новые веяния науки и техники. От качества проведения ремонта оборудования, своевременного выполнения объема ремонтов во многом зависит успешная работа локомотивного хозяйства в целом. Поэтому в настоящее время актуальным является решение задач по оптимизации параметров технологического процесса ремонта тягового подвижного состава.

Для решения данных задач необходимо повсеместно проводить многолетние испытания, что является экономически невыгодным в условиях работы ремонтных предприятий. Поэтому целесообразно

разработать такую модель, которая позволяла бы проследить технологический процесс восстановления оборудования, учитывая все влияющие на него факторы, что связано с большим объемом вычислений, выполнить которые невозможно без применения современной вычислительной техники. Данная модель позволит за короткое время получать всю необходимую для оптимизации информацию о реальном процессе ремонта.

Одним из важнейших направлений повышения надежности подвижного состава в эксплуатации на основе организации контроля состояния его основных узлов и деталей является широкое внедрение современных методов и средств технической диагностики и их дальнейшее совершенствование.

К сожалению, на локомотивах слабо развита система диагностирования электрооборудования, хотя на неисправности этой области приходится 40% поломок.

Интерес к диагностированию электрооборудования локомотивов связан с тем, что сложность конструкции, интенсивность эксплуатации и повышение требований к надежности и безопасности не позволяют интуитивным и ручным способом определить фактическое состояние электрооборудования. Внедрение систем диагностирования электрооборудования локомотивов существенно экономит денежные средства предприятия, но больший эффект даст внедрение программного диагностического комплекса, который

объединит средства диагностирования и экспертную систему, направляющую пользователя и дающую ему подсказки по выявлению и устранению неисправностей.

Актуальность темы. С увеличением числа современных электровозов, оборудованных полупроводниковыми преобразователями, увеличивается потребность в оптимизации их обслуживания. Электровозы, оборудованные асинхронными двигателями, имеют целый ряд преобразователей работающих на транзисторах и тиристорах нового поколения. Опыт эксплуатации показывает, что обслуживанию тягового полупроводникового оборудования требует особого внимания, поэтому вопрос обслуживание тягового электрического оборудования электровозов с асинхронными тяговыми двигателями в условиях железных дорог Узбекистана является актуальным.

Целью настоящей работы является разработка методов оптимизации обслуживания тягового оборудования электровоза UZEL в условиях железных дорог Узбекистана.

Задачи исследования:

1. Сбор необходимой информации по Интернету, на предприятиях и в библиотеках по теме магистерской диссертации «Обслуживание тягового электрического оборудования электровозов с асинхронными тяговыми двигателями в условиях железных дорог Узбекистана.».

2. Провести анализ существующих методов обслуживания электрического подвижного состава оборудованно полупроводниковкми

преобразователями.

3. Провести анализ существующих методов оптимизации обслуживания электрического оборудования электровозов на асинхронных тяговых двигателях.

4. Провести анализ работы электрооборудования цепей управления электровозов нового поколения.

5. Сбор необходимой информации по Интернету, на предприятиях и в библиотеках по особенностям работы и условиям эксплуатации электровозов оборудованных современными тяговыми преобразователями.

6. Разобрать особенности существующей технологии обслуживания тягового оборудования, используемой в Узбекистане.

7. Разработать методы оптимизации обслуживания тягового оборудования электровоза UZEL.

8. Разработать практические рекомендации по оптимизации обслуживания тягового оборудования электровоза UZEL.

Научная новизна состоит в: том, что на основании исследований представленных в работе разрабатывается метод оптимизации и совершенствования процесса обслуживания электровозов, которое ранее на железных дорогах Узбекистане не эксплуатировались.

Практическая ценность. заключается в том, что в результате проведенных исследований разработаны рекомендации по оптимизации процесса обслуживания тяговых преобразователей установленных на электровозах серии UZEL.

Апробация работы. Результаты работы докладывалась на четырех конференциях

1) 30-31 март 2017года на сборник материалов Республиканской научно-технической конференция “Перспективы развития транспортно дорожного комплекса на юге Республики” с докладом на тему “Разработка системы технического обслуживания и технического ремонта электровозов переменного тока”

2) Ёш илмий тадқиқотчи Бакалаврият, магистратура талабалари стажёр – изланувчи - тадқиқотчиларнинг XVI – илмий-амалий конференцияси материаллари 2018йил 3-4 апрель “ Диагностирование электрооборудования электровозов”.

3) “Ўзбекистон темир йўллари”АЖ Тошкент темир йўл муҳандислари институти Илмий –педагогик ишларнинг долзарб муаммолари магистратура талабалари ва ёш олимларнинг XIV – институтлараро илмий услубий анжумани 27 ноябрь 2017й “Микропроцессорли автоматик бошқариш тизимлари фанини ўқитиш жароёнида кейс технологияни қўллаш омиллари”.

4) “Ўзбекистон темир йўллари”АЖ Тошкент темир йўл муҳандислари институти Диссертация иши яқунлари бўйича магистратура талабаларининг Хиилмий-амалий конференцияси материаллари 9 октябрь 2017й ““UZ-EL” туридаги электровозларининг тортув электр жиҳозларини таъмирлаш”.

Структура и объем работы. Диссертационная работа содержит 96

страниц машинописного текста, состоит из введения, четырёх глав, общих выводов и рекомендаций, списка использованной литературы, включающего наименования. Диссертационная работа выполнена в Ташкентском институте инженеров железнодорожного транспорта на кафедре “Электрический транспорт и высокоскоростной электроподвижной состав” (2016÷2018г.).

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновывается актуальность, ставятся цель и задачи исследований, их научная новизна, практическая ценность и реализация работы.

В первой главе

Был проведен сбор необходимой информации по Интернету, на предприятиях и в библиотеках по теме магистерской диссертации. Приведены основные характеристики электровоза серии UZEL.

Во второй главе

Проведен анализ существующих методов оптимизации обслуживания электрического оборудования электровозов на асинхронных тяговых двигателях и анализ работы электрооборудования цепей управления электровозов нового поколения. Особенности существующей технологии обслуживания тягового оборудования, используемой в Узбекистане. Существующие методы оптимизации обслуживания тягового оборудования электровоза на асинхронных двигателях и выводы.

В третьей главе

Разработан методы обслуживания тягового оборудования и разработать практические рекомендации по оптимизации обслуживания тягового оборудования электровоза «UZEL», Общие требования к ремонту электронного оборудования и разработка практических рекомендаций по оптимизации обслуживания тягового оборудования электровоза «UZEL» и выводы.

В заключении работы приводятся выводы и рекомендации, список использованной литературы.

ГЛАВА 1. 1.1 Обзор научно-технической и патентной литературы по тяговому электрооборудованию для электровозов с асинхронными тяговыми двигателями

Особенности работы четырехквadrатного преобразователя, АИН и характеристики тягового преобразователя широко раскрываются в работах проф. А.В. Плакса, проф. Колпахчян П.Г., Козаченко В.Ф., Чуев П.В. и другие. Широко рассмотрены эти вопросы и специалистами, а также профессорско-преподавательским составом ТашиИИТа. Далее приведены основные выдержки по обзору литературы касаясь тягового оборудования для асинхронных тяговых двигателей.

Самыми распространёнными видами тяговых преобразователей на сегодняшний день являются GTO и IGBT, пришедшие на смену приводов с реостатным регулятором.

Приводы с реостатным регулятором начали использоваться в электротранспорте с 1880-х годов для обеспечения плавного передвижения вагона. Автоматический реостатный регулятор известен с начала XX века и называется реостатно-контакторной системой управления (РКСУ). Главным элементом является контактор с системой реостатов (на сленге техников «ускоритель»). При нажатии педали ускорения («ходовой» педали) «палец» ускорителя начинает медленно смещаться к контакту; машина начинает плавно ускоряться. При торможении привод переходит в режим генератора и нагревает резистор.

Недостатки: Перегрев, приводящий к частым поломкам подвижного

состава.

Избыточный расход электроэнергии.

Решение проблемы:

В 1970-х годах в нескольких странах одновременно началась разработка тиристорных систем контроля привода. Широкое распространение эта система получила в 1980-х годах, начиная с 1981 года троллейбусы Škoda 14Tr стали снабжаться ГТО-модулями. Такая система носит название тиристорно-импульсной системы управления (ТИСУ). Ток от тягового преобразователя подаётся на привод с частотой 400 импульсов/секунда с регулируемой скважностью. Это как обеспечивает плавный ход, так и позволяет избегать ненужного расхода электроэнергии.

Биполярный транзистор с изолированным затвором (IGBT - Insulated Gate Bipolar Transistors) - полностью управляемый полупроводниковый прибор, в основе которого трёхслойная структура. Его включение и выключение осуществляются подачей и снятием положительного напряжения между затвором и истоком.

IGBT являются продуктом развития технологии силовых транзисторов со структурой металл-оксид-полупроводник, управляемых электрическим полем (MOSFET-Metal-Oxid-Semiconductor-Field-Effect-Transistor) и сочетают в себе два транзистора в одной полупроводниковой структуре: биполярный (Прибор введён в силовую цепь выводами биполярного транзистора E (эмиттер) и C (коллектор), а в цепь управления - выводом G (затвор).

Таким образом, IGBT имеет три внешних вывода: эмиттер, коллектор, затвор. Соединения эмиттера и стока (D), базы и истока (S) являются внутренними. Сочетание двух приборов в одной структуре позволило объединить достоинства полевых и биполярных транзисторов: высокое входное сопротивление с высокой токовой нагрузкой и малым сопротивлением во включённом состоянии.

Схематичный разрез структуры IGBT показан на рис-13, а. Биполярный транзистор образован слоями p^+ (эмиттер), n (база), p (коллектор); полевой - слоями n (исток), n^+ (сток) и металлической пластиной (затвор).

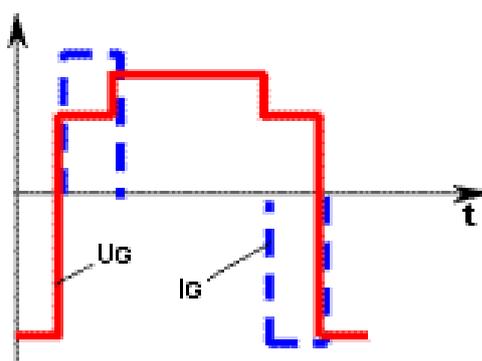


Рис-1. Диаграмма напряжения и тока управления

Слой p^+ и p имеют внешние выводы, включаемые в силовую цепь. Затвор имеет вывод, включаемый в цепь управления. На рис-13, б изображена структура IGBT IV поколения, выполненного по технологии "утопленного" канала (trench-gate technology), позволяющей исключить сопротивление между p -базами и уменьшить размеры прибора в несколько раз.

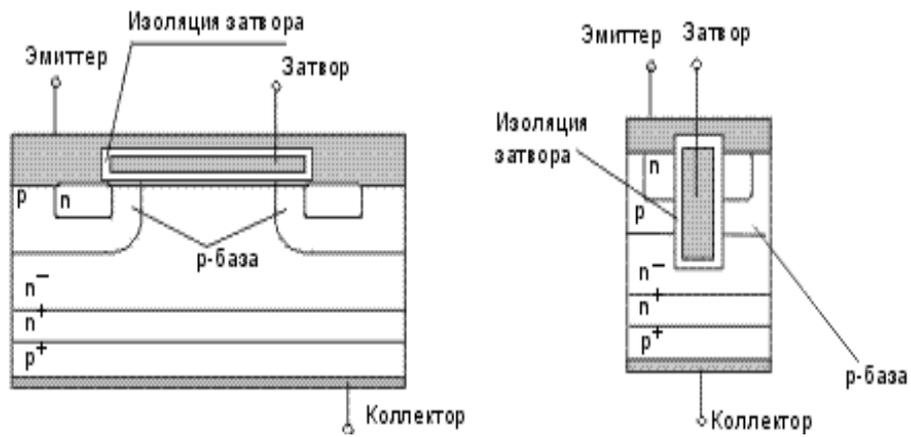


Рис-2. Схематичный разрез структуры IGBT: а-обычного (планарного); б-выполненного по "trench-gate technology".

В настоящее время транзисторы IGBT выпускаются, как правило, в виде модулей в прямоугольных корпусах с односторонним прижимом и охлаждением («Mitsubishi», «Siemens», «Semikron» и др.) и таблеточном исполнении с двухсторонним охлаждением («Toshiba Semiconductor Group»). Модули с односторонним охлаждением выполняются в прочном пластмассовом корпусе с паяными контактами и изолированным основанием. Все электрические контакты находятся в верхней части корпуса. Отвод тепла осуществляется через основание. Типовая конструкция модуля в прямоугольном корпусе показана на рис-14.

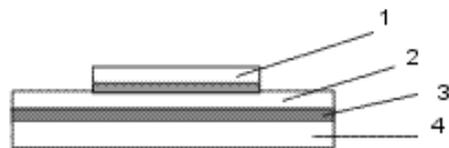


Рис-3. Типовая конструкция IGBT-модуля: 1 – кристалл; 2 – слой керамики; 3 – спайка; 4 – нижнее тепло выводящее основание.

Ток управления IGBT мал, поэтому цепь управления - драйвер конструктивно компактна. Наиболее целесообразно располагать цепи

драйвера в непосредственной близости от силового ключа. В модулях IGBT драйверы непосредственно включены в их структуру. "Интеллектуальные" транзисторные модули (ИТМ), выполненные на IGBT, также содержат "интеллектуальные" устройства защиты от токов короткого замыкания, системы диагностирования, обеспечивающие защиту от исчезновения управляющего сигнала, одновременной проводимости в противоположных плечах силовой схемы, исчезновения напряжения источника питания и других аварийных явлений. В структуре ИТМ на IGBT предусматривается в ряде случаев система управления с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ) и однокристалльная ЭВМ. Во многих модулях имеется схема активного фильтра для коррекции коэффициента мощности и уменьшения содержания высших гармонических в питающей сети.



Рис-4 вид IGBT модуле

Интенсивно развивается технология корпусирования паяной конструкции силовых модулей с целью дальнейшего снижения габаритов и массы, повышения надёжности, энерго- и термоциклоустойчивости, уменьшения теплового сопротивления и стоимости. Эти цели достигаются

применением новых материалов и технологий сборки на тонкие и AlN керамические подложки в корпусах с мало индуктивными выводами, разработкой специальных конструкций силовых модулей с интегрированным жидкостным охлаждением и созданием силовых модулей, включая "интеллектуальные", с использованием матричных композиционных материалов, имеющих хорошие теплопроводящие свойства и низкие, согласованные с кремнием и керамикой, коэффициенты теплового расширения (КТР).

В модулях с интегральным жидкостным охлаждением почти в четыре раза удаётся увеличить отводимую рассеиваемую мощность по сравнению с сопоставимой по электрическим параметрам традиционной конструкцией силового модуля с воздушным охлаждением.

Применение матричных композиционных материалов (MMC-Metal Matrix Composite) открывает новые перспективы в создании высокомоощных, компактных, прочных, надёжных силовых модулей. MMC имеют высокую теплопроводность (MMC-150 Вт/(м*К), Cu-370, Al-200, Si-80), низкий КТР (MMC-7, Cu-17, Al-23, Si-4, -7, AlN-7), что позволяет снизить до минимума напряжённости в конструкции модуля, особенно в чипах силовых приборов, обеспечивая хорошую электрическую изоляцию и эффективный отвод тепла. В настоящее время по этой концепции созданы "интеллектуальные" силовые модули (выпрямитель-инвертор) мощностью до 100 кВт.

Наряду с развитием технологии паяной конструкции силовых модулей

с изолированным основанием (предельные параметры 1,2 кА, 3,5 кВ) продолжает интенсивно развиваться технология прижимной конструкции IGBT- модулей, подобная таблеточной конструкции SCR (Silicon Controlled Rectifier) и GTO - press-pack technology, в которой наряду с уменьшением более чем в 10 раз теплового сопротивления и габаритов значительно улучшены надёжность, термоциклоустойчивость. Наиболее высоких параметров IGBT- модулей прижимной конструкции достигла кампания "Toshiba"(PP HV IGBT-press pack high voltage IGBT).

На сегодняшний день IGBT как класс приборов силовой электроники занимает и будет занимать доминирующее положение для диапазона мощностей от единиц киловатт до единиц мегаватт. Дальнейшее развитие IGBT связано с требованиями рынка и будет идти по пути:

- повышения диапазона предельных коммутируемых токов и напряжений (единицы кило Ампер, 5-7 кв.);
- повышения быстродействия;
- повышения стойкости к перегрузкам и аварийным режимам;
- снижения прямого падения напряжения;
- разработка новых структур с плотностями токов, приближающихся к тиристорным;
- развития "интеллектуальных" IGBT (с встроенными функциями диагностики и защит) и модулей на их основе;
- создания новых высоконадёжных корпусов, в том числе с использованием MMC (AlSiC) и прижимной конструкции;

- повышения частоты и снижение потерь SiC быстровосстанавливающихся обратных диодов;
- применения прямого водяного охлаждения для исключения соединения основание - охладитель.

Работа однофазного моста в режиме инвертирования:

Постоянное напряжение E_d на конденсаторе преобразуется в переменное напряжение U_a . При этом происходит чередование следующих режимов:

Таблица-1

Режимы работы четырёхквadrантного преобразователя

Режимы АТД	Режимы мостов		Частота модулирующего напряжения
	Однофазного	Трёхфазного	
Тяга	Транзисторы закрыты, неуправляемый выпрямитель, $E_d = \text{const}$	АИН с ШИМ, регулирование $f_{АТД}$ и $U_{АТД}$;	$f_M = f_{АТД}$
Торможение	АИН с ШИМ, постоянная частота f_c и действующее значение напряжения U , регулирование угла φ	Транзисторы закрыты, неуправляемый выпрямитель, E_d =var при изменении скорости АТД	$f_M = f_c$

- Открыты два транзистора в противоположных плечах $VT1$ и $VT2$. Конденсатор разряжается на вторичную обмотку трансформатора с сохранением полярности $U_a = E_d$. Ток $i_a = i_d$ спадает;

- Открыты два транзистора в смежных плечах $VT1$ и $VT3$. Вторичная обмотка трансформатора замкнута накоротко в первом полупериоде через $VD3$ и $VT1$, во втором полупериоде через $VD1$ и $VT3$. Ток нарастает. Напряжение на выходе однофазного моста $U_a = 0$. Конденсатор заряжается от трехфазного моста и отделен от однофазного, $i_a = 0$.

Открыты два транзистора в противоположных плечах $VT3$ и $VT4$. Конденсатор разряжается на вторичную обмотку трансформатора с изменением полярности $U_a = -E_d$. Ток $i_a = -i_d$ спадает;

- Открыты два тиристора в смежных плечах $VT2$ и $VT4$. Вторичная обмотка замкнута накоротко в первом полупериоде через $VT2$ и $VD4$, а во втором, полупериоде через $VT4$ и $VD2$. Как и в случае 3.2, конденсатор заряжается трехфазного моста и отделен от однофазного. Ток i_a нарастает, $i_d = 0$.

Система управления тиристорами сравнивает напряжения U_m и U_n . U_m - синусоидальное модулирующее напряжение с частотой f_c , сдвинутое по фазе на угол ψ относительно первой гармоники напряжения e_{a1} на вторичной обмотке трансформатора. Напряжение U_m вырабатывается специальным генератором, позволяющим регулировать угол ψ . $(-U_m)$ - синусоидальное напряжение, сдвинутое на 180° относительно U_m .

При рекуперации частота модулирующего напряжения равна частоте

контактной сети $f_m = f_c$, а при тяге - частоте на статоре АД $f_m = f_{АТД}$. U_n - пилообразное напряжение симметричной формы с частотой $f_{\Pi} = \frac{2\pi}{T_{\Pi}} = 5 f_c$,

Достигающее максимума при прохождении модулирующего напряжения через ноль. Отношение частот пилообразного и модулирующего напряжений должно быть равно целому нечётному числу. На этом электровозе $\frac{f_{\Pi}}{f_m} = 5$.

Условия открытого состояния транзисторов:

$$-VT1: U_m \geq U_n ;$$

$$-VT4: U_m < U_n ;$$

$$-VT3: -U_m \geq U_n ;$$

$$-VT2: (-U_m) < U_n .$$

Напряжение на вторичной обмотке трансформатора e_a можно разложить в ряд Фурье. Амплитуда первой гармоники этого ряда e_{a1} регулируется глубиной модуляции μ , которая равна отношению амплитуд модулирующего и пилообразного напряжений

$$\mu = \frac{U_{m\max}}{U_{m\min}} < 1$$

при этом

$$e_{ma1} = \mu \cdot E_d$$

$$U_m = U_{mm} (2\pi f_m t)$$

Угол сдвига, φ_a между первыми гармониками тока i_{a1} и напряжения e_{a1} регулируется изменением угла сдвига ψ между модулирующим напряжением U_m и напряжением на вторичной обмотке трансформатора e_a .

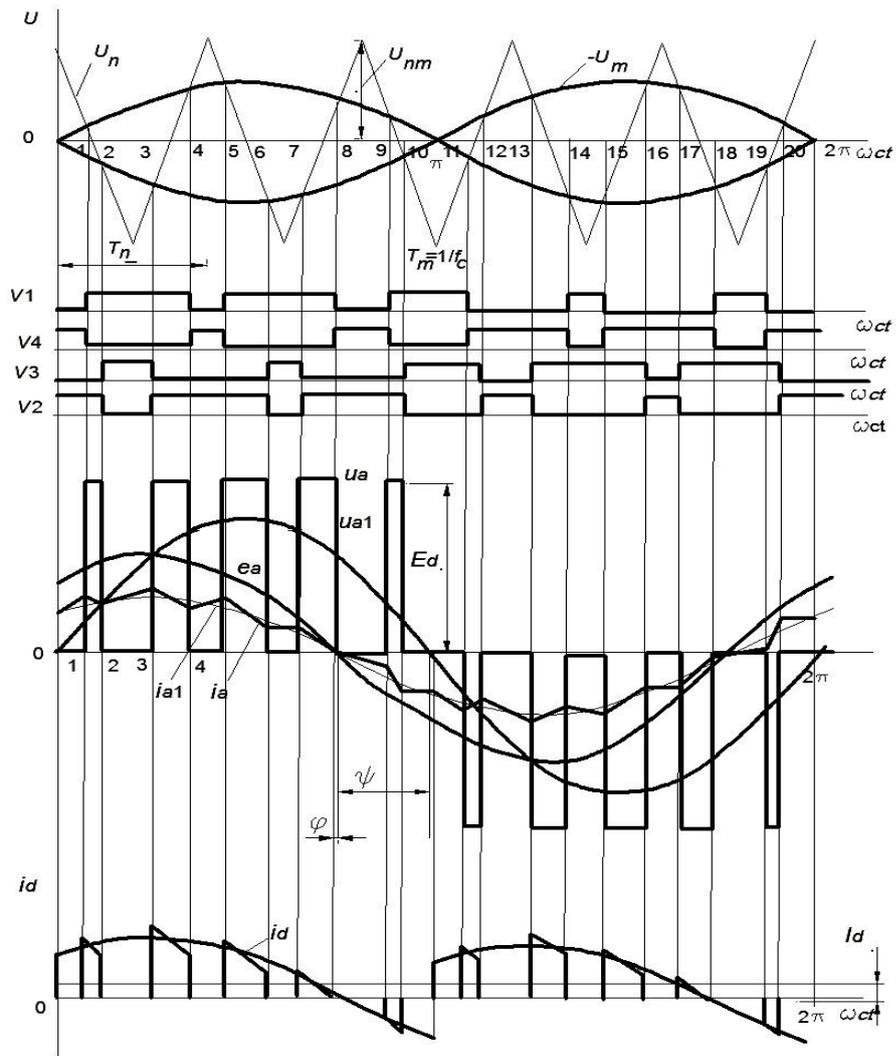
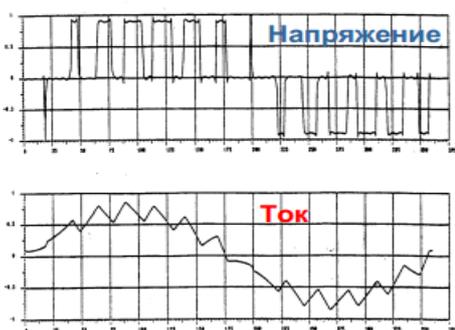


Рис-5. Осциллограмма напряжений и токов.

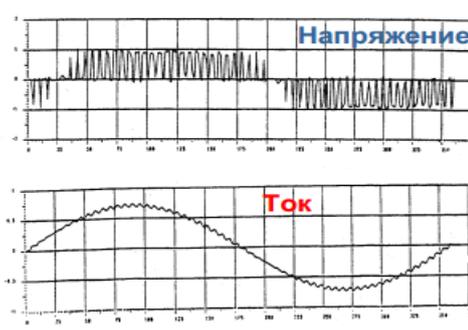
Напряжение на первичной обмотке трансформатора E_a равно геометрической сумме напряжения на выходе инвертора U_a и падения напряжения на индуктивности $j\omega_a L_a I_a$. Регулируя угол сдвига ψ между U_m и e_a можно добиться, чтобы угол φ_a в режиме тяги был равен нулю, а в режиме рекуперации -180° .

GTO -запираемый тиристор



⇒ Высокие выбросы тока

IGBT- БТИЗ



⇒ Низкие пики тока

Рис-6 Принцип действия преобразователя тяги

Подробности о БТИЗах



Модуль БТИЗа: внешний вид и внутренняя цепь

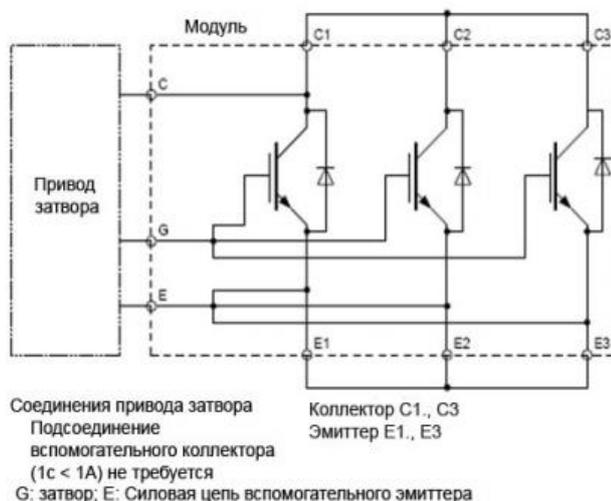


Рис-7 модуль БТИЗа внешний и внутренняя цеп.

Этот электровоз стал результатом совместной работы китайских инженеров, инженеров немецкой компании «Siemens», российских инженеров, а также активного участия специалистов из Узбекистана. Эксплуатации на электрифицированных железных дорогах Узбекистана показали, что электровоз достаточно удачный и пригоден для

осуществления перевозок в условиях Узбекистана.

Переключающее поведение БТИЗ:

Высокие потери выключения из-за отставания снижающегося

потока тока I_C (так называемого хвостового тока) по сравнению с
возрастающим напряжением V_{CE} по коллектору и

источнику Пример: Выключение БТИЗ36500V/600A HV-HiPакв
реальных условиях. Напряжение общего коллектора

(V_{CC}) = 4400В, Промежуточный ток(I_C) = 1500А, V_{GE} = 15В, R_G OFF
= 1.5Ω, L_σ = 300нН, T_j = 125°C, зажимы отсутствуют

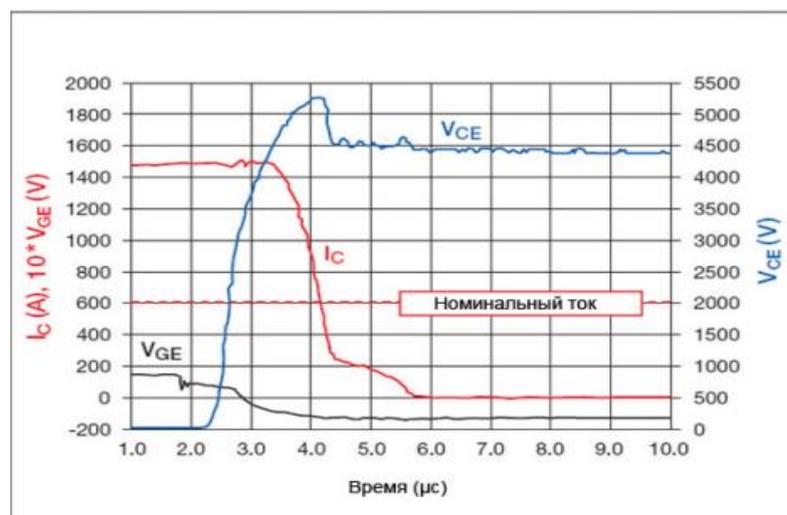


Рис-8 Переключающее поведение БТИЗ.

БТИЗы (Биполярный транзистор с изолированным затвором) – это
устройства, которые могут разрушаться разрядом статического
электричества, также эти устройства могут разрушаться, если обращаться
с ними неправильно.

Все меры по разрядам статического электричества, предусмотренные в
инструкции, должны применяться к БТИЗам во избежание повреждения

преобразователя привода и чтобы обеспечить продолжения его отличного функционирования.

Периодичность обслуживания тягового преобразователя.

Выписка периодов обслуживания тягового преобразователя электровозов серии «Узбекистон» представлена в виде таблицы далее.

1.2 Тяговые электрооборудование электровозов серии UZ-EL и их работы.

В связи с возрастающей потребностью обновления парка локомотивов и увеличения числа грузовых перевозок АО«Узбекистон темир йуллари» осуществила закупку электровозов новой серии O'z EL (рис.1) производства китайского завода CNR (China north railway).



Рис. 9 Электровоз серии O'z EL

В августе текущего года прибыли первые 3 электровоза данной серии. В данный период они проходят серию испытаний. Основные характеристики электровоза представлены в таблице 1.

Таблица 1

Основные характеристики электровоза О'z EL	
Осевая формула:	C0-C0
Нагрузка на ось	23т
Мощность электровоза	6000кВт
Максимальная пусковая тяговая сила	490кН
Электрическая тормозная мощность	5400кВт
Максимальная электрическая тормозная сила	278кН
Максимальная скорость	120км/ч
Номинальная скорость	55 км/ч
Кэффициент мощности	≥ 0.98
Диаметр колеса	1250мм

Тяговая характеристика электровоза представлена на рис 2.

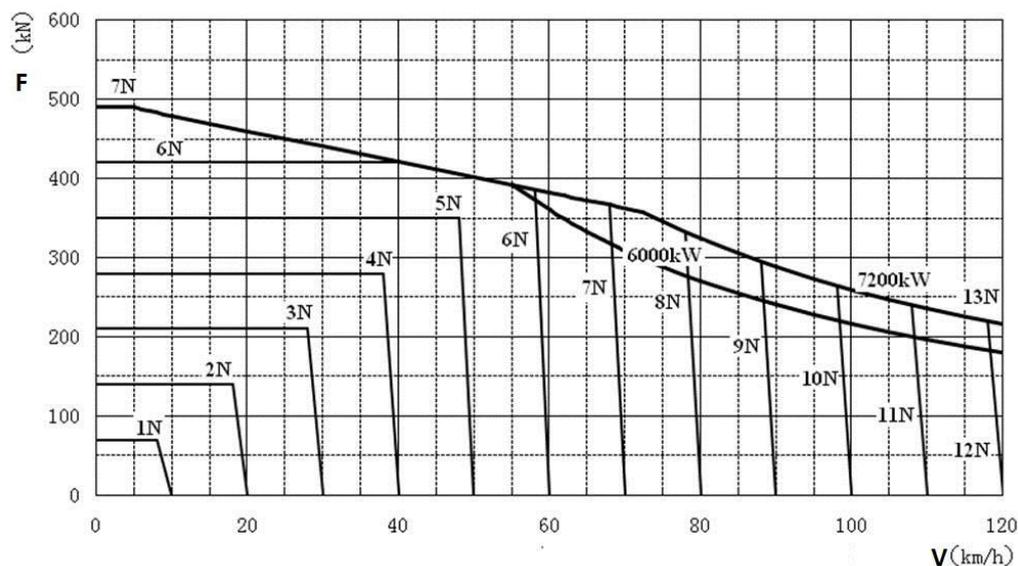


Рис 10. Тяговая характеристика электровоза О'z EL.

Электровоз построен на основе уже эксплуатируемого на китайских железных дорогах электровоза HXD3C. Изменению подверглись лишь некоторые элементы кузова, колес, тормозной системы, а также

производилась установка системы КЛУБ.

К другим конструктивным особенностям можно отнести более рациональное распределение электрооборудования в кузове электровоза. Так, например, главные воздушные резервуары перемещены внутрь кузова, что облегчает эксплуатацию электровоза зимой. Модернизирована система охлаждения тяговых двигателей, преобразователей и трансформатора. Расположение электрооборудования в электровозе представлено на рис 3.

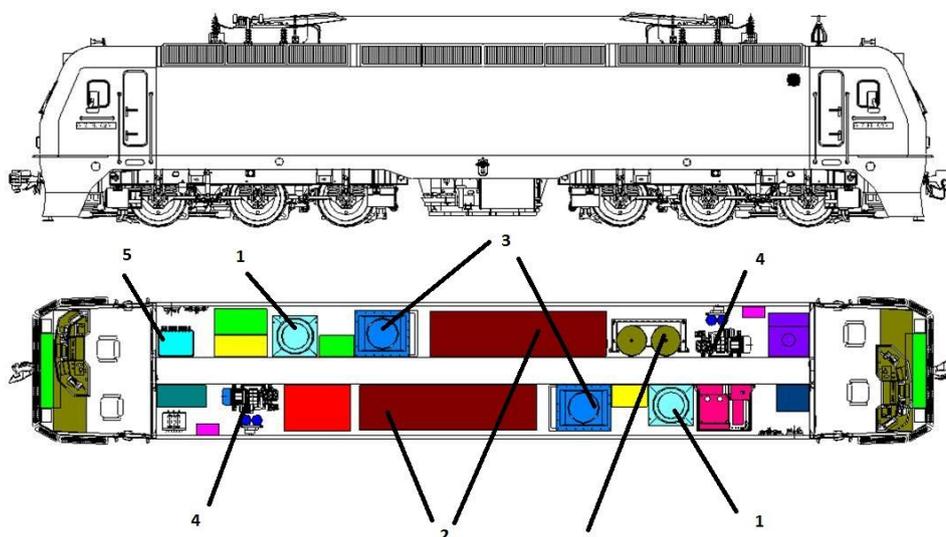


Рис 11. Расположение электрооборудование в кузове электровоза.

1-мотор-вентиляторы, 2- тяговые преобразователи, 3- система охлаждения тяговых преобразователей и трансформатора, 4- компрессоры, 5- шкаф системы управления.

Электровозы оборудованы асинхронными тяговыми двигателями. В отличие от электровозов закупленных ранее (УТЧ-1, УТЧ-2)[1,2], электрическая часть электровоза О'z EL выполнена компанией TOSHIBA.

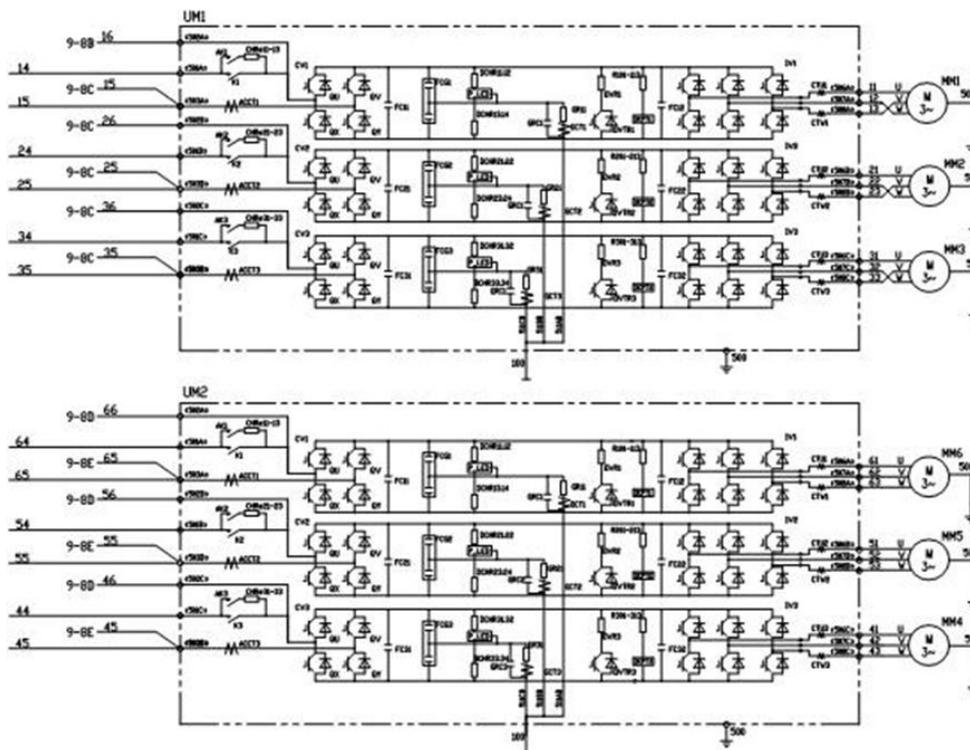


Рис 12. Электрическая схема преобразователей.

В цепь питания одного электродвигателя входят четырехквadrантные преобразователи и автономные инверторы напряжения. Тяговые преобразователи компании Toshiba спроектированы таким способом, что цепь питания каждого из двигателей независимая (рис 4). Выход из строя одного из преобразователей данного двигателя не будет оказывать влияние на работу других двигателей, что существенно упрощает процесс эксплуатации.

Удачный многолетний опыт эксплуатации этих электровозов на китайских железных дорогах (около 1500 единиц серии HXD3c), ряд конструктивных улучшений, успешное прохождение ряда испытаний на узбекских железных дорогах говорят о том, что у данной серии электровозов есть все шансы проявить себя с лучшей стороны в

Узбекистане.

1. Силовая цепь питания тягового электродвигателя состоит из тяговых преобразователей на основе биполярных транзисторов с изолированным затвором и водяным охлаждением. Каждый инвертор осуществляет независимое управление одним тяговым электродвигателем.
2. Электровозом предусмотрена сетевая система контроля, которая позволяет электровозу проводить интеллектуальную диагностику неисправности тяговой цепи, вспомогательной цепи, системы управления и системы воздушного торможения.
3. В состав электрической цепи входят тяговые цепи, вспомогательные цепи, цепи отопления поезда переменного тока напряжением 3000В, цепи управления, цепи радиостанции, цепи сигнальной системы локомотива (KLUB), цепи видеонаблюдения, цепи контрольного наблюдения пожара, цепи контроля температуры оси и цепи оборудования третьей стороны.

Главный трансформатор напряжения отличается замкнутой стальной конструкцией. Внутреннее пространство главного трансформатора наполнено азотом, который играет роль уплотняющего средства. Главный трансформатор осуществляет способ принудительного воздушного охлаждения с циркуляцией масла.

Шесть тяговых электродвигателей электровоза управляются независимыми отдельными цепями питания в тяговом преобразователе. Это позволяет реализовать эффективное управление, максимального ограничения последствий отказа электродвигателя или тягового

преобразователя и доведения потери тяговой мощности до минимума.

Силовая цепь от токоприемника до преобразователей включает в себя токоприёмники PG1, PG2, высоковольтные разъединители QS1, QS2, высоковольтный Трансформатор тока TA1, трансформатор высокого напряжения TV1, главный выключатель QF1, высоковольтный заземляющий выключатель QS3, дугогасители F1, F2, F3, первичную обмотку главного трансформатора напряжения AX и устройств заземления обратной сети EB1-6. (Рис 1)

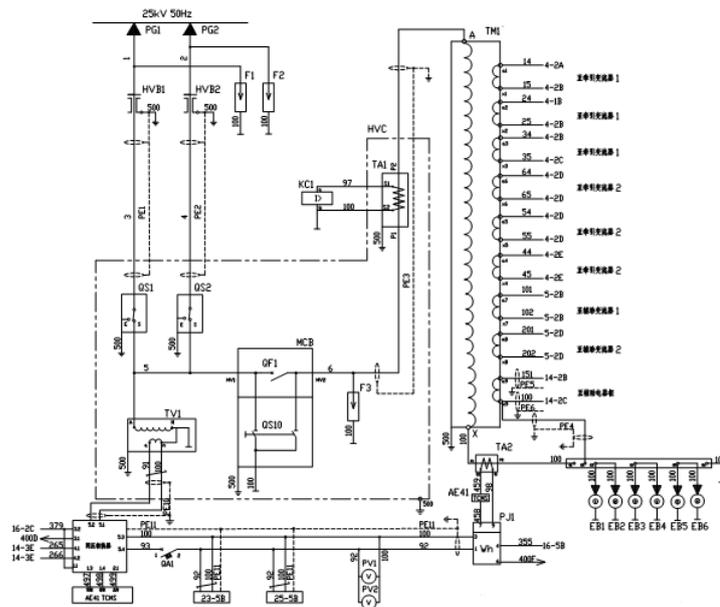


Рис.13 Цепь питания до тягового трансформатора.

Оборудование расположенное на крыше электровоза: токоприёмник и его опорные изоляторы, дугогасители на крыше и высоковольтная втулка. На крыше на концах электровоза будет соответственно установлено по

одному комплекту вышеперечисленного оборудования. Подъем токоприёмника осуществляется с помощью воздушного цилиндра. Токоприёмник оборудован амортизатором и установкой автоматического опускания токоприёмника модели ADD.



Рис.14 Токотримник

Оборудование, входящее в состав высоковольтного шкафа: 2 высоковольтных разъединителя, главный выключатель и заземляющий выключатель, высоковольтный трансформатор напряжения, высоковольтный трансформатор тока, разрядник.



Рис.15 Высоковольтный шкаф

Высоковольтный шкаф имеет систему блокировки. На боковой стороне высоковольтного шкафа имеется панель ключа блокировки, в которой расположены синий, жёлтый, зелёный, белый и чёрный ключи, а также ключ для системы отопления поезда.



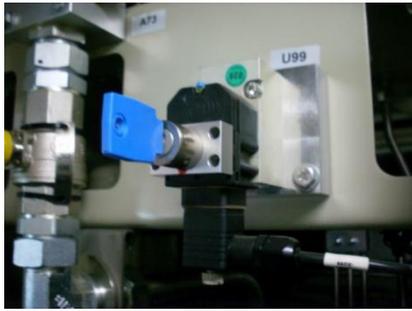


Рис.16 Панель ключей для управления

В шкафу воздушной системы имеется один синий ключ, который применяется для управления открытием и закрытием подачи воздуха для подъема токоприёмника. При поступлении воздуха в систему токоприёмника в открытом положении будет невозможно снять синий ключ. Для снятия синего ключа необходимо сначала обеспечить опускание токоприёмника и нахождение главного выключателя в отключенном положении. Для извлечения ключа после проделанных процедур необходимо повернуть синий ключ до поперечного положения для закрытия подачи воздуха и дальнейшего извлечения синего ключа.

Далее для обеспечения безопасности надо вставить синий ключ в высоковольтный заземляющий выключатель QS10 под высоковольтным шкафом затем повернуть его (синий ключ) и переключить заземляющий выключатель в положение заземления, при этом будет невозможно снять синий ключ. После этого можно будет снять жёлтый ключ и вставить его в коробку для ключа, при этом можно также снять зелёный и белый ключи.

При помощи ключа зеленого цвета можно открывать люк на крыше локомотива и дверь высоковольтного шкафа. После вставки ключа белого цвета в белый сердечник замка можно вынимать ключ чёрного цвета, через который можно открывать двери шкафа преобразователя, шкафа управления и шкафа вспомогательного электрооборудования. Ключ белого цвета тоже применяется для управления запуском локомотива и в процессе обточки колес локомотива в парке.

ВНИМАНИЕ: С целью обеспечения личной безопасности оператора локомотива и ремонтника запрещается открытие люка на крыше локомотива при поднятом токоприемнике, а также при наличии контактной электросети.





Существует два вида высоковольтного кабеля: для зонтичного терминала и Т-образного терминала. Всего имеется 3 высоковольтного кабеля двух видов.

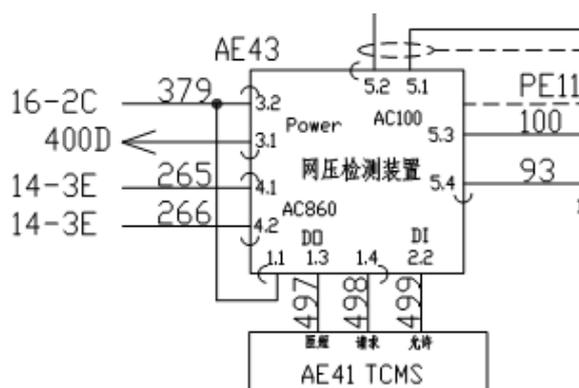


Контрольное измерение напряжения контактной электросети

От цепи отопления поезда преобразователь напряжения контактной электросети получает сигнал напряжения контактной электросети,

преобразованного главным трансформатором напряжения. Можно определить состояние трансформатора высокого напряжения путём сравнения данного сигнала с сигналом напряжения контактной электросети, передаваемым из трансформатора высокого напряжения.

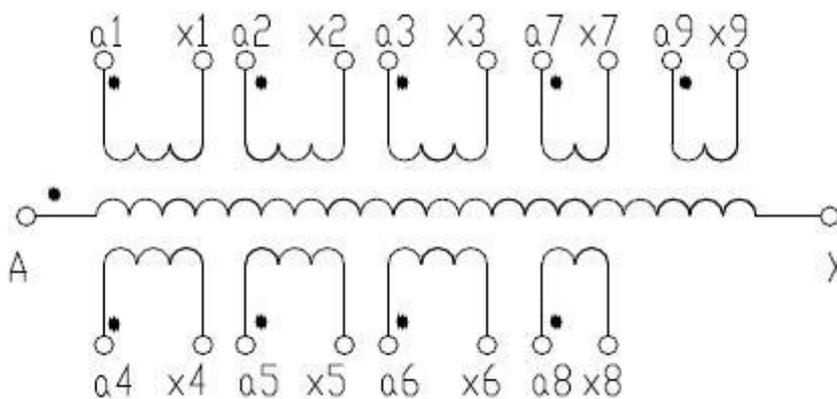
В случае выхода трансформатора высокого напряжения из строя компьютерная система управления включит устройство контроля приведенное на рисунке далее. Настоящее устройство обеспечит нормальную эксплуатацию электровоза даже при отказе трансформатора высокого напряжения.



Главный трансформатор напряжения

Главный трансформатор напряжения имеет в своём составе 1 первичную обмотку, 6 вторичных обмоток, 2 вспомогательные обмотки, 1 обмотку отопления поезда и стальной сердечник. Главный трансформатор напряжения характеризуется замкнутой конструкцией. Внутреннее пространство главного трансформатора напряжения наполнено азотом, который играет роль уплотняющего средства. Главный трансформатор напряжения осуществляет способ принудительного воздушного

охлаждения с циркуляцией масла.



Основные технические параметры главного трансформатора

	высоковольтная обмотка	тяговая обмотка	вспомогательная обмотка	питательная обмотка
Номинальная электроёмкость (кВА)	8418	1167×6	606	810

Номинальное напряжение (В)	25000	1450×6	401×2	3015
Номинальной ток (А)	337	805×6	756×2	269

Технические параметры инвертера на основе широтно-импульсной модуляции (PWM):

Номинальное вводное напряжение 2800В

Номинальное выходное напряжение 2150В

Номинальной выходной ток 350А

Максимальный выходной ток 520А

Выходная мощность 0~120Гц

Тяговый трёхфазный асинхронный электродвигатель.

Технические параметры тягового двигателя

Номинальное выходное напряжение 1020кВт

Максимальная выходная мощность 1250кВт

Номинальное напряжение 2150В

Номинальный ток 350А

Число полюсов 4

Номинальный оборот 1165 об./мин.

Максимальный оборот 2640

Эффективность 0.95



Система управления локомотивом TCMS.

1.3. Постановка задач исследований.

Задачи исследования:

1. Сбор необходимой информации по Интернету, на предприятиях и в библиотеках по теме магистерской диссертации «Обслуживание тягового электрического оборудования электровозов с асинхронными тяговыми двигателями в условиях железных дорог Узбекистана.».
2. Провести анализ существующих методов обслуживания электрического подвижного состава оборудованного полупроводниковыми преобразователями.
3. Провести анализ существующих методов оптимизации обслуживания электрического оборудования электровозов на асинхронных тяговых двигателях.
4. Провести анализ работы электрооборудования цепей управления электровозов нового поколения.
5. Сбор необходимой информации по Интернету, на предприятиях и в библиотеках по особенностям работы и условиям эксплуатации электровозов оборудованных современными тяговыми преобразователями.

6. Разобрать особенности существующей технологии обслуживания тягового оборудования, используемой в Узбекистане.

7. Разработать методы оптимизации обслуживания тягового оборудования электровоза UZEL.

8. Разработать практические рекомендации по оптимизации обслуживания тягового оборудования электровоза UZEL.

ГЛАВА 2. Изучение существующих методов технического обслуживания и ремонта тягового электрооборудования электровозов с АТД

2.1 Изучение методов технического обслуживания тяговых электрооборудования электровозов в условиях Узбекистана

Обслуживание тягового преобразователя.

Для выявления неисправного полупроводникового элемента тягового преобразователя необходимо выявить его в цепи, так как система диагностики лишь указывает общую неисправность в шкафу тягового преобразователя. Встроенные системы диагностирования позволяют провести первичное диагностирование — определить место сбоя, а в ряде случаев при достаточном навыке и возможные (предположительно) причины отказов. На основе этих сведений машинист оценивает техническое состояние оборудования и записывает подробные замечания в бортовой журнал. Эта информация является очень важной, так как оценка состояния оборудования производится машинистом постоянно в реальных условиях эксплуатации при одновременном воздействии разнообразных факторов. Однако существующая встроенная бортовая диагностика электровозов не полностью охватывает цепи, подлежащие контролю.

Специальная измерительная аппаратура, предназначенная для проверки состояния электронного оборудования электровозов, включает в себя переносные и стационарные приборы, стенды, а также так называемые стыковочные устройства на самих электровозах, применяемые для подключения специального измерительного тестера которые обычно производятся той же компанией, что произвела и тяговое оборудование

электровоза. В нашем случае это компания Toshiba.

Целая группа измерительных приборов предназначена для определения основных параметров силовых тиристоров и других полупроводниковых приборов. В большинстве случаев диагностику приборов дополнительной группой измерительных приборов осуществляют инженеры компании Toshiba.

Также существует возможность диагностирования полупроводниковых приборов с помощью комплекта диагностических приборов ДП1 и ДП2.

Переносной диагностический прибор ДП1 массой около 1 кг позволяет быстро определить неисправные силовые тиристоры, транзисторы и предохранители непосредственно на электровозе с опущенным токоприемником. Напряжение питания 36 В, 50 Гц или 50 В постоянного тока (рис. 89). При подаче напряжения вполнакала загораются сигнальные лампы Н1 и Н2, сигнализируя о готовности к работе. При замыкании выводов А1—А2 на панели зажимов Х1 загорается в полный накал лампа Н2, а лампа Н1 гаснет. При замыкании выводов А2—А3 загорается лампа Я/, а Н2 гаснет. Цепи ламп через нагрузочные резисторы замыкаются контактами реле К1 и К2, катушки которых получают питание через цепи щупов 1—2 или 2—3 соответственно.

Чтобы выявить пробитый тиристор, щупами касаются анода и катода. Пробитый тиристор вызывает погасание лампы Н2 и загорание Н1. При проверке предохранителя, вставленного в гнезда держателя «Проверка Р», лампа Н2 загорается, если он исправен, а лампа Н1— если поврежден.

Проверку транзисторов в платах ВК42 производят, вставляя вилку разъема в розетку платы ВК42. Последовательно проверяют все платы ВИП.

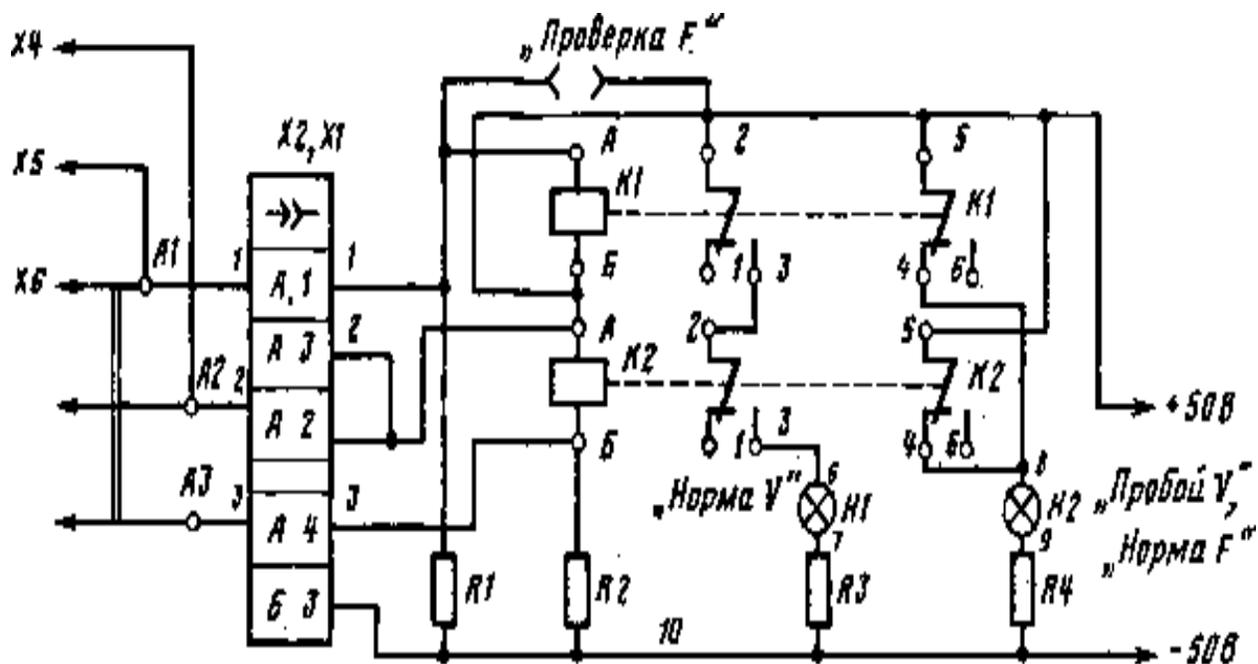


Рис. 16 Принципиальная схема диагностического прибора ДП1

На пробой двух транзисторов указывает погасание обеих ламп, на нормальную работу — горения их вполнакала. Если загорелась лампа Н1, а Н2 погасла, пробит транзистор V1, если наоборот — V2 на плате ВК42 ВМП-4000.

Переносной прибор ДП2 массой 10 кг предназначен для проверки работы всех плат СФИ, блока питания и тиристоров ВМП-4000. Он питается от сети 36 или 220 В, 50 Гц. Прибор состоит из трансформатора питания ТП (рис. 90), платы питания и измерения ППИ, платы формирования импульсов ПФИ и измерительного прибора магнитоэлектрической системы И. Прибор обеспечивает питание проверяемых узлов, формирует импульсы управления для запуска тиристоров плеч ВМП и измеряет соответствующие напряжения до 50 В в цепях постоянного, переменного и импульсного тока.

Плата ППИ содержит выпрямительный мост, емкостный фильтр, переключатель лампы на транзисторе, схему ограничения токов и напряжений, собранную на резисторах, диодах и стабилитроне. Измерение

напряжений производится обычным стрелочным прибором магнитоэлектрической системы. Длительность импульсов определяют, измеряя среднее значение тока импульса при его постоянной фиксированной амплитуде. Плата ПФИ формирует узкий импульс длительностью 20—50 мкс и широкий длительностью 800—1000 мкс. Генератор импульсов выполнен на тиристоре и импульсном трансформаторе. Расширитель импульсов собран по схеме одно-вибратора с коллекторно-базовой связью на транзисторах с разным типом проводимости.

С помощью переключателя можно выбрать следующие режимы работы прибора: настройка плат ЖЛ04 и ЛА24, проверка их уста-

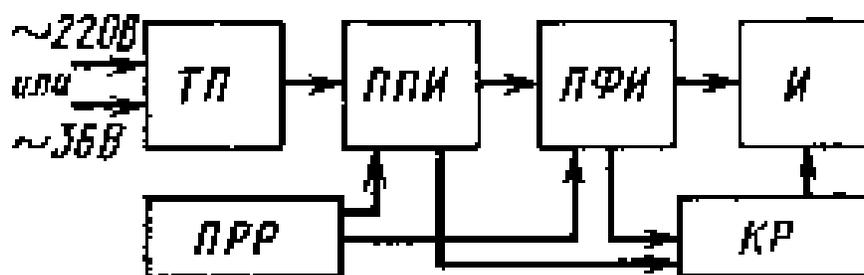


Рис.17. Структурная схема диагностического прибора ДП2:

ТП—трансформатор питания; ППИ—панель питания и измерения; ПФИ—панель формирования импульсов; И—измерительный прибор; ПРР—переключатель режимов работы; КР—контактные разъёмы, проверка платы ЕЕ613, плат ЩП015, 0Д01, ВК42, блока питания БП, распределения напряжения по тиристорам плеч ВИП, поиск пробитого тиристора.

Для контроля работы цепей и элементов ВИП в депо в соответствии с заводской инструкцией применяется переносной комплект измерительного оборудования, который состоит из высоковольтного многожильного шланга и осциллографа. При измерениях таким устройством в высоковольтных цепях приходится тщательно соблюдать правила техники безопасности, так как

корпус осциллографа не заземлен и может находиться под высоким напряжением.

Замена неисправного ГТО модуля.

Отсоединить трубки для жидкостного охлаждения. В системе будет оставаться жидкость. Так что необходимо предусмотреть слив жидкости из модуля.

Снять разъемы управления (X3 и X9)

Отсоединить подключения питания (4 x M10, 25 Нм)

Открутить задние крепежные болты (2 x M8 с Шестигранным ключем, усилием 13 Нм)

Освободить передние крепления винтов по направляющим (2 x M8, 32 Нм)

Снять модуль.

Диагностика неисправного модуля согласно инструкции Toshiba.

Испытание тягового преобразователя.

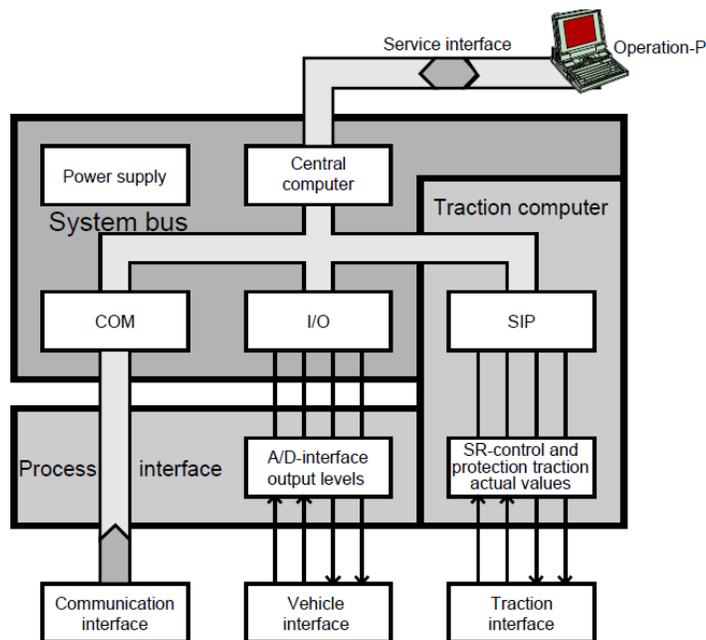


Рис.18. Структура системы контроля тяги.

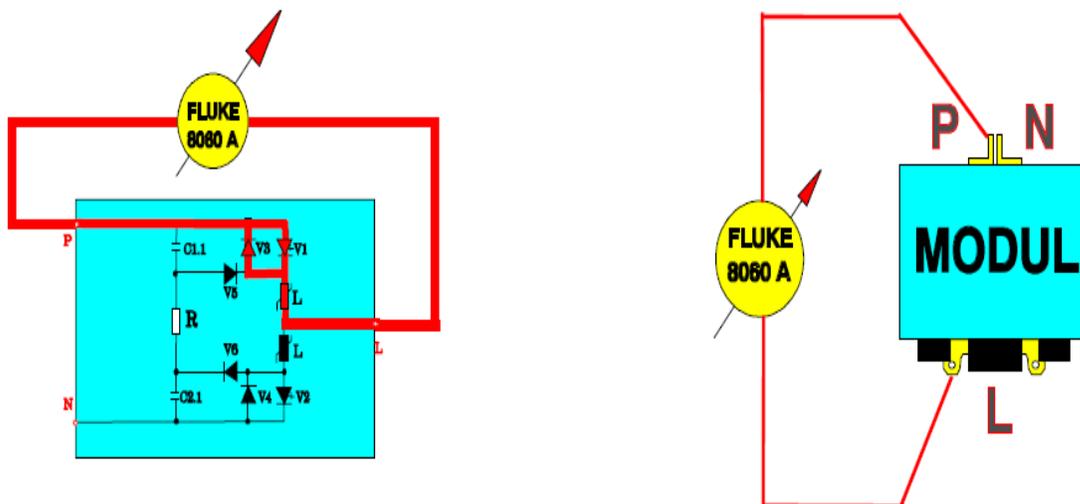


Рис 19. Тестирование GTO тиристора V1 и V3

Последовательность тестирования GTO тиристора V1 и V3

-Подключите положительную клемму тестера (например FLUKE 189) к модулю через коннектор P

-Подключите отрицательную клемму к выходу L

-Цепь должна быть открытой

-Подключите отрицательный вывод тестера к модулю через коннектор P

Подключите положительный вывод к L выходу L

Там должно быть непрерывность (измеренное значение Ω 0,25 - 0,28 Ω)

Для проверки цепи затвор-эмиттер GTO V1, затвор-эмиттер соединения должны быть отключены от вентиляного блока (2 x M4, TORX, размер 4, 1,8 Нм). Измерительный прибор подключен к двум кабелям, концы которых были освобождены.

Проверка цепи gate-emitter для тиристора GTO.

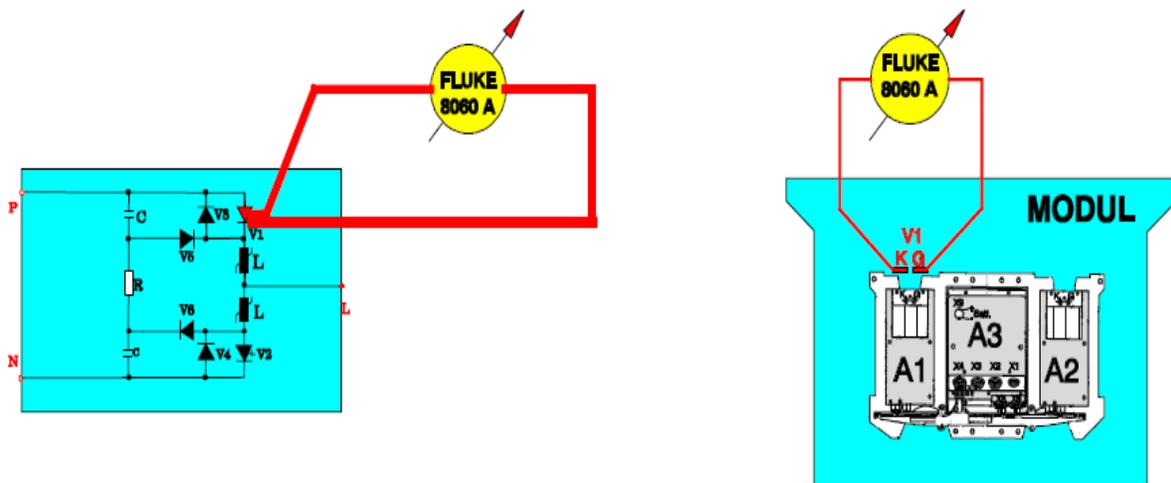


Рис. 20 Цепь gate-emitter для тиристора GTO.

-Подключите положительную клемму тестера (например FLUKE 189) на коннектор G

-Подключите отрицательный вывод к коннектору E.

Цепь должна быть открытой.

-Подключите отрицательный вывод тестера к коннектору G

-Подключите положительный терминал E связи GTO

Там должна быть открытая цепь (измеренное значение 0L)

При проверке должно отобразиться :

⇒ GTO V1 ОК

⇒ диод V3 ОК

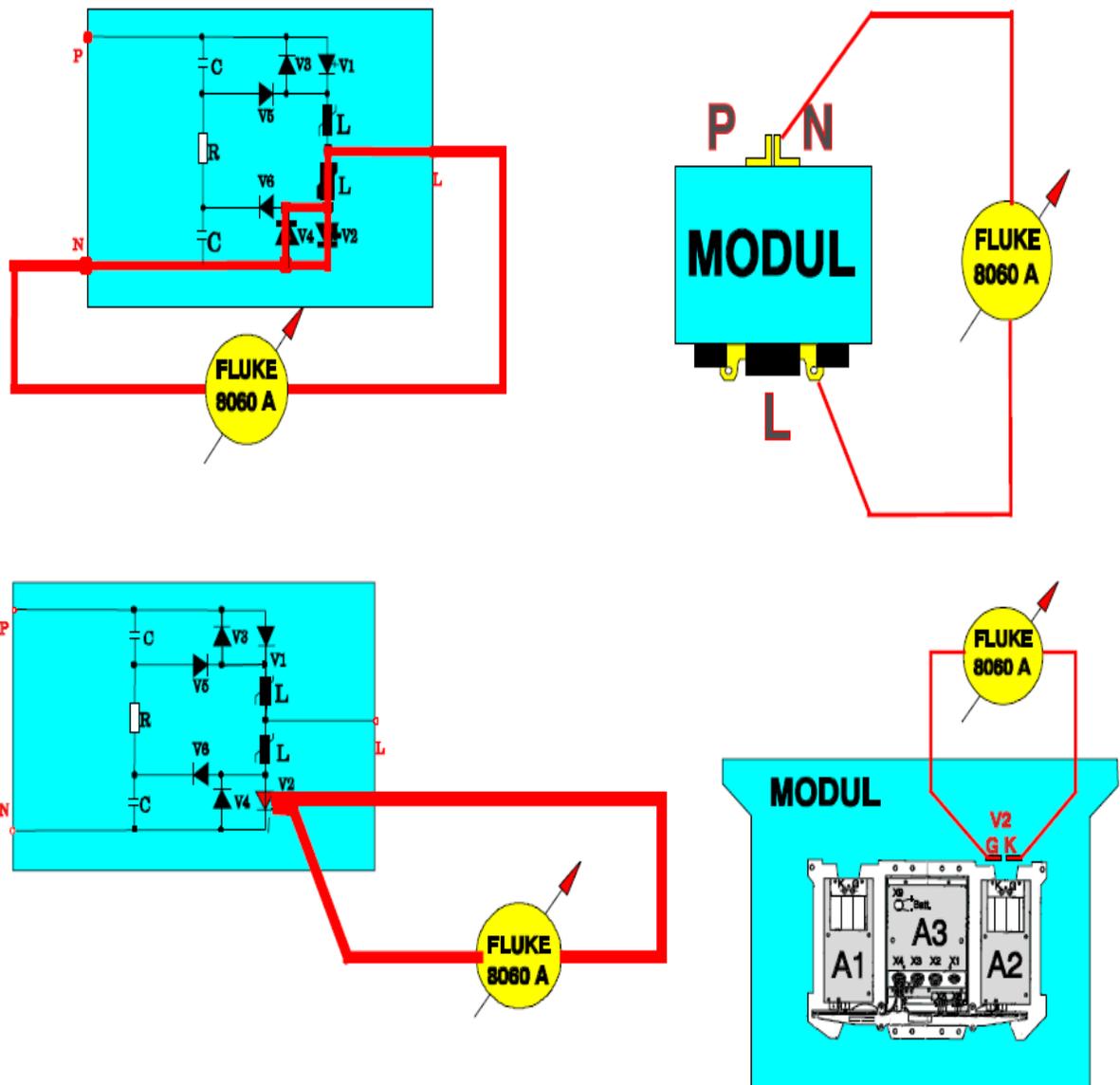


Рис. 21. Цепь проверки GTO V2 и диода V4.

Для диагностирования цепи второго тиристора GTO V2 и диода V4 выполняется аналогичная последовательность. Но соединение проходит уже согласно рис 6.

Утановка модуля с полупроводниковыми приборами GTO осуществляется в обратном порядке. В обратной последовательности подключаются соответствующие клеммы выводов, коннекторов и системы охлаждения.

Открытие главного преобразователя

Убедись в отключении от питания преобразователя. Этот порядок, как правило, осуществляется опусканием пантографа и отключением главного выключателя.

Убедись, что главный преобразователь не может проводить напряжение (замкнут).

При возможности, включите питание TCU (блок управления преобразователем) и передаточного модуля IGBT, затем выключите, таким образом, будет выключена защитная система (защитного модуля) преобразователя тягового электродвигателя.

Выключите все источники питания преобразователя тягового электродвигателя от аккумулятора (прежде всего, выключите выключатели преобразователя тягового электродвигателя, затем источник питания передаточного модуля IGBT и TCU).

Подготовьте цифровой тестер (например, тестер типа FLTKЕ 189 с зондом высокого напряжения и тестер типа FLTKЕ 80К-6). Убедись в исправности измерительного прибора.

Откройте переднюю крышку 4 (см.р.1.3). Точка измерения и заземления постоянного удерживающего контура расположена сзади крышки (неподвижная шариковая точка заземления диаметром 20mm).

Подключите кабель измерения заземления к точке заземления преобразователя (-ХЕ1 или-ХЕ2).

8. Если через 2 часа, напряжение не уменьшится до значения безопасного напряжения, то считается, что выход из строя резистора разрядки в преобразователе тягового электродвигателя и резистор измерения неисправности заземления, следует устранить неисправности срочно.

9. При этом особом случае, необходимо производить разрядку

постоянного удерживающего контура через встроенные резисторы в преобразователе тягового электродвигателя. Поскольку эти встроенные резисторы имеют высокой уровень интеграции, процесс разрядки будет продолжаться несколько дней.

10. Если измеряемое значение напряжения меньше 20V, можно подключить один провод заземления к точке заземления, надевая перчатки и очки.

- подключите провод заземления к Земле –ХЕ1 или -ХЕ2, затем к -ХN1 и -ХР1 постоянного удерживающего контура №1, -ХР2 постоянного удерживающего контура №2, -ХР3 постоянного удерживающего контура №3,

-подключите провод заземления к Земле–ХЕ1 или -ХЕ2, затем к -ХSN и -ХSP контура поглощения резонанса, если в конденсатор постоянного удерживающего контура ещё сохранится низкое напряжение, то при соединении провода заземления, будет возникать малый дутье.

Перед повторным регулированием преобразователя тягового электродвигателя, необходимо снять с него все провода заземления, инструменты, измерительный прибор и прочие. После завершения работы, необходимо закрыть все крышки правильно.

2.2. Изучение методов ремонта тяговых электрооборудования электровозов с асинхронным приводом в условиях Узбекистана.

Комплекс организационно-технических мероприятий по уходу, надзору и обслуживанию тиристорных преобразователей включает:

- а) межремонтное обслуживание;
- б) текущий, средний и капитальный ремонты преобразователей;
- в) профилактические испытания в объеме контрольных;

г) внеплановые работы, вызванные авариями. Межремонтное обслуживание преобразователей. Операции по межремонтному обслуживанию выполняются без нарушения процесса производства: во время ежедневных остановок оборудования на профилактические осмотры, во время перерывов в работе преобразователей, а также в процессе работы. В объем межремонтного обслуживания входит: ежедневный наружный осмотр и наблюдение за показаниями измерительных приборов и состоянием преобразователей. Время и результаты осмотра заносятся в оперативный журнал; проверка исправности:

- а) устройств сигнализации;
- б) измерительных приборов;
- в) систем охлаждения;
- г) заземлений и ограждений;

устранение неисправностей, не требующих специальной оснастки и значительного времени для их устранения и привлечения квалифицированных специалистов;

продувка сухим сжатым воздухом не реже 1 раза в месяц, а в местах с повышенным содержанием пыли — еженедельно; контроль температуры окружающей среды мест установки и поддержание ее в необходимых пределах:

контроль загрязненности окружающего воздуха. Содержание не токопроводящей пыли в воздухе не должно превышать 0,7 мг/м³;

7) контроль температуры и загрязненности охлаждающего силовые шкафы преобразователя воздуха (в случае его забора за пределами преобразовательной подстанции). При содержании не токопроводящей пыли в охлаждающем воздухе свыше 0,7 мг/м³ на вход вентиляционной системы необходимо установить фильтры; систематический (через смотровое окно)

осмотр контактов реле контроля скорости воздуха. При появлении на них нагара реле необходимо заменить;

контроль характера шума трансформатора. При нормальной работе трансформатор должен издавать умеренно гудящий равномерный звук; контроль температуры масла и его уровня в расширителях масляных трансформаторов.

Текущий, средний и капитальный ремонты преобразователей.

Все виды ремонтов должны осуществляться в строгом соответствии с установленными (с учетом местных условий) месячными и годовыми графиками ППР (планово-предупредительных работ). Текущий ремонт. Продолжительность периода между текущим и очередным ремонтом — 6 мес. В объем текущего ремонта входит:

составление ремонтной ведомости;

наружный осмотр. Обдувка сухим сжатым воздухом всех узлов от пыли, протирка изоляторов. Очистка от пыли радиаторов тиристоров;

устранение дефектов по ремонтной ведомости;

проверка контактных соединений силовых цепей путем затяжки болтов, цепей управления - путем прозвонки разъемов, визуального осмотра паек и затяжки контактного крепежа на зажимах;

проверка крепления измерительных приборов и других установочных аппаратов; проверка наличия смазки на втычных силовых контактах блоков и, если требуется, обновление ее (в качестве смазки применяют тяжелое цилиндрическое масло, бесщелочное и бескислотное);

проверка усилия нажатия губчатых контактов вентильных блоков, которое должно составлять 50-60 И при растворе контактов 5 мм. В случае замены силовых контактов следят за тем, чтобы поверхности всех контактных винтов лежали в одной плоскости и были параллельны основанию блока;

очистка от грязи и пыли контактных поверхностей штепсельных разъемов блоков и промывка их спиртом при помощи волосяной щетки. Применение металлических щеток категорически запрещается;

проверка функционирования защит;

проверка целостности защитных РС-цепей;

проверка напряжений и коэффициента пульсаций автономных источников питания собственных нужд;

проверка системы охлаждения на наличие воздушного потока и отсутствие вибраций; проверка работоспособности системы управления и регулирования по тестовым таблицам. Для удобства в эксплуатации каждый преобразователь должен иметь тестовые таблицы, содержащие: а) уставки защит и данные настройки коммутационных аппаратов (реле, выключателей); б) уставки в вольтах и омах всех регулируемых резисторов и диапазонов их изменения;

в) параметры сигналов (форма, напряжение) в ряде характерных контрольных точек в оговоренных режимах;

г) номинальные значения напряжений всех автономных источников питания; проверка работы схем управления и защит замыканием исполнительных контактов реле и контакторов;

проверка работоспособности резервных блоков;

проверка и ремонт после каждых 4000 ч работы, но не реже 1 раза в год двигателя вентилятора. При этом необходимо разобрать двигатель и провести его чистку в соответствии с инструкцией завода-изготовителя. Средний ремонт. Продолжительность между средними ремонтами 2 года. При среднем ремонте выполняются все операции текущего ремонта (пп. 1-16) и, кроме того, производится:

проверка работы систем импульсно-фазового управления: начальных

углов и углов ограничения; диапазона изменения угла регулирования; симметрии и параметров импульсов; проверка распределения токов между параллельно соединенными тиристорами;

проверка формы кривых выпрямленного тока и напряжения;

проверка работы отдельных регуляторов и системы регулирования в целом;

замена неисправных узлов и деталей;

проверка сопротивления изоляции цепей вторичной коммутации;

проверка уставок и настройка защит.

Капитальный ремонт. Продолжительность между капитальными ремонтами 6 лет. Выполняются все операции текущего и среднего ремонта (пп. 1—23) и, кроме того, производится: выборочная проверка тиристорov (25% установленного количества). При наличии отклонений параметров тиристорov от ТУ производится проверка всех тиристорov;

испытание электрической прочности изоляции силовых цепей;

снятие регулировочной характеристики;

проверка работы на реальную нагрузку в течение 24 ч.

Профилактические испытания в объеме контрольных.

Объем и программа на соответствие техническим условиям преобразователя и с целью обеспечения требуемых статических и динамических характеристик регламентируются инструкциями завода-изготовителя. В приведены примерная программа и методика профилактических испытаний преобразователей серий ТПЗ, ТПРЗ. Профилактические испытания проводят: а) при вводе в работу вновь установленных преобразователей; б) в частичном или полном объеме после среднего и капитального ремонтов и при необходимости после аварий. Преобразователи считаются выдержавшими испытания, если не наблюдалось

сбоев и отклонений от заданных режимов работы: в течение 72 ч - для вновь вводимых в эксплуатацию: в течение 24 ч - после капитальных ремонтов и устранения последствий аварий.

Внеплановые работы, вызванные авариями.

Аварийные работы включают: а) устранение причин аварии; б) устранение последствий аварии; в) проверку всех тиристоров, если очаг аварии возник в силовой части схемы; г) проверку и опробование срабатывания защит; д) проверку нормальных режимов работы.

Тиристорные преобразователи для питания двигателей постоянного тока.

С развитием силовой полупроводниковой техники в автоматизированном электроприводе произошли качественные изменения. В регулируемых электроприводах постоянного тока электромашинные и ртутные преобразователи, силовые магнитные усилители заменяются тиристорными преобразователями. Наряду с системой генератор-двигатель (Г-Д) все шире используется более быстродействующая и экономичная система тиристорный преобразователь-двигатель (ТП-Д). Это позволяет существенно повысить надежность электропривода, добиться лучших технико-экономических показателей, увеличить степень автоматизации. Для использования в электроприводе промышленностью ранее выпускались тиристорные преобразователи серий ПТТ и ПТПР, а также комплектные тиристорные агрегаты АТ и АТР на их основе. Эти установки предназначены для преобразования трехфазного переменного напряжения частотой 50 Гц в регулируемое по значению и чнаку (только для ПТПР) выпрямленное напряжение и применяются для питания якорных цепей двигателей постоянного тока, обмоток возбуждения генераторов (в системах Г-Д) и

двигателей (в системе ТП-Д или Г-Д), а также в качестве регуляторов напряжения в цепях с активной и активно-индуктивной нагрузкой, на номинальный ток от 100 до 2500 А и выпрямленное напряжение 230 и 460 В. Типовое обозначение указанных агрегатов, например АТР-800/460-1С(2Р), расшифровывается следующим образом: АТР - агрегат тиристорный реверсивный (АТ - то же нереверсивный); первое число (800) означает номинальный выпрямленный ток. А; второе (460) - номинальное выпрямленное напряжение. В; цифра с буквой указывает на разновидность исполнения агрегата: 1-е согласующим трансформатором, 2-е анодными реакторами, с совместным (С) и отдельным (Р) управлением группами тиристоров реверсивного преобразователя. Охлаждение воздушное естественное в агрегатах на токи 100 и 200 А; воздушное принудительное - в агрегатах на токи 320 А и выше. В течение последних лет в нашей стране проводится значительная работа по проектированию и изготовлению различных комплектных тиристорных электроприводов постоянного тока. Большое распространение получили тиристорные приводы серий ЭТЗ и ЭТЗР, которые предназначены для регулирования скорости механизмов главного движения и подачи металлорежущих станков и других рабочих машин с высокой точностью (5—10%) и в широком диапазоне регулирования частоты вращения двигателя. Приводы имеют нереверсивное (ЭТЗ) и реверсивное (ЭТЗР) исполнение и поставляются заказчику комплектно. В комплект привода входят: тиристорный преобразователь, электродвигатель постоянного тока серий ПБСТ или 2П со встроенным тахогенератором, силовой трехфазный трансформатор серии ТТ, датчик частоты вращения типа ПП26 или ПП60. Для реверсивного исполнения поставляются два уравнительных дросселя серии РТП. Трансформаторы серии ТТ-трехобмоточные. Вторичная обмотка обеспечивает получение напряжений

двигателя 110 и 220 В при включении выпрямителя по трехфазной нулевой или мостовой схеме. Третья обмотка мощностью 0,6 кВ · А служит для питания цепей управления и возбуждения двигателя.

Электроприводы серий ЭТ6 и ЭТ6Р предназначены для регулирования скорости механизмов подачи тяжелых металлорежущих станков и станков с числовым программным управлением. В состав привода входят: тиристорный шестипульсный преобразователь, согласующий трансформатор серии ТС, реакторы серии РТП, электродвигатель постоянного тока серий ПБСТ, 2П, ПГТ и ПБВ (в соответствии с заказом) и регулятор частоты вращения.

Силовая схема реверсивного преобразователя состоит из 12 тиристоров, включенных по шестифазной нулевой встречно-параллельной схеме с двумя токоограничивающими реакторами; трехфазного трансформатора ТС мощностью 6, 8, 11, 14, 19 и 25 кВ · А, первичная обмотка которого соединена в треугольник, вторичная — в шестифазную звезду с нулевым выводом, третья обмотка служит для питания цепей управления и соединена в звезду; двигателя постоянного тока мощность от 1 до 11 кВт на напряжение 110, 220 В для ПБСТ и 2П и 60, 70 и 90 В для ПБВ и ПГТ. Силовой блок и управляющее устройство преобразователя имеют блочную конструкцию и предназначены для встройки в электрошкаф (кроме электродвигателя), расположенный около станка.

Комплектные тиристорные электроприводы серии КТЭ предназначены для питания якорной цепи двигателей постоянного тока и цепей возбуждения машин постоянного тока общего назначения с регулированием напряжения (ЭДС), тока возбуждения, частоты вращения и положения вала приводного электродвигателя. Электротехническая промышленность поставляет приводы КТЭ мощностью до 2000 кВт и 2000-12 000 кВт. В комплект КТЭ входят:

электродвигатель постоянного тока с тахогенератором; силовой тиристорный преобразователь (нереверсивный или реверсивный) на номинальные напряжения 230, 460, 630, 865, 980 В и номинальные токи от 25 до 12 500 А; тиристорный возбудитель на ток до 25 А и напряжение 0-460 В; коммутирующая аппаратура; система управления, защиты и сигнализации, а также другие специальные узлы и устройства. Приводы КТЭ на номинальный ток до 500 А питаются от сети 380 В через трансформаторы или анодные реакторы, на ток 800 А и 1000 А — от сети 380 В через анодные реакторы. Все остальные КТЭ питаются от сети 6 или 10 кВ через масляные трансформаторы.

Существенное увеличение нашей промышленностью выпуска мощных и надежных силовых тиристоров, резкое уменьшение их стоимости позволяют наряду с широким использованием ТП для приводов постоянного тока уже сейчас разрабатывать и осваивать выпуск электроприводов переменного тока, управляемых различного рода тиристорными преобразователями. Весьма перспективным приводом переменного тока с тиристорным управлением является привод, в котором используется короткозамкнутый асинхронный двигатель с частотным регулированием скорости в большом диапазоне, для питания которого применяется статический преобразователь частоты на тиристорах.

Охлаждение силовых вентилях. Электрические потери, возникающие в полупроводниковом приборе при протекании через него тока, обуславливают выделение в нем тепла, вызывающего нагрев полупроводниковой структуры. Для обеспечения надежной работы и использования силовых полупроводниковых вентилях на полную мощность необходимо принимать меры для дополнительного отвода тепла - охлаждать вентилях. Наибольшее распространение получили два способа охлаждения: воздушное и водяное.

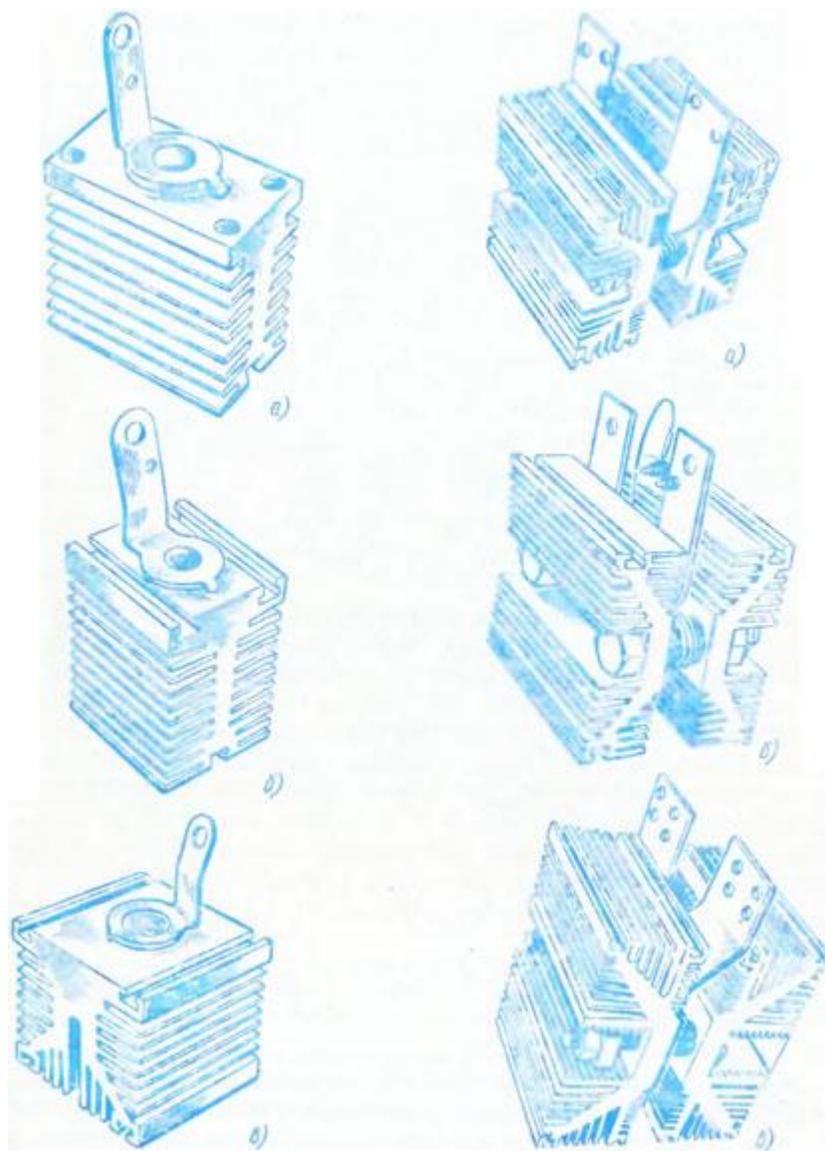


Рис. 22. Общий вид охладителей типов ОА 004 (а), ОА-011 (б) и ОА-019 (в) для одностороннего воздушного охлаждения штыревых вентилях Рис. 50. Общий вид охладителей типов ОА-033 (а), ОА-038 (б) и ОА-052 (в) для двустороннего воздушного охлаждения таблеточных вентилях При воздушном охлаждении применяются охладители в форме пластин для вентилях на ток до 25 А и специальные охладители, имеющие массивное основание ("подушку") с резьбовым отверстием под нарезной болт на аноде у тиристоров или на катоде у диодов силовых вентилях штыревой конструкции

и ребра для отвода тепла, увеличивающие поверхность охлаждения (рис. 49). Такие охладители часто называют радиаторами. Они применяются для вентилях на ток от 50 до 320 А. Охладители изготавливаются из меди или алюминия, а также из сплавов алюминия, обладающих высокой теплопроводностью и имеющих меньшую массу. В последнее время наибольшее применение получили охладители из алюминиевого прессованного профиля, получаемого методом горячего прессования. Материалом для изготовления профиля служит алюминиевый сплав марки АД-31. Для отвода тока здесь используют медный пластинчатый вывод, который прокладывается между вентиляем и охладителем.

Охладители в силовых блоках выпрямителей крепятся при помощи болтов, для чего в основании радиатора имеются резьбовые отверстия (охладители ОА-004, ОА-036 и др.), или при помощи специальных пазов (охладители ОА-Оil, ОА-019 и др.). Для более интенсивного отвода тепла от силовых вентилях таблеточной конструкции применяются двусторонние охладители (рис. 50), выполненные на основе прессованного профиля из сплава АД-31. Отличительной конструктивной особенностью указанных охладителей является наличие Т-образных пазов, позволяющих удобно и надежно крепить радиаторы к несущим панелям выпрямительных агрегатов (охладители типов ОА-О33, ОА038, ОА052 и др.). В этом случае при монтаже прибора должна быть обеспечена наибольшая поверхность соприкосновения таблетки с охладителями.

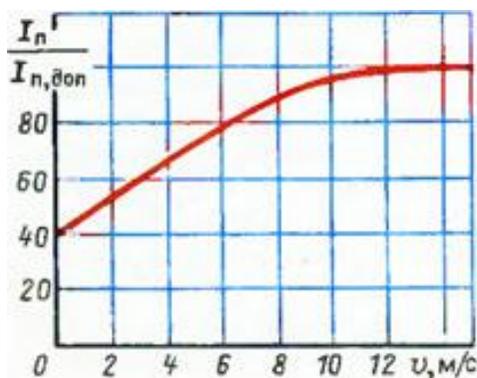
Воздушное охлаждение может быть двух видов: естественное и принудительное. При естественном охлаждении отвод тепла от вентиля происходит за счет теплопроводности через граничный слой воздуха, соприкасающийся с поверхностью охладителя, и последующей конвекции. Поток воздуха должен проходить параллельно плоскостям ребер охладителя

снизу-вверх. Преимуществом такого вида охлаждения являются: простота конструкции и бесшумность в работе, высокая надежность и относительно низкая стоимость, удобство эксплуатации и ремонта. Серьезным недостатком является малая эффективность теплоотвода не более $10 \text{ Вт}/(\text{см}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, вследствие чего приходится снижать нагрузку на вентиль по току до 35% номинальной. Для обеспечения загрузки силового вентиля номинальным током при естественном охлаждении необходимо устанавливать вентиль на радиаторе увеличенных размеров. При принудительном воздушном охлаждении воздух продувается вдоль ребер охладителей с помощью низконапорных осевых вентиляторов, а теплопередача осуществляется в основном благодаря вынужденной конвекции. В этом случае интенсивность теплоотвода зависит от скорости движения охлаждающего воздуха, следовательно, и допустимый ток нагрузки вентиля зависит от этой скорости. На рис. 51 в качестве примера представлен график значений предельного тока /п тиристора ТЛ-160 при различных скоростях охлаждающего воздуха v . Для получения такой скорости потока воздуха преобразователь снабжается шахтой (вентиляционным каналом), внутри которой располагаются вентили, а в верхней или нижней части устанавливается вентилятор.

Полупроводниковые преобразователи с принудительным воздушным охлаждением имеют меньшие габариты и массу по сравнению с преобразователями с естественным охлаждением, но им свойственны некоторые существенные недостатки: с введением в конструкцию статического выпрямительного агрегата вращающегося вентилятора снижается надежность; создается сильный шум и возникают вибрации при работе вентилятора; необходимо устанавливать дополнительную аппаратуру для контроля исправной работы вентилятора (ветровое реле и т.д.),

сигнализации и защиты преобразователя в случае выхода вентилятора из строя.

При водяном охлаждении применяются либо индивидуальные радиаторы цилиндрической формы (рис. 52,а), имеющие кольцевое углубление на верхнем основании корпуса 1 для ввинчивания вентиля и два штуцера 2 с кольцевыми нарезками для надевания резиновых шлангов, либо групповые охладители (рис. 52,б) в виде квадратных медных шин 2 с круглым отверстием внутри, служащих одновременно токоподводами. Вентили 1 соединяются с водяными охладителями при помощи резьбового соединения. Штуцера 3 служат для подвода и отвода охлаждающей воды. Электрический контакт осуществляется при помощи токосъемной пластины 4.



Водяное охлаждение выполняется всегда принудительным, циркуляция воды в системе охлаждения достигается за счет уста Рис. 51. Зависимость предельного тока тиристорной серии ТЛ от скорости охлаждающего воздуха в агрегате специального насоса. Такой способ охлаждения является более эффективным по сравнению с воздушным, но конструкция вентиляционных блоков усложняется за счет штуцеров и резиновых шлангов, а также из-за введения устройств, обеспечивающих принудительную циркуляцию воды. В этом отношении применение групповых охладителей упрощает конструкцию преобразователей и повышает их надежность, не снижая достоинств системы водяного охлаждения, которая позволяет интенсивнее отводить тепло и

увеличивать ток нагрузки вентиляей. На основе этого способа охлаждения уже разработаны силовые вентили на токи 800, 1000, 1250 и 2000 А.

Основные правила эксплуатации силовых вентиляей.

Надежность работы силовых вентиляей зависит не только от их качества, но и от соблюдения установленных правил эксплуатации,

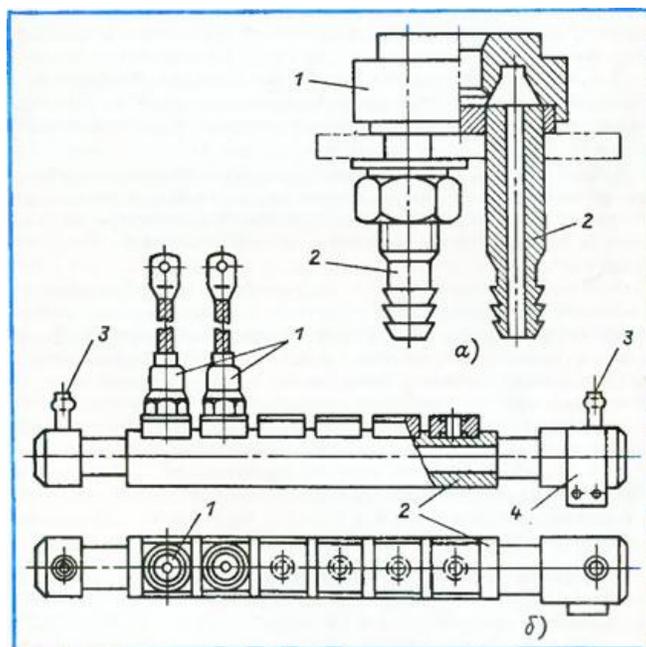


Рис. 23. Общий вид охладителей для водяного охлаждения мощных вентиляей:

а - индивидуальный, б - групповой хранения и проверки работоспособности приборов. Для обеспечения надежной работы преобразователей на силовых полупроводниковых вентиляях необходимо соблюдать ряд общих эксплуатационных требований:

При работе в условиях естественного охлаждения вентили следует располагать таким образом, чтобы ребра радиаторов находились в вертикальной плоскости. При воздушном принудительном охлаждении вентили допускают работу в любом положении при условии параллельности

ребер радиаторов направлению потока воздуха (допускается отклонение на 10°).

Силовые вентили в электро шкафу следует располагать таким образом, чтобы обеспечить беспрепятственное их охлаждение и предохранить от дополнительного подогрева со стороны соседних блоков и аппаратуры.

Во всех режимах работы преобразовательного агрегата значения номинального рабочего напряжения и прямого тока вентиля не должны превышать допустимых, указанных в паспорте применяемых вентилях.

Силовые вентили являются герметичными приборами, и разборка их недопустима. В случае выхода вентиля из строя он должен быть заменен вентиляем того же типа и с такими же параметрами (/n, Un. Д1Уп номидр.).

При эксплуатации силовых вентилях необходимо их периодически очищать от пыли и других загрязнений, а также следить за тем, чтобы в окружающем воздухе не было токопроводящей пыли и паров кислот, щелочей и других химически активных продуктов.

Монтаж вентилях должен быть таким, чтобы обеспечивался надежный электрический и тепловой контакт между основанием вентиля и радиатором. При установке приборов штыревого типа на охладителях должен обеспечиваться определенный закручивающий момент, значение которого указывается в информационных материалах на силовые вентили. Это достигается применением специальных монтажных ключей. Для приборов таблеточной конструкции задается закручивающий момент на болтах, которыми фланец вентиля прижимается к охладителю. При меньшем закручивающем моменте возрастает тепловое сопротивление системы корпус—охладитель, что может привести к выходу прибора из строя вследствие перегрева.

Жесткое закрепление выводов может вызвать появление трещин в местах их выхода из корпуса прибора, что вызывает просачивание паров влаги внутрь корпуса. Это приводит к постепенному повышению прямого и обратного тока утечки тиристорov, и он теряет свои ключевые свойства.

При воздушном охлаждении кремниевых вентиляй температура воздуха, окружающего преобразователь, не должна превышать 35 °С; ее следует измерять на расстоянии 60 мм от радиатора со стороны входящего потока воздуха.

Для поддержания более высокого значения $\cos\phi$ целесообразно работать с меньшими значениями угла α и, если есть возможность, полностью использовать для регулирования U_d ответвления на обмотках силового трансформатора с подрегулированием выпрямленного напряжения изменением угла α на каждой ступени вторичного напряжения.

Техника безопасности при эксплуатации преобразовательных установок

На каждый силовой полупроводниковый преобразовательный агрегат должна быть местная инструкция по эксплуатации, составленная на основании рекомендаций завода-изготовителя и опыта эксплуатации.

Для обеспечения безопасности обслуживающего персонала корпус преобразователя должен быть надежно заземлен. При работе выпрямителя стенки кожуха должны быть закрыты. При необходимости снятия стенок для ремонта прежде следует отключить преобразователь от сети. Вспомогательные цепи выпрямителей, электрически соединенные с катодами силовых вентиляй, например блоки системы управления тиристорами, должны получать питание от специальных разделительных трансформаторов. Если возникает необходимость осмотреть силовой блок преобразователя,

когда его система управления находится под напряжением, то это следует делать стоя на диэлектрическом коврике, не касаясь шкафа одновременно двумя руками и пользуясь инструментом или проводами от измерительных приборов с изолированными ручками.

Работы по наладке и испытанию преобразователя (фазировка, проверка равномерности нагрузок по фазам и др.) организуются и проводятся как работы без снятия напряжения с установки. При этом следует применять дополнительные электрозащитные средства изолирующие клещи, разделительные трансформаторы, диэлектрические перчатки и галоши.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

На всех объектах, где производится эксплуатация преобразователей, для обеспечения безопасности людей по условиям режимов работы сетей и защиты электрооборудования от различных перенапряжений должны быть сооружены заземляющие устройства и заземлены корпуса электрооборудования. При этом в первую очередь должны быть использованы естественные заземлители - металлические конструкции и арматура железобетонных конструкций, надежно соединенные с землей.

Для нескольких преобразователей, различающихся напряжением, допускается применять одно общее заземляющее устройство. При этом сопротивление заземляющего устройства должно удовлетворять требованиям к заземлению того преобразователя, для которого необходимо наименьшее сопротивление заземляющего устройства.

К частям, подлежащим заземлению, относятся: корпуса полупроводниковых преобразовательных шкафов, трансформаторов (силовых), реакторов типа ФРОС, автоматических выключателей типа ВАТ, вторичных обмоток измерительных трансформаторов. Присоединение заземляющих проводников к заземленным конструкциям должно быть выполнено сваркой, а их присоединение к корпусам - сваркой или контактным соединением. Каждый заземленный элемент преобразователя должен быть присоединен к заземлителю при помощи отдельного ответвления. Последовательное включение в заземляющий проводник нескольких заземляющих частей запрещается.

Все заземляющие проводники, расположенные внутри здания, где располагаются преобразователи, должны быть окрашены в черный цвет. Как правило, заземляющие проводники прокладывают по стенам на расстоянии 50—100 мм от их поверхностей. Однако допускается прокладка проводников

вплотную к стене. Указанные требования по технике безопасности являются общими для каждого изделия, входящего в комплект преобразователя. Однако существуют и специфические требования по соблюдению мер техники безопасности при работе с тем или другим электрооборудованием в зависимости от его функционально-целевой направленности. К ним относятся следующие: 1. Для преобразовательных секций: а) выдвигание блоков, установка их на место, устранение неисправностей и подключение контрольно-измерительной аппаратуры разрешается только при отключенном преобразователе. Допускается подключение контрольно-измерительной аппаратуры (при работающем преобразователе) к гнездам силовых блоков, так как конструкция предусматривает безопасность этих работ при включенном преобразователе;

б) во время работы преобразователей замки дверей шкафов должны быть заперты на ключ.

Для автоматических выключателей типа ВАТ:

а) выключатель, если он установлен не в шкафу, должен иметь ограждения или быть установлен так, чтобы вероятность прикосновения к нему была исключена;

б) тележка выключателя должна быть заземлена;

в) любая работа на выключателе должна производиться при полностью снятом напряжении;

г) недопустима наладка или регулировка выключателя при снятом изоляционном экране, если цепи управления выключателя находятся при этом под напряжением.

Для силовых трансформаторов:

а) трансформатор должен быть надежно присоединен к заземлителю, расположенному в непосредственной близости к трансформатору;

б) выводы нейтрали на щит следует выполнять нулевой шиной, проводимость которой должна быть не менее 50% фазной (для глухозаземленной нейтрали);

в) сопротивление заземляющего устройства должно быть не более 4,0 Ом;

г) части, подлежащие заземлению, должны иметь надежную металлическую связь с нейтралью трансформатора. Во всех случаях монтажа и эксплуатации следует строго придерживаться рекомендаций ПУЭ.

ГЛАВА 3. Разработка технологического процесса технического обслуживания и ремонта тягового электрооборудования электровозов серии UZ-EL

3.1. Разработка технологического процесса технического обслуживания и ремонта тягового шкафа.

Обслуживание главного преобразователя. Главный преобразователь состоит из двух тяговых шкафов. Тяговое оборудование произведено компанией TOSHIBA. Далее представлены характеристики преобразователя.



Рис. 3.1 Расположение оборудования внутри тягового шкафа.

Номинальное входное напряжение : однофазное 1450V/50Hz

Номинальное вводный ток : 927A Промежуточное
напряжение : DC2800V

Номинальное выходное напряжение : трехфазное 2150V

Номинальный выходной ток : 380A

Производительность : $\geq 98\%$

Вспомогательное питание :

Вводное напряжение : однофазное AC399V

Выход1 : 230kVA

Напряжение2 ~ 380Vизменчивое

Частота0.2 ~ 50Hzизменчивая

Выход2 : 230kVA

Напряжение380V/50Hzтрёхфазное

Размер : 4000×1035×2050mm³

Масса : примерно 3900кг

Особенностью в конструкции тягового преобразователя является обеспечение отдельным набором комплектующих для питания каждого асинхронного тягового двигателя

Вспомогательное питание осуществляет преобразователь АРУ: для каждого электровоза необходимо установить два АРУ, АРУ 1 для питания вентилятора тяговых электродвигателей и комбинированного вентилятора охлаждения, АРУ2 обеспечивает вспомогательное электрооборудование питанием CVCF (цепи управления). В случае отказа одного из них другое АРУ полностью может взять нагрузку на себя.

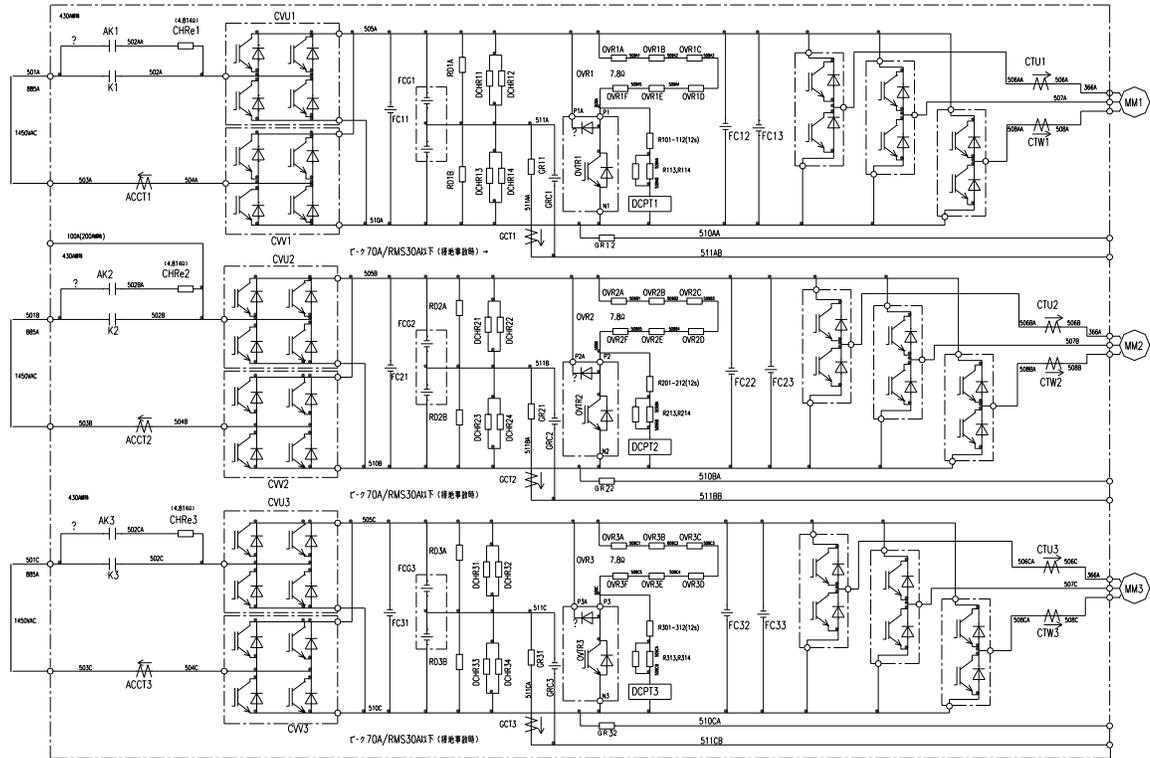


Рис 3.1 Схема оборудования внутри одного тягового шкафа.

Главный тяговый преобразователь получает питание от главного трансформатора электровоза через 6 отдельных вторичных обмоток 1450V/50Hz. В каждом тяговом шкафу имеется по 3 мостовых схемы 4QC и 3 автономных инвертора напряжения с ШИМ приведенных на рисунке 3.2.

Из рисунка видно что один четырехквadrантный преобразователь состоит из двух модулей а АИН из 3 модулей. Принцип работы цепи питания одного тягового двигателя представлен на рис 3.3.

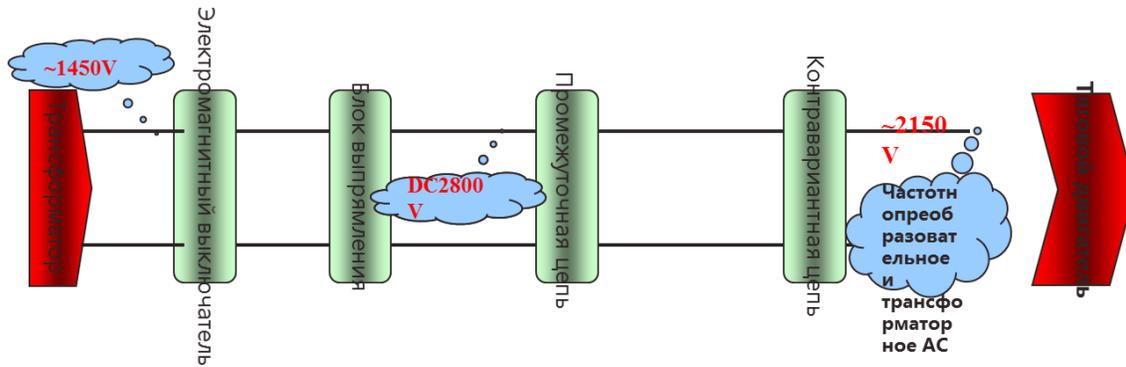


Рис 3.3 Принцип работы цепи питания одного тягового двигателя.

Полупроводниковые элементы являются одними из основных рабочих элементов преобразователя. Они охлаждаются принудительным способом с помощью системы жидкостной циркуляции и охлаждения вентиляторами радиатора. Изображения модулей приведено далее



Рис. 3.4 Модуль 4QC преобразователя

Модуль четырёхквadrантного преобразователя состоит из IGBT транзисторов, которые способны работать, обеспечивая высокий коэффициент мощности. При диагностировании неисправности этих модулей производится тест на работоспособность модуля. При выявлении выхода из

страя данный модуль подлежит замене. При замене во время демонтажа необходимо учитывать наличие в система жидкости и заранее освободить от жидкости обслуживаемый отдел.

Модуль АИН чувствует в основных процессах регулирования напряжения и частоты асинхронного тягового двигателя и поэтому имеет иную конструкцию

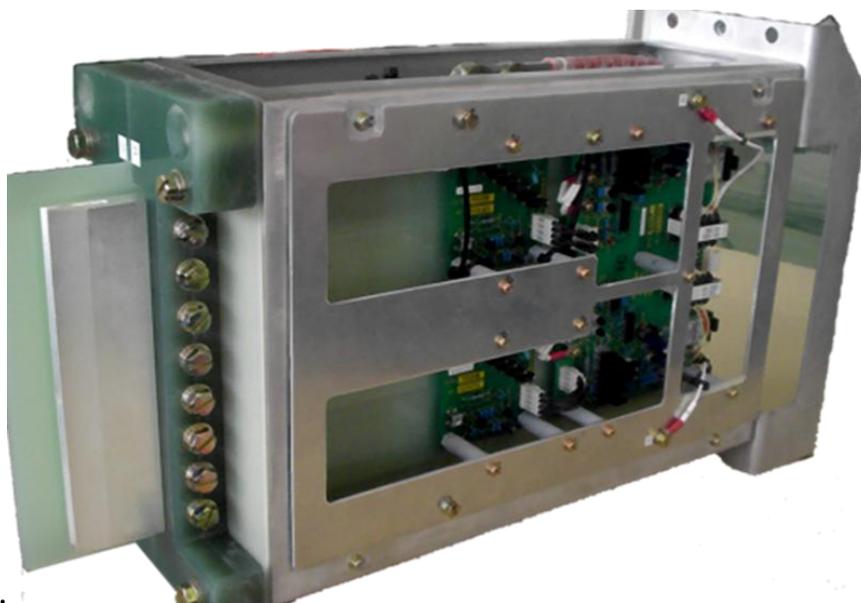


Рис. 3.5

При диагностировании неисправности этих модулей производится тест на работоспособность модуля. При выявлении выхода из строя данный модуль подлежит замене. При замене во время демонтажа необходимо



учитывать наличие в система жидкости и заранее освободить от жидкости обслуживаемый отдел.

Требуют особого внимания при обслуживании группы конденсаторов, установленные между модулями 4qs и АИН. Характеристики приведены далее

CAPACITOR
EF332222DYQ0893
CAP.4400+4400 μ F
VOLT.3300VDC
MASS 51kg
nichicon

Важной частью которая также входит в перечень устройств требующих внимания это контакторы и разъединители внутри шкафа. Основные из них это:

Главный электромагнитный контактор (К)

Этикетка :

TOSHIBA
VACUUM CONTACTOR
TYPE:CM79-A1
MASS:18kg

Отключающая способность :

1500VAC/1300A



и Зарядный контактор (АК)

Этикетка :

MICROELETTRICA SCIENTIFICA

TYPE:LTC002502*A02

Отключающая способность :

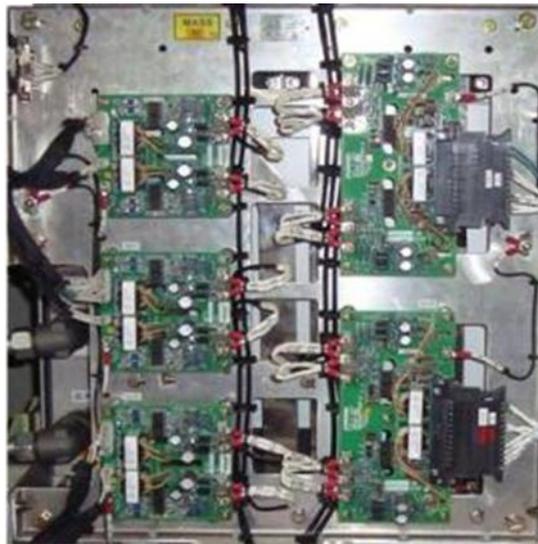
1500VAC/250A

Оба контактора являются вводными контакторами главной цепи СИ.

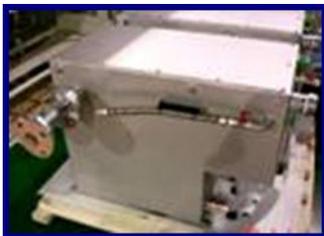
Также внутри шкафа находятся микропроцессорные блоки управления тяги торможением, которые наряду с управлением производят и диагностику устройств внутри шкафа. Однако эти блоки тоже нуждаются в обслуживании.



Система управления преобразователем.



Система воздушного и водяного охлаждения. Так как электровоз является грузовым и работает на больших мощностях. Система работает на жидкостном растворе, который состоит на 55% из антифриза. Система требует контроля над следующими узлами:



Жидкостные баки.



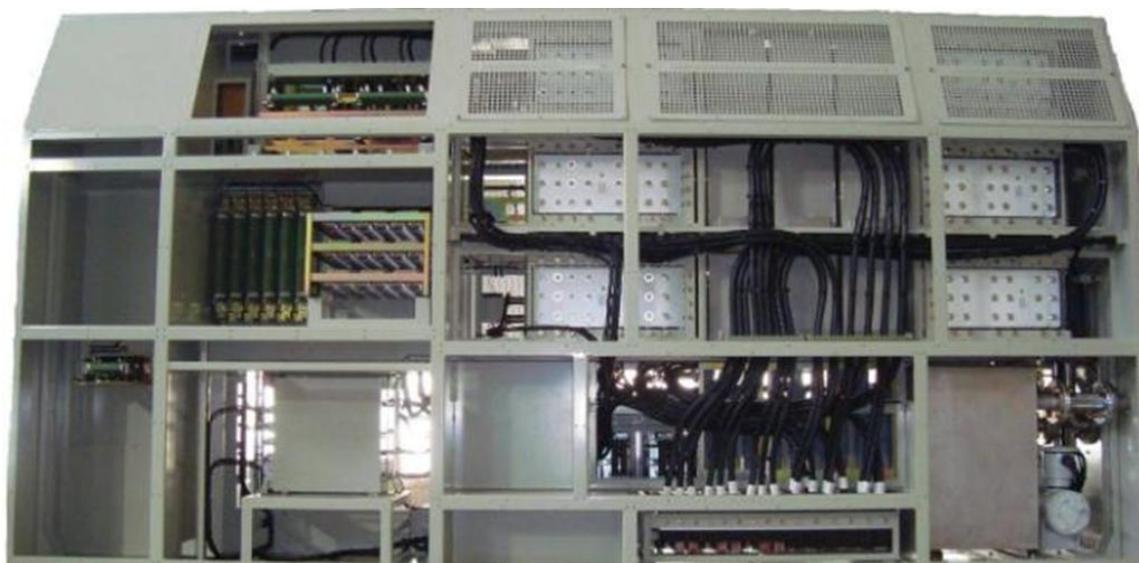
Счетчик и клапан с датчиком.



Водяная помпа.

Помимо также требует тщательный осмотр и система трубок на предмет герметичности и деформации при монтаже.

Оратная часть шкафа включает в себя следующие устройства :

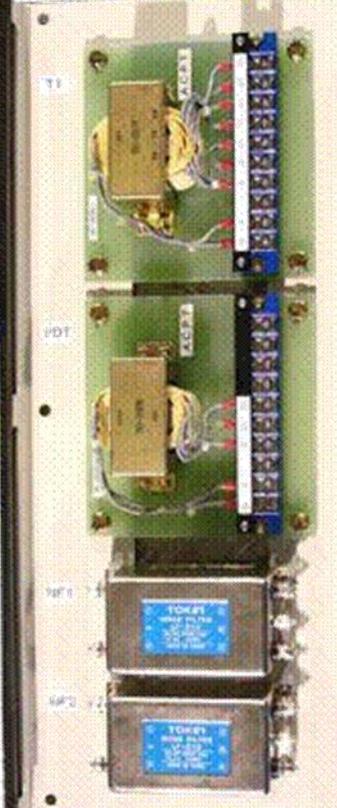


На обратной стороне шкафа располагаются элементы оборудования осуществляющие вспомогательную или защитную роль и приведены в таблице далее.

№	Наименование	Изображение	Назначение
	Блоки реле		Осуществляют переключение цепей вспомогательного оборудования в шкафу
	<u>Блок I / F</u>		<i>цепь IGBT и оборудования управления необходимые для питания 24V. COR1~3 на панели-реле является реле для управления CI.</i>

<p><u>Блок DCPT</u></p>		<p>Измерительный блок для работы АИН</p>
<p>APU Электромагнитный контактор и плавкий предохранитель</p>		<p>Данный блок состоит из главного электромагнитного контактора (K), заряженного контактора (AK), плавкого предохранителя (DF), и промежуточного реле (KVMC). K, A K являются контакторами главной цепи APU на входе. AF является ограничительным предохранителем главной цепи APU. Df является APU ограничительным предохранителем между промежуточной цепью постоянного тока и цепью зарядника аккумулятора. VMC является промежуточным реле АК.</p>

<p>Разрядное сопротивление защиты перенапряжений Блок OVR</p>		<p>При обнаружении датчиком напряжения перенапряжений промежуточной цепи подключить IGBT, обрзовать зарядную цепь с помощью ограничивающего сопротивления, что снижается напряжение и защищать</p>
<p>Блок DCHR</p>		<p>Блок DCHR разрядного сопротивления расходует остаточную электроэнергию фильтрующего конденсатора после прекращения работы главного преобразователя при остановке электровоза.</p>
<p>Блок GR</p>		<p>является составом заземления нейтральной точки и ее контрольно-измерительной схемы.</p>

Блок NF		<p>Блок NF состоит из NF1 и NF2, и синхронных трансформаторов T1, VDT. T1 является синхронным трансформатором CI. На входе напряжение AC100V, выходящее сетевое напряжение из взаимоиндуктора PT. На выходе сигнал напряжения AC5V к блоку управления CI.</p>

3.2. Разработка технологического процесса ремонта тягового (внутрикузовного) электрооборудования электровозов серии UZ-EL

Процедуры осмотра и проверки компонентов В этой главе подробно описываются осмотр и проверка основных компонентов преобразователя и приводятся рекомендации по ремонту.

Инструменты для технического обслуживания В данном списке перечислены инструменты, необходимые для измерений, планового технического обслуживания и ремонта.

ВАЖНО Соблюдайте осторожность – не роняйте инструменты и/или крепёжные детали в открытые узлы преобразователя. Не подавайте питание на преобразователь, пока не уберёте из узлов и корпуса преобразователя все оставленные инструменты и или крепёжные детали.

Инструмент Подробные сведения

Универсальная торцевая головка 4 мм, 5 мм

Удлинитель для торцевой головки 254 мм (10 дюймов)

Накидной ключ 7 мм, 8 мм, 10 мм, 13 мм, 17 мм, 19 мм, 22 мм

Обжимные инструменты Для кабельных наконечников 1,5...240

Токоизмерительные клещи 1000 А (ac, rms), выходной сигнал

Средства защиты рабочего места от ЭСР

Антистатические рабочая поверхность, покрытие пола, кресло и заземляющие

Соединения Защитная одежда Антистатические браслет, обувь, халат (верхняя одежда)

Фонарик

Отвёртка с плоским жалом 5 мм (0,19 дюйма), 6,4 мм (0,25 дюйма)

Клещи для предохранителей

Отвёртка/бита Torx #15, #20, #25, #30, #40, #45

Шестигранная торцевая головка 7 мм, 10 мм, 17 мм

Тестер сопротивления изоляции 1000 В=

Подъёмный ремень 5/16 дюйма, крюки, длина 24 дюйма, не менее 1000 фунтов

Мультиметр Цифровой мультиметр (измерение переменного и постоянного напряжения,

электропроводности, сопротивления, ёмкости, а также диодный тест).

Fluke

модели 87 III или аналогичный.

Плоскогубцы

Осциллограф Переносной, с оцифровкой, двухканальный, с изоляцией

Отвёртка/бита Phillips® #1, #2

Выкатная тележка 20-750-CART1-F8.

Примечание: выкатная тележка необходима для извлечения преобразователя

типоразмера 8.

Динамометрический ключ 1...12 Н•м (8,8...106 фнт•дюйм)

Динамометрический ключ 6...50 Н•м (53...443 фнт•дюйм)

Кусачки

Осмотр и техническое

обслуживание компонентов

Визуально проверьте фильтры на дверце, впускную решётку вентилятора радиатора, основные компоненты отсека управления, выпрямителя и инвертора на наличие загрязнений и повреждений. Скапливание грязи на некоторых компонентах может привести к их повреждению или неисправности. Обнаружение признаков прогорания, поломки или отслоения покрытия на компонентах и/или печатных платах и замена этих компонентов может предотвратить серьёзное повреждение преобразователя.

При выполнении этой процедуры см.

1. Общие меры предосторожности
2. Отключите питание преобразователя.
3. Проверьте вентиляторы на дверце на отсутствие засорения и свободное вращение. При необходимости очистите или замените.

См. Снятие/установка вентилятора с дверцы шкафа и Снятие/установка вентилятора на дверце

4. Снимите фильтр с дверцы корпуса и проверьте на отсутствие засорения. При необходимости очистите или замените. Снятие/установка фильтра на дверце .

5. Откройте дверцу корпуса.

6. Проверьте впускную решётку вентилятора радиатора на отсутствие засорения и при необходимости очистите её.

7. Проверьте центробежный вентилятор радиатора на отсутствие загрязнений и/или повреждений и свободное вращение. При необходимости очистите или замените. См. Снятие/установка узла вентилятора радиатора .

8. Снимите защитные крышки с узлов отсека управления, выпрямителя и инвертора. См. Снятие/установка крышки отсека управления , Снятие/установка левой крышки выпрямителя и Снятие/установка передней крышки инвертора

9. Проверьте все видимые основные компоненты узлов отсека управления, выпрямителя и инвертора и замените компоненты с признаками прогорания или поломки до начала дальнейших испытаний.

10. Проверьте все видимые печатные платы, провода и разъёмы узлов отсека управления, выпрямителя и инвертора и замените печатные платы и/или провода с признаками прогорания, поломки или отслоения покрытия.

11. Если проверки в пунктах 3...7 показали наличие сильного загрязнения или засорения, осмотрите охлаждающий туннель и рёбра радиатора на узлах выпрямителя и инвертора и при необходимости очистите их. Для осмотра охлаждающих туннелей и рёбер радиатора потребуется извлечь преобразователь из корпуса и снять выпрямитель. Указания по извлечению преобразователя из корпуса

Максимальная работоспособность оборудования возможна только при соблюдении установленного графика технического обслуживания. Строго следуя данному графику технического обслуживания, можно ожидать максимально возможного времени безотказной работы. Эта программа ежегодного технического обслуживания включает в себя осмотр всех

видимых спереди компонентов преобразователя, тесты сопротивления силовых компонентов, тесты напряжения питания, общую чистку и текущий ремонт, проверку затяжки всех доступных силовых клемм и другие операции.

Периодический осмотр– промышленная аппаратура управления подлежит периодическому осмотру. Интервалы осмотра должны определяться условиями окружающей среды и эксплуатации и корректироваться с учётом опыта. Первый осмотр рекомендуется провести через 3-4 месяца после монтажа. Основные правила составления программы периодического технического обслуживания см. в стандарте NEMA (National Electrical Manufacturers Association) № ICS 1.3, Профилактическое обслуживание промышленного регулирующего и системного оборудования. Некоторые правила, касающиеся изделий Rockwell Automation, приводятся ниже.

Загрязнение– если при проверке обнаружено, что аппаратура управления подвержена воздействию пыли, грязи, влаги или иных загрязнений, причину этого необходимо устранить. Причиной может быть неправильно выбранный или неэффективный корпус, незакрытые отверстия корпуса (кабельные каналы и т. п.) или неправильная эксплуатация. Замените неправильно выбранный корпус на тот, который соответствует условиям окружающей среды – описание типов корпусов и критерии проверки см. в стандарте NEMA № 250, Корпуса для электрооборудования. Замените все повреждённые или треснувшие эластомерные уплотнения и отремонтируйте или замените все прочие повреждённые или неисправные детали (например петли, крепёжные элементы и т. д.). Если пыльные, мокрые или загрязнённые устройства управления не удаётся эффективно очистить пылесосом или протереть, их следует заменить. Использовать для чистки сжатый воздух не рекомендуется, так как его струя может загнать пыль, грязь или мусор в другие узлы/блоки или повредить чувствительные узлы. Охлаждающие

устройства— проверьте вентиляторы, используемые для принудительного воздушного охлаждения. Они подлежат замене, если их лопасти погнуты, сломаны или отсутствуют или если вал не вращается свободно. Для проверки работоспособности устройства кратковременно подайте на него питание. Если вентилятор не работает, надлежащим образом проверьте и замените проводку, предохранитель или двигатель этого устройства. Очистите или замените воздушные фильтры, как указано в руководстве к изделию. Кроме того, для нормального конвекционного охлаждения очистите рёбра теплообменников.

Исполнительные механизмы— проверьте на правильность функционирования и отсутствие залипания или заедания. Замените все сломанные, деформированные или несоответствующие детали или узлы согласно перечням запасных частей конкретных изделий. Проверьте затяжку крепёжных элементов и надёжно подтяните все ослабленные элементы крепежа. Выполните смазку, если это указано в отдельных инструкциях к изделиям. Примечание: магнитные пускатели, контакторы и реле Allen-Bradley рассчитаны на эксплуатацию без смазки — не смазывайте эти устройства, иначе масло или смазка на полюсных наконечниках (сопряжённых поверхностях) работающего магнита может вызвать залипание устройства в состоянии «ВКЛ». Некоторые детали других устройств имеют заводскую смазку — если во время эксплуатации или технического обслуживания эти устройства необходимо смазывать, это будет указано в отдельных инструкциях к ним. В случае сомнения обращайтесь за информацией в ближайший офис отдела продаж Allen-Bradley.

Контакты— проверьте контакты на чрезмерный износ и загрязнение.

Загрязнённые контакты очистите пылесосом или протрите мягкой тканью.

Изменение цвета и незначительная эрозия не являются признаками

повреждения контактов. Запрещается зачищать контакты абразивными инструментами, так как шлифовка только сокращает срок службы контактов. Не следует применять аэрозольные очистители контактов, поскольку их остатки на полюсных наконечниках магнита или в исполнительных механизмах могут вызвать залипание, а попав на контакты, могут снизить проводимость цепи. Контакты подлежат замене только в случае сильного износа серебряного покрытия. При этом обязательно заменяйте всю контактную группу, чтобы избежать смещения или неравномерного прижима контактов.

Вакуумные контакторы— контакты вакуумных контакторов не видны, поэтому их износ проверяется косвенным образом. Вакуумные камеры подлежат замене в любом из следующих случаев:

1. приблизительное число коммутаций достигло одного миллиона;
2. на необходимость замены указывает линейный индикатор ресурса контактов;
3. замена требуется по результатам проверки герметичности вакуумных камер. Заменяйте сразу все вакуумные камеры в контакторе, чтобы избежать смещения или неравномерного износа контактов. Если вакуумные камеры не требуют замены, проверьте и отрегулируйте длину хода на значение, указанное в инструкции по техническому обслуживанию.

Клеммы – ненадёжные соединения в силовых цепях могут вызвать перегрев и, как следствие, нарушение работы или неисправность оборудования. Ненадёжные соединения в цепях управления могут вызвать нарушения в работе управления. Ненадёжное крепление или заземление соединений может повысить опасность поражения электрическим током и привести к появлению электромагнитных помех. Проверьте затяжку всех клемм и соединений токоведущих шин и надёжно подтяните все ослабшие

соединения. Замените детали и кабели, повреждённые из-за перегрева, оборванные провода или перемычки.

Дугозащитный кожух– проверьте на наличие трещин, изломов или сильной эрозии. В случае повреждения или сильной эрозии дугозащитные кожухи и дугогасительные камеры подлежат замене. Катушки– если катушка имеет признаки перегрева (треснутая, оплавленная или прогоревшая изоляция), она подлежит замене. В этом случае проверьте наличие повышенного или пониженного напряжения, которое может быть причиной неисправности катушки, и устраните

обнаруженное отклонение. Обязательно уберите все остатки оплавленной изоляции других деталей устройства или замените такие детали. Элементы питания– заменяйте элементы питания с периодичностью, указанной в руководстве к изделию, или при наличии признаков утечки электролита. В случае утечки электролита для замены элементов питания используйте специальные инструменты; большинство электролитов – едкие и легковоспламеняемые. Утилизируйте старый элемент питания, как указано в инструкции к новому элементу или в руководстве к изделию.

Контрольные лампы– перегоревшие лампы или повреждённые линзы подлежат замене. Фотоэлектрические датчики – линзы фотоэлектрических датчиков нужно регулярно протирать мягкой сухой тканью. Светоотражающие устройства, используемые в комбинации с фотоэлектрическими датчиками, также требуют регулярной чистки. Для чистки линз и отражателей нельзя использовать растворители или моющие средства. Повреждённые линзы и отражатели подлежат замене.

Полупроводниковые приборы

Высоковольтные испытания– для проверки полупроводниковой аппаратуры управления нельзя использовать высоковольтные тесты

сопротивления изоляции (IR) и напряжения пробоя диэлектрика (DWV). Прежде чем измерять параметры IR или DWV электрооборудования, например трансформаторов или двигателей, полупроводниковый прибор, используемый для управления или контроля, необходимо отсоединить.

Даже если после проверки IR или DWV признаков повреждений нет, полупроводниковые приборы портятся, и многократная подача высокого напряжения может вызвать их неисправность.

ВНИМАНИЕ:

Проверка полупроводниковых схем управления контрольно-измерительными приборами, которые не соответствуют рекомендациям изготовителя, может привести к повреждению схемы управления или используемого прибора, а также к неожиданной активации управляемого оборудования. См. пункт **ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ ИСПЫТАНИЯ**.

Для полупроводниковых приборов обычного регулярного осмотра недостаточно.

Изменение цвета, обугливание или прогорание элементов может означать необходимость замены элемента или печатной платы. Замены производятся только на уровне печатных плат или сменного модуля. Печатные платы следует проверять на правильность посадки в соответствующих разъёмах. На месте должны быть и фиксирующие защёлки плат.

Кроме того, полупроводниковые приборы должны быть защищены от загрязнения, и должно быть обеспечено нормальное охлаждение – см. пункты

ЗАГРЯЗНЕНИЕ и **ОХЛАЖДАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА**. Для чистки печатных плат нельзя использовать растворители

Стопорные и блокировочные устройства – проверяйте эти устройства на правильное рабочее состояние и работоспособность. Для всех необходимых операций замены используйте только запчасти и комплекты Allen-Bradley.

Регулировку и ремонт выполняйте в строгом соответствии с инструкциями Allen-Bradley.

Техническое обслуживание после отказа – размыкание устройства защиты от короткого замыкания (например, предохранителей или автоматических выключателей) в параллельной цепи правильно согласованного двигателя указывает на неверные условия в превышении допустимой перегрузки. Такие условия могут привести к повреждению аппаратуры управления. Прежде чем снова подавать питание, следует скорректировать неверные условия и выполнить все необходимые действия по ремонту или замене, чтобы восстановить исправное состояние аппаратуры управления. Порядок действий см. в стандартах Национальной ассоциации производителей электрооборудования (NEMA), публикация № ICS-2, часть ICS2-302.

Замена – для сохранения работоспособности оборудования используйте только те запасные части и устройства, которые рекомендованы компанией Allen-Bradley. Проверяйте детали на соответствие модели, серии и версии оборудования. Окончательная проверка – после технического обслуживания или ремонта промышленных устройств управления обязательно проверяйте систему управления на правильность функционирования в контролируемых условиях; это позволит избежать опасности в случае нарушения работы этой системы. Дополнительные сведения см. в стандарте NEMA ICS 1.3,

Профилактическое обслуживание промышленного Регулирующего и системного оборудования, Опубликованном национальной ассоциацией производителей Электрооборудования, и в стандарте NFPA 70b, техническое Обслуживание электрооборудования, опубликованном Национальной ассоциацией противопожарной защиты.

Техника безопасности при работе с электронным оборудованием

Перед проведением любой работы с электронным оборудованием необходимо тщательно соблюдать следующие пункты правил электрической безопасности:

отключать питание оборудования тягового преобразователя;

обеспечить недопускание повторного включения питания, то есть, все электронное оборудование необходимо блокировать;

убедиться что все оборудование обесточено;

провести заземление или короткое замыкание оборудования;

защитить и изолировать близко стоящие электрические установки;

Техника безопасности и охрана труда.

При ремонте электровозов должны соблюдаться Правила по охране труда при ремонте подвижного состава и производстве запасных частей.

Администрация ремонтного предприятия должна обеспечить предварительное и периодическое медицинское обследование работников, связанных с ремонтом локомотивов.

Действующие и вновь разрабатываемые технологические процессы ремонта электровоза должны полностью обеспечивать безопасное производство работ.

3.3. Выводы по главе III

Вопросы рассмотренные в третьей главе представляют собой единую инструкцию, включающую в себя как требования завода изготовителя так и специфические особенности ремонта отраженные во временных инструкциях.

Рекомендации приведенные в таблице систематизированы и соответствуют основным требованиям заявленным как компанией TOSHIBA, так и заводом DALIAN Locomotive and vagon building (CNR).

Выводы к диссертации

Целая группа измерительных приборов предназначена для определения основных параметров силовых тиристоров и других полупроводниковых приборов. В большинстве случаев диагностику приборов дополнительной группой измерительных приборов осуществляют инженеры компании TOSHIBA.

При выявлении неисправного модуля процесс монтажа происходит согласно заводской инструкции и включает в себя мероприятия связанные с системой охлаждения, наладки взаимодействия с центральной микропроцессорной системой и тестированием.

Использование электровозов с полупроводниковыми преобразователями имеет ряд преимуществ, среди которых сокращение времени перевозок за счет более плавного и быстрого разгона и реализации максимального КПД для двигателей.

Для осуществления обслуживания тягового преобразователя необходимо специальное оборудование и программное обеспечение от компании производителя. Полупроводниковый прибор имеет определенный срок службы и в большинстве случаев ремонту не подлежит.

Процесс обслуживания электрооборудования постоянно подвергается совершенствованию и оптимизации так как локомотивный парк электроподвижного состава Узбекистана постоянно пополняется. Так за последний год в распоряжение узбекских железных дорог поступило 16 новых грузовых электровозов с асинхронными тяговыми двигателями производства компании.

Разработанная технология должна уменьшить время диагностики и ремонта тягового преобразователя, что в последствии уменьшит время простоя электровоза. При этом рекомендации, приведенные в таблице

систематизированы и соответствуют основным требованиям, заявленным как компанией TOSHIBA, так и заводом DALIAN Locomotive and vagon building (CNR).

ЛИТЕРАТУРА

1. Umbricht S. (Умбрихт С.), Luttin T. (Люттин Т). IGBT-Hochleistungs-Stromrichterfamilie, konfigurierbar for jede Anwendung. Elektrische Bahnen, 2005.
2. Capacitors for Power Electronics, Epcos AG. 2001.
3. «Руководство по ремонтной работе электровоза серии «Ozbekiston-Yo'lovchi» (первый том) Часть I. Чжучжоуская электровозостроительная компания (КНР), 2010 г
4. «Руководство по использованию и обслуживанию электровоза «Ozbekiston-Yo'lovchi» (первый том) Часть II. Чжучжоуская электровозостроительная компания (КНР), 2010 г.
5. Сорин Л.Н., Колпахчян П.Г. Потери в статических преобразователях электровозов постоянного тока с асинхронным тяговым приводом // Вюник Схщноукрашського національного ушверситету ім В.Даля. 2004.
6. Сост. и персп, развития электроподвижного состава: Мат. IV Межд. науч-тех. конф. Новочеркасск. 2003.
7. Колпахчян П.Г., Колпахчян Г.И., Волков С.Г. Анализ потерь в силовых полупроводниковых приборах в системе «автономный инвертор напряжения-асинхронный тяговый двигатель» электровоза постоянного тока.
8. Барский В.А., Брызгалов М.Г., Горяйнов Н.А., Дубров Н.Н. и др. Создание серии преобразователей частоты для регулируемых асинхронных электроприводов // Электротехника. 2000.
9. Козаченко В.Ф., Чуев П.В. Уменьшение искажений выходного напряжения инвертора с векторной широтно-импульсной модуляцией. Вестник МЭИ, 2002.
10. Руководства по эксплуатации. Электровоз типа O`Z-Y. Чжучжоуская

электровозостроительная компания (КНР), 2010 г.

11.Находкин В.М., Яковлев Д.В., Черепашенец Р.Г. ремонт электроподвижного состава: учебник для техникумов железнодорожного транспорта/ под ред. В.М. Находкина. М.: Транспорт, 1989.

12.Ўзбекистон Республикаси темир йўлларидан техникавий фойдаланиш қоидалари. Тошкент – 2012 г.

13. Ключев В. И. Теория электропривода. 3-е изд., пер. и доп. М.: Энергоатомиздат, 2001.

14. Люттин Т. (LUttin Т.). Покровский С.В., Унифицированные многосистемные преобразователи нового поколения для электровозов с асинхронными тяговыми двигателями. ЖДМ, 2005.

15. Асанов А.З., Романовский Э.А. Многоуровневые трехфазные автономные инверторы напряжений // Электричество. 2002.

16. Флоренцев С.Н. Силовая электроника новый этап в развитии // Электротехника. - 2004

17. Флоренцев С.Н. Состояние и тенденции развития силовых IGBT-модулей // Электротехника. 2000.

18. Colasse A. (Коласс А.), Masselus J. (Массю Ж.Э). Применение транзисторов IGBT на железнодорожном подвижном составе // Железные дороги мира. -2001.

19. Грузовая железнодорожная компания Burlington Northern Santa Fe. // Железные дороги мира. 2000.

20. Курбасов А.С. Электровозы нового поколения как фактор улучшения базовых показателей работы железных дорог // Железнодорожный транспорт. -2003.

21. Котельников А.В., Белоглазова Н.С. Мировые тенденции развития видов тяги на железных дорогах. Вюник Схщноукрашського національного

университету. 2001.

22. Литовченко В.В., Баранцев Е.В. Электрические передачи мощности тепловозов с асинхронными двигателями // Локомотив. 2002.

23. Козаченко В., Обухов Н., Трофимов С., Чуев П. Применение DSP-микроконтроллеров фирмы Texas Instruments в преобразователях частоты «Универсал» с системой векторного управления // Электронные компоненты. -2002.

24. Сост. и персп, развития электроподвижного состава: Мат. IV Межд. науч-техн. конф. Новочеркасск. 2003.

25. Сорин Л.Н. Повышение эффективности электровозов новых поколений на основе применения современных информационных технологий: Дис. . докт. техн. наук. М., 2005.

26. Системы управления электрическим подвижным составом: учеб, для вузов ж.-д. трансп. / А. В. Плакс. - М.: Маршрут, 2005. - 357 с. ISBN 5-89035-303-9

27. Плакс А.В., Раджибаев Д.О. «Электровоз «Узбекистон», Журнал «Известия Петербургского Университета Путей Сообщения», 2009 год, выпуск 3, ПГУПС. 2г

28. Плакс А.В., Раджибаев Д.О., Турсунов Х.М., Электровоз серии «O'zbekiston», Вестник «ВЭЛНИИ», №1(61), Новочеркасск 2011, с 114-127. 1г и 2г

29. Плакс А.В., Раджибаев Д.О., Турсунов Х.М., Новый пассажирский электровоз серии «O'Z-Y», Журнал «Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока», №1 2011 год. 1г

30. Компьютерная модель четырехквadrантного преобразователя для ЭПС, Киреев А.В., А. В. Лебедев, А.Н. Гудков, Вестник «ВЭЛНИИ», том 53. Новочеркасск 2009. с. 185-198. 3г

31. Эксплуатация и техника безопасности при обслуживании вентильных преобразователей - Полупроводниковые выпрямители

«<http://leg.co.ua/knigi/rzia/poluprovodnikovye-vypryamiteli-14.html>».

32. Техническое обслуживание преобразователя - Преобразователи БВП для электроприводов «<http://leg.co.ua/knigi/rzia/preobrazovateli-bvp-dlya-elektroprivodov-17.html>».

33. ЦЭ 39 Инструкция по техническому обслуживанию и ремонту оборудования тяговых подстанций, пунктов питания и секционирования электрофицированных железных дорог «<http://www.gosthelp.ru/text/CE39Instrukciyapotexniche.html>».

34. Быстрицкий Х.Я, Дубровский З.М, Ребрик Б.Н. Устройство и работа электровозов переменного тока. М.: Транспорт, 1998. 420 с.

35. Основы технической диагностики. Модели объектов, методы и алгоритмы диагноза / под. ред. П.П. Пархоменко. М.: Энергия, 1976. 464 с.

36. Основы технической диагностики. Оптимизация алгоритмов диагностирования, аппаратурные средства / под. ред. П.П. Пархоменко. М.: Энергия, 1981. 320 с.

37. Алгоритмы диагностирования электрооборудования электровозов. М. П. Дунаев¹, К. Ю. Ушаков² Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет., ВЕСТНИК ИрГТУ №6 (46) 2010.

ПРИЛОЖЕНИЯ