

УДК (UDC) 629.423.31

FEATURES OF POWER CONVERTERS FOR OPERATION OF ELECTRIC LOCOMOTIVES

Туйчиева М.Н.¹Tuichieva M.N.¹

¹ – Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта
(Ташкент, Узбекистан)

¹ – Tashkent institute of railway engineers (Tashkent, Uzbekistan)

Abstract: The work analyzed features of technical characteristics of AC electric locomotives from other electric locomotives used in Uzbekistan. Converters are installed in the power circuit, with GTO (lockable thyristor) for electric locomotives "Uzbekistan," and for electric locomotives "Uzbekistan - yulovci" with IGBT (bipolar transistor with isolated gate). In general, two main current converters are installed on the locomotive. Each of them consists of four-quadrant pulse rectifier with three coordinates, intermediate DC link and 2 types of voltage inverters. One inverter serves for two frame-controlled bogie motors, the other for one axial-controlled bogie motor. In case of damage to any traction motor parallel connection to the rear bogie, during operation of the online system (on line) disconnect the corresponding main inverter, to cut off the power supply of the entire bogie. According to this, the driver or instructor should know and will know the sequence of operation and disconnection in case of damage to power converters during operation of electric locomotives.

Key words: Modernization of rolling stock, operation of locomotives, powerful fleet, service maintenance, converters, auxiliary inverters, control of electric locomotive, intermediate bogie.

ОСОБЕННОСТИ СИЛОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОВЗОВ

Аннотация: В работе проанализированы особенности технических характеристик электровозов переменного тока от других электровозов, используемых в Узбекистане. В силовой схеме установлены преобразователи, с GTO (запираемый тиристор) для электровозов «Узбекистон», а для электровозов «Узбекистон – йуловчи» с IGBT (биполярный транзистор с изолированным затвором). В целом на локомотиве установлены два главных преобразователя тока. Каждый из них состоит из четырёхквadrантного импульсного выпрямителя с тремя координатами, промежуточного звена постоянного тока и 2 типа инверторов напряжения. Один инвертор служит для двух двигателей тележки с рамным управлением, другой для одной двигателя тележки с осевым управлением. В случае повреждения любого тягового двигателя параллельного соединения с задней тележкой, при работе онлайн системы (online) отключить соответствующий главный инвертор, для отсечки питание энергии всего тележки. По этому, машинист или инструктор должен знать и уметь последовательность работы и отключение при повреждение силовых преобразователей во время эксплуатации электровозов.

Ключевые слова: Модернизации подвижного состава, эксплуатации локомотивов, мощный парк, сервисного обслуживания, преобразователи, вспомогательных инверторов, управления электровоза, промежуточной тележки.

Сегодня в Республике Узбекистан проводятся целенаправленные мероприятия по дальнейшему развитию транспортного потенциала, что способствует укреплению политической и экономической независимости страны, обеспечивает её активную интеграцию в мировое сообщество.

В частности, ведется строительство новых железнодорожных линий внутри страны, проводится реконструкция и электрификация основных транзитных железнодорожных участков, производится организация новых маршрутов и формирование контейнерных поездов, с целью открытия клиенто-ориентированных, коротких и удобных путей перевозок.

Железнодорожным транспортом страны перевозится грузов больше, чем всеми остальными видами транспорта. Особенно велико его значение в экспорте и импорте грузов.

В целях обеспечения непрерывного и безопасного перевозочного процесса осуществляются проекты по обновлению и модернизации подвижного состава, как за счет собственных средств компании, так и с привлечением кредитных средств международных финансовых институтов.

Управление эксплуатации локомотивов является одним из важных подразделений АО «Узбекистан темир йуллари» и имеет в своем распоряжении мощный парк тяговой силы — тепловозов, электровозов и обеспечивает все виды пассажирских, пригородных и грузовых перевозок, маневровые работы. В имеющихся в распоряжении управления, депо выполняются работы по обслуживанию и ремонту техники.

В целях более высокого сервисного обслуживания пассажиров в 2004 году компанией за счет кредитной линии ЕБРР были приобретены 12 современных электровозов серии «Узбекистон» и на 2010 году электровозов серии «Узбекистон-йуловчи» производства Чжучжоуского электровозостроительного завода (КНР).

Электровозы «Узбекистон» и «Узбекистон-йуловчи» с приводом переменного тока для Узбекистана созданы по требованиям заказанного контракта. Технические стандарты, применяемые при разработке и производстве данных электровозов являются соответствующими стандартами ISO, IEC, UIC, ГОСТ и GB и т.д. Электровозы данных типов предназначены для магистрального ж.д. участка УТҮ, главным образом для вождения грузовых поездов («Узбекистон»), а также и для тяги пассажирских («Узбекистон – йуловчи») поездов.

Эти электровозы имеют свои особенности от других электровозов используемых в Узбекистане.

Основные из них:

1. В силовой схеме применяются две преобразователи, с GTO (запираемый тиристор) для электровозов «Узбекистон», а для электровозов «Узбекистон – йуловчи» с IGBT (биполярный транзистор с изолированным затвором). Каждая силовая преобразователь состоит из промежуточного звена постоянного тока тип напряжения с 4х квадрантными трёхкратными импульсными выпрямителями и двух инверторов, среди которых один инвертор питает тяговых двигателей одной и той же тележки. На электровозе данного типа применяется рамное управление. Другой инвертор питает один тяговый двигатель промежуточной тележки. Применяется осевое управление.

2. Вспомогательная цепь электровоза «Узбекистон» получает электропитание от двух вспомогательных инверторов. Каждый, из которых соответственно состоит из 2х модулей преобразователя с постоянством частоты и напряжения (VVVF) для осуществления сложности вспомогательного преобразования и надежности работы.

3. На электровозах «Узбекистон» и «Узбекистон-Йўловчи» применяется микрокомпьютерная система SIBAS для осуществления способов управления по сети, модуле и распределению. Применяется управление и контроль на трёх этапах т.е поездных ступенях, электровозных ступенях и ступенях привода для того, чтоб система управления электровоза обладала функцией диагностики, контроля и измерения, передачи, показания и хранение, таким образом это очень удобно для диагностики и ликвидации неисправностей электровоза.

4. Применяется способ управления с постоянством момента силы и постоянством скорости для лучшей реализации максимальной силы тяги при пуске электровоза. Электровоз обладает защитной функцией против боксования и против юза, компенсации для управления

перераспределением осевых нагрузок. На электровозе имеется система автоматической подачи смазки к бандажу колеса и рельсу и установка контроля над безопасностью движения поезда.

5. Для пневматической тормозной системы электровоза применяется тормозная система CIS. Имеется функция электропневматического торможения.

6. На электровозе предусмотрена установка предупреждения от пожароопасности и защитные установки от к.з., перегрузки, перенапряжения, сверх тока, замыкания на землю, недонапряжения.

При сложных транспортных условиях через определенное время эксплуатации электровоза неизбежно будут появляться некоторые повреждения, т.е. для различных деталей и узлов будут появляться различные степени естественного износа, ослабления, трещины, деформации, коррозии или физико-химического изменения.

Электрическая цепь локомотива по классу напряжения и функции разделяется на главную, вспомогательную и управляющую цепи.

Главная цепь локомотива состоит из токоприемника, главного выключателя, главного преобразователя напряжения, главного преобразователя тока и трёхфазного тягового двигателя. В целом на локомотиве установлены два главных преобразователя тока. Каждый из них состоит из четырёхквadrантного импульсного выпрямителя с тремя координатами, промежуточного звена постоянного тока и 2 типа инверторов напряжения.

Один инвертор служит для двух двигателей тележки с рамным управлением, другой для одной двигателя тележки с осевым управлением.

Система питания с вспомогательным статическим преобразователем тока применена к вспомогательной цепи локомотива. Трансформатор тока состоит из выпрямителя с диаграммой в четырёхквadrантах, 2 инверторов и промежуточного звена постоянного тока. Во вспомогательной системе преобразования тока применён избыточный проект для удовлетворения потребностей в той мере, чтобы локомотив мог ещё нормально работать при отказе одного вспомогательного преобразователя тока. Вспомогательный двигатель – трёхфазный асинхронный двигатель нового типа.

Управляющая система микрокомпьютером применяется на управляющей цепи локомотива. В системе микрокомпьютера применён управляющий режим в положении сети и модули распределённого типа. Управление может разделиться на три системы: поезд, локомотив и передача.

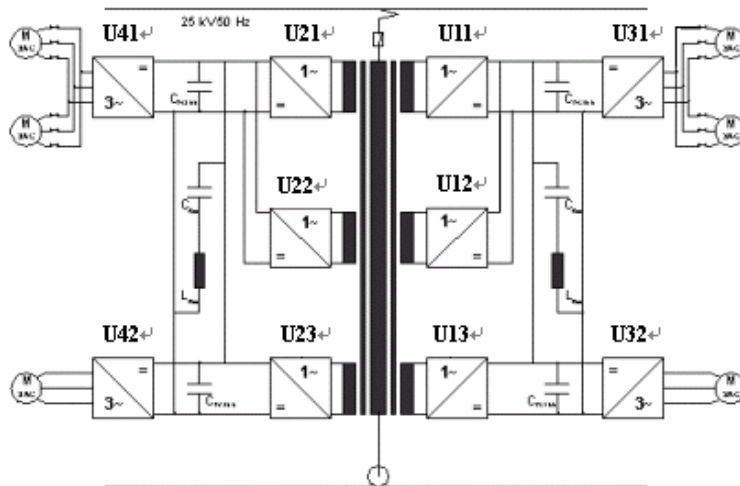


Рисунок 1.
Схема главной цепи.

На рис. 1 показана система переменного-постоянно-переменного тока главной цепи локомотива.

Токоприемники (1AP/2AP) и главный выключатель (QF) питают первичную обмотку AX главного преобразователя напряжения током. 6 тяговых обмоток главного преобразователя напряжения питают два главных преобразователя тока (MAIN.INV1/MAIN.INV2) током. В главный преобразователь тока 1 включены 3 четырёхквadrантных импульсных выпрямители (U11/U12/U13). 1 – звено постоянного тока и 2 – инверторы (U31/U32), в главный

преобразователь тока 2 - три четырёхквadrантных импульсных выпрямителя (U21/U22/U23), 1 - звено постоянного тока и 2-инверторы (U41/U42). Инвертор U31 питает токoм две тяговые асинхронные двигатели переднего тележки 1-инвертор U32 - 1 тяговый асинхронный двигатель промежуточной тележки, инвертор U41 - два тяговых асинхронных двигателя заднего тележки 2 - инвертор U42 - другой тяговый асинхронный двигатель промежуточной тележки. Таким образом, осуществляется рамное управление тягового асинхронного двигателя заднего тележки и осевое управление тягового асинхронного двигателя промежуточной тележки.

Главная цепь состоит из цепи сетевой стороны, тягового преобразователя разряжения, тягового преобразователя напряжения и тягового двигателя.

Ток первичной стороны передаётся через контур, состоящий из токоприемников (1AP/2AP), высоковольтных выключателей (1QS/2QS), главного выключателя (QF), высоковольтного преобразователя тока (1TA), первичной обмотки преобразователя напряжения (AX), преобразователя тока низковольтной стороны (2TA), преобразователей возвратного тока (3TA-4TA), заземленных графитных щёток (1E-6E) и рельса. Перед высоковольтным трансформатором напряжения нет главного выключателя (TV).

С помощью токоприемника (типа TSG3) 1AP-2AP локомотив питается токoм из контактной сети. Через высоковольтный выключатель 1QS-2QS и вакуумный выключатель QF ток входит в преобразователь тока первичной стороны 1TA, затем соединяется высоковольтной шиной 25 KV и клеммы А главного преобразователя напряжения. После прохождения через первичную сторону преобразователя напряжения AX, он протекает через шесть параллельных заземляющих установок 1E-6E и возвращается к рельсу. Высоковольтный заземляющий аппарат 3QS установлен внизу двери локомотива, вакуумный выключатель QF и высоковольтный преобразователь напряжения TV установлены на крыше локомотива.

Отношение напряжений высоковольтного преобразователя напряжения TV - 25000/100V. Кроме того, что 1/2 часть выходного напряжения вторичной стороны распределено главным преобразователем тока, а остальная 1/2 часть вспомогательным преобразователем тока, оно применено к индикации вольтметра сети 1PV/2PV и входному напряжению электросчётчиков PJ1/PJ2.

Отношение токов преобразователя токов первичной стороны 1TA составляет 400A/5A. 1КС-реле перетока первичной стороны, 3TA- преобразователь возвратного тока. Его выходные сигналы двух цепей соответственно вводят в два главных преобразователя тока и пользуются для сигнала токoм первичной стороны управления.

Главный выключатель (QF) применён на главном переключателе источника сетевой стороны локомотива и главного защитного прибора главного переключателя. Грозозащитник (1F) применён для предотвращения грозового перенапряжения в атмосфере и перенапряжения операции при разделении.

Аппараты возвращения тока (1E-6E) применяются при возвращении тока сетевой стороны к рельсу, для предотвращения подшипников от электрокоррозии и гарантии надёжного заземления локомотива.

Тяговые преобразователи тока 1 и 2 превращают однофазный переменный ток тяговой обмотки вторичной стороны главного трансформатора напряжения в трёхфазный переменный ток с преобразованием частоты и напряжения для пуска тягового асинхронного двигателя. Тяговый преобразователь тока состоит из зарядного контура, выпрямителя сетевой стороны, промежуточной цепи с напряжением постоянного тока и контура инвертора для питания двигателя. Элементы переключателя мощности инвертора и выпрямителя сетевой стороны составляет GTO модуль. Принцип работы частей тягового преобразователя тока MAIN.INV1 следующее. Инвертор U31 питает 2 тяговых асинхронных двигателя заднего тележки 1, инвертор U32 питает один двигатель промежуточной тележки для автономного управления задней тележкой и одноосного управления промежуточной тележкой.

Главные преобразователи тока MAIN.INV1 применены в качестве примера четырёхквadrантные главный преобразователи MAIN.INV1 в сущности разделены на 2 группы. Первая группа состоит из преобразователей с четырёхквadrантным U11 и U12 (только один из них имеет ответвлённые цепи заряда KM11 и R11), вторая группа состоит из преобразователя

тока U13 с четырёхквadrантным и имеет ответвлённую цепь (KM13 и R13). Они имеют общий постоянный контур. При повреждении первой группы повреждённая группа блокируется выключателем 17QS постоянного контура. Поэтому можно питать соответствующий тяговый двигатель второй группой и улучшать избыточное свойство системы. При повреждении любого главного инвертора в главном преобразователе тока MAIN.INV1 только замкнут соответствующий главный инвертор. Если всё ещё имеется неисправность, то отключать аварийную группу выключателей (17QS/19QS) в постоянном контуре. По-прежнему при повреждении замкнут основной главный преобразователь тока.

В случае повреждения любого тягового двигателя параллельного соединения с задней тележкой 1, при работе онлайн системы (on line) отключить соответствующий главный инвертор MAIN.INV1 для отсечки питания энергии всего тележки. В случае остановки на станции назначения поезда, если позволяет время, то можно отсечь клеммный зажим между соответствующим двигателем главным инвертором MAIN.INV1, после этого соединить провод тягового двигателя с свободным зажимом (только после того, что в основном главном выключателе, спускающем токоприемнике и главном преобразователе тока не имеется остаточное напряжение, можно работать), затем с помощью управляющий переключатель (45QS) и соответственно регулировать контрольные характеристики для того, чтобы поддерживать использование двигателя нужной тяги данной тележки.

Таким образом, машинист или инструктор должен знать и уметь последовательность работы и отключение при повреждении силовых преобразователей во время эксплуатации электропоездов. Это дает своевременно избежать из простоя и аварийных ситуациях.

Литература

1. Воробьев А.А. Оптимизация периодичности и объемов плановых ремонтов ЭПС и прогнозирование его технического состояния: диссертация на соискание ученой степени д-ра техн. наук. – М.: МИИТ, 1992. – 362 с.
2. «Руководство по использованию и обслуживанию электропоезда «O'zbekiston», ЧЧЭК (КНР), 2003.
3. Бердиев У.Т., Кенжабаев А. Характеристики и свойства асинхронных тяговых двигателей используемых в скоростных и высокоскоростных электроподвижном составе // «Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте»: научные труды республиканской научно-технической конференции с участием зарубежных ученых. Т.: ТашИИТ, 6-7 декабря 2014. – С. 38-40.
4. Бердиев У.Т. и др. Выравнивание токов нагрузки тяговых асинхронных двигателей транспортной установки при параллельной работе // Вестник ТашИИТ, 2010. – С. 48-51.

References

1. Vorobyev A.A. Optimization of periodicity and volumes of scheduled repairs of EPS and forecasting of its technical condition: thesis for the degree Doctor of Technical Sciences. – M.: MIIT, 1992. – 362 p.
2. "Manual for Use and Maintenance of the Electric Locomotive "O'zbekiston"", "CHCEC (PRC), 2003.
3. Berdiyev U.T., Kenzhabayev A. Characteristics and properties of asynchronous traction motors used in high-speed and high-speed electric rolling stock // "Resource-saving technologies in railway transport": scientific works of the republican scientific and technical conference with the participation of foreign scientists. T.: TashIIT, December 6-7, 2014. – P. 38-40.
4. Berdiyev U.T. and others. Load current equalization of traction asynchronous motors of transport plant at parallel operation // News TashIIT, 2010. – P. 48-51.

Сведения об авторах / Information about the authors

Туйчиева Малика Набиевна – докторант PhD, Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта.

Tuychieva Malika Nabievna – post graduate student, Tashkent Institute of Railways Engineering.