IQRO JURNALI , IQRO JOURNAL, ИКРО ЖУРНАЛИ
ISSN:2181-4341| wordlyknowledge.uz/index.php/iqro
Volume 23 Issue 01 AVGUST 2026

АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ БОРТОВОГО ВЫСОКОВОЛЬТНОГО КОМПЛЕКСА ТОКОСЪЁМА ЭЛЕКТРОПОЕЗДОВ «AFROSIYOB»

Рахмонов Миртемир Илхомиддин угли
Дусназаров Мехрожиддин Сирожиддин угли
Гуломжонов Абдулла Дилшод угли
https://doi.org/10.5281/zenodo.22212749

Аннотация. В статье рассмотрены конструктивные особенности, компоновка и режимы функционирования системы токосъёма и крышевого высоковольтного оборудования двухсистемного высокоскоростного электропоезда «Afrosiyob» (Talgo-250). Проанализирована структурная схема распределения электроэнергии от контактного провода до тягового привода при работе на участках переменного (25 кВ, 50 Гц) и постоянного (3 кВ) тока. Описано функциональное назначение ключевых элементов крышевой цепи: токоприёмников, главного выключателя, ограничителей перенапряжений, измерительных трансформаторов и проходных изоляторов. Выявлены особенности тепловой и динамической нагрузки на контактные элементы полоза в зависимости от рода тягового тока, а также рассмотрено влияние природно-климатических факторов региона (высокой запылённости и резких температурных перепадов) на надёжность высоковольтной изоляции и стабильность контактного нажатия. Полученные выводы могут быть использованы для совершенствования регламентов технического обслуживания и повышения эксплуатационной надёжности устройств токосъёма высокоскоростного подвижного состава.

Ключевые слова. Высокоскоростной электропоезд, «Afrosiyob», Talgo-250, система токосъёма, токоприёмник, двухсистемный подвижной состав, крышевое высоковольтное оборудование, главный выключатель, контактный провод, переменный ток 25 кВ, постоянный ток 3 кВ, надёжность изоляции, эксплуатационные условия.

Система токосъёма обеспечивает непрерывную передачу электрической энергии из контактной сети в бортовую силовую цепь поезда «Афросиёб» (Talgo-250) и является связующим звеном между стационарной инфраструктурой электроснабжения и тяговым электрооборудованием. От устойчивости и качества токосъёма непосредственно зависят надёжность работы тягового привода, уровень динамического взаимодействия в контакте «полоз – контактный провод» и безопасность движения при скоростях до 250 км/ч. В силу этого устройства токосъёма и бортовое высоковольтное оборудование, размещённое на крыше силовых головных вагонов, рассматриваются как самостоятельная функциональная подсистема, к надёжности которой при высокоскоростном движении предъявляются повышенные требования [1].

Конструктивной особенностью поезда «Афросиёб» является размещение тягового и высоковольтного оборудования в двух силовых головных вагонах, каждый из которых оснащён двумя токоприёмниками — отдельным для системы переменного тока напряжением 25 кВ частотой 50 Гц и отдельным для системы постоянного тока напряжением 3 кВ. При этом каждый токоприёмник имеет индивидуальные динамические настройки полоза, адаптированные под конструктивные особенности соответствующей контактной подвески. Это минимизирует вероятность отрыва контактных накладок и исключает возникновение интенсивной электрической дуги при высоких скоростях движения.

Особое внимание при эксплуатации поезда «Афросиёб» на скоростях до 250 км/ч уделяется аэродинамической устойчивости токоприёмников и качеству их взаимодействия с контактным проводом. Возникающие при высокоскоростном движении встречные воздушные потоки создают дополнительную подъёмную силу, которая может приводить к нестабильности статического и динамического нажатия полоза на контактный провод. Для компенсации этого эффекта в конструкции токоприёмников применяются специальные аэродинамические профили и демпфирующие устройства, предотвращающие как чрезмерный механический износ контактных элементов, так и образование искрения или электрической дуги при прохождении зон сопряжения анкерных участков. Такое решение обусловлено двухсистемность подвижного состава и необходимостью эксплуатации на участках полигона с различными системами тягового тока. Состав и взаимное расположение основных элементов крышевого высоковольтного оборудования силового вагона представлены на рисунке 1.

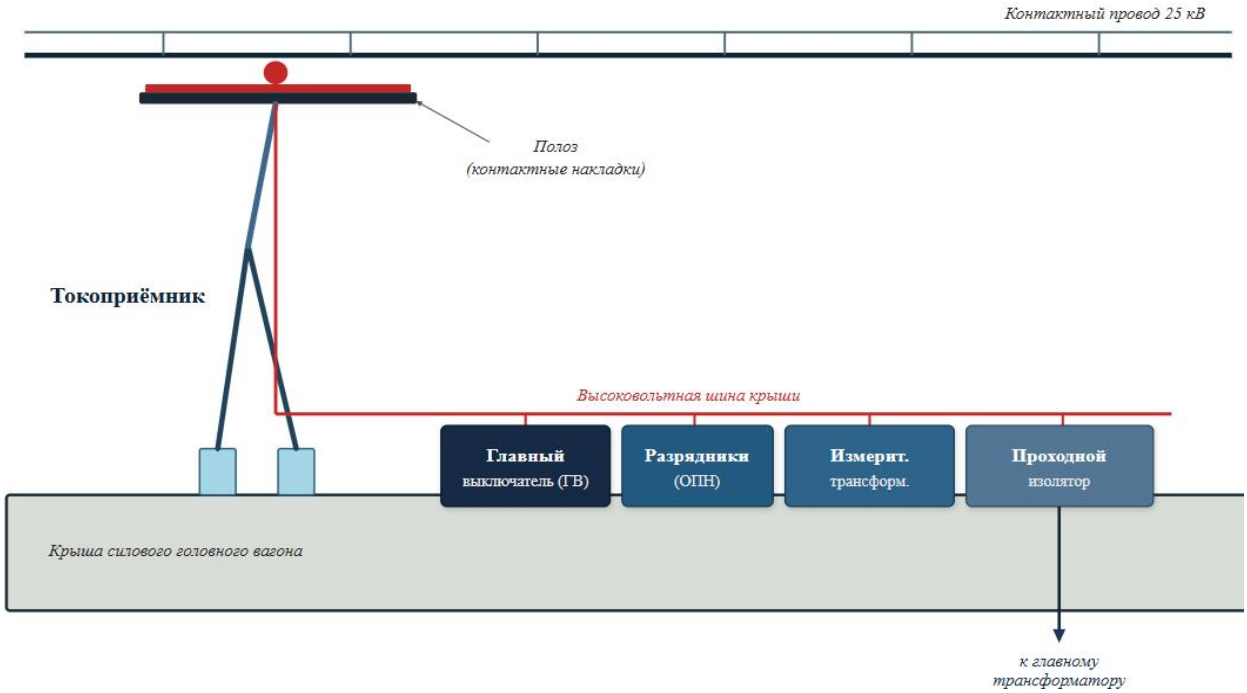


Рисунок 1 – Компоновка крышевого высоковольтного оборудования силового головного вагона

Как показано на рисунке 1, крышевая высоковольтная цепь включает токоприёмник, главный высоковольтный выключатель, ограничители перенапряжений (разрядники), измерительные трансформаторы напряжения и тока, а также высоковольтные проходные изоляторы, через которые цепь вводится в кузов вагона к главному трансформатору. Размещение указанных аппаратов на крыше обусловлено требованиями электробезопасности и удобства съёма энергии, однако усложняет доступ к ним при техническом обслуживании и предъявляет повышенные требования к состоянию изоляции в условиях запылённости и температурных перепадов региона. [2] Назначение основных элементов крышевой высоковольтной цепи приведено в таблице 1.

Таблица 1– Основные элементы крышевого высоковольтного оборудования поезда «Афросиёб»

Элемент оборудования	Назначение в высоковольтной цепи
Токоприёмник	Съём электроэнергии из контактной сети посредством скользящего контакта полоза с контактным проводом; поддержание заданного контактного нажатия во всём диапазоне скоростей.
Главный выключатель (ГВ)	Оперативное и аварийное отключение бортовой высоковольтной цепи от контактной сети; защита тягового оборудования при коротких замыканиях и перегрузках.
Ограничители перенапряжений (разрядники, ОПН)	Защита высоковольтной изоляции от атмосферных и коммутационных перенапряжений путём ограничения амплитуды импульсов.
Измерительные трансформаторы напряжения и тока	Контроль параметров энергии, потребляемой из контактной сети; формирование сигналов для систем защиты и управления.
Высоковольтные проходные изоляторы	Ввод высоковольтной цепи с крыши в кузов вагона к главному трансформатору при сохранении требуемой электрической прочности изоляции.
Заземляющие устройства и разъединители	Обеспечение безопасного заземления крышевого оборудования при постановке состава на техническое обслуживание.

Центральным элементом системы токосъёма является токоприёмник, осуществляющий скользящий контакт полоза с контактным проводом. При высокоскоростном движении к токоприёмнику предъявляются противоречивые требования: с одной стороны, необходимо обеспечить устойчивый электрический контакт и достаточное контактное нажатие, исключающее искрение и отрывы полоза; с другой стороны, чрезмерное нажатие приводит к ускоренному износу контактного провода и контактных накладок полоза. Качество токосъёма характеризуется стабильностью контактного нажатия и минимальным числом отрывов полоза от провода, что особенно важно при скоростях порядка 250 км/ч, когда возрастает влияние аэродинамических сил и волновых процессов в контактной подвеске. [3]

Существенной особенностью поезда «Афросиёб», обусловленной двух системностью тягового электрооборудования, является различие режимов работы высоковольтной цепи на участках переменного и постоянного тока. На участках переменного тока напряжением 25 кВ энергия токоприёмника подаётся через главный выключатель к главному трансформатору, тогда как на участках постоянного тока напряжением 3 кВ трансформатор шунтируется, а энергия направляется во входной фильтр звена постоянного тока. Сопоставление режимов работы системы токосъёма по системам тягового тока приведено в таблице 1.2

Таблица 1.2– Режимы работы системы токосъёма по системам тягового тока

Параметр / элемент	Участок 25 кВ перем. тока	Участок 3 кВ пост. тока
Напряжение контактной сети	25 кВ, 50 Гц	3 кВ постоянного тока
Используемый токоприёмник	Токоприёмник для системы 25 кВ AC	Токоприёмник для системы 3 кВ DC
Потребляемый ток	Относительно малый (≈ 250	Значительно больший при

(ориентир.)	А)	той же мощности
Путь энергии после токоприёмника	ГВ → главный трансформатор → 4QS	ГВ → входной фильтр → звено постоянного тока
Главный трансформатор	Задействован (понижение 25 кВ)	Шунтирован, не задействован
Определяющий фактор токосъёма	Качество контакта при высоком напряжении	Повышенный ток и тепловая нагрузка полоза

Как следует из таблицы 1.2, при работе на участках постоянного тока 3 кВ при той же передаваемой мощности потребляемый из контактной сети ток существенно возрастает по сравнению с участками переменного тока 25 кВ, что обусловлено более низким напряжением контактной сети. Возрастание тока повышает тепловую нагрузку на контактные накладки полоза токоприёмника и предъявляет дополнительные требования к их сечению и теплоотводу. Данное обстоятельство учитывается при назначении периодичности контроля состояния накладок полоза и является одним из факторов, определяющих особенности технического обслуживания устройств токосъёма двухсистемного подвижного состава [4].

Защита бортовой высоковольтной цепи обеспечивается главным выключателем, осуществляющим оперативное и аварийное отключение поезда от контактной сети, а также ограничителями перенапряжений, защищающими изоляцию оборудования от атмосферных и коммутационных перенапряжений [5]. Совместное действие этих аппаратов обеспечивает электрическую безопасность высоковольтной цепи и предотвращает повреждение дорогостоящего тягового оборудования при аварийных режимах в контактной сети. Обобщённая структура прохождения энергии от контактного провода до тягового привода с учётом двух системности представлена на рисунке 1.2.

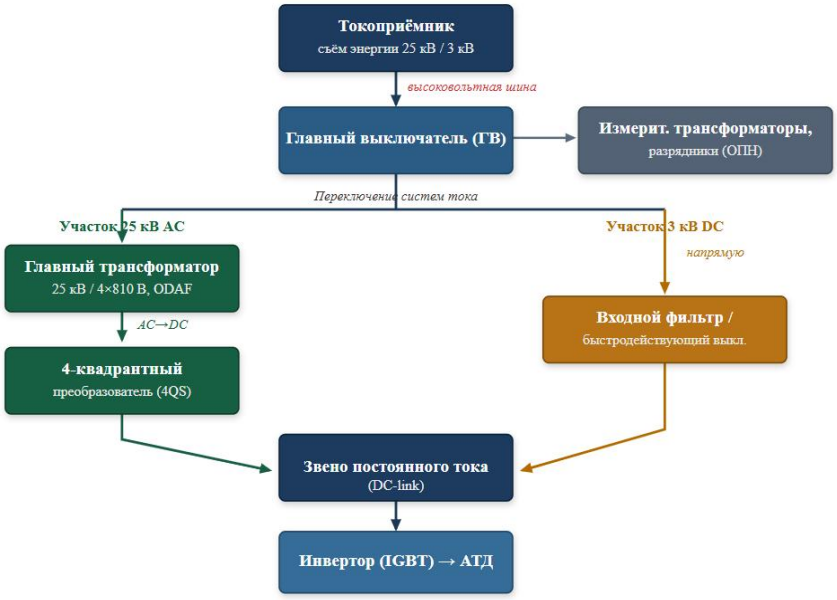


Рисунок 1.2 – Структурная схема бортовой высоковольтной цепи поезда «Афросиёб»

Как видно из рисунка 1.2, энергия, снимаемая токоприёмником с контактного провода, проходит через главный выключатель и измерительные трансформаторы, после чего на участках переменного тока подаётся к главному трансформатору и четырёх

квадрантному преобразователю, а на участках постоянного тока – непосредственно во входной фильтр силовой цепи. Далее оба тракта объединяются в общем звене постоянного тока, питающем инвертор и асинхронные тяговые двигатели [6].

Природно-климатические условия региона оказывают существенное влияние на работу системы токосъёма и высоковольтного оборудования. Повышенная запылённость атмосферного воздуха ухудшает состояние поверхности изоляторов и способствует образованию токопроводящих загрязнений, снижающих электрическую прочность изоляции, а значительные температурные перепады вызывают температурные деформации контактной подвески, влияющие на стабильность контактного нажатия. Указанные факторы обусловливают необходимость регулярной очистки изоляторов, контроля состояния накладок полоза токоприёмника и проверки настройки контактного нажатия, что учитывается при адаптации регламентов технического обслуживания к региональным условиям эксплуатации [7].

Система токосъёма и крышевое высоковольтное оборудование поезда «Афросиёб» обеспечивают надёжную передачу энергии при работе на двух системах тягового тока, напрямую определяя безопасность высокоскоростного движения [8]. Рассмотренные технические особенности тягового комплекса формируют базу для исследования эксплуатации поездов в условиях Республики Узбекистан.

Заключение

1. Проведённый анализ компоновки и структуры крышевого высоковольтного оборудования поезда «Afrosiyob» (Talgo-250) показал, что надёжность системы токосъёма является ключевым фактором, определяющим безопасность и бесперебойность движения при скоростях до 250 км/ч.
2. Установлено, что двухсистемность тягового электрооборудования обусловливает принципиальные различия в режимах работы токоприёмников: при движении на участках постоянного тока 3 кВ существенно возрастает токовая и тепловая нагрузка на контактные накладки полоза, что требует повышенного внимания к их сечению, теплоотводу и периодичности контроля. На участках переменного тока 25 кВ определяющим критерием становится стабильность электрического контакта и динамического нажатия.
3. Эксплуатация электропоездов в природно-климатических условиях региона сопровождается воздействием повышенной запылённости воздуха и резких температурных перепадов, что приводит к снижению электрической прочности изоляторов и температурным деформациям контактной сети.
4. Для обеспечения безаварийной работы высоковольтной цепи регламенты технического обслуживания должны включать регулярную очистку изоляторов, мониторинг состояния накладок полозов токоприёмников и адаптивную корректировку параметров контактного нажатия с учётом сезонных факторов.

Список литературы

1. Михеев, В. П. Контактные сети и линии электропередачи : учебник для вузов ж.-д. транспорта / В. П. Михеев. – Москва : Маршрут, 2003. – 416 с.
2. Сидоров, О. А. Взаимодействие токоприемников с контактной сетью при высоких скоростях движения : монография / О. А. Сидоров, В. М. Филиппов. – Омск : Омский гос. ун-т путей сообщения, 2011. – 184 с.
3. Бондаренко, Б. Р. Высокоскоростной подвижной состав : учебное пособие / Б. Р. Бондаренко, В. А. Гапанович. – Москва : ГОУ «УМЦ ЖДТ», 2012. – 432 с.

4. Кудряшов, Е. В. Двухсистемный высокоскоростной электропоезд: особенности силовых схем и высоковольтного оборудования / Е. В. Кудряшов // Известия Транссиба. – 2016. – № 2 (26). – С. 45–52.
5. Халиков, А. А. Особенности технической эксплуатации высокоскоростных электропоездов серии «Afrosiyob» (Talgo-250) в условиях железных дорог Узбекистана / А. А. Халиков, Ш. Б. Расулов // Вестник ТашИИТ. – 2019. – № 3. – С. 58–64.
6. ГОСТ 32679-2014. Контактная сеть железной дороги. Технические требования и правила проектирования. – Введ. 2015-09-01. – Москва : Стандартинформ, 2015. – 48 с.
7. ГОСТ 32204-2013. Токоприемники железнодорожного электроподвижного состава. Общие технические условия. – Введ. 2014-07-01. – Москва : Стандартинформ, 2014. – 28 с.
8. Kiper, R. Electrical Equipment and Pantograph System of High-Speed Dual-System Trains / R. Kiper, M. Garcia // Railway Gazette International. – 2018. – Vol. 174, no. 5. – P. 34–40.