

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОГО СОСТАВА МЕТРОПОЛИТЕНА

Рассматриваются и анализируются возможности повышения надежности элементов тормозной системы электроподвижного состава метрополитена, в частности за счет усовершенствования блока тормозных резисторов. Обосновывается вариант снижения температуры его нагрева в процессе эксплуатации.



Д.Г. Евсеев

Ключевые слова: системы торможения, пневматическое торможение, электрическое торможение, электропневматическое торможение

EDN: GQARAO

Для поддержания высокого уровня безопасности и комфортности передвижения пассажиров метрополитена все структурные единицы электроподвижного состава должны работать в штатном режиме. Одним из ключевых и важных требований является бесперебойная работа систем торможения и входящих в них тормозного оборудования, обеспеченного высокотехнологичными и безотказными системами торможения для осуществления полной остановки состава с обеспечением безопасности пассажиров.

На сегодняшний день для осуществления торможения электроподвижного состава используются следующие способы торможения: пневматическое, электрическое, электропневматическое. В зависи-

мости от ситуации, машинистом электроподвижного состава используется определенный способ торможения, исключающий возможность возникновения чрезвычайной ситуации.

В реальности чаще используется электрическое (рабочее) торможение вследствие удобства его применения, которое осуществляется при перемещении контроллера машиниста в положение «тормоз» (на себя). Данный способ торможения обеспечивает плавную остановку электроподвижного состава, что повышает комфортность перевозок пассажиров метрополитена. Данный способ торможения осуществляется с помощью блока тормозных резисторов БТР-12Д, входящего в комплект оборудования асинхронного тягового привода, который используется для гашения

Евсеев Дмитрий Геннадьевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Технология транспортного машиностроения и ремонта подвижного состава» Института транспортной техники и систем управления Российского университета транспорта (ИТТСУ РУТ (МИИТ)), Заслуженный деятель науки РФ, научный руководитель – координатор Программы «Формирование и развитие высокоскоростного амфибийного транспорта в России». Область научных интересов: транспортное машиностроение, технология производства и ремонта различных видов подвижного состава. Автор более 250 научных работ, в том числе трех учебников, пяти монографий. Имеет более 40 патентов и авторских свидетельств на изобретения.

Уткин Алексей Сергеевич, аспирант кафедры «Технология транспортного машиностроения и ремонта подвижного состава» Института транспортной техники и систем управления Российского университета транспорта (ИТТСУ РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: транспортное машиностроение.

вырабатываемой энергии, генерируемой двигателем при торможении вагона в реостатном режиме, преобразовывая ее в тепловую энергию, рассеиваемую в окружающем пространстве. Режим работы блока БТР-12Д периодический—кратковременный, номинальное напряжение питания составляет 920 В (разрешенный диапазон напряжения питания составляет от 550 до 975 В), род тока — постоянный, блок включает в себя следующие устройства:

- три блока резисторов;
- металлический корпус;
- клеммная коробка.

Принцип работы заключается в защите двигателя от перегрузок, а также поглощении и рассеивании электроэнергии при реостатном торможении, при котором кинетическая энергия электропоезда тяговыми электродвигателями в генераторном режиме преобразуется в электрическую энергию. Далее электроэнергия подается на тормозной резистор, где преобразуется и рассеивается в виде тепла. Изменение тормозного усилия осуществляется за счет изменения длительности импульса подачи тока на тормозной резистор.

При этом с уменьшением импульса подачи тока тормозное усилие уменьшается, а с увеличением импульса соответственно увеличивается и тормозное усилие. Данный способ торможения широко используется на практике машинистами электроподвижного состава, так как позволяет осуществить более плавное торможение в отличие от пневматического и электропневматического методов торможения. При движении электроподвижного состава на линиях метрополитена при следовании по перегонам (часть линии метрополитена, расположенная между смеж-

ными станциями) машинистам для соблюдения скоростного режима задаваемой частотой передаваемой с устройств сигнализации централизации и блокировки требуется осуществлять неполное торможение состава с помощью блока БТР-12Д (рис. 1).

Вследствие активного использования блока БТР-12Д, его внутренние комплектующие достигают высоких температур, что приводит к подгару и оплавлению кронштейнов крепления резистивных групп, токопроводящих шин и деформации (выгибанию) резистивных элементов.

При данных несоответствиях эксплуатация электроподвижного состава запрещена, что приводит к внеплановым ремонтам, нарушении графика движения на линиях метрополитена и выплатам штрафных санкций.

В ходе изучения тормозных систем электроподвижного состава выявлено, что наиболее используемая электрическая система торможения имеет свои недостатки в части термических перегрузок резистивных элементов блока тормозных резисторов в связи с недостаточной теплоотдачей перерабатываемой энергии тяговых электродвигателей в окружающую среду.

Для увлечения срока работоспособности и работоспособности блока тормозных резисторов, установленных на электроподвижном составе, необходимо выполнить модернизацию системы теплоотвода. Улучшение системы теплоотвода можно выполнить следующим образом.

Для осуществления поставленной задачи заднюю стенку, имеющую тепловой экран, необходимо изменить в части добавления на ней сквозных охлаждающих отверстий, которые выполнены на передней и боковых стенках. Таким образом, при движении подвижного состава потоки встречного воздуха будут проходить сквозь блок тормозных резисторов независимо от направления движения (рис. 2, 3).

Для наглядности эффективности использования изменения предложенной конструкции произведем расчет выделяемой тепловой энергии. В ходе исследования были взяты следующие данные.

Значение сопротивления резистивных элементов в период эксплуатации $R=0,52$ [Ом].

Время использования блока тормозных резисторов $t=30$ [с].

Значение сила тока $I=1100$ [А].

Масса блока $m=300$ [кг].

В ходе расчетов изначально произведен расчет выделяемой тепловой энергии без учета искусственного охлаждения, данное количество теплоты вырабатывается при движении подвижного состава когда

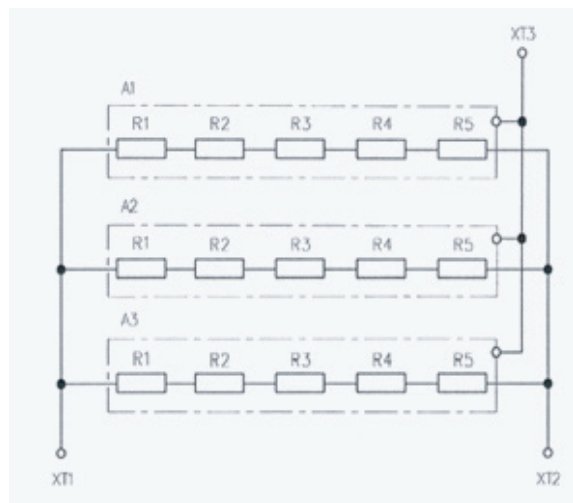


Рис. 1. Электрическая схема блока БТР-12Д

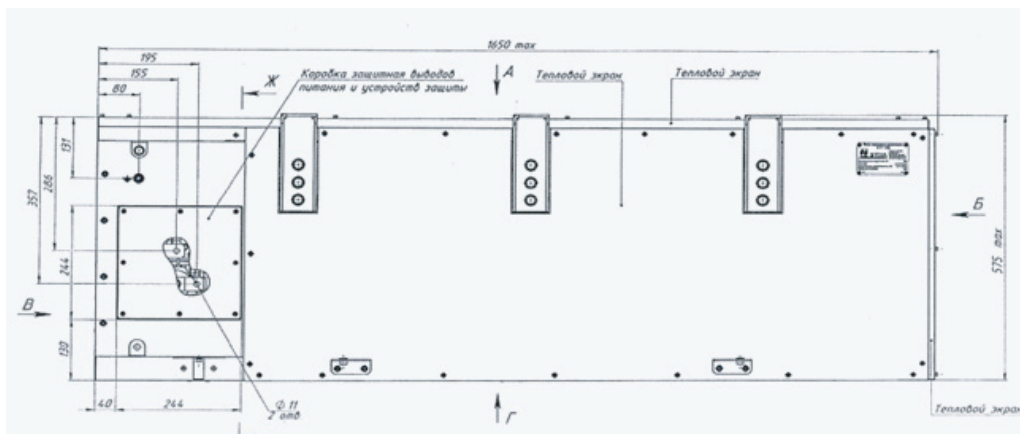


Рис. 2. Задняя стенка блока БТР-12 Д без дополнительной вентиляции

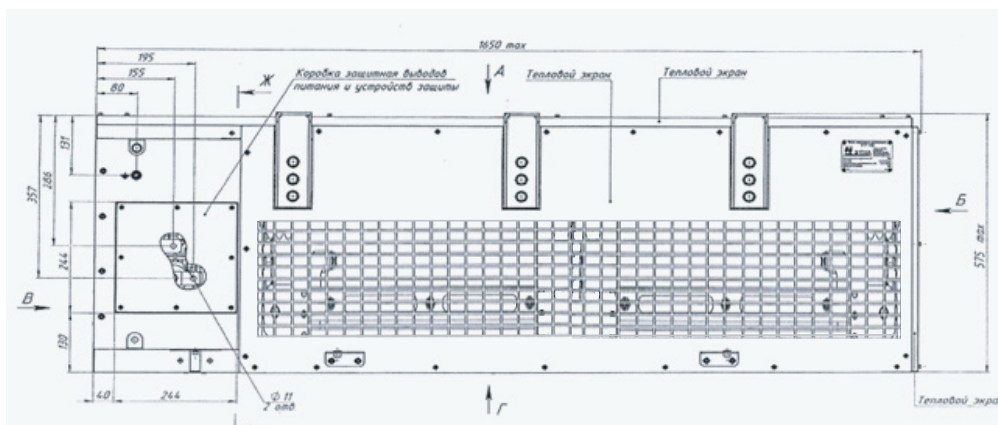


Рис. 3. Задняя стенка блока БТР-12 Д с дополнительной вентиляцией

блок тормозных резисторов практически не охлаждается.

Производимый расчет осуществляется на основе закона Джоуля-Ленца, описывающего явление превращения электрической энергии в тепловую:

$$Q = Pt, \quad (1)$$

где P — активная мощность блока БТР-12 Д; t — время эксплуатации блока БТР-12Д.

Для произведения расчетов согласно (1) произведем расчет вырабатываемой активной мощности по следующей формуле:

$$P = I^2 R = 1100^2 \cdot 0.52 = 629,2 \text{ [кВт]}. \quad (2)$$

Следующим шагом, подставив данные из формулы (2) в формулу (1) для нахождения вырабатываемого количества тепловой энергии, получим

$$Q = Pt = 629200 \cdot 30 = 18,9 \text{ [МДж]}. \quad (3)$$

При движении состава при условии подачи встречного воздуха в отверстия в стенках корпуса исследуемого блока, т.е. движение электроподвижного состава с осуществлением искусственного охлаждения, количество выделяемой тепловой энергии составляет:

$$Q = cm(T_2 - T_1) = 549 \cdot 300 \cdot (150 - 100) = 8,3 \text{ [МДж]}. \quad (4)$$

Данные температуры взяты из опытных данных при эксплуатации блока с заводской конструкцией. В ходе дальнейшего исследования при видоизмененной конструкции значения температур уменьшились, что существенно снизило количество вырабатываемой тепловой энергии.

$$Q = cm(T_2 - T_1) = 549 \cdot 300 \cdot (100 - 70) = 4,9 \text{ [МДж]}. \quad (5)$$

Следовательно, путем изменения конструкции блока тормозных резисторов повышается способность рассеивания выработанной тепловой энергии на резистивных элементах в окружающую среду.

Вывод

Корректировка конструкции блока тормозных резисторов путем добавления на заднюю стенку сквозных охлаждающих отверстий, которые установлены на передней и боковой стенках, привела к тому, что при движении электроподвижного состава потоки встречного воздуха будут проходить сквозь блок тормозных резисторов независимо от направления движения, что обеспечивает снижение риска перегрева и оплавления внутренних комплектующих блока и повышает надежность функционирования тормозной системы. 

Литература

1. Основы электротехники и электроники: учебник для высшего профессионального образования / В.Т. Еременко, А.А. Рабочий, А.П. Фисун, И.И. Невров, А.В. Тютякин, А.Е. Георгиевский; Под общ. ред. В.Т. Еременко. — Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет - УНПК», 2012. — 529 с. — Текст: непосредственный.
2. Теплотехника: учебник для вузов / А.П. Баскаков, Б.В. Берг, О.К. Витт [и др.]; Под ред. А.П. Баскакова. — 2-е изд., перераб. — Москва: Энергоатомиздат, 1991. — 224 с. — Текст: непосредственный.
3. Правила устройств электроустановок: все действующие разделы 6 и 7 изданий с изменениями и дополнениями по состоянию на 1 февраля 2015 г. — М.: КНОРУС. — 488 с. — Текст: непосредственный.