

$$R = 9,81 \left(1,25 + \frac{v^2}{6300} \right);$$

– французские грузовые вагоны с нагрузкой на ось 10 т –

$$R = 9,81 \left(1,5 + \frac{v^2}{1600} \right).$$

В Германии применяется формула Страла –

$$R = 25 + k \frac{(v + \Delta v)}{10},$$

где k – экспериментально определённый коэффициент, равный 0,05 для смешанных грузовых поездов и 0,025 – для маршрутных поездов; Δv – скорость встречного ветра, обычно принимаемая равной 15 км/ч.

Даже с учетом параметров, описанных выше, влияние многих факторов не учитывается в следствии сложности расчета. Это касается аэродинамического сопротивления, конструкции кузова транспортного средства, имеющего более сложную структуру, чем это следует из представленных нескольких поправочных коэффициентов. Наблюдалось более высокое аэродинамическое сопротивление из-за добавления встречного ветра с небольшой составляющей бокового ветра для определенных типов поездов (например, открытых порожних вагонов-хопперов).

Таким образом, выполненный анализ учета сил сопротивления движению вагона показал, что из-за сложности учета всех факторов, влияющих на движение подвижного состава, большинство формул являются эмпирическими. Приведенные данные могут быть использованы для динамических расчетов и уточнения значений действующих нагрузок.

Список литературы

- 1 Правила тяговых расчетов для поездной работы. – М. : Транспорт, 1985. – 287 с.
- 2 Design and Simulation of Heavy Haul Locomotives and Trains / M. Spiryagin [et al.]. – 1nd ed. – CRC Press, 2016. – 459 p.
- 3 Hay, W. W. Railroad Engineering / W. W. Hay. – 2nd ed. – John Wiley & Sons, 1982. – 784 p.
- 4 Profillidis, V. A. Railway Engineering / V. A. Profillidis. – 2nd ed. – Ashgate Publishing, 2000.

УДК 621.33

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ТОКОСЪЕМА ТРАМВАЙНОГО ТОКОПРИЁМНИКА НА СТЫКАХ КОНТАКТНОЙ СЕТИ

Д. А. ЧЕМОДАНОВ, Ф. М. ЛАУХИН

Самарский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация

Во время эксплуатации трамвая образование дуги между контактным проводом и токоприемником приводит к возникновению ряда проблем.

1 Выгорание контактной накладке на токоприемнике влечет за собой образование раковин и ухудшение скольжения провода.

2 Обгорание контактного провода и стыков приводит к ослаблению контактного провода и появлению мест разрыва [1, с. 21].

3 Кратковременное нарушение электропитания приводит к перебоям в работе бортовых систем трамвая.

Накладка полоза токоприёмника выполнена из алюминия, температура плавления которого достаточно невысокая. В момент прохождения стыков контактной сети происходит кратковременное нарушение контакта, в результате чего возникает дуга между контактным проводом и накладкой. На накладке, а также и на контактном проводе или соединительных элементах образуются значительные раковины от испарения металла – поджоги. Эти поджоги снижают качество токосъема за счёт снижения площади контакта накладке и провода, а также могут способствовать зацепу провода за поверхность при перемещении его вдоль накладке [2, с. 44].

Решение данной проблемы видится в модернизации системы питания трамвая путем внедрения бустерного источника энергии, который обеспечит автономное питание двигателей и вспомогательных систем трамвая во время прохождения стыков контактной сети. Чтобы автоматизировать

процесс переключения питания с контактной сети на бустерный источник энергии и обратно, необходима система управления бустерным источником энергии. Предлагаемая система строится на твердотельных ключах – силовых транзисторах. Это обеспечит быстродействие и долговечность, так как, в отличие от электромагнитных контакторов, отсутствуют подвижные механические части. В нормальном состоянии электронный ключ *VT1* закрыт, а *VT2* открыт. Прохождение тока происходит от контактной сети на тяговые двигатели. При возникновении дуги блок управления подаёт сигнал на закрытие ключа *VT2* и одновременное открытие *VT1*, таким образом дуга отсекается от тяговых двигателей и гасится с помощью зарядки конденсатора. А в это время питание электродвигателей осуществляется от аккумуляторной батареи (бустера) через открытый ключ *VT1*.

В качестве детектора срабатывания системы можно взять электромагнитные помехи, вызываемые дугой, или геолокацию. Система контроля токосъема срабатывает за счет улавливания приемником высокочастотных электромагнитных волн, образующихся при искрении между накладками, и проводом в момент отрыва, а также световых вспышек и звуковых волн. Использование трёх различных датчиков позволит системе лучше анализировать процесс токосъема и принимать те или иные меры, которые лежат в алгоритме действий. Чтобы отделять мелкие волны при незначительном искрении, сигнал проходит через фильтр, после чего поступает на блок анализа. Из блока анализа поступает сигнал на включение бустерного питания или электромагнитные клапаны системы активного регулирования силы нажатия, а также на аппараты управления вторым токоприемником.

Первый способ может также быть использован при прохождении участков с плохим контактом, например обледенение провода [3, с. 111]. Но минусом этого способа является запоздалая реакция, так как датчик электромагнитных помех сработает в случае возникновения дуги, которая по факту уже будет гореть и повреждать детали [4, с. 65]. Поэтому данный способ актуален для продолжительного нарушения контакта в любом месте контактной сети. Второй же способ с геолокацией подразумевает отключение от контактной сети и включение бустерного питания заблаговременно, т. е. на электронной карте наносят точки включения и отключения бустерного питания, ориентируясь на стыки контактной сети. Для осуществления геопозиционирования трамвая необходимо оборудовать его приемником спутникового сигнала (GPS/Глонасс), а также устройством с программным обеспечением (например, планшет или малогабаритный компьютер) и цифро-аналоговым преобразователем для управления ключами-транзисторами.

Принцип работы предложенной системы выглядит следующим образом: движущийся трамвай отслеживается на электронной карте, и при прохождении заданной точки отключается питание от контактной сети, при этом токоприёмник остается в поднятом положении. В этот момент на короткое время включается бустерное питание. Процессом включения/отключения руководит программное обеспечение с блоком управления. Движение в автономном режиме, как правило, не превышает по продолжительности 1 минуты. Поэтому емкость батареи аккумуляторов бустерного источника не большая – около 10 Ач при максимальном токе 400А при напряжении 600 В.

Предложенный способ решения проблемы повышения качества токосъема состоит из нескольких мероприятий:

- обеспечение автономного питания всех систем подвижного состава за счёт встроенного накопителя электроэнергии (ВАТ1, ВАТ2) на время горения дуги;
- применение конденсатора (С1, С2), включенного параллельно дуге для ускорения гашения дуги;
- обеспечение синхронизации выключения питания от сети с включением питания от накопителя;
- применение твердотельных ключей на силовых транзисторах в качестве устройства синхронизации;
- управляющий сигнал на блок синхронизации может подаваться от датчика электромагнитных помех, которые вызывает дуга, или по местоположению участков повышенного искрения (GPS-координаты);
- разработка специального программного обеспечения для управления и обучения блока синхронизации.

Кроме функции автономного питания предложенная система может использоваться для рекуперации и последующего разгона подвижного состава, снижая нагрузку на контактную сеть в момент пуска двигателей, что способствует повышению энергоэффективности подвижного состава. Предложенная система построена на принципах беспилотного управления подвижным составом, поэтому является очень актуальной [5].

Список литературы

- 1 **Беляев, И. А.** Машинисту о контактной сети и токосъеме / И. А. Беляев. – М. : Транспорт, 1986. – 128 с.
- 2 Электрический износ в паре трения токоприёмник – контактный провод // Железные дороги мира. – 2007. – № 5. – С. 43–49.
- 3 **Дрынкин, Г. А.** Изучение влияния метеоусловий на статистику неисправностей трамвайного токоприёмника // Дни студенческой науки : сб. материалов 47-й науч. конф. обучающихся СамГУПС. – Самара : СамГУПС, 2020. – Вып. 20. – С. 111–113.
- 4 **Андрончев И. К.** О проблеме повышения качества и надежности высокоскоростного токосъема / И. К. Андрончев, Ф. М. Лаухин // сб. материалов 5-й науч. конф. студентов и аспирантов. – Самара : СамГУПС, 2008. – Вып. 9. – С. 65–66.
- 5 **Петров, Д. В.** Проблемы беспилотного управления пассажирским поездом в ближайшей перспективе / Д. В. Петров // Дни студенческой науки-2020 : сб. материалов 47-й науч. конф. обучающихся СамГУПС. – Самара : СамГУПС, 2020. – Вып. 20. – С. 119–121.

УДК 629.4.027

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАТКИ ДЛЯ РАСШИРЕНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ГИДРОПРЕССОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ РЕМОНТЕ КОЛЁСНЫХ ПАР ВАГОНОВ С БУКСОВЫМИ УЗЛАМИ КАССЕТНОГО ТИПА

Р. И. ЧЕРНИН

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В современных экономических условиях всё более актуальным наряду с обеспечением эксплуатационной надёжности вагонов становится вопрос оптимизации затрат.

Данная оптимизация может достигаться несколькими путями, включая основной – снижение расходов на техническую эксплуатацию и ремонт (плановый и внеплановый) инвентарного парка грузовых и пассажирских вагонов.

Экономический эффект от внедрения ресурсосберегающих технологий в технологические процессы ремонта весьма ощутим и далеко не исчерпан.

В Белорусском государственном университете транспорта (БелГУТе) ведутся разработки новых технических решений по следующим направлениям:

- 1) новые способы неразрушающего контроля прессовых соединений колёсных пар вагонов и устройств для их реализации;
- 2) исследование процессов гидрораспора в соединениях с натягом и разработка рациональной технологической оснастки для совершенствования процессов сборки-демонтажа прессовых соединений колёсных пар вагонов;
- 3) разработка устройств для нанесения покрытий из расплава полимера на внутренние и наружные цилиндрические поверхности деталей вагонов для защиты от коррозии и восстановления требуемых размеров.

В результате исследования по второму направлению разработан ряд технических решений, признанных патентами Республики Беларусь, Российской Федерации и Евразийского патентного ведомства по использованию гидропрессовой технологии для монтажа-демонтажа внутренних колец буксовых подшипников. Однако долгое время вопросы, связанные с использованием гидрораспора при монтаже получающих все большее распространение кассетных буксовых подшипников, не был разработан в должной мере.

Технической задачей работы в данном направлении является осуществление качественной и надёжной гидронапрессовки кассетной буксы в сборе с двумя роликовыми подшипниками на ось вагонной колёсной пары с торцовым подводом масла высокого давления в изолированную зону сопряжения при осуществлении предварительной герметизации имеющихся разъёмов по торцам колец роликовых буксовых подшипников.

Разработанный способ сборки кассетной роликовой буксы с осью вагонной колёсной пары включает начальную облицовку расплавом полимера посадочных внутренних поверхностей составляющих деталей роликовой буксы в сборе при продольном её перемещении вдоль цилиндрической вращающейся оправки, подводящей расплав полимера, уплотняющей и калибрующей полимерный слой с охлаждением его холодным сжатым воздухом, который подается во внутреннюю полость облицовываемой буксы, а затем облицованную внутри полимерной плёнкой кассетную буксу напрессовывают на шейку оси при осуществлении гидрораспора в зоне контакта соединяемых с