

УДК 629.067

**Н. А. Разоренов, канд. техн. наук, доц., А. И. Сафонов, канд. техн. наук, доц.,
К. И. Мазаник**

ПЕРСПЕКТИВНАЯ ТОРМОЗНАЯ СИСТЕМА МОБИЛЬНОЙ МАШИНЫ С ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ТРАНСМИССИЕЙ

Приведены конструктивные отличия тормозных систем современных троллейбусов. Установлено влияние тягового электродвигателя на работу антиблокировочных систем. Разработана и запатентована тормозная система для мобильных машин с электрической трансмиссией, которая учитывает действие антиблокировочной системы, что улучшает курсовую устойчивость и управляемость при торможении.

С развитием движения городского электрического транспорта (в частности, троллейбуса и мобильных машин с гибридной трансмиссией [1]) в крупных городах обострилась проблема обеспечения безопасности движения. Это обусловлено, с одной стороны, невысокой квалификацией водителей, что вызвано значительной текучестью кадров в троллейбусных депо, а с другой – особенностями конструкции и эксплуатации троллейбусов. В настоящее время в республике эксплуатируются троллейбусы ОАО «Тролза» (Российская Федерация), РУП МАЗ и ПО «Белкоммунмаш». При эксплуатации на улицах городов троллейбус обычно работает в режиме «разгон – торможение», двигаясь в общем транспортном потоке от остановки к остановке. Количество пассажиров в двухосных троллейбусах может достигать 100 человек, в сочлененных – 150 человек и более. Такие условия эксплуатации предъявляют повышенные требования как к пассивной, так и активной безопасности троллейбусов. На повышение активной безопасности направлено действие Правил ЕЭК ООН R13–10, согласно которым на транспортные средства категории M₃ (пассажирские автобусы и троллейбусы) установка антиблокировочных тормозных систем (АБС) является обязательной. При торможении на дорогах с малым коэффициентом сцепления (обледенелый асфальт, снег, гололед) действие АБС позволяет сохранить управляемость и устойчивость движения мобильных машин [2–4].

К конструктивным особенностям

троллейбуса относится наличие параллельно действующих двух тормозных систем: вспомогательной (тяговый электродвигатель работает в генераторном режиме и постоянно связан через трансмиссию с колесами) и рабочей тормозной системы (обычно включает пневматический тормозной привод к тормозным механизмам) [5, 6]. В основном на всех троллейбусах управление процессом торможения осуществляется от одной тормозной педали. На первых ее позициях действует электрическое торможение тяговым электродвигателем, что позволяет эффективно снизить скорость движения практически до полной остановки. Тормозной момент создается только на ведущих колесах. При дальнейшем нажатии на тормозную педаль совместно действуют рабочая тормозная система и электрическое торможение. В силу конструктивных особенностей в трансмиссии троллейбусов не предусмотрено сцепление, поэтому ведущие колеса всегда кинематически связаны с двигателем.

При установке антиблокировочных систем на троллейбусы, как показали проведенные на ПО «Белкоммунмаш» (г. Минск) испытания, возможно нарушение цикла регулирования серийных АБС на ведущих колесах, что особенно чувствительно на дорогах с низким коэффициентом сцепления. Это происходит из-за несогласованной работы тягового электродвигателя в тормозном режиме и рабочей тормозной

системы. Как результат – это может привести к потере управляемости и устойчивости при торможении.

Для устранения этого недостатка в Белорусском национальном техническом университете нами разработана перспективная тормозная система мобильной машины с электрической трансмиссией. На конструкцию тормозной системы получены патенты на изобретение Российской Федерации и Республики Беларусь.

На рис. 1 изображена схема предлагаемой тормозной системы двухосной мо-

бильной машины с электрической трансмиссией, которая может применяться как в троллейбусах, так и в перспективных мобильных машинах – автобусах с дизель-электрическим приводом, дуобусах и других транспортных средствах с гибридным приводом. Возможно использование данной тормозной системы с доработками и на мобильных машинах с большим количеством осей и с большим количеством тяговых электродвигателей.

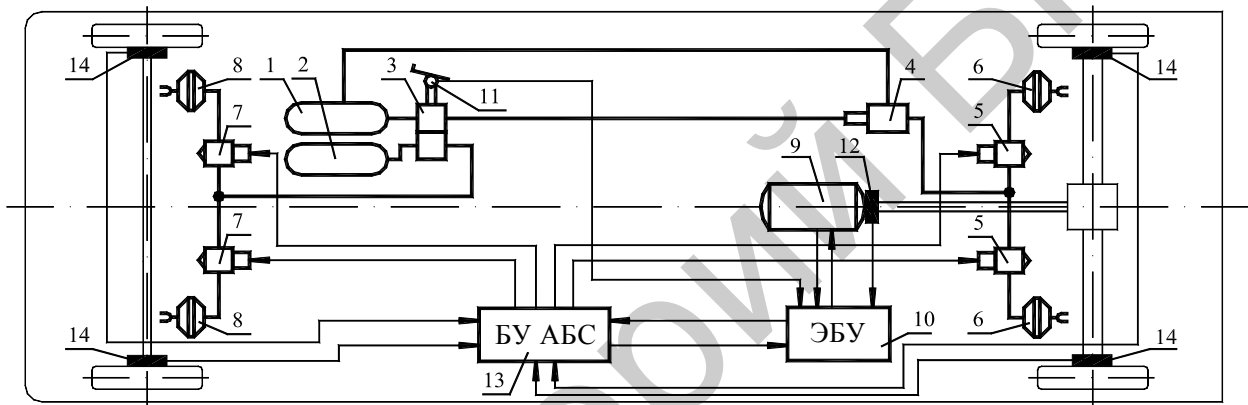


Рис. 1. Перспективная тормозная система

Главным принципиальным отличием приведенной системы от уже существующих является наличие связи между блоком управления ABS и блоком управления электродвигателем, что позволяет исключить несогласованность действий двух тормозных систем. Связь может быть легко реализована с помощью системы CAN и протокола SAE J1939, предназначенного для установления взаимодействия между отдельными электронными блоками управления мобильных машин и компонентами приводных механизмов. При разработке тормозной системы учитывались особенности конструкции серийно выпускающихся троллейбусов, систем приводов и ABS.

Предлагаемая тормозная система содержит источники питания заднего 1 и переднего 2 тормозных контуров, тормозной

кран 3, соединенный верхней секцией с управляющим входом ускорительного клапана 4. Силовой вход ускорительного клапана связан с источником питания заднего тормозного контура, а выход последовательно соединен с модуляторами 5 и тормозными камерами 6 задних колес. Нижняя секция тормозного крана 3 последовательно связана с модуляторами 7 и тормозными камерами 8 передних колес. Тяговый электродвигатель 9 передает крутящий момент на колеса заднего моста. Электронный блок управления 10 связан с тяговым электродвигателем 9, с датчиком 11 положения тормозной педали и с блоком 12 управления ABS. Последний связан с модуляторами 5 и 7 колес и с датчиками 13 (например, скорости вращения колес

или тормозного момента).

Работа системы происходит следующим образом. При необходимости притормозить троллейбус водитель нажимает тормозную педаль, связанную с тормозным краном. Датчик положения тормозной педали 11 передает сигнал в электронный блок управления 10. При торможении тяговым электродвигателем (основная рабочая тормозная система в этом случае не задействована) пропорционально ходу тормозной педали (т. е. информации от датчика положения тормозной педали) электронный блок управления 10 дает команду увеличить тормозной момент на тяговом электродвигателе, вследствие чего нарастает тормозной момент на ведущих колесах. Значение тормозного момента тягового электродвигателя (данное значение обычно рассчитывается по величинам электрических параметров) передается в электронный блок управления 10, а информация о степени блокирования колес от датчиков 13 – в блок управления АБС 12.

В случае превышения критической величины скольжения ведущих колес (обычно 20–30 %) блок управления АБС на основании информации от датчиков 13 посылает команду электронному блоку управления 10 на уменьшение тормозного момента на тяговом электродвигателе. Снижение тормозного момента на ведущих колесах продолжается до тех пор, пока скольжение колес не станет ниже критической величины. Далее происходит плавное увеличение тормозного момента на двигателе, скольжение ведущих колес возрастает и цикл регулирования повторяется.

При дальнейшем перемещении тормозной педали совместно с электрическим торможением начинает работать основная пневматическая тормозная система. Воздух из источника 1 питания через верхнюю секцию тормозного крана 3 поступает в управляющую магистраль ускорительного клапана 4 и вызывает его срабатывание, в результате чего воздух из источника питания 1 через ускорительный клапан поступает к модуляторам 5 АБС и далее в тор-

мозные камеры 6 задних колес. Воздух из источника питания 2 через нижнюю секцию тормозного крана 3 поступает к модуляторам 7 АБС и далее в тормозные камеры 8 передних колес. Блок управления АБС анализирует информацию от датчиков всех колес и осуществляет управление всеми модуляторами давления. При скольжении передних колес выше критического значения блок управления АБС работает по базовому алгоритму. При скольжении выше критического значения задних ведущих колес блок управления АБС дает сигнал модуляторам давления на понижение давления воздуха в тормозных камерах 6. Если снизить скольжение ведущих колес ниже критической величины за определенный промежуток времени (или за некоторое число циклов) не удалось, блок 12 управления АБС посылает команду электронному блоку управления 10 уменьшить тормозной момент на тяговом электродвигателе. Уменьшение продолжается до тех пор, пока скольжение ведущих колес не станет ниже определенного значения. При нахождении в зоне допустимых значений скольжения осуществляется режим выдержки, при котором блок управления АБС на основании информации от датчиков 13 ведущих колес дает команды модуляторам 5 на запираание тормозных камер 6, а электронному блоку 10 – на выдержку тормозного момента на тяговом электродвигателе 9. В этом случае давление в тормозных камерах 6 и тормозной момент двигателя остаются на некоторое время неизменными. При уменьшении скольжения ниже установленной величины блок управления АБС дает сигнал электронному блоку управления 10 увеличить тормозной момент тягового электродвигателя, если это возможно. Если изменить скольжение ведущих колес выше порогового значения не удалось, а момент двигателя 9 равен максимально возможному для данного режима, блок управления АБС дает сигнал модуляторам 5 увеличить дав-

ление в тормозных камерах 6. Таким образом, цикл регулирования повторяется.

В случае отказа АБС предлагаемая тормозная система полностью сохраняет работоспособность. В этом случае функционирование тормозной системы будет аналогично серийному троллейбусу без АБС.

Предлагаемая тормозная система повышает устойчивость, управляемость, а, следовательно, и безопасность движения на дорогах с низким коэффициентом сцепления при совместном использовании в процессе торможения тягового электродвигателя и пневматической тормозной системы с АБС; позволяет увеличить среднюю скорость движения мобильной машины, а, следовательно, ее производительность. Ожидается изготовление опытного экземпляра и проведение дорожных испытаний на троллейбусе производства ПО «Белкоммунмаш».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Богдан, Н. В.** Перспективные направления развития городского нерельсового электрического транспорта / Н. В. Богдан, В. П. Николаев, А. И. Сафонов; – Минск : Ураджай, 1999.
2. **Ревин, А. А.** Теория эксплуатационных свойств автомобилей и автопоездов с АБС в режиме торможения : монография / А. А. Ревин. – Волгоград : ВолгГТУ, 2002.
3. **Ким, В. А.** Методология создания систем активной безопасности автотранспортных средств на основе силового анализа / В. А. Ким ; под ред. Р. И. Фурунжиева. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2003.
4. Активная безопасность автомобиля. Основы теории / В. Г. Бутылин [и др.] ; под ред. В. Г. Иванова. – Минск : Белавтотракторостроение, 2002.
5. Троллейбусы. Устройство и техническое обслуживание / Под ред. проф. Н. В. Богдана. – Минск : Транспорт, 1997.
6. **Максимов, А. Н.** Городской электротранспорт. Троллейбус / А. Н. Максимов. – М. : Академия, 2004.

Белорусский национальный технический университет
Материал поступил 18.12.2007

N. A. Razorenov, A. I. Safonov, K. I. Mazanik
Perspective brake system of the vehicle with electric transmission

Main differences of modern trolleybus brake systems are described. Influence of traction motor on the anti-lock brake system operation has been determined. Brake system of vehicle with electric transmission has been developed and patented. It allows for work of anti-lock brake system. It enhances the course-keeping ability and steerability under braking.