

Опыт применения линейного вихретокового тормоза

Линейный вихретоковый тормоз, установленный на высокоскоростном поезде ICE 3, является дополнением к пневматическому и электродинамическому тормозам. Перед вводом в эксплуатацию этих поездов проводились различные мероприятия, направленные на обеспечение совместимости вихретокового тормоза с существующей инфраструктурой. Кроме того, возникшие в первые месяцы его применения проблемы также были успешно решены.

Линейный вихретоковый тормоз (рис. 1) в сочетании с электродинамическим позволяет выполнять торможение в высокоскоростном движении почти без износа. Поскольку при работе этого тормоза повышается температура рельсов, в настоящее время он разрешен к применению для служебного торможения только на пути с жестким основанием. Для получения разрешения к применению на балластном пути возможны различные подходы, учитывающие тип верхнего строения и температуру. С помощью моделирования процессов торможения можно оценить возможный потенциал экономии.

Высокоскоростные поезда ICE 3 эксплуатируются уже более 10 лет на внутренних и международных линиях компанией DB Fernverkehr, входящей в состав холдинга железных дорог Германии (DB), и отделением высокоскоростных перевозок NS Hispeed Государственных железных дорог Нидерландов.

Тормозная сила, создаваемая этим тормозом, не зависит от характеристик сцепления между колесом и рельсом. Торможение реализуется без износа и в значительной степени независимо от скорости, что делает вихретоковую концепцию особенно интересной для высокоскоростного движения. В противоположность магнитно-рельсовому тормозу, который обычно

используется только для экстренного торможения, линейный вихретоковый как безызносно функционирующее устройство в принципе может использоваться и для служебного торможения. При этом в сочетании с электродинамическим тормозом он способен почти полностью разгрузить систему пневматического торможения.

В связи с особыми физическими свойствами линейного вихретокового тормоза для его надежной работы следует перед вводом в эксплуатацию проводить многочисленные технические мероприятия как на подвижном составе, так и на инфраструктуре. Имеется в виду следующее:

- напольные устройства системы счета осей должны иметь исполнение, устойчивое к действию вихретокового тормоза, причем конструкция электрических компонентов тормоза и схема управления им также должны быть защищены от возможного обратного воздействия этой системы. Это позволит без проблем применять вихретоковый тормоз, по крайней мере при экстренном торможении;

- при разработке новых конструкций верхнего строения пути и искусственных сооружений следует анализировать их способность выдерживать повышение температуры рельсов. Этот аспект следовало бы рассмотреть применительно к использованию вихретокового линейного тормоза и для служебного торможения, так как здесь из-за кумулятивного эффекта при торможении нескольких поездов, оснащенных этим тормозом, повышение температуры рельсов может быть значительным.

К техническим новшествам, реализованным на подвижном



Рис. 1. Линейный вихретоковый тормоз поезда ICE 3

составе в связи с внедрением вихретокового тормоза, в первую очередь относятся:

- система управления, которая в состоянии даже при служебном торможении иерархически управлять тремя независимыми тормозными системами;

- система электроснабжения вихретокового линейного тормоза, имеющая повышенную надежность и способная при выпадении сети гарантировать тормозную способность;

- оптимизированные по массе механические компоненты тележки, обеспечивающие необходимую жесткость несущей рамы тормоза, когда он развивает максимальную тормозную силу, способствующую снижению нагрузки на пневматическую систему торможения.

Эксплуатация линейного вихретокового тормоза на поезде ICE 3

Применение вихретокового тормоза

Моторвагонный поезд ICE 3 был введен в эксплуатацию к открытию выставки EXPO 2000. По состоянию на конец 2009 г. парк этих поездов насчитывал 67 составов (таблица). Каждый поезд состоит из четырех моторных и четырех немоторных вагонов, причем последние укомплектованы тележками с линейным вихретоковым тормозом. Всего в парке насчитывается 536 таких тележек.

В декабре 2008 г. DB заказала компании Siemens Mobility 15

многосистемных 8-вагонных моторвагонных поездов серии 407, которые также укомплектованы линейным вихретоковым тормозом. Их поставка запланирована на третий квартал 2011 г. Эти поезда специально разработаны для сети Германии, построены на платформе Velaro компании Siemens и получили обозначение Velaro D. Благодаря многосистемному исполнению эти поезда, кроме Германии, будут иметь допуск на сети Бельгии, Швейцарии и Франции (в том числе на высокоскоростную линию Rhin – Rhône). Новые поезда с тяговой мощностью 8000 кВт смогут развивать скорость до 320 км/ч. В Германии они будут использоваться наиболее гибко, поскольку смогут работать в сцепе с поездами ICE 3.

Линейный вихретоковый тормоз при вводе в эксплуатацию на поездах ICE 3 был разрешен к применению только для экстренного торможения. Летом 2002 г. началась его предварительная эксплуатация на новой линии длиной 170 км Кёльн – Рейн/Майн. С переходом на зимний график движения 2002 г. и полным вводом в эксплуатацию этой высокоскоростной линии линейный вихретоковый тормоз здесь был разрешен к неограниченному применению на всех поездах ICE 3, т. е. и для служебного торможения.

Летом 2006 г. началось движение поездов на новой высокоскоростной линии Нюрнберг – Ингольштадт протяженностью 77 км, которая к моменту перехода на зимний график 2006 г. была полностью введена в эксплуатацию. Здесь

линейный вихретоковый тормоз также разрешен к использованию для служебного торможения. Таким образом, обе новые линии выполнены для неограниченного применения вихретокового тормоза.

Установленная на поездах ICE 3 система АЛСН типа LZB позволяет применять линейный вихретоковый тормоз для служебного торможения. Кроме того, плитное основание исключает риск деформации пути вследствие повышения температуры рельсов при торможении.

По состоянию на середину 2009 г. суммарный пробег всего парка поездов ICE 3 с начала их эксплуатации составил 210 млн км. Из них 165 млн приходится на период разрешенного применения линейного вихретокового тормоза для служебного торможения.

После того как в 2007 г. поезда ICE 3 получили допуск для обращения на сети Франции, вихретоковый тормоз стал использоваться для служебного торможения и на международных линиях. На линии Бодрекур – Вэр-сюр-Марн протяженностью 300 км сети высокоскоростных железных дорог Франции разрешено использование линейного вихретокового тормоза для служебного торможения. Здесь он может быть активирован, если включена система сигнализации TVM (Transmission Voie-Machine). Применение этого тормоза во Франции необходимо для энергетической разгрузки системы пневматического тормоза и снижения износа в фрикционных парах.

Инфраструктурные мероприятия перед вводом в эксплуатацию поездов ICE 3 с вихретоковым тормозом

При разработке линейного вихретокового тормоза потребовалось заранее обратить внимание на многочисленные и часто неожиданные воздействия его на инфраструктуру, и прежде всего на устройства

Поезда ICE 3, оснащенные линейным вихретоковым тормозом

Вариант поезда (серия/исполнение/партия поставки)	Компания-оператор	Число поездов
403/односистемный/первая партия	DB	37
403/односистемный/вторая партия	DB	13
406/многосистемный/первая партия	DB	13 (из них 6 имеют допуск на сеть Франции)
	NS	4

связи и СЦБ. Необходимо было доказать, что безопасная и надежная железнодорожная эксплуатация может быть гарантирована и при использовании этого тормоза. Разносторонние исследования, обширные метрологические программы и большое число измерительных поездок, выполненных в период 1995–2000 гг., а также различные изменения, реализованные в инфраструктуре и на подвижном составе, позволили поэтапно обеспечить совместимость линейного вихретокового тормоза и инфраструктуры. Потребовалось изучить следующие вопросы:

- влияние на устройства СЦБ эффектов, которые возникают под действием еще не возбужденных, но уже опущенных в рабочее положение магнитов вихретокового тормоза;
- влияние на системы СЦБ работающего вихретокового тормоза.

Результаты исследований показали, что вихретоковый тормоз нарушает работу или даже выводит из строя компоненты точно действующих устройств системы СЦБ. Сюда в первую очередь относятся импульсные колесные датчики, датчики счета осей, устройства системы точечной локомотивной сигнализации PZV, системы контроля скорости и обнаружения греющихся букс. Это потребовало выполнения необходимых технических мероприятий. Всего на линиях регулярной эксплуатации поездов ICE 3 было заменено свыше 11 тыс. компонентов системы СЦБ.

Исследовались также нагрев рельсов, обусловленный работой вихретокового тормоза, и влияние сил притяжения тормозных магнитов на компоненты верхнего строения пути (стрелочные переводы, плиты дорожного покрытия на переездах и т. п.). Конструкция металлических деталей устройств верхнего строения пути (например, снегозащитных кожухов привода стрелочных переводов) частично

претерпела изменения, благодаря которым эти детали не попадают в зону действия магнитных сил притяжения.

Опыт первых лет применения

Эксплуатация вихретокового тормоза и его совместимость с устройствами СЦБ

Эксплуатационные испытания линейного вихретокового тормоза на поездах ICE 3, проводившиеся в период с 2001 по 2002 г., показали, что в основном подготовительные мероприятия оказались успешными. Исключение составили пункты счета осей. В ходе испытаний ежемесячно регистрировалось до 48 повреждений, которые были следствием применения вихретокового тормоза на линии Мюнхен – Гамбург/Бремен. Для распознавания характера отказа этих устройств была разработана специальная методика, с помощью которой машинист поезда ICE 3 и поездной диспетчер совместно определяли, является ли отказ результатом работы вихретокового тормоза.

Причину большей части отказов устройств счета осей на первых порах установить не удавалось, несмотря на большое число измерительных поездок. В связи с этим была создана рабочая группа, состоявшая из разработчиков поезда ICE 3, представителей компаний Knorr-Bremse, DB Systemtechnik, входящей в состав холдинга железных дорог Германии, а также различных фирм, специализирующихся на разработке систем СЦБ. На заводе компании Knorr-Bremse в пригороде Вены был создан стенд, на котором можно было исследовать влияние различных режимов работы вихретокового тормоза на работу устройств счета осей.

Эти исследования позволили сделать вывод о том, что главными причинами отказов счетчиков осей явились присоединенная

емкость кабеля, соединяющего схему управления вихретоковым тормозом с его рабочими магнитами, а также индуктивное взаимодействие магнитных катушек тормоза между собой и с устройствами счета осей. Другими причинами были ошибки при установке полярности магнитов, а также замыкания в их обмотках.

На базе этих результатов рабочая группа смогла определить предельные значения основных параметров для различных режимов работы тормоза и дать следующие рекомендации относительно устранения негативного влияния обесточенного вихретокового тормоза:

- заменить большую часть тормозных магнитов на поездах ICE 3. При этом для установки отбирались магниты, которые на испытательном стенде не оказывали влияния на счетчики осей;
- включить в схему управления вихретоковым тормозом дроссель, снижающий влияние присоединенной емкости кабеля;
- изменить концепцию заземления схемы управления и самих тележек поезда ICE 3 для уменьшения емкости связи.

Для снижения негативного влияния работающего вихретокового тормоза были выработаны следующие рекомендации:

- при величине воздушного зазора между магнитом тормоза и рельсом менее 5 мм увеличиваются проблемы с электромагнитной совместимостью. Для того чтобы при движении поезда гарантировать величину зазора не менее 6 мм, необходимо при регулировке тормоза в депо устанавливать его номинальную величину, равную 7 мм;
- устранять короткие замыкания элементов тормоза на землю, поскольку такие замыкания создают проблемы при торможении и оказывают негативное влияние на электромагнитную совместимость.

С вводом в эксплуатацию в июле 2002 г. новой высокоскоростной

линии Кёльн — Рейн/Майн линейный вихретоковый тормоз на поездах ICE 3 впервые был разрешен для служебного торможения. Чтобы проверить успешность проведенных мероприятий по предотвращению повреждений счетчиков осей, применяли следующий метод: каждый поезд, вызвавший подобное повреждение, доставлялся на специальный измерительный стенд депо во Франкфурте-на-Майне для идентификации тормоза. Там его ремонтировали или заменяли. Как следствие, было принято решение, что предельные значения параметров, контролируемых на стенде завода-изготовителя, следует еще больше ужесточить, чтобы добиться снижения числа тормозных комплектов, вызывающих повреждения устройств счета осей.

Опыт эксплуатации вихретокового тормоза с точки зрения сбоев в движении или повреждений подвижного состава

Вскоре после получения разрешения на применение вихретокового тормоза для служебного торможения на высокоскоростной линии между Кёльном и Франкфуртом-на-Майне начали возникать частые повреждения в цепи питания тормоза, которые объяснялись уже упоминавшимися короткими замыканиями магнитов на землю. Такие замыкания приводили к значительным ограничениям в движении поездов из-за блокирования тормозов и связанных с этим ограничений скорости. Так как в рамках планово-предупредительных осмотров устранение таких повреждений было невозможно, требуемая эксплуатационная готовность моторвагонного поезда не гарантировалась. Как следствие, иногда по этой причине происходила отмена поездов.

В январе 2003 г. была вновь создана рабочая группа для быстрого решения данной проблемы.

Эта группа смогла выявить основные причины повреждений и предложить меры по их устранению.

Причиной коротких замыканий на землю оказался некачественный монтаж кабельных вводов в шкафу добавочных дросселей. Подсоединения были выполнены не по инструкции. Так, в области резьбовых соединений вместо предписанной термоусаживаемой трубки использовалась обычная изоляционная лента. Кроме того, здесь же были обнаружены слабо затянутые соединения, в которые могли проникать токопроводящая пыль и влага, вызывающие короткие замыкания.

Было также установлено, что провода, идущие к шкафам с дополнительными дросселями, в некоторых случаях провисали и подвергались опасности повреждения ударами камней. Как следствие, все шкафы были перепроверены и при необходимости обновлены.

Важную роль играют также механические повреждения компонентов вихретокового тормоза. Были установлены различные сценарии повреждений. С одной стороны, повреждения были обусловлены частыми соприкосновениями башмака и катушки тормозного магнита с рельсом и возникающими в результате этого наслоениями продуктов истирания. Виной тому был слишком уменьшенный воздушный зазор между нижней кромкой тормозного магнита и поверхностью катания рельса.

С другой стороны, повреждения нижних или боковых зон тормозных магнитов при высокой скорости движения могут быть вызваны столкновениями с поднятыми в воздух твердыми частицами, а также кратковременным контактом с элементами верхнего строения пути, например в зоне стрелочных переводов.

К возникновению механических повреждений тормозных магнитов ведет также проникновение загрязнений и влаги в места заземления. В

связи с этим при выполнении плановых ремонтных работ проверяют сопротивление изоляции всех вихретоковых тормозов в поезде и при необходимости проводят их ремонт или замену.

Для того чтобы в будущем можно было предупреждать короткие замыкания на землю, реализован ряд других мероприятий. В рамках экспериментальных поездок было установлено, что в системе вихретокового тормоза отсутствует саморегулировка воздушного зазора. Кроме того, было обнаружено, что при воздушном зазоре, меньшем допустимых 5–7 мм, часто может иметь место контакт магнита с рельсами. Особенно велика опасность соприкосновений при прохождении стрелочных переводов. В связи с этим во время проведения плановых мероприятий по техническому обслуживанию контролируется величина воздушного зазора между нижней кромкой магнита и поверхностью катания рельса. Работники депо, обслуживающего поезда ICE 3, прошли углубленное обучение и получили указания в отношении строгого соблюдения действующих инструкций по установке этого зазора.

Природу повреждений боковых поверхностей тормозных магнитов исследовали с помощью растрового электронного микроскопа. Оказалось, что повреждения от ударов частицами балласта следует исключить. Результаты исследований указывали на металлические предметы. Так как в эксплуатации не могли исключаться повреждения взвихренными твердыми предметами, были разработаны дополнительные защитные пластины. С помощью специального клея их крепят снизу на торец тормозного магнита и кромки катушек.

Для оперативного устранения местных повреждений катушек используют герметик, позволяющий обеспечить работоспособность магнитов до ближайшего планового технического обслуживания.

Опыт эксплуатации вихретокового тормоза после его оптимизации

В течение последних 2–3 лет эксплуатационные проблемы, обусловленные работой вихретокового тормоза, практически отсутствовали. В начале 2008 г. были реализованы некоторые дополнительные мероприятия, направленные, в частности, на защиту от повреждения летящими частицами щебня питающего кабеля тормозных магнитов. Для этого были установлены усиленные защитные фартуки. В настоящее время, когда все рассмотренные проблемы решены, главное внимание уделяют надежности вихретокового тормоза в эксплуатации и облегчению технического обслуживания.

Зимой 2008/2009 г., которая была самой холодной с момента начала эксплуатации поездов ICE 3, увеличилось число повреждений компонентов тормоза отрывающимися глыбами льда. Магниты и несущая конструкция тормоза, а также защитные фартуки, к сожалению, создавали условия для накопления снега и льда. Во время движения поезда образовавшиеся глыбы отрывались, вызывая повреждения (часто значительные) магнитов и других элементов конструкции. К решению этой проблемы была привлечена компания-изготовитель Siemens.

Применение поездов ICE3 во Франции, начавшееся в конце 2007 г., показало, что работа подвижного состава, оборудованного вихретоковым тормозом, под контактной сетью с большим числом мест переключения фаз возможна лишь при условии реализации ряда дополнительных требований. В связи с частыми срабатываниями главного выключателя нормальная схема питания линейного вихретокового тормоза от сети меняется на аварийную и обратно. При этом индикатор готовности вихретокового тормоза на

пульте машиниста гаснет, хотя тормоз остается в рабочем состоянии. Это потребовало оптимизации схемы управления и контроля.

Для дальнейшего технического совершенствования системы необходимо:

- гарантировать более надежную защиту от повреждений тормозных магнитов, являющихся главной причиной отказов вихретокового тормоза;
- обеспечить дальнейшее снижение электромагнитного воздействия на напольные устройства систем железнодорожной автоматики. Проведенные измерения показали, что каждый из восьми магнитов одного тормозного комплекта в разной степени влияет на устройства счета осей. В связи с этим следует стремиться к снижению разброса электромагнитных свойств катушек.

Перспективы применения линейного вихретокового тормоза

Использование вихретокового тормоза в поездах ICE 3 для служебного торможения разрешено на ограниченном числе линий. При отклонении поезда на второстепенные линии этот тормоз следует отключать.

В 2002 г. в рамках пробной эксплуатации в течение 3 мес проводились измерения износа композиционных накладок типа Isobar дискового тормоза в поездах ICE 3. Для этого в одном моторвагонном поезде использовали вихретоковый тормоз только для экстренного торможения, во втором — для экстренного и служебного. Результаты испытаний показали заметное снижение износа накладок дискового тормоза при использовании вихретокового для экстренного и служебного торможения. С расширением применения вихретокового тормоза в качестве служебного будет обеспечено дальнейшее снижение износа других тормозных систем.

Применение вихретокового тормоза на балластном пути

В процессе использования вихретокового тормоза температура рельсов повышается при каждом торможении. Этот нагрев суммируется с изменением температуры воздуха и воздействием солнечной радиации. На участках линий, где вихретоковый тормоз часто применяется для служебного торможения, например перед станциями, кроме того, наблюдается кумулятивный эффект — чем короче интервалы между поездами, тем больше нагрев.

Повышение температуры рельсов может вести к нарушению стабильности пути. Если сопротивление поперечному сдвигу верхнего строения окажется недостаточным, повышение температуры рельсов может привести к выбросу пути. На участках пути с жестким основанием стабильность верхнего строения достаточна, чтобы воспринимать повышение температуры, вызванное применением линейного вихретокового тормоза.

К случаям, подлежащим особому рассмотрению, относится ремонт пути на щебеночном балласте. После сплошного ремонта его стабильность снижается в такой степени, что верхнее строение пути уже не может воспринимать нагрузки, вызванные повышением температуры рельсов при торможении.

Способность моста воспринимать продольные удлинения пути при повышении температуры зависит от его конструкции. Мосты оборудуют уравнительными приборами, которые компенсируют повышение температуры рельсов. Если такое устройство отсутствует, способность моста воспринимать температурные удлинения рассчитывают индивидуально. Точный расчет требует больших затрат времени и средств.

На рис. 2 и 3 приведены кривые изменения температуры рельсов при различной частоте движения

поездов. В обоих случаях учитывается дополнительный нагрев рельсов до 55°C за счет солнечной радиации. Из всего сказанного становится очевидным, что использование вихретокового тормоза для служебного торможения на балластном пути в каждом случае требует отдельного решения с учетом местных условий и температур.

Разрешение на применение вихретокового тормоза для служебного торможения

Разрешение на применение линейного вихретокового тормоза для служебного торможения должно

выдаваться только после выполнения всех указанных ранее подготовительных работ на линии и подвижном составе. При выдаче разрешения следует исходить из двух условий — необходимости и технической возможности реализации такого торможения.

Применяется как местная, так и централизованная выдача разрешений, при этом оба варианта предусматривают выполнение определенных требований:

- для выдачи местного разрешения требуются локальные измерения температуры воздуха, на основе которой рассчитывают температуру рельсов. Кроме того, должно быть известно число поездов ICE3,

обращающихся на участке, чтобы можно было рассчитать дополнительное повышение температуры из-за предполагаемых торможений. Возможны также локальные изменения температуры рельсов. В этом случае знать число обращающихся на участке поездов необязательно. Выдача местных разрешений имеет преимущество для линий с балластным путем. После сплошного ремонта применение вихретокового тормоза на участке может быть заблокировано на период времени, в течение которого восстановится стабильность пути;

- при централизованной выдаче разрешения требуется прогноз температуры рельсов. Разрешение распространяется на весь парк поездов ICE 3 на основании текущего прогноза метеослужбы, в том числе относительно ожидаемой максимальной температуры. Недостатком метода является необходимость в охвате всего диапазона местных колебаний температуры в регионе. При этом способе разрешения вихретоковый тормоз, вероятно, будет использоваться реже, чем в первом случае.

Поскольку на сети ДВ в основном запрещено использование вихретоковых тормозов для служебного торможения, дисковые тормоза поездов ICE 3 не могут быть на 100% заменены вихретоковыми. К зонам, где действует этот запрет, относятся среди прочих участки линий на деревянных шпалах. Тем не менее следует стремиться к тому, чтобы вихретоковый тормоз мог использоваться для служебного торможения как можно шире.

Для линий с плитным основанием пути, оборудованных автоматической локомотивной сигнализацией типа LZB-SE II или европейской системой управления движением поездов ETCS, получение разрешения на применение вихретоковых тормозов для служебного торможения возможно практически без ограничений. Для всех прочих ли-

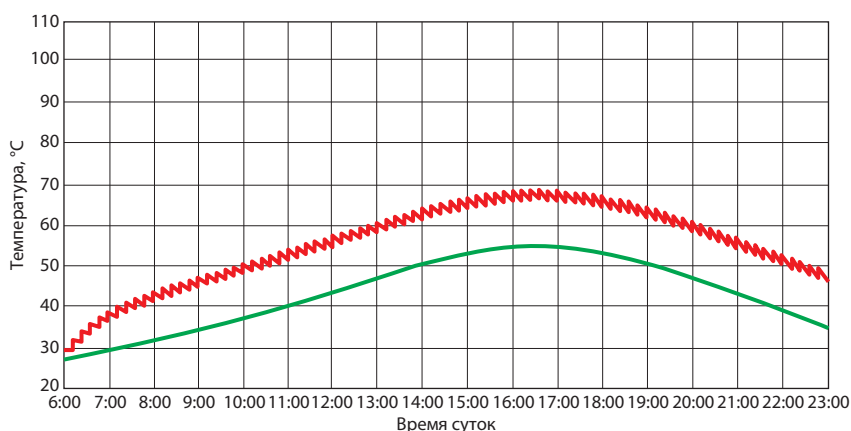


Рис. 2. Кумулятивный нагрев рельсов под действием работающих вихретоковых тормозов при плотности движения 5 поездов/ч (красная линия). Зеленая кривая показывает нагрев рельсов до 55 °С за счет солнечной радиации

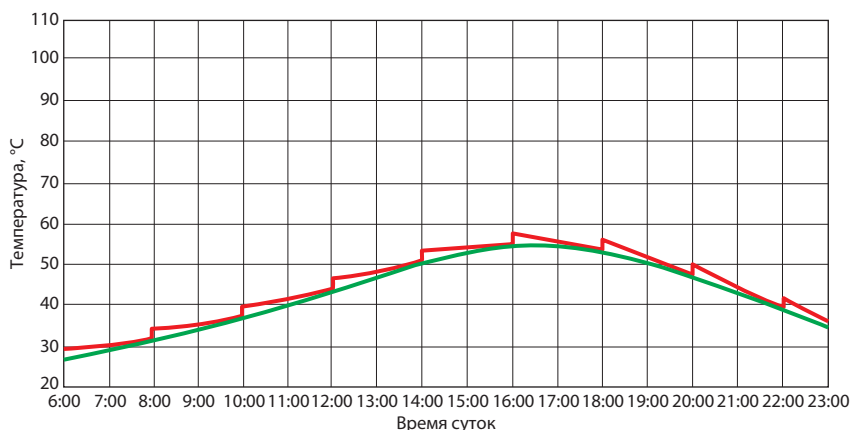


Рис. 3. Кумулятивный нагрев рельсов под действием работающих вихретоковых тормозов при плотности движения 1 поезд в течение 2 ч (красная линия). Зеленая линия — нагрев за счет солнечной радиации

ний существуют две возможности его получения (рис. 4), базирующиеся на их техническом уровне.

Первая возможность основывается на системах LZB-CE II или ETCS. Оборудовав линию одной из этих систем, можно получить разрешение с помощью так называемого модуля WB-Bits, как это имело место на линии Кёльн — Рейн/Майн.

Система LZB будет эксплуатироваться примерно до 2025 г. Если число имеющихся сегодня постов диспетчерской централизации LZB-L72 (две трети общего числа постов) в ближайшее время будет убывать в связи с выводом из эксплуатации по истечении срока службы, потребуется переоборудование их на версию CE. В этом случае нужно будет сравнить эффективность такого переоборудования с результатом расширения возможностей использования вихретокового тормоза и сделать правильный выбор.

На балластном пути применение модуля WB-Bits должно опираться на информацию о температуре рельсов. При этом предстоит разработать интерфейсы между пунктами измерения температуры и постами централизации. Информация о температуре может готовиться централизованно или децентрализованно.

Вторая возможность заключается в том, чтобы разработать модуль, который разрешает применение вихретоковых тормозов в зависимости от местных температурных условий и типа верхнего строения пути. Для этого необходима связанная с местом применения информация о фактической и допустимой температуре рельсов.

Информация о разрешении применения вихретоковых тормозов может передаваться централизованно или децентрализованно. Децентрализованная передача при отсутствии систем LZB или ETCS должна осуществляться через европейские приемопередатчики, связь

GSM-R или, например, модификации системы GNT.

Централизованная передача осуществляется через модуль позиционирования системы GPS, который может связываться с атласом линии. Исполнение зависит от требуемой точности отображения геометрии пути или линии. Через этот модуль можно также управлять применением вихретокового тормоза для экстренного торможения.

Потенциал экономии

Чтобы определить шансы на получение разрешения, было выполнено обследование важных участков линий и проведено динамическое моделирование на базе поезда ICE 3 с целью идентификации важных зон торможения. Эти зоны находятся, например, перед остановочными пунктами или в местах изменения скорости. Для моделирования были выбраны линии, техника сигнализации которых модернизирована под применение вихретокового тормоза. В заключение для зон регулярного торможения определили типы верхнего строения пути и наличие мостов. Кроме того, было проанализировано, оборудованы ли эти зоны торможения системой LZB и если да, то какой модификации.

Всего было обследовано более 300 зон торможения. Около трети их имели железобетонные шпалы, выдерживающие более высокую предельную температуру рельсов по сравнению с деревянными. К тому же на них отсутствовали мосты. В целом эти зоны оказались пригодными для служебного торможения вихретоковым тормозом.

Немногим более половины зон были оборудованы системой LZB, так что теоретически здесь можно было получить разрешение на использование вихретокового тормоза для служебного торможения.

С помощью программы моделирования можно было определить

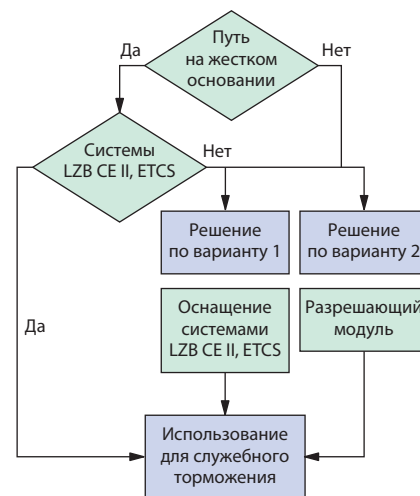


Рис. 4. Схема получения разрешения на использование вихретокового тормоза для служебного торможения

всю выполняемую работу торможения, а также долю в ней отдельных тормозных систем. Учитывая число поездов ICE 3, в 2008 г. оценили процент снижения объема работы дисковых тормозов.

Для того чтобы на основе этого снижения упрощенно оценить уменьшение износа, была принята линейная зависимость между работой торможения и износом. Конечно, в модели учитывались только факты регулярного торможения и не учитывались случайные торможения, например перед сигналами. Поскольку предельные температуры верхнего строения пути различных типов в течение года даже превышались из-за солнечной радиации, то вихретоковые тормоза в слишком жаркие дни выводили из работы. По осторожным оценкам, суммарное время таких простоев вихретокового тормоза составило 3 мес, т. е. четверть годового времени эксплуатации.

Применительно к износу фрикционных накладок дискового тормоза на линиях с железобетонными шпалами получается экономия накладок около 45%, а на линиях с LZB — около 33%. Дополнительный потенциал экономии заключается в снижении износа тормозных дисков (в предыдущих рассуждениях он не учитывался).

Заключение

Благодаря интенсивной совместной работе специалистов в области подвижного состава, верхнего строения пути, а также систем управления и обеспечения безопасности движения удалось внедрить на сети DB линейный вихретоковый тормоз и добиться его в значительной степени безотказной эксплуатации. В сочетании с электродинамическим тормозом вихретоковый позволит обеспечить почти безыносный режим работы даже при высокой скорости движения, если имеется разрешение на его использование для служебного торможения.

Утверждение об экономичности применения вихретокового тормоза в большой степени может оцениваться как прогноз, поскольку в Германии разрешение на использование его для служебного торможения

имеется только на участках общей протяженностью около 350 км, а во Франции — порядка 300 км. Для увеличения числа и общей протяженности таких участков на существующих сетях необходима реализация рассмотренных ранее затратных технических мероприятий, которым противостоит потенциал экономии за счет снижения износа компонентов фрикционных тормозов. На новых высокоскоростных линиях область применения вихретокового тормоза будет последовательно расширяться в рамках требований Технической спецификации по совместимости в области инфраструктуры (TSI Infrastruktur). При наличии большого разнообразия применяемых систем, например управления и обеспечения безопасности движения, сроки экономически эффективного внедрения вихретокового тормоза значительно удлиняются.

В то же время вопрос о внедрении новой, желательной безыносной технологии торможения встанет все острее, так как фрикционные системы по износу достигли своих физических границ. Следует также учитывать тенденции к расширению методов трассировки линий с уклонами $\pm 30\%$ и выше.

Совместная работа специалистов холдинга DB с изготовителями подвижного состава и систем управления движением стала заметным шагом в области внедрения вихретокового тормоза. Внедрение этой техники и в других странах способствовало бы прогрессу в области использования ее достоинств на всей сети ЕС.

По материалам компаний Siemens (www.siemens.com;), Knorr-Bremse (www.knorr-bremse.de) и DB Systemtechnik (www.db-systemtechnik.de).

НОВОСТИ

Bombardier приступает к постройке новых дизельно-электрических локомотивов

Компания Bombardier объявила о начале постройки новых локомотивов семейства TRAXX, оснащенных комбинированным дизельно-электрическим тяговым приводом, и представила первый такой локомотив. Основным приводом в них является электрический, а дизельный выполняет вспомогательные функции при, например, движении по неэлектрифицированным путям сортировочных станций, по тракционным депо-ским путям и т. п.

Локомотив предназначен главным образом для вождения грузовых поездов и за счет комбинированного тягового привода способен доставлять вагоны непосредственно в пункт назначения, которым может быть, в частности, подъездной путь промышленного или горнорудного предприятия. В соответствии с этим

локомотив получил название «тепловоз последней мили».

При разработке локомотива учтен положительный опыт создания локомотива типа ALP 45DP, также оснащенного комбинированным тяговым приводом, но в котором дизельные силовые агрегаты используются и при движении на магистральных линиях.

Применение подобных локомотивов устраняет необходимость в смене тяговых средств и тем самым сокращает длительность поездок пассажиров или доставки грузов.

Европейская лизинговая компания Railpool уже заказала пять таких локомотивов.

Следует отметить, что применение комбинированного тягового привода на локомотивах имеет давнюю историю; при этом почти во всех случаях дизельный привод играет вспомогательную роль. К числу локомотивов с дизельно-электрическим приводом относятся, например, дизель-элек-

трово-зы серий 73 и 74 Британских железных дорог, серии 38 железных дорог ЮАР и некоторые другие.

Отключение магнитно-рельсовых тормозов

На некоторых поездах серии 440 (Coradia Continental), принадлежащих компании DB Regio, которая входит в состав холдинга железных дорог Германии (DB), пришлось отключить магнитно-рельсовые тормоза. Речь идет о поездах, обращающихся в районе Аугсбурга (сеть Fuggernetz) и в регионе Вюрцбурга. Как заявил представитель компании-изготовителя Alstom, эта мера была предпринята в связи с повышенным износом башмаков тормоза, особенно на сети под Аугсбургом. Этот износ явился результатом слишком частого использования магнитно-рельсового тормоза, что можно объяснить низким качеством обучения машинистов.