

электронный журнал

МОЛОДЕЖНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК

Издатель: ФГБОУ ВПО «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана»

УДК 629.4.067.3

Автоматизированная система безопасности на железнодорожном транспорте

Студент кафедры «Информационные системы и телекоммуникации»: О.А. Мозговой

Научный руководитель: Ю.Н. Павлов,
д. т. н., профессор кафедры «Информационные системы и телекоммуникации»

МГТУ им. Н.Э. Баумана
mr_mozg@rambler.ru

Железнодорожные грузоперевозки приобретают всё большую популярность в последнее время. При отсутствии резкой необходимости в срочной транспортировке грузов на большие расстояния железная дорога в разы выгодней, чем перевозка самолётом или автотранспортом. Грузопоток на железных дорогах увеличивается год от года, строятся километры новых дорог, усовершенствуются модели вагонов, локомотивов.



Рис.1. Тележка

Самая нагружаемая часть любого грузового вагон – тележка, изображённая на рис.1. Пара колёс закреплена на оси, две оси с колёсными парами скрепляются лежащими на них двумя рамами боковыми, между рамами через рессоры установлена балка наддресорная, на которую, собственно, и устанавливается грузовой вагон. Самое частое место излома тележки – ушко рамы. Это место рядом с упором колёсной оси в раму. Именно на поломки в этой области приходится десятки крушений поездов в год. Каждая такая авария (а длина грузового поезда может превосходить сотню вагонов) приносит огромные убытки компании-перевозчику, и в случае разлива цистерн – коллосальный урон экологии. Но примечательно, что такой разлом не образуется мгновенно. Маленькая трещинка, появившаяся на раме (а 90 % изломов приходится на одно и то же место), может неделями, а то и месяцами разрастаться, пока не приведёт к катастрофе.

В данной работе описаны общие принципы работы предлагаемой системы автоматизированного контроля излома рамы боковой.

Следует учесть, что период роста трещины может достигать месяца. Этого времени вполне достаточно, чтобы поезд за время путешествия пересёк несколько контрольных сервисных станций. На них, во время прохождения мимо них поезда на низкой скорости, осуществляется ряд контрольных процедур, таких как: подсчёт колёсных пар, проверка на трещины колёс, визуальный контроль. Дополнительным пунктом проверки можно установить систему проверки трещин рамы. Современные попытки делать эту проверку ультразвуком или другими средствами контроля без установки аппаратуры на саму раму (такими как простукивание) не дали результата. Но сделать какой-либо устанавливаемый на раму датчик не так просто. Требование крупносериальности, предъявляемое к такому монтируемому датчику, накладывает на него серьёзные ограничения: максимальная дешевизна, легкая установка на место контроля, минимум (а лучше полное отсутствие) технического обслуживания датчика, лёгкая взаимозаменяемость, отсутствие сменных элементов питания, минимум дополнительных коммуникаций и проводов на детали, минимизация или отсутствие модификаций самой детали, точность контроля, пригодность к работе в любых погодных условиях, долговечность использования. Основное требование, кажущееся маловероятным для соблюдения – отсутствие элемента питания.

Ключом к решению выше обозначенных проблем может стать использование RFID (англ. Radio Frequency IDentification – «радиочастотная идентификация») технологии. RFID – технология беспроводного обмена данными посредством радиосигнала между электронной меткой, которая помещается на объект и специальным радиоэлектронным устройством, которое считывает сигнал метки. Метка может содержать данные о типе объекта, стоимости, весе, температуре, данные логистики, а также любой информации об объекте, с возможностью ее удобного считывания. Метка может быть с заранее жёстко заданным номером, без возможности перепрограммирования, или наоборот, иметь объём памяти, в который пользователь мог записать свои данные.

Прекрасной чертой RFID-меток является то, что они могут работать как со встроенным источником питания (активные), и без него (пассивные). Всю необходимую энергию пассивная метка получает от внешнего источника – RFID-приёмника. Пример такой метки изображён на рис.2.

Аналогичная схема используется в проездных билетах в метро, в метках, наносимых на одежду или книги в магазинах. В пассивных RFID-метках электрический ток, индуцированный в антенне электромагнитным сигналом от считывателя, обеспечивает достаточную мощность для функционирования кремниевого КМОП-чипа (К-МОП,

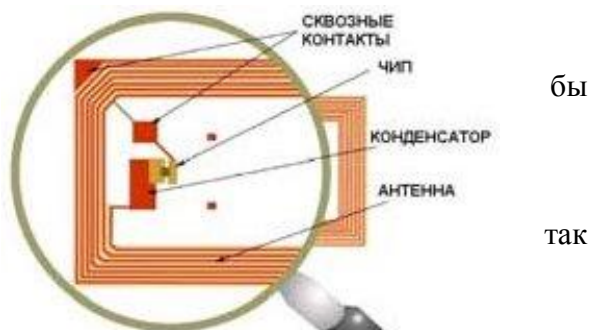


Рис.2. RFID-метка

комплементарная логика на транзисторах металл-оксид-полупроводник), размещённого в метке, и передачи ответного сигнала.

Компактность RFID-меток зависит от размеров внешних антенн, которые по размерам превосходят чип во много раз и, как правило, определяют габариты меток, так что установленная на раму метка не увеличит габариты детали, а антенна может располагаться вблизи поверхности детали, т.к. может быть плоской. Наименьшая стоимость RFID-меток, которые стали стандартом для таких компаний, как Wal-Mart, Target, Tesco в Великобритании, Metro AG в Германии и Министерства обороны США, составляет примерно 5 центов за метку фирмы SmartCode, так что данные метки не потребуют огромных вложений для своего внедрения, в то же время принесут огромные прибыли от уменьшения числа аварий на железной дороге. На практике максимальная дистанция считывания пассивных меток варьируется от 10 см (4 дюймов) (согласно стандарту ISO 14443) до нескольких метров (стандарты EPC и ISO 18000-6), в зависимости от выбранной частоты и размеров антенны, что позволит разместить считыватель в нескольких метрах от проходящего мимо станции состава, не рискуя повредить оборудование.

Использование технологии КМОП принесёт идею внедрения RFID-меток ещё более привлекательной. КМОП – технология построения электронных схем, использующая полевые транзисторы с изолированным затвором с каналами разной проводимости. Отличительной особенностью схем КМОП по сравнению с биполярными технологиями (ТТЛ, ЭСЛ и др.) является очень малое энергопотребление в статическом режиме (в большинстве случаев можно считать, что энергия потребляется только во время переключения состояний). Отличительной особенностью структуры КМОП по сравнению с другими МОП-структурами (N-МОП, P-МОП) является наличие как n-, так и p-канальных полевых транзисторов; как следствие, КМОП-схемы обладают более высоким быстродействием и меньшим энергопотреблением. Именно эта отличительная особенность и делает КМОП технологию идеально подходящей для использования в RFID-метках.

Снабдить каждое «узкое место» рамы RFID-меткой возможно, но какую информацию внести в метку, и как заставить её улавливать трещину?

Для распознавания трещин будут использоваться тензорезистивные сборки или мосты. Тензорезистор – резистор, сопротивление которого изменяется в зависимости от его деформации. Простейший тензорезистор изображён на рис.3. Применение моста (рис.4) позволит избежать деформаций из-за

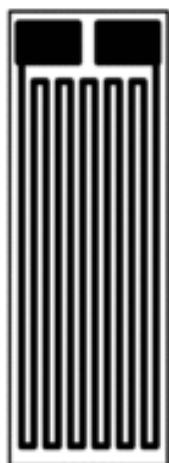


Рис.3. Тензорезистор

температурных изменений (изменение номинала всех тензорезисторов будет одинаковым, мост останется сбалансированным), а при появлении малейшей трещины хотя бы в одном из контролируемых мест мост разбалансируется и сигнал о хорошем состоянии рамы не подаётся на выход. Система, не получив нужное количество подтверждений, либо получив некорректный

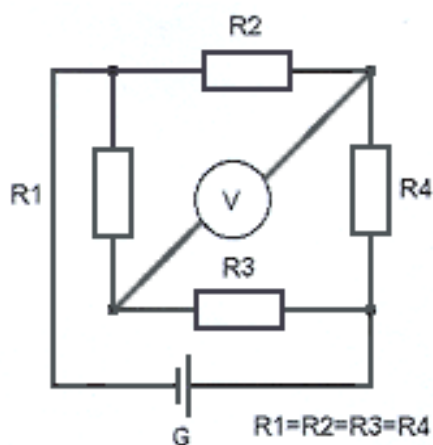


Рис.4. Резисторный мост

ответ, сообщает, что проходящий мимо поезд имеет трещину и не может ехать дальше без повторного осмотра и снятия дефектного вагона с маршрута.

Осталось только качественно закрепить тензорезисторы на раме. Для этого указанное место рамы будет дополнительно обрабатываться на заводе-изготовителе (для новых рам)

или в депо и ремонтных мастерских (для модификации уже имеющихся) для достижения низкой шероховатости с целью получения лучшего сцепления с тензорезистором и клеем, для закрепления схемы и антенны на раме и изоляции соединительных проводов от вредного воздействия факторов окружающей среды, таких как ветер, осадки, грязь.

В целом, для конечного пользователя в виде диспетчера, система будет иметь следующие функциональные такты и особенности:

- 1) при подходе поезда система включается, пара RFID-считывателей, закрепленных с каждой стороны относительно проходящего поезда, проверяет себя на работоспособность тест-меткой, находящейся рядом,
- 2) при прохождении поезда каждая метка на раме получает сигнал от считывателя, на который отвечает своим сигналом о хорошем состоянии отслеживаемой области,
- 3) при получении некорректного сигнала система подаст тревожный сигнал на пульт диспетчера,
- 4) в случае, если система не получит достаточного количества сигналов подтверждения (утеря, разрушение RFID-метки) по прохождении поезда, система подаст тревожный сигнал на пульт диспетчера,
- 5) при получении диспетчером тревожного сигнала, после окончания проверки поезд будет остановлен и после проверки портативным приёмником и визуальной проверки выявленных вагонов дефектные вагоны будут сняты с пути следования и отправлены на ремонт, а остальной состав отправится дальше по маршруту,
- 6) в случае успешного получения достаточного количества сигналов подтверждения система подаст на пульт диспетчера сигнал разрешения, и поезд отправится дальше.

Внутри система учитывает следующие ситуации и отрабатывает внешние воздействия, такие как:

- 1) воздействие факторов окружающей среды, таких как: влага, высокие и низкие температуры, скачки температур, неравномерность нагрева под солнцем, пыль и грязь, мелкое механическое воздействие,
- 2) разбалансировка моста только при появлении трещины и практически полное исключение ситуаций ложного срабатывания,
- 3) высокая точность нахождения трещин ещё на ранней стадии, невозможность трещин остаться незамеченной,
- 4) в случае поломки, порчи, утери датчика, система просигнализирует, что количество вагонов не совпало с количеством полученных сигналов, и инициализирует ручную проверку вагонов, при том даст знать, в какой части поезда метки не хватает.

Как итог, ещё раз перечислим все вышеописанные требования, предъявляемые к датчику на раме, и покажем, каким способом реализуется каждое из них в предложенной системе:

- Максимальная дешевизна. Распространённость RFID технологии уже сейчас позволяет делать метки достаточно дешёвыми, чтобы ими можно было оснастить все уязвимые места.
- Легкая установка на место контроля. Небольшая операция по уменьшению шероховатости и приклеиванию датчика.
- Минимум (а лучше полное отсутствие) технического обслуживания датчика. Единоразово установленный датчик совсем не нуждается в обслуживании.
- Лёгкая взаимозаменяемость. В случае утери датчика легко установить такой же на то же место, после небольшой ручной обработки прямо в депо или ремонтном цеху.
- Отсутствие сменных элементов питания. Отсутствие элемента питания полностью. Энергия получается RFID-меткой от считывателя в момент опроса.
- Минимум дополнительных коммуникаций и проводов на детали. Все детали датчика имеют компактные размеры, могут размещаться близко к друг другу, и даже

выполняться на одной гибкой печатной плате, полностью убирая необходимость в соединительных проводах.

- Минимизация или отсутствие модификаций самой детали. Деталь должна претерпеть лишь шлифовку и полировку на небольшой площади для лучшего сцепления с тензорезисторами.
- Точность контроля. Тензорезистивный мост способен уловить мельчайшие трещинки в структуре рамы, о чём сразу «сообщит» приёмнику на сервисной станции.
- Пригодность к работе в любых погодных условиях. Герметизация смолой, клеем или герметиком позволит датчику пережить путешествия по любым климатическим зонам.
- Долговечность использования. Хорошая герметизация и качественная проклейка позволит датчику годами работать для повышения безопасности железнодорожных грузоперевозок.

Литература

1. *Сандип Лахири* RFID. Руководство по внедрению = The RFID Sourcebook / Дудников С.. — М.: Кудиц-Пресс, 2007. — 312 с. — ISBN 5-91136-025-X.
2. *Маниш Бхуптани, Шахрам Мораднур* RFID-технологии на службе вашего бизнеса = RFID Field Guide: Deploying Radio Frequency Identification Systems / Троицкий Н.. — М.: «Альпина Паблишер», 2007. — 290 с. — ISBN 5-9614-0421-8.
3. *Т. Шарфельд (с Приложениями И. Девиля, Ж. Дамура, Н. Чаркани, С. Корнеева и А. Гуларии)* Системы RFID низкой стоимости / С. Корнеев. — М., 2006.
4. *Клаус Финкенцеллер* Справочник по RFID. — М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2008. — 496 с. — ISBN 978-5-94120-151-8.
5. *Жан М. Рабаи, Ананта Чандракасан, Боривож Николич* Цифровые интегральные схемы. Методология проектирования = Digital Integrated Circuits. — 2-е изд.. — М.: «Вильямс», 2007. — С. 912. — ISBN 0-13-090996-3.