

УДК 629.4.067.3

Определение оптимальной схемы включения тензорезистора в контексте системы с беспроводной передачей энергии

*Мозговой О.А., студент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана
кафедры «Информационные технологии и телекоммуникации»*

*Научный руководитель: Тихомирова Е.А., ассистент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана
deviatkov@bmstu.ru*

Введение

О предметной области

Как было сказано в статье «Автоматизированная система безопасности на железнодорожном транспорте»[1], тема безопасности железнодорожных перевозок приобретает всё большую актуальность в последнее время. Грузопоток не уменьшается, строятся новые дороги, модернизируются вагоны и локомотивы. Тем не менее, аварийность данного вида транспорта только возрастает.

Тележка грузового вагона, изображённая на рис. 1 – наиболее нагружаемая часть любого грузового вагона. Она состоит из:

- пары колёс, закрепленных на оси – так называемая колёсная пара,
- двух боковых рам, скрепляющих между собой колёсные пары,
- надрессорной балки, установленной между рамами через рессоры.



Рис. 1. Тележка грузового вагона

На балки двух тележек устанавливается кузов грузового вагона. Наиболее частое место излома всей тележки – ушко рамы – место рядом с упором колёсной оси в раму. На поломки в этой области приходится десяток и крушений поездов в год. Каждая такая авария может приносить огромные убытки компании-перевозчику, и в некоторых случаях – урон экологии. Примечательно, что такой излом образуется не мгновенно. Небольшая трещинка, образовавшаяся на раме (а 90 % изломов приходится на одно и то же место), может неделями разрастаться, пока не приведёт к крушению.

Период роста трещины может достигать месяца. Этого вполне достаточно, чтобы поезд за время путешествия прошёл через несколько контрольных сервисных станций. При прохождении мимо них поезда на низкой скорости, осуществляется ряд контрольных процедур, таких как: подсчёт колёсных пар, проверка на трещины колёс, визуальный контроль. В дополнение к существующим методам контроля предлагается установить систему проверки трещин рамы. Современные исследования пока не достигли успеха в определении этого излома.

Сконструировать какой-либо устанавливаемый на раму датчик не так просто. К датчику предъявляется требование крупносерийности, что накладывает на него некоторые ограничения: максимальная дешевизна, легкая установка на место контроля, минимум технического обслуживания датчика, лёгкая заменяемость, 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.

Общая схема устройства

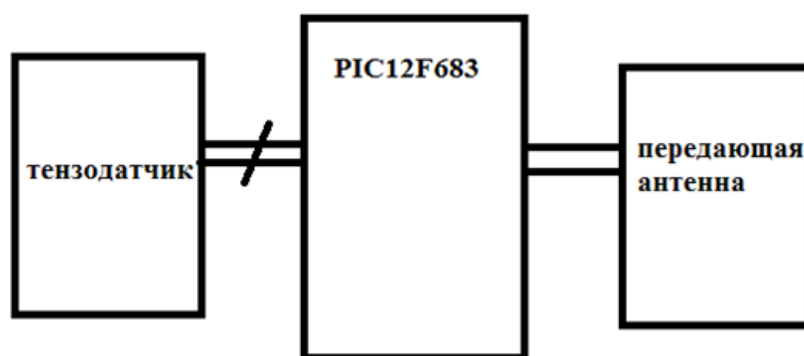


Рис. 2. Общая схема и состав датчика

Основной особенностью датчика является применение технологии радиочастотной идентификации (RFID – radiofrequency identification, англ.).

RFID -

технология беспроводного обмена данными посредством радиосигнала между электронной меткой и специальным радиоэлектронным считывателем.

Примечательной чертой RFID-

меток является возможность работы без встроенного источника питания (пассивные метки). Энергию, необходимую для функционирования, пассивная метка получает от внешнего источника – RFID-

приёмника. Такая схема применяется, например, в проездных билетах в метро. В пассивных RFID-

метках электрический ток, индуцированный в антенне электромагнитным сигналом от считывателя, обеспечивает достаточную мощность для передачи ответного сигнала.

Считыватель излучает энергию по радиоканалу, которая, в данном приборе, питает микроконтроллер. Микроконтроллер, в свою очередь, расходует полученную энергию на опрос тензодатчика и передачу ответного сообщения считывателю.

На рис. 2 обозначены основные функциональные составляющие датчика:

- тензодатчик, задачей которого является по опросу микроконтроллера предоставлять информацию о наличии трещины в раме или её отсутствии. В качестве тензодатчика используется включение 2-х тензорезисторов (один для детектирования трещины, другой – для термокомпенсации),
- передающая антенна. В качестве передающей антенны выбран колебательный контур, настроенный на 125 кГц, так как только на этих частотах из 3-х стандартных для RFID-технологий (125 кГц, 13,56 МГц, 890 МГц) влияние влаги и металла не является критичным,
- микроконтроллер, являющийся промежуточным звеном между данными тензодатчика и цифрами в ответном радиосообщении.

Целью данной работы является выбор и обоснование схемы включения тензорезисторов, на которых основан упомянутый выше тензодатчик. В качестве особых условий для этой схемы можно выделить следующие: отсутствие независимых источников питания, требуемая высокая точность показаний, определение поломок внутри системы.

Выбор схемы включения тензодатчика

В данной статье приведены различные схемы включения тензодатчика и варианты сбора информации с него, описаны достоинства и недостатки каждого из них.

Включение по мостовой схеме в цепи питания

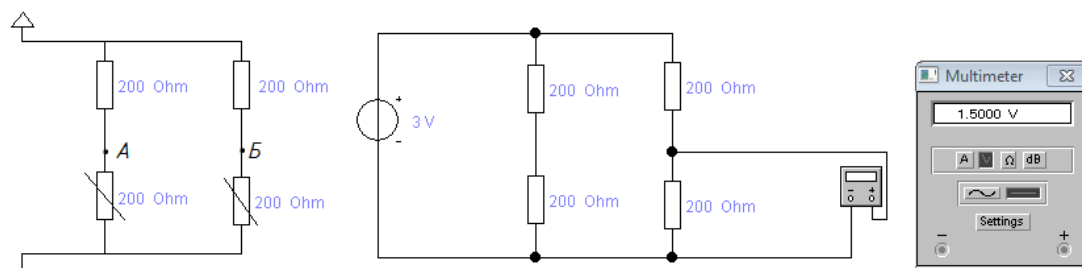


Рис. 3. Мостовая схема включения и результаты моделирования.

В точках А и Б на рис.3 будет происходить снятие напряжения с тензорезистора, детектирующего наличие трещины, и тензорезистора, являющегося термокомпенсатором.

Обыкновенная мостовая схема хороша своей простотой. Результаты моделирования – на резисторе получено напряжение 1.5 В, которое будет повышаться с ростом сопротивления в случае появления трещины.

Аналогичная величина получается и для точки, в которой снимаются данные с термокомпенсирующего тензорезистора. В случае температурных деформаций показания датчиков должны быть близки. Отклонение в показании тензодатчиков будет также говорить о наличии трещины, так как при нормальных условиях напряжения в точках А и Б должны быть равны. Допустимая разница в показаниях, не являющаяся критичной, может быть задана программно.

Существенным недостатком такой схемы является то, что на практике при таком расположении резисторов указанных номиналов микроконтроллер (подключенный к тем же линиям земли и питания) не может функционировать из-за слишком большого тока, протекающего по резисторам (и слишком малого, который осваивается микроконтроллеру).

Включение по симметричной схеме с понижающими резисторами

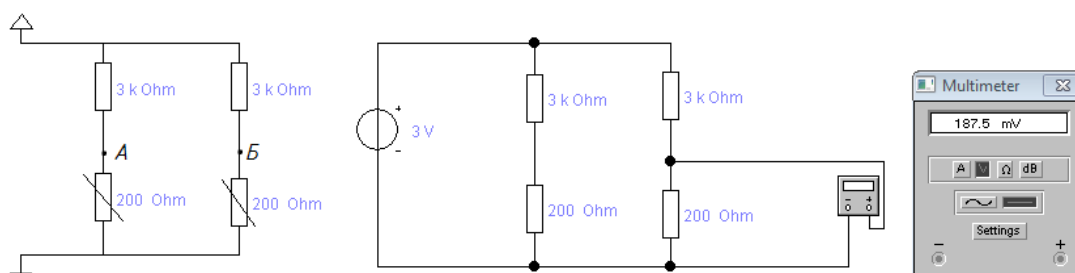


Рис. 4. Симметричная схема включения и результаты моделирования

Также, как и в случае с мостовой схемой включения, в точках А и Б на рис.4 будет происходить съём информации с тензорезистора, отвечающего за детектирование трещин, и с тензорезистора, отвечающего за термокомпенсацию.

Полученное значение 187,5 мВ при сопротивлении тензодатчика равном 200 Ом мало, хоть и достаточно для детектирования 10-разрядным аналого-цифровым преобразователем (АЦП) выбранного микроконтроллера PIC12F675 или его аналогами: 10 разрядов дают точность до 2,9 мВ. И всё же, можно предложить 2 существенно разные схемы получения данных от тензодатчиков при такой схеме включения.

Поочерёдный опрос

Данные снимаются с точек А и Б (рис.4) поочерёдно. Из минусов такого решения можно отметить только малую настраиваемость и чувствительность схемы в целом. Так, для изменения значения на выходе АЦП микроконтроллера на 1, сопротивление тензорезистора должно возрасти на 2 Ом, что чуть больше, чем для вышеописанной мостовой схемы (там это значение – 0,8 Ом).

В качестве плюса можно отметить, что такая система сможет детектировать поломки и в себе, получив некорректные данные из тензодатчика (например, когда сопротивление термокомпенсирующего резистора больше, чем сопротивление тензорезистора, определяющего разрыв).

Одновременный опрос

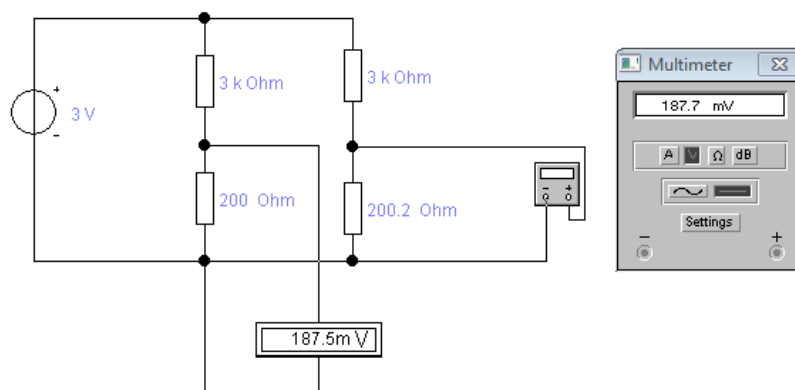


Рис. 5. Симметричная схема включения. Одновременный опрос.

Напряжение на одном из тензорезисторов (детектирующем разрыв) подаётся к опорному входу АЦП микроконтроллера, на другом (термокомпенсирующем) – к информационному. Точность АЦП в этом случае будет порядка 180-220 мкВ (в случае изменения сопротивления тензорезистора на 50 Ом). При такой схеме включения увеличение даже на 0,2 Ом сопротивления будет приводить к изменению величины на выходе АЦП (рис.5).

Из минусов данной схемы можно отметить невозможность определения сбоя в системе связанного с отклеиванием тензорезистора или разрыва не схеме, т.к. измерение по данной схеме возможно лишь при сопротивлении на опорном входе большем, чем на информационном, то есть сопротивление на детектирующем разрыв тензорезисторе должно быть больше, чем на термокомпенсирующем.

Включение по мостовой схеме с понижающим резистором

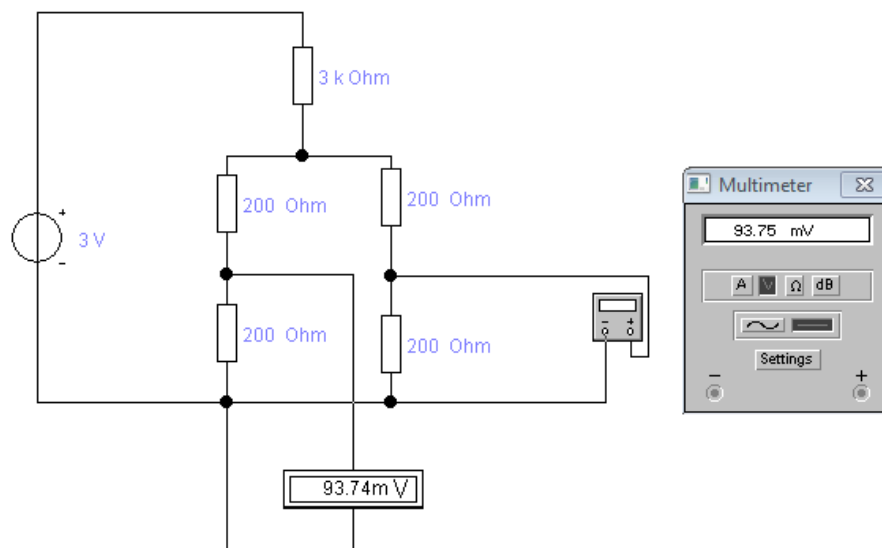


Рис. 6. Мостовая схема с понижающим резистором.

В данной схеме на рис.6 большая часть напряжения падает на резисторе 3 кОм, и ниже него.

Ни при подключении с поочерёдным опросом, ни при одновременном, в этой схеме включения нет принципиально других показателей, нежели в предыдущих. Так, минимальное изменение сопротивления для изменения значения на выходе АЦП при поочерёдном опросе – порядка 4 Ом, при одновременном – 0,2 Ом. Все недостатки методов опроса, описанные в предыдущей схеме, верны и здесь.

Выводы

Как итог, в результате сравнения вышеописанных схем, можно заключить, что для целей системы автоматизированного контроля трещин с получением питания по радиоканалу оптимальной будет схема включения по симметричной схеме с понижающими резисторами, так как даст достаточную для детектирования трещин точность, и оставляет за системой возможность самотестирования.

Список литературы

1. Мозговой О.А. Автоматизированная система безопасности на железнодорожном транспорте // Студенческий научный вестник. Сборник статей докладов общеуниверситетской научно-технической конференции «Студенческая научная весна-2012» посвященной 165-летию Н.Е.Жуковского, 02-
<http://sntbul.bmstu.ru/doc/616589.html>

29 апреля 2012г., МГТУ им. Н.Э.Баумана / М.: НТА «АПФН», 2012, (Сер. Профессионал), Т.12, Часть 1, 538 с., ил. - с. 169-174.

2. PIC12F629/675 Data Sheet. – Microchip Technology Inc, 2003. – 130p.

3. PIC12F683 Data Sheet. – Microchip Technology Inc, 2007. – 174p.