

МНОГОКАНАЛЬНАЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ КОНТРОЛЯ НАТЯЖЕНИЯ КАНАТОВ ЛИФТОВОГО И ПОДЪЕМНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

С. Н. Семенович, В. Ю. Туницкий, И. П. Стецко, Е. А. Барсуков

Белорусский государственный университет

Минск, Беларусь

e-mail: izmer@gmail.com

Описан макет разработанной многоканальной измерительной системы для контроля натяжения канатов лифтового и подъемного оборудования на базе специальных тензорезистивных датчиков, приведены результаты исследований системы и рекомендации по улучшению ее характеристик.

Ключевые слова: многоканальность; АЦП; измерительная система; тензодатчики; сила натяжения.

MULTICHANNEL MEASURING SYSTEM FOR CONTROL OF TENSION ROPE OF LIFTS AND LIFTING EQUIPMENT

S. N. Semenovich, V. Y. Tunitski, I. P. Stetsko, E. A. Barsukov

Belarusian State University

Minsk, Belarus

Described the developed prototype of multi-channel measuring system for controlling the tension of the elevator ropes and lifting equipment on the basis of special piezoresistive sensors, the results of research and recommendations to improve performance.

Keywords: multi-channel; ADC; measuring system; piezo resistive sensors; tension force.

ВВЕДЕНИЕ

Лифтовая и подъемная техника (пассажирские и грузовые лифты, подъемники, краны, эскалаторы и др.) – неотъемлемая часть современной производственной и социальной инфраструктуры. Однако в процессе эксплуатации эти технические устройства выступают источником повышенной опасности для пользователей и обслуживающего персонала. Поэтому необходим регулярный и строгий контроль как на этапе монтажа подъемного оборудования, так и в процессе эксплуатации. При этом даже незначительные неполадки в критических узлах подъемного оборудования должны быть выявлены на самых ранних стадиях развития.

Один из важных контролируемых параметров узлов безопасности подъемного оборудования – это сила натяжения канатов в механизмах подвеса полезной нагрузки и противовеса. Так, в случае лифта отклоненные от нормы значения силы натяжения

каждого из тросов могут сигнализировать о наклоне кабины лифта из-за деформации направляющих, о растяжении канатов из-за перегрузки, о неполадках системы привода и других неисправностях.

Поэтому актуальна задача создания многоканальной измерительной системы для контроля силы натяжения тросов и мониторинга узлов безопасности лифта как одного из важных инструментальных средств для диагностики состояния лифта с целью раннего обнаружения потенциальных неисправностей.

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА

Разработанный макет многоканальной измерительной системы для контроля натяжения канатов лифтовой и подъемной техники имеет ряд важных технических и конструктивных особенностей: монтаж измерительных датчиков осуществляется без разрыва канатов подвеса; измерительный модуль системы позволяет получать измерительные данные одновременно от нескольких датчиков (т. е. обеспечивается многоканальность); связь с устройством визуализации обеспечивается посредством беспроводного интерфейса.

В качестве первичного преобразователя силы натяжения троса используется тензорезистивный датчик специальной конструкции, позволяющей осуществлять его монтаж без разрыва канатов подвеса, который обладает высокой точностью показаний и широким диапазоном измерений. Главный недостаток тензорезистивных датчиков (тензодатчиков) – это большая температурная зависимость, которая устраняется путем подключения резисторов в измерительный мост Уинстона.

Информационный сигнал с выхода тензодатчика, включенного в «мостовую» схему, может быть получен только в аналоговой форме, что неудобно для дальнейшей обработки измерительных данных, которая является цифровой. Поэтому полученный с выхода тензодатчика сигнал необходимо преобразовать в цифровую форму. Для этого был использован аналого-цифровой преобразователь (АЦП) сигма-дельта типа. Основным достоинством сигма-дельта АЦП является высокая разрешающая способность, недостатком – относительно низкая скорость преобразования. В разработанной системе был применен АЦП с программируемым коэффициентом усиления и частотой преобразования до 80 Гц. Кроме того, встроенный мультиплексор позволяет получить до восьми несимметричных входных каналов или до четырех независимых дифференциальных каналов.

В качестве управляющего устройства был использован 16-разрядный микроконтроллер с RISC-архитектурой, тактируемый кварцевым резонатором с частотой 11,059 МГц. Он управляет работой и параметрами АЦП, отправляет цифровые измерительные данные в беспроводной модуль. В качестве устройства, обеспечивающего беспроводной канал связи, использовался радиомодуль с интерфейсом Bluetooth из-за наибольшей распространенности этого интерфейса в мобильных устройствах, хорошей устойчивости к широкополосным помехам, простоты реализации и малого энергопотребления.

На рис. 1 приведена блок-схема макета измерительной системы.

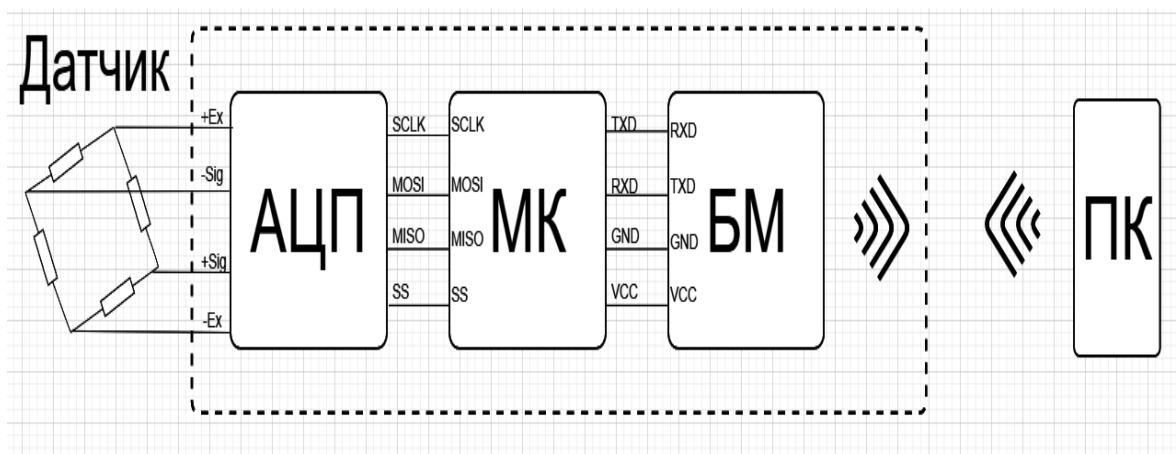


Рис. 1. Блок-схема макета измерительной системы

Принцип работы макета разработанной измерительной системы состоит в следующем.

Вначале микроконтроллер (МК) передает начальные настройки аналого-цифровому преобразователю (АЦП) и беспроводному модулю (БМ). Информационное соединение МК с АЦП осуществляется с помощью интерфейса SPI, при этом микроконтроллер выступает в роли ведущего. Назначение выводов МК: SCLK – сигнал тактирования ведущим, MOSI и MISO – выход и вход данных МК (соответственно, вход и выход данных для АЦП), SS – сигнал выбора ведомого. Интерфейс SPI реализован в АЦП аппаратно, в МК – программно. Соединение МК с БМ осуществляется посредством интерфейса UART, где цифровые выводы TXD и RXD являются шиной передачи и приема данных.

После установки начальных параметров АЦП подает опорное напряжение на выходы + Ex и – Ex и снимает полученное напряжение с выводов тензодатчика + Sig и – Sig. Затем это значение напряжения усиливается и оцифровывается с помощью АЦП, после чего результат передается в МК. Результат измерений в цифровом виде передается от МК в БМ, который устанавливает Bluetooth-соединение с устройством визуализации (в качестве которого выступает, например, компьютер (ПК)) и передает в него данные. В ПК данные приводятся к десятичному значению и записываются в массив измерительных данных. Для облегчения анализа пользователем полученных данных строится график, исходя из полученных в текущем измерении данных (либо выбранных пользователем результатов предыдущих измерений).

В качестве ПК было использовано мобильное устройство (типа планшет), функционирующее под управлением операционной системы Android. Программный модуль для устройства визуализации был написан на языке программирования Java.

Для проверки работоспособности макета разработанной измерительной системы был проведен следующий физический эксперимент: груз с заведомо известной массой подвешивался на трос, жестко закрепленный на вертикальной опоре, силу натяжения которого и необходимо было измерить.

Полученные в результате эксперимента измерительные данные представлены на рис. 2 (штриховой линией озоображены «идеальные» значения).

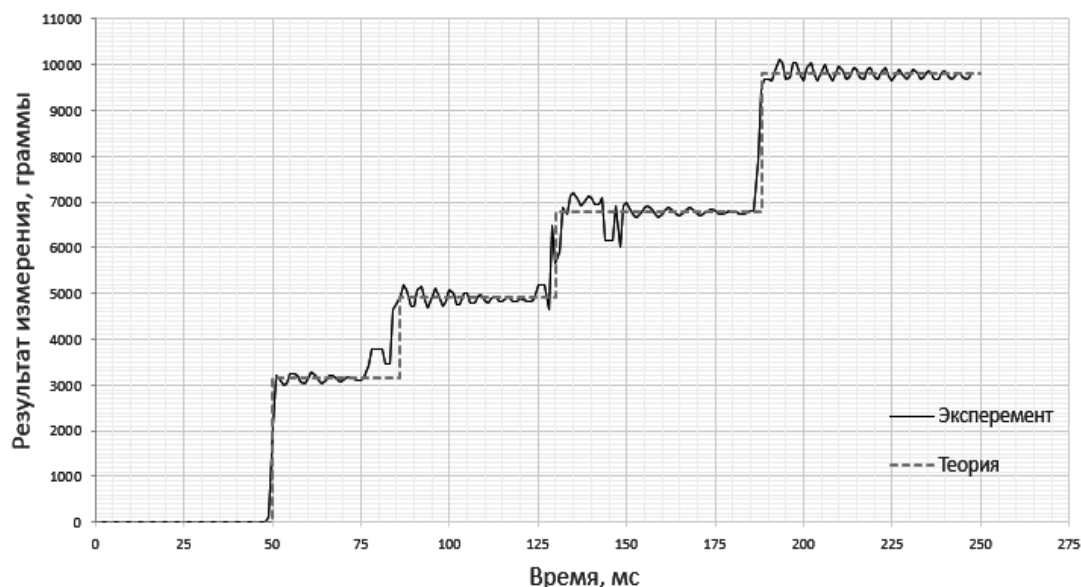


Рис. 2. Результат физического эксперимента 1

При сравнении экспериментальных данных с «идеальными» можно заметить, что они отличаются незначительно. Данные отличия вызваны следующими факторами: погрешностью аналого-цифрового преобразования, влиянием аналогового шума, неточностью поправочного коэффициента.

На погрешность измерений также влияет динамика системы – при подвесе груза трос вследствие небесконечной жесткости начинает растягиваться и совершать затухающие механические колебания. Данную ошибку можно минимизировать, учитывая только значения в области с максимальным затуханием.

Для исследования поведения макета разработанной измерительной системы в условиях быстро изменяющихся сил натяжения был проведен следующий физический эксперимент. Груз массой m поднимался вверх рывком (с определенным ускорением), что имитировало фазу торможения либо начало движения лифтовой кабины. Полученные в результате эксперимента данные представлены на рис. 3.

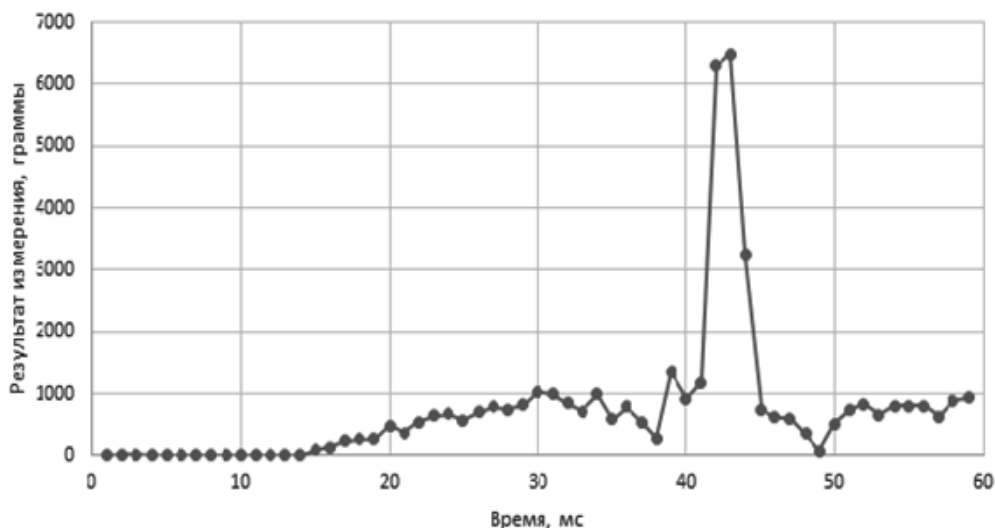


Рис. 3. Результат физического эксперимента 2

Как видно из графика, при подъеме груза значения по оси y быстро изменяются (особенно это заметно на участке от 40 с до 50 с по оси x). Полученные измерительные значения явно не успевают в полной мере отслеживать быстро изменяющиеся силы, возникающие в объекте измерений.

В результате испытаний макета разработанной измерительной системы был выявлен ряд недостатков, исходя из которых были предложены следующие меры по модернизации системы и ее характеристик.

Для возможности проведения измерений силы натяжения троса в моменты торможения и начала движения с приемлемой точностью необходимо увеличить частоту дискретизации АЦП минимум до 100 Гц на один канал.

Реализованный в макете разработанной измерительной системы режим работы приводит к потере текущих измерительных данных при потере связи. Для устранения этой проблемы следует добавить возможность записи измерительных данных в буферную память устройства. В качестве буферной памяти целесообразно использовать SD-карту, имеющую небольшие габариты, приемлемую скорость обмена данных и невысокую стоимость. При разрыве соединения все потерянные данные могут быть переданы одним пакетом. Поскольку объем накапливаемых измерительных данных ограничен только объемом буферной памяти (а емкость SD-карт очень велика), такое устройство позволит проводить измерения важных эксплуатационных технических параметров лифтового оборудования в течение длительного времени, гарантированно превышающего длительность рабочего дня оператора-обходчика.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Иванов Ю. И., Югай В. Я. Интерфейсы средств автоматизации. Таганрог, 2005.
2. Макаров Р. А., Ренский А. Б., Боркунский Г. Х. Тензометрия в машиностроении. М. : Машиностроение, 1975.
3. Левшина Е. С., Новицкий П. В. Электрические измерения физических величин. М. : Энэргоатомиздат, 1983.
4. Дайчик М. Л., Пригоровский Н. И., Хуршудов Г. Х. Методы и средства натурной тензометрии. М. : Машиностроение, 1989.
5. Android. Программирование для профессионалов / Б. Харди [и др.]. 2016.