

ПРОГРАММИРУЕМЫЙ УСИЛИТЕЛЬ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО (ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКОГО) МОСТА¹

Е.В. Капустин, А.Ю. Ефремов

В статье рассмотрен 4-канальный программируемый усилитель предназначенный для нормирования, оцифровки и передачи сигнала с измерительного резистивного моста.

Ключевые слова: измерение, тензометр, измерительный мост.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из важнейших задач современного промышленного производства машин, аппаратов и сооружений является снижение материалоемкости с одновременным повышением надежности и ресурса машин по критериям прочности. Развитие техники и создание новых ее отраслей приводит к ужесточению условий эксплуатации, которые создают большие трудности в решении этой задачи. Важнейшим этапом решения проблем обеспечения прочности и ресурса при проектировании машин является определение деформаций, напряжений, перемещений и усилий, вызываемых силовыми и тепловыми нагрузками.

Действительные нагрузки, обусловленные спецификой эксплуатации металлоконструкций, особенно при аварийных ситуациях могут существенно отличаться от рассчитанных при проектировании. Поэтому для определения реальной нагруженности деталей машин на стадии проектирования, доводки опытных образцов, и особенно в реальных условиях эксплуатации, большое значение приобретают методы экспериментальной механики и, в частности, тензометрия.

Современный тензометрический эксперимент, как правило, требует одновременной и синхронной регистрации деформации и других величин, обуславливающих режим работы машин и их изменение во времени (силы, давления, температуры, обороты, скорость движения, время и т.п.), поэтому в последнее время наиболее часто применяют информационно-измерительные системы (ИИС), позволяющие решать эту задачу.

Натурная тензометрия позволяет определить действительные данные о напряжениях в деталях машин и их детерминированных и стохастических изменениях в рабочих условиях, т.е. получить надежные данные для оценки ресурса машин [1].

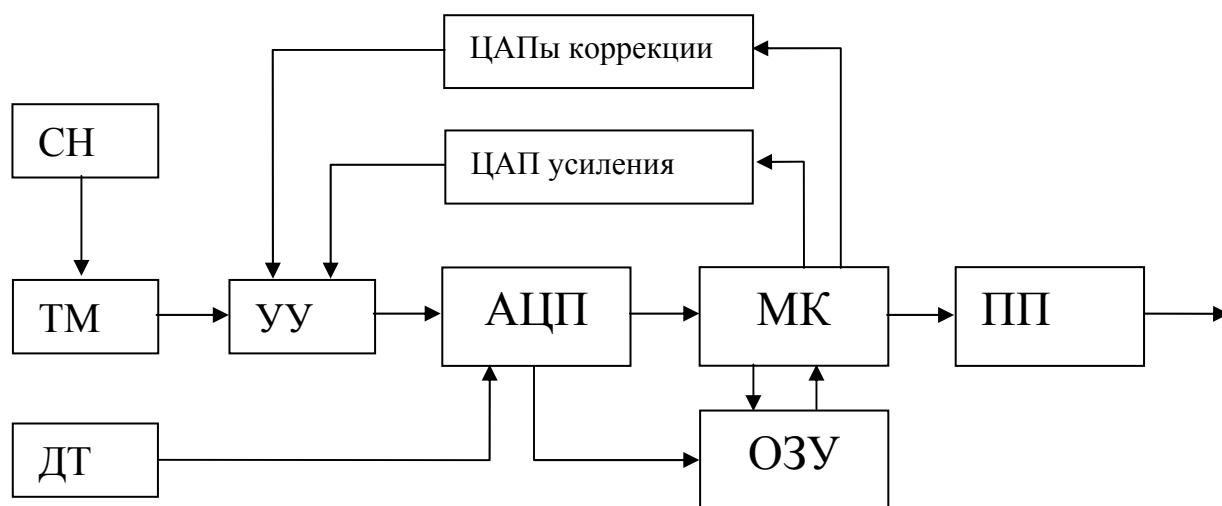
ТИПОВОЙ УСИЛИТЕЛЬ ТЕНЗОМОСТА

Механические напряжения в металлоконструкциях измеряют с помощью тензорезисторов, включенных, как правило, по мостовой схеме. Тензометрический мост необходимо запитать стабильным напряжением, для чего потребуются прецизионный стабилизатор напряжения. Далее, сигнал с диагонали моста, несущий информацию о механическом напряжении, необходимо усилить до требуемого уровня и передать на измерительный прибор. Для нормальной работы моста в него необходимо ввести, как минимум, два регулировочных элемента: для подстройки чувствительности и смещения.

¹ Работа выполнена в ходе производственной практики на ОДО «Стрим», г. Могилев

Также для обеспечения высокой точности и долговременной стабильности в состав тензометрического усилителя необходимо включить схему температурной компенсации. В современных условиях обработку результатов испытаний удобно производить с помощью ЭВМ, следовательно, в устройство необходимо добавить АЦП и интерфейсный блок для связи с компьютером по какому-либо протоколу. Кроме того, для тестирования конструкций при динамических нагрузках, усилитель должен обладать полосой пропускания порядка 3кГц.

Исходя из вышеизложенного и существующих схмотехнических решений получается устройство, функциональная схема которого показана на *рисунке 1*.



ТМ – тензорезисторный мост, ДТ – датчик температуры, СН – стабилизатор напряжения, УУ – управляемый усилитель, АЦП – аналого-цифровой преобразователь, ЦАП усиления – цифро-аналоговый преобразователь для регулировки усиления, ЦАПы коррекции – цифро-аналоговые преобразователи для регулировки смещения и дрейфа, МК – микроконтроллер, ОЗУ – оперативное запоминающее устройство, ПП – приемопередатчик.

Рис. 1. Упрощенная функциональная схема программируемого усилителя

КОНСТРУКЦИЯ ПРИБОРА

С другой стороны ряд зарубежных фирм выпускает интегральные схемы под обобщающим названием “sensor conditioner”. Это приборы с высокой степенью интеграции. Они содержат в себе все основные узлы для построения программируемого усилителя для мостовых измерений: управляемый усилитель; стабилизатор напряжения (тока) для питания моста; схему коррекции нелинейности, термостабилизации, автоподстройки нуля; память калибровочных констант; цифровой интерфейс связи с МК.

Для данной работы наиболее подходящей оказалась ИС PGA309 фирмы Texas Instruments [2]. Микросхема содержит следующие основные узлы (*рисунком 2*):

- 3-х каскадный инструментальный усилитель (ВхУ, УУ, ВыхУ);
- стабилизатор напряжения для питания моста (СН);
- схема управления (СУ), содержащая ЦАПы установки амплитуды и смещения, ЦАПы компенсации дрейфа амплитуды и смещения, цифровой интерфейс для связи с микроконтроллером и внешней памятью калибровочных констант (шина I²C);
- схема автоматической подстройки нуля входного усилителя ($f = 7$ кГц);
- схема измерения температуры с внутреннего (внешнего) датчика (ДТ, АЦП Т);
- источник опорного напряжения (ИОН);
- схема линеаризации функции преобразования (СЛ, ЦАП Л);

- интерполятор кривой линейризации;
- схема ограничения выходного сигнала на заданном уровне (СО);

Схема автоматической подстройки нуля накладывает ограничение на полосу пропускания до 3,5 кГц, что вполне удовлетворяет поставленным требованиям. Установка коэффициента усиления, напряжения смещения, ввод калибровочных констант, считывание внутренних буферов и внешней памяти и все остальные операции по управлению микросхемой осуществляются посредством цифрового интерфейса.

На базе данной микросхемы был разработан программируемый усилитель измерительного (тензометрического) моста. Устройство содержит 4 идентичных канала усиления аналогового сигнала с 4-х независимых измерительных мостов, 4-х каналный АЦП, микроконтроллер, ОЗУ и CAN приемопередатчик.

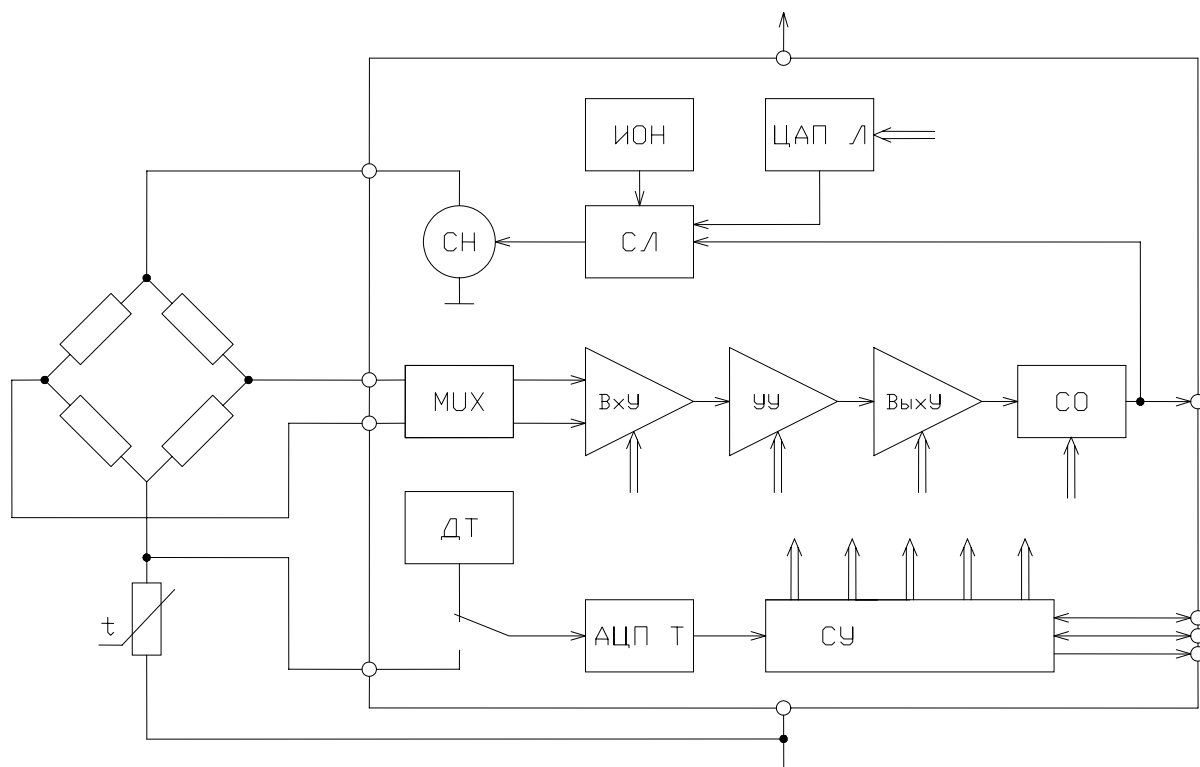


Рис. 2. Функциональная схема PGA309

Рассмотрим принцип работы программируемого усилителя измерительного (тензометрического) моста (рисунок 3). Микросхема PGA309 (У) вырабатывает стабилизированный ток для питания мостового датчика. Дифференциальный сигнал с диагонали моста поступает на вход усилителя этой же микросхемы. Коэффициент усиления МС PGA309 задается от 2,7 до 1152 передач управляющего слова на вход программирования. Далее усиленный, линейризованный и скорректированный аналоговый сигнал подается на вход 16-битного АЦП AD7655 (АЦП). Частота выборки АЦП может достигать 500 кГц. Оцифрованный сигнал по последовательному интерфейсу передается в 16-разрядный микроконтроллер MB90F497 (МК). Микроконтроллер осуществляет управление микросхемой программируемого усилителя, хранение результатов работы во внешней ОЗУ емкостью 1Мбит (ОЗУ) и связь прибора с ЭВМ. Соединение с компьютером осуществляется по CAN интерфейсу через трансивер PCA82C250T (CAN) со скоростью передачи данных до 1 Мбит/с. Применение данной микросхемы позволяет подключить к CAN шине до 110 подобных устройств. Питание (от 18В до 36В) берется

с CAN шины и стабилизируется в импульсном блоке питания (БП). CAN интерфейс применяется в полевых условиях, когда требуется большая длина соединительного кабеля, а так же высокая помехозащищенность и достоверность передаваемых данных [3, 4].

Прибор собран на двух печатных платах, которые закреплены друг над другом в пластмассовом корпусе размерами 90x50x35. Межплатное соединение выполнено с помощью 10-контактного разъема. На 1-ой, «базовой» печатной плате расположены: микроконтроллер, программируемая логическая интегральная схема (ПЛИС), ОЗУ, трансивер интерфейса связи с ЭВМ и блок питания. На 2-ой печатной плате, плате «расширения», располагаются четыре микросхемы программируемых усилителей и 4-х канальный АЦП.

ПЛИС на 1-ой печатной плате необходима для использования одной и той же «базовой» платы с различными платами «расширения». С помощью программируемой логической интегральной схемы реализуется необходимый на данный момент интерфейс связи с платой «расширения» и прямой доступ к ОЗУ с двух направлений (от микроконтроллера и от платы «расширения»). Т.е. достаточно записать в «базовую» плату необходимую программу и подсоединить нужную плату «расширения». На сегодняшний день так же разработана плата «расширения» «4-канальный осциллограф».

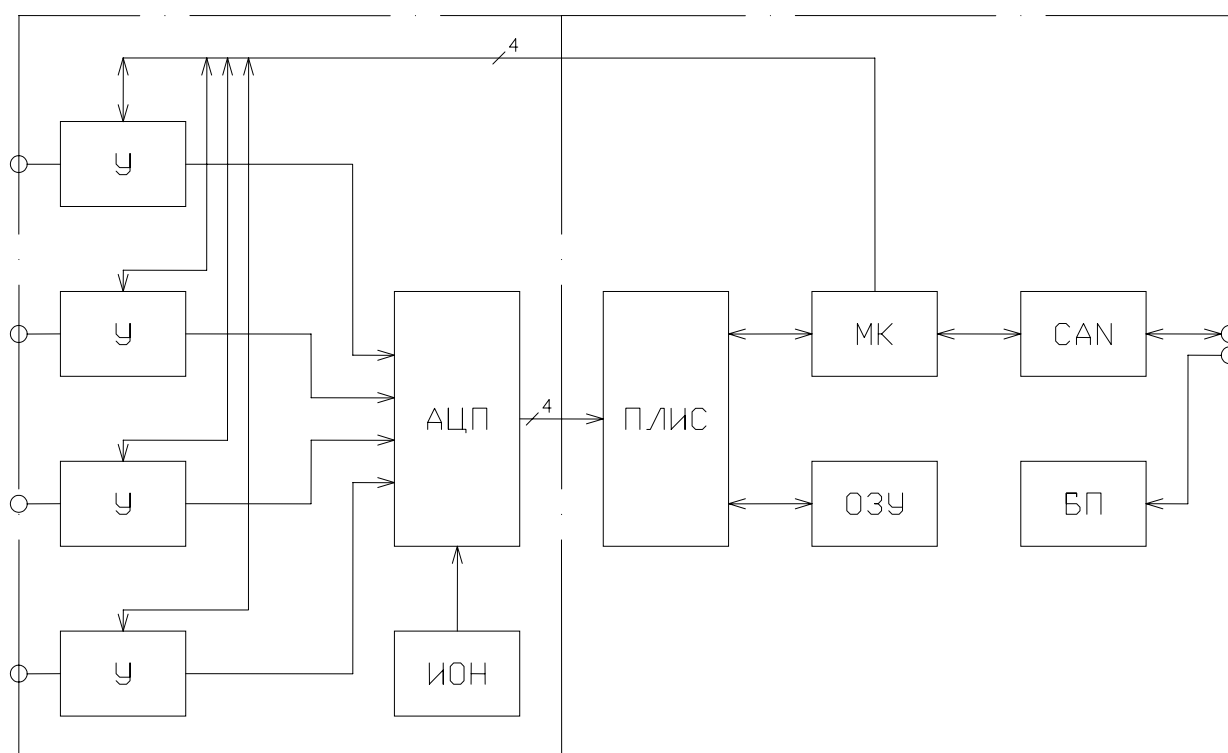


Рис. 3. Функциональная схема прибора

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Благодаря применению микросхемы PGA309 и других современных миниатюрных компонентов удалось совместить аналоговый и цифровой тракт обработки сигнала в малогабаритном и легком приборе. Разработанное устройство наиболее удобно использовать в распределенных системах сбора данных, где датчики размещаются малыми группами (до 4) на значительном удалении одной группы от другой. Применение CAN интерфейса позволяет располагать датчики с усилителями на расстоянии до 1 км

от центрального устройства сбора данных. Так же данный интерфейс обеспечивает высокую достоверность передаваемых данных. За счет широкого диапазона регулировки усиления достигается универсальность данного прибора. Его можно применять для усиления сигналов с любых измерительных мостов с резисторами от 100 до 1000 Ом. Прибор рассчитан на работу в различных климатических условиях при температурах от минус 40 до +85 градусов Цельсия.

Литература

1. Леоненко О.В. Оценка адекватности задания граничных условий при расчете на прочность металлоконструкций скрепера в режиме копания грунта. / Дорожно-транспортный комплекс как основа рационального природопользования: Материалы МНТК, посвященной 100-летию со дня рождения доктора технических наук, профессора К.А. Артемьева, 23 – 25 ноября 2004г. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2004. - Книга 1. - 2004
2. PGA309 Voltage Output Programmable Sensor Conditioner / Texas Instruments Incorporated [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://focus.ti.com/docs/prod/folders/print/pga309.html>
3. CAN интерфейс (Control Area Network) / Рынок микроэлектроники [Электрон. ресурс], 2005. Режим доступа: <http://www.gaw.ru/html.cgi/publ/interface/can.htm>
4. CAN in Automation (CiA) [Электрон. ресурс]. - Режим доступа: <http://www.can-cia.org>

Капустин Евгений Викентьевич

Студент электротехнического факультета
Белорусско-Российский университет, г. Могилев
Тел.: +375(29) 420-65-51
E-mail: kap.e.v@tut.by

Ефремов Алексей Юрьевич

Инженер
ОДО «Стрим», г. Могилев
Тел.: +375(222) 44-44-60