УДК 681.586.326:631.3

БЕСКОНТАКТНЫЙ ДАТЧИК КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА

В.Б. ПОПОВ
Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», Республика Беларусь

А.И. ЛИТАШ, А.Г. БАРАНОВ
РКУП «ГСКБ по зерноуборочной и кормоуборочной технике», Республика Беларусь

Актуальной задачей для машиностроения является определение и регистрация крутящего момента на вращающихся валах. Существуют различные способы определения момента и особый интерес представляет тензометрический метод.

В этом случае на испытываемую деталь (карданный, приводной вал) наклеиваются специальные чувствительные элементы – тензорезисторы. В процессе работы вал, скручивающийся под действием нагружающего момента, пропорционально изменяет сопротивление тензорезисторов, что и регистрируется по электрическому сигналу на выходе с датчика крутящего момента (ДКМ). Главное достоинство метода – возможность наклейки тензодатчиков практически на любой вал без дополнительной его доработки.

Для передачи сигнала с вращающегося вала используются токосъемные устройства, условно подразделяемые на два вида: контактные и бесконтактные. Контактные токосъемные устройства получили наибольшее распространение. К их недостаткам относят низкую надежность и помехозащищенность. Бесконтактные токосъемные устройства этих недостатков не имеют.

К сожалению, отечественная промышленность и предприятия стран СНГ не выпускают бесконтактных токосъемных устройств. Комплект одноканальной аппаратуры для определения крутящего момента производства фирмы HBM (Германия) в зависимости от исполнения стоит 15–20 тыс. евро. В связи с этим актуальность создания бесконтактного ДКМ, соответствующего техническим требованиям и одновременно доступного по цене, очевидна.

Для проведения удовлетворительных измерений крутящего момента в полевых условиях допустима ошибка в 3–5 %. Такое требование к измерительной аппаратуре объясняется погрешностью измерения датчиков и неравномерностью урожайности убираемой культуры. Необходимая дальность передачи сигнала определяется только биением карданного вала, вибрацией кронштейна приемной антенны и составляет от 10 до 30 мм. С учетом этих требований рациональным решением для бесконтактного токосъемника является устройство с емкостным каналом связи (рис. 1). Достоинство такого устройства – малые габариты, доступность компонентов, простота в исполнении и надежность в работе. Повышение надежности достигнуто благодаря уменьшению числа элементов схемы и паяных соединений между ними.

В конструкторско-исследовательском отделе технических измерений (КИОТИ) ГСКБ более 10 лет находится в эксплуатации телеметрическая тензометрическая установка (ТТУ-10) отечественного производства, предназначенная для бесконтактного съема сигнала. Комплект состоит из усилителя-преобразователя, приемной антенны и базового модуля. Он рассчитан на одновременную регистрацию крутящего момента по 10 каналам. ТТУ-10 отличалась надежностью и удобством в эксплуатации, устойчиво работала на высоких скоростях вращения валов и в самых тяжелых полевых условиях – грязь, дождь, мороз. Даже при сильных биениях валов (25–30 мм) удавалось произвести четкую запись информационного сигнала.

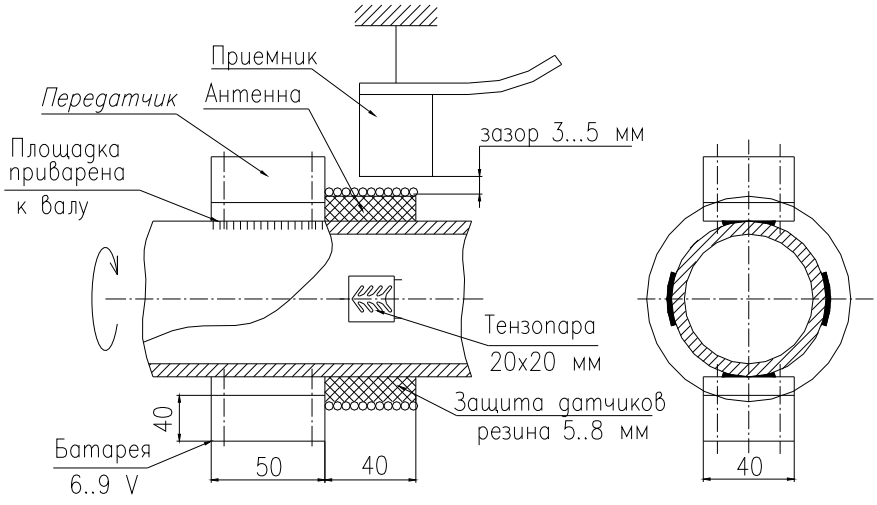


Рис. 1. Конструкция бесконтактного датчика крутящего момента

К недостаткам ТТУ-10 можно отнести большие габариты базового модуля, высокое энергопотребление, отсутствие прямого выхода сигнала на ПЭВМ. В целом установка оценивается положительно. К сожалению, в настоящее время выпуск ТТУ-10 прекращен, и аналогичная аппаратура отечественными предприятиями не выпускается. За время эксплуатации большая часть усилителей-преобразователей вышла из строя, причем из-за применения в них компаунда ТТУ-10 неремонтопригодна. Поэтому возникла задача разработки на современной элементной базе аналогичного комплекта аппаратуры с улучшенными характеристиками, главными критериями которого являются: повышенная надежность и помехозащищенность, малые габариты, низкое энергопотребление и стоимость. Установка должна иметь выход на ПЭВМ типа «ноутбук» для регистрации сигналов в режиме реального времени, а также возможность продолжительной автономной работы от аккумулятора напряжением +12…24 В.

В результате в КИОТИ ГСКБ был разработан и испытан ДКМ с емкостным каналом связи, отвечающий вышеперечисленным требованиям. В нем, по сравнению с серийно выпускавшейся ТТУ-10, внесены значительные изменения в структурную схему и полностью изменена принципиальная схема. Частотный сигнал с выхода преобразователя напрямую преобразуется в цифровой код, который затем по последовательному каналу связи передается на ПЭВМ. При использовании в качестве регистрирующего прибора компьютера типа «ноутбук» все принадлежности для проведения испытаний помещаются в небольшой сумке. Это очень важно при проведении выездных измерений на с/х машинах, работающих в разных климатических и почвенных зонах. Кроме габаритов, на порядок снижено энергопотребление базового модуля благодаря применению современных микросхем. Цифровая часть базового модуля построена на современном микроконтроллере, что позволяет при необходимости легко наращивать функции устройства. Базовое устройство имеет 4 канала определения и регистрации крутящего момента. Как показывает многолетний опыт проведения измерительных работ, это позволяет обеспечить до 98 % всех проводимых во время испытаний измерений. При необходимости проведения большего числа замеров, опыт можно повторить, переставив несколько датчиков. Кроме описанных выше преимуществ, к разработанному базовому модулю дополнительно можно подключить аналогово-цифровой преобразователь для ввода аналоговых сигналов с других датчиков – давления, перемещения, угла поворота и т. п. При этом ввод аналоговых сигналов и сигналов с ДКМ производится в одних временных координатах, что очень удобно при дальнейшем анализе параметров, характеризующих работу с/х машины. Для записи и обработки результатов измерений в ГСКБ разрабатывается специальное программное обеспечение, с помощью которого

можно будет записывать полученные данные на ПЭВМ, просматривать данные в реальном масштабе времени на экране дисплея и сохранять на диске в виде файла. Дальнейшая обработка включает возможность изменения масштаба полученных значений, нахождения минимума/максимума, среднего значения и спектра сигнала. Кроме того, предусмотрен вывод данных в виде таблиц и графических файлов отдельно либо непосредственно в шаблон Microsoft Word для оформления результатов измерений.

Блок-схема разработанного ДКМ представлена на рис. 2. Передающий блок состоит из элемента питания (батарея 6…15 В), стабилизатора тока для питания тензомоста, собственно тензомоста для измерения электрического сигнала, пропорционального крутящему моменту, усилителя-преобразователя и умножителя напряжения.

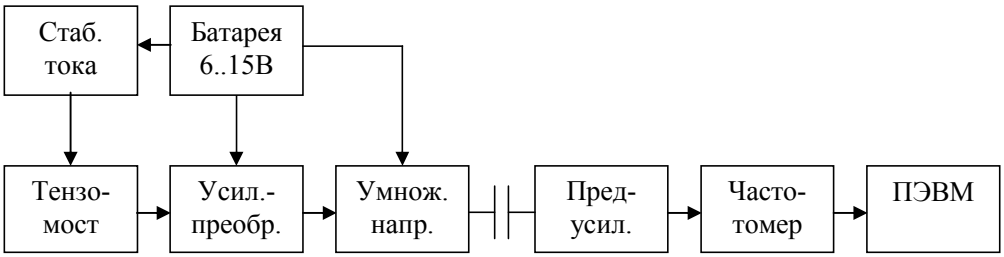
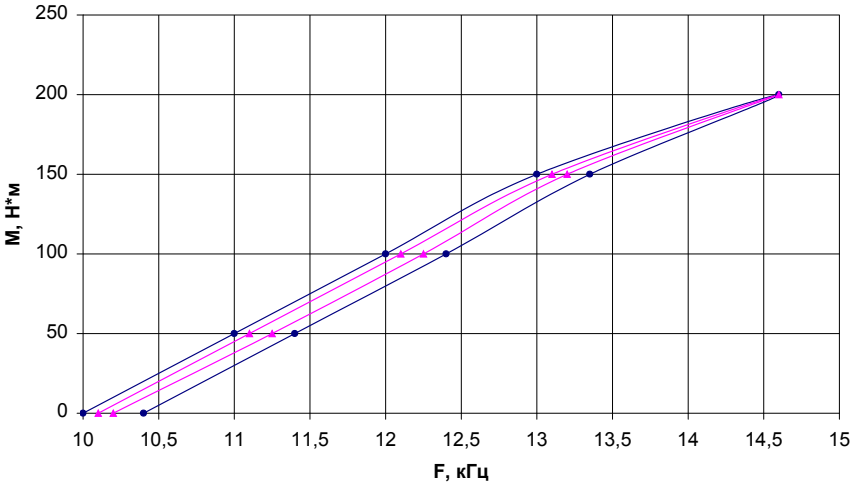


Рис. 2. Блок-схема бесконтактного датчика крутящего момента

Устройство работает следующим образом: наклеенный на испытываемую деталь тензомост запитывается от батареи через прецизионный стабилизатор тока. Сигнал с выхода моста поступает на усилитель-преобразователь, преобразующий напряжение в частотный сигнал, поступающий затем на умножитель напряжения. На выходе умножителя амплитуда сигнала составляет около 20...50 В. Усиленный сигнал подается на передающую антенну, которая представляет собой металлический экран шириной 30–50 мм, расположенный на валу. В качестве передающей антенны используется 5…7 витков толстого многожильного провода, намотанного на вал. В приемной части информационный сигнал усиливается предусилителем с высоким входным сопротивлением. Затем частота сигнала определяется частотомером (базовый модуль) и передается на ПЭВМ по последовательному интерфейсу.

Одним из основных требований при разработке всего устройства было повышение точности за счет применения современных элементов со стабильными характеристиками. Тарировочные графики датчика ТТУ-10 и опытного датчика показаны на рис. 3. У опытного датчика разница показаний при нагружении и снятии нагрузки (гистерезис) с испытываемого вала в зоне упругих деформаций составляет 8–10 Н · м, а у датчика ТТУ-10 – 20–23 Н · м, что более чем в два раза увеличивает точность измерений.



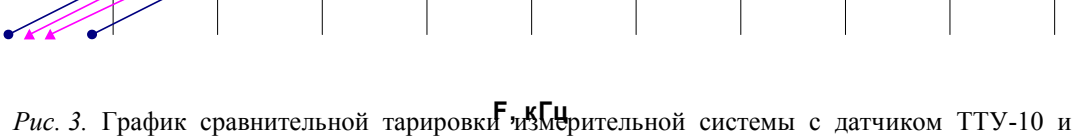


Рис. 3. График сравнительной тарировки измерительной системы с датчиком ТТУ-10 и опытным датчиком: —●—, датчик ТТУ-10, —▲— опытный датчик

Уменьшение потребляемой мощности передающим блоком позволяет увеличить продолжительность записи сигнала. Ток потребления разработанной схемы составляет 12…15 мА при напряжении питания 9 В. Сравнительные технические характеристики датчиков приведены в таблице.

Технические характеристики серийного (ТТУ-10) и опытного датчиков

Параметр	Датчик ТТУ-10	Датчик опытный
Вес, г	115	28
Габаритные размеры, мм	80×60×50	50×25×18
Потребляемый ток (при напряжении питания 9 В), мА	80…150	12…15
Погрешность, %	2,5…3	1…1,5

Использование нового ДКМ сокращает время подготовки испытаний. Например, монтаж 4 каналов для определения момента (без наклейки датчиков) занимает не более 30 минут. При этом не требуется демонтажа валов, что удобно для проведения повторных измерений. Помимо этого разработанный ДКМ имеет ряд преимуществ в сравнении с зарубежными аналогами. Габариты и вес позволяют применять его в узлах с ограниченным свободным пространством. Пониженная потребляемая ДКМ мощность позволяет увеличить время эксперимента, а сравнительно невысокая цена уменьшает затраты на испытания с/х машин.

Литература

1. Проектирование датчиков для измерения механических величин /под ред. Е.П. Осадчего. – М.: Машиностроение, 1979. – 480 с.: ил.
2. Испытания сельскохозяйственной техники /С.В. Кардашевский [и др.]. – М.: Машиностроение, 1979. – 288 с.: ил.
3. Власов-Власюк, О.Б. Экспериментальные методы в автоматике /О.Б. Власов-Власюк. – М.: Машиностроение, 1969. – 412 с.

Получено 06.10.2004 г.