

## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕНЗОРЕЗИСТОРНОГО ДЕЛИТЕЛЯ НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕРЕСИЛИВАНИЯ РУКОЯТКИ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

*Якунин Д.А., Чернецкая И.Е., Дюбрюкс С.А.  
Юго-Западный государственный университет, Курск*

**Ключевые слова:** тензорезистор, усилие, измеритель, рукоятка, измерительный мост, деформация.

**Аннотация.** В статье рассматривается применение тензорезисторов для определения усилия, оказываемого на рукоятку летательного аппарата пилотом. Метод пригоден как легкая в отладке альтернатива более сложным и ресурсозатратным способам. Недостатками являются повышенные требования к техническому процессу монтажа ЭРИ, необходимость обеспечения системе температурной стабильности в случае применения устройства вне нормальных климатических условий.

## THE USE OF A STRAIN GAUGE VOLTAGE DIVIDER TO DETERMINE THE OVERPRESSURE ON THE HANDLE OF AN AIRCRAFT

*Yakunin D.A., Chernetskaya I.E., Dubruks S.A., Borzov D.B.  
Southwest State University, Kursk*

**Keywords:** strain gauge, force, meter, handle, measuring bridge, deformation.

**Abstract.** The article discusses the use of strain gages to determine the force exerted on the handle of an aircraft by a pilot. The method is suitable as an easy-to-debug alternative to more complex and resource-intensive methods. The disadvantages are the increased requirements for the technical process of ERI installation, the need to ensure temperature stability of the system in the case of using the device outside normal climatic.

Тензометрический датчик – электронный компонент, предназначенный для измерения величины физического воздействия. На практике он широко применяется для косвенного измерения многих величин: силы, давления, веса, механического напряжения и крутящего момента [1]. Измерение деформации объекта так же является типовым назначением тензодатчиков. Обычный тензорезистор может иметь множество нестандартных применений, которые ограничиваются лишь фантазией разработчика и конструктивными особенностями устройства.

Положение рукоятки управления летательным аппаратом, функционирующим в режиме автопилота, может быть изменено на усмотрение пилота в любой момент полета. Привод электродвигателя, перемещающий рукоятку по сигналу от системы управления, находящийся в режиме удержания, должен получить сигнал о пересиливании (то есть «перебарывании» пилотом рукоятки) и разомкнуть фрикционную муфту для свободного перемещения рукоятки самостоятельно пилотом.

В рассматриваемом случае особенности электродвигателя вкупе с конструктивной реализацией передачи вращения рукоятке управления сделали определение пересиливания по току потребления невозможным. Ввиду низкого

коэффициента загрузки асинхронного электродвигателя усилия оператора-человека не приводили к росту потребления двигателем тока (надежно фиксируемого увеличения тока не наблюдалось даже при нарочном «заклинивании» рукоятки).

Были введены конструктивные единицы, представляющие собой плоские пружины, закрепленные на пружинодержателе (рис. 1). На пружинах наклеены тензорезисторы ТКПО-6-350(12), проводным монтажом сопряженные с модулем обработки. Пружины, вступая в контакт с бобышкой (рис. 2), деформируются при перемещении рукоятки. В зависимости от усилия, приложенного пилотом, деформация увеличивается и может быть зафиксирована тензорезистивными измерительными мостами (рис. 3) [2].

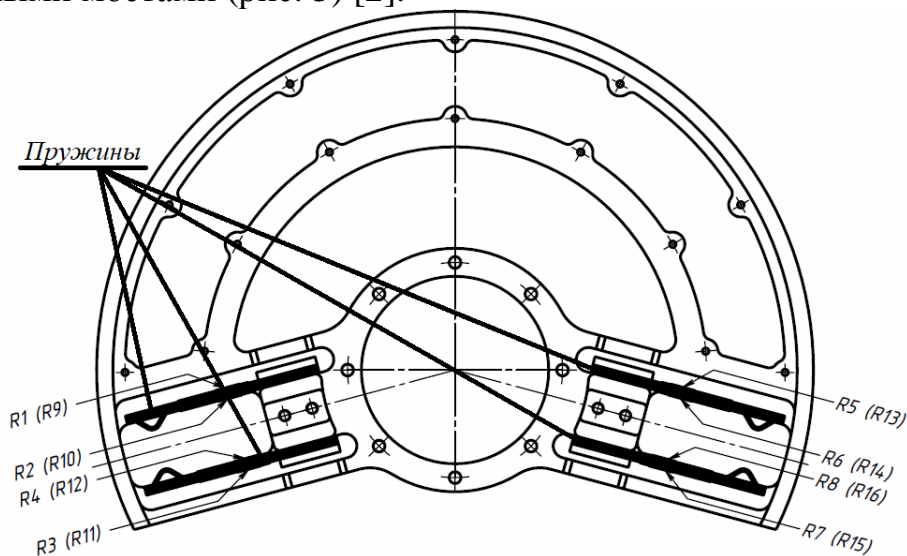


Рис. 1. Пружинодержатель с указанием размещенных на нем тензорезисторов (R1- R16)



Рис. 2. Механизм воздействия на плоские пружины

Модуль обработки тензорезисторов представляет собой микроконтроллер 1986BE4У1 с периферией, необходимой для обработки данных с тензорезистивных делителей и отправки CAN-посылок с признаком пересиливания в устройство управления.

Модуль калибруется в составе механического устройства рукоятки, так как допуски всех производственных операций по монтажу тензорезисторов, а также их индивидуальные особенности и конкретные разбросы параметров не оставляют возможности для адекватной автономной калибровки посредством калибровочных генераторов микровольтовых сигналов.

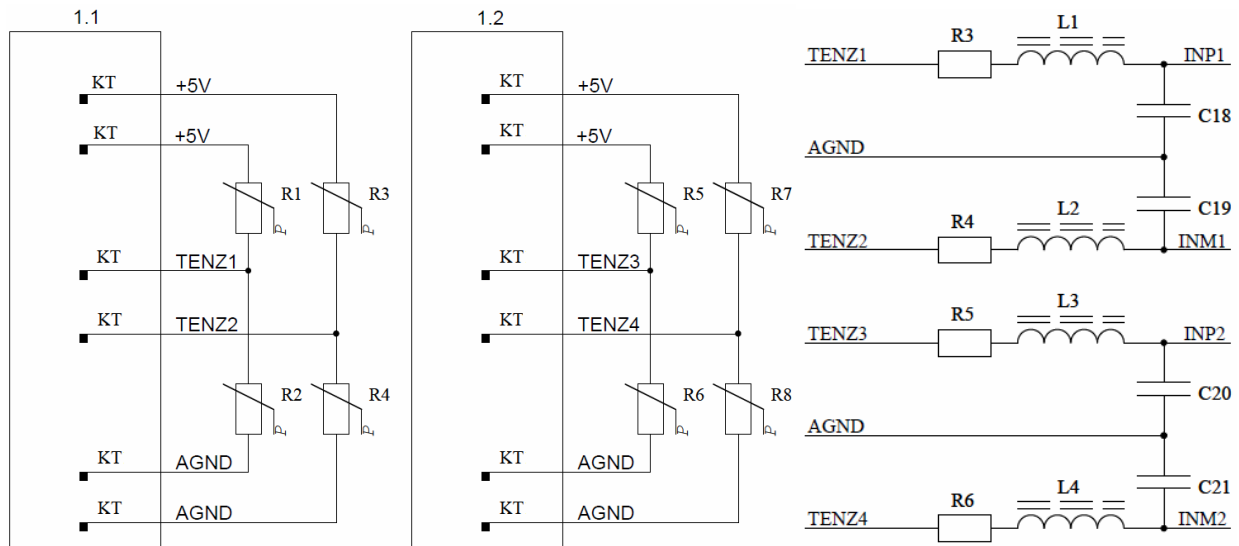


Рис. 3. Схема измерительных мостов (слева – часть, расположенная в механическом устройстве, справа – расположенная на измерительном модуле)

Модуль сопрягается посредством конвертора USB-RS232 с ПЭВМ, в программе настройки выставляется «окно» срабатывания признака пересиливания. После этого регулировщиком оказывается калибровочное воздействие на рукоятку штоком динамометра. При достижении порогового усилия срабатывания (выбирается исходя из заданных технических требований, на рисунке 4 приведен пример окна ПО для нижнего усилия срабатывания 22 Н<sup>м</sup>) напряжение, фиксируемое модулем обработки, по нажатию клавиши записывается в память.

При штатном функционировании устройства привода рукоятки в режиме автопилота, зафиксировав напряжение, соответствующее усилию более 22 Н<sup>м</sup> (с погрешностью  $\pm 300$  мВ [3]) в течение  $< 0,5$  секунд, модуль обработки выдаст в устройство управления CAN-посылку с признаком пересиливания.



Рис. 4. Интерфейс окна сервисного ПО

Данное конструктивно-схемотехническое решение достаточно дешево и просто в разработке. Оно позволяет не тратить время на отладку более сложных в реализации методов определения пересиливания, когда итерации разработки ограничены и требуется беспроблемно рабочий узел. Минусами являются повышенные требования к качеству монтажа тензорезисторов, пайке их выводов, температурной стабильности конструктивных единиц.

#### **Список литературы**

1. Пучкин Б.И. Приклеиваемые тензодатчики сопротивления. – Библиотека по автоматике, Вып. 207. – М.: Энергия, 1966. – 88 с.
2. Розенсон Э.З., Теняков Е.И. Измерительные уравновешенные мосты постоянного тока. – Л.: Энергия, 1978. – 112 с.
3. Куликов Ю.А., Зайцева И.В. Практическое руководство по проверке расчета пружин при изготовлении. – Горький: Красная Этна, 1951. – 36 с.

#### Сведения об авторах:

*Якунин Дмитрий Алексеевич* – аспирант;

*Чернецкая Ирина Евгеньевна* – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой;

*Дюбрюкс Сергей Александрович* – к.т.н., доцент, преподаватель.