

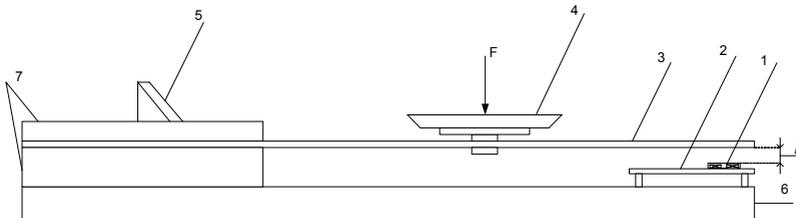
А.В. ГУСЕЛЬНИКОВ, магистр НТУ «ХПИ»

ВЕСОИЗМЕРИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО С ДИСТАНЦИОННОЙ ПЕРЕДАЧЕЙ ИНФОРМАЦИИ

У статті наведені опис, принцип роботи, основні технічні характеристики розробленого ваговимірюючого пристрою з дистанційною передачею вихідного сигналу.

The article contains a description, working principle, the main technical characteristics of the developed instrument for measuring weight with a remote signal transmission.

В настоящее время в различных областях науки, техники и быта известны и применяются цифровые весоизмерительные устройства и приборы (весы) с индуктивными датчиками силы. К этим устройствам предъявляются следующие противоречивые требования: высокая точность и удобство обработки информации, с одной стороны и простота конструкции и невысокая стоимость с другой. Разработанное и описанное ниже весоизмерительное устройство (далее устройство) позволяет в большой степени устранить эти противоречия. Конструкция устройства представлена на рисунке 1.



- 1 – Индуктивный преобразователь;
- 2 – Измерительная плата;
- 3 – Балка равного сечения;
- 4 – Чашка для нагружения;
- 5 – Цифровое отсчетное устройство;
- 6 – Основание;
- 7 – Фиксатор балки.

Рисунок 1– Конструкция весоизмерительного устройства

Устройство состоит из датчика силы, формирователя прямоугольных импульсов, двух микроконтроллеров, цифрового отсчетного устройства (ЦОУ), передатчика (П) и приемника (ПР).

Датчик включает в себя чувствительный элемент (ЧЭ) - упругую балку равного сечения, выполненную из дюралюминия марки Д16Т, индуктивный преобразователь (ИП), состоящий из катушки

индуктивности, содержащей 6 витков медного провода ПЭВТ-035, намотанных на половине броневое сердечника типа Б9 из феррита 50ВН и LC-автогенератор электрических колебаний, выполненный на двух логических элементах и-не микросхемы КР1533ЛНЗ. Пропорциональный измеряемой величине (весу), прогиб ЧЭ вызывает изменение зазора между концом упругой балки и разомкнутой поверхностью ИП, что приводит к изменению (уменьшению на ΔL) индуктивности L катушки и изменению (увеличению на Δf) частоты f автогенератора. Особенностью датчика силы [1] является простота конструкции и высокая надежность, а также исключение влияния, приводящих к возникновению погрешности, краевых эффектов за счет того, что площадь балки намного больше площади разомкнутой поверхности сердечника ИП.

Прогиб (l) упругой балки равного сечения под действием веса (F) может быть определен по следующей формуле [2]:

$$l = \frac{6x^2}{bh^3E} \left(a - \frac{x}{3}\right) F,$$

и для выбранной балки с конструктивными параметрами: длина $a=100$ мм, ширина $b=57$ мм, толщина $h=1,1$ мм, точка приложения силы $x=50$ мм, модуль упругости материала $E=72$ ГПа, под действием максимального значения $F=50$ Н составляет $l=1,15$ мм.

Для определения характеристики преобразования датчика были проведены экспериментальные исследования (рис. 2), заключающиеся в нагружении ЧЭ образцовыми гирями Г4-210 МГ-1100-10.

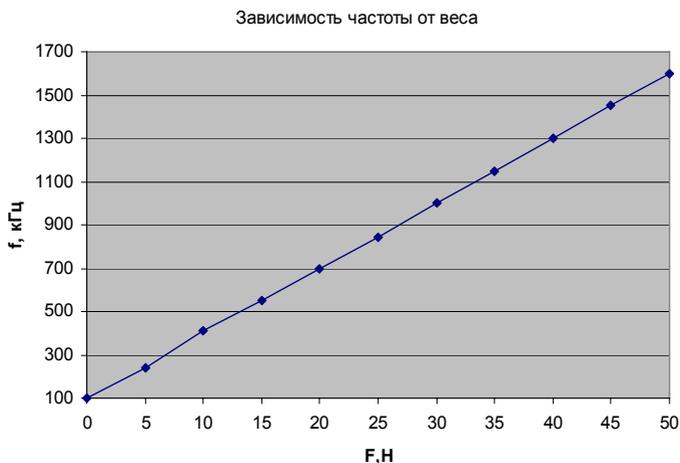


Рисунок 2 –График «Зависимость частоты от веса»

Формирователь прямоугольных импульсов, выполненный на двух логических элементах и-не микросхемы КР1533 ЛНЗ.

Микроконтроллеры МК1, МК2 – фирмы Atmel-ATmega 16 [3], выполняют обработку данных с выходов формирователя прямоугольных импульсов и приемника.

ЦОУ – 7-сегментный четырехразрядный светодиодный индикатор СС56-12SRWA, отображает код полученный с МК1.

Передатчик типа TX433N, предназначен для передачи по радиоканалу обработанного сигнала, полученного от МК1 на расстояние до 16 м.

Приемник типа RWS-371-6, предназначен для приема и передачи сигнала с П на МК2.

Схема устройства приведена на рисунке 3.

Весоизмерительный преобразователь работает таким образом:

При нагружении балки силой F , происходит ее прогиб δl , что в свою очередь вызывает изменение индуктивности ΔL , и соответственно изменение выходной частоты автогенератора. Частотозадающим является контур L, C_1 , где L – индуктивность катушки датчика, C_1, C_2 – слюдяные высокостабильные конденсаторы. Далее синусоидальное напряжение поступает на интегральный формирователь прямоугольных импульсов $D1$. С выхода формирователя прямоугольные импульсы ТТЛ – уровня поступают на МК1. Микроконтроллер, измеряет частоту, вычисляет коэффициенты уравнения преобразования и выдает результат на ЦОУ, и в виде двоичного кода на П далее следует беспроводная передача результата на приемник (ПР) и преобразование в двоично-десятичный код аналогичным МК2 с последующей передачей результата либо на ЦОУ либо на персональный компьютер с помощью интерфейса RS485 .

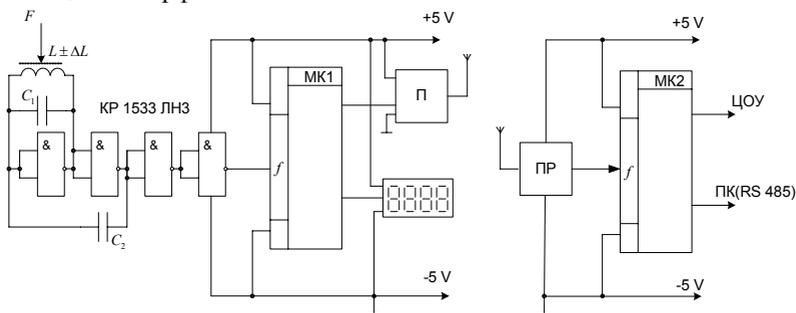


Рисунок 3 – Схема весоизмерительного устройства

Анализ погрешностей прибора – датчика, формирователя прямоугольных импульсов, микроконтроллеров, передатчика и приемника показал, что основным источником искажения показаний, который вносит наибольшую погрешность является ЧЭ датчика – балка.

Результирующая погрешность балки состоит из погрешности (δ_1) упругих свойств материала, температурной (δ_2) и конструктивной (δ_3) погрешностей значения которых, для выбранной балки соответственно равны 0,15%, 0,14% и 0,12%.

Результирующая погрешность балки, при условии независимости составляющих определяется по следующему выражению:

$$\delta_{\Sigma} = \sqrt{\delta_1^2 + \delta_2^2 + \delta_3^2} = 0,24\% .$$

Для калибровки устройства были использованы образцовые гири. Калибровка проводилась в десяти точках диапазона измерений 0-50 Н. На чашку для нагружения устанавливаются разновесы таким образом, чтобы ЦОУ показал значение 5 Н. Определяется действительное значение усилия (F_o) по формуле

$$F_o = m_i \cdot g ,$$

где m_i – масса разновесов, g – ускорение свободного падения.

Далее определяется приведенная погрешность (γ) по формуле:

$$\gamma = (F_n - F_o) \cdot 100\% / F_{ном} ,$$

где F_n – показания калибруемого прибора по ЦОУ, $F_{ном}$ – номинальное значение усилия.

Таким же образом получают показания по ЦОУ для остальных девяти точек диапазона измерений. После этого проводятся аналогичные последовательные измерения в десяти точках рабочего диапазона при разгрузке, затем определяется погрешность вариации ($\gamma_{вар}$) по формуле:

$$\gamma_{вар} = (\overline{F_o} - \overline{F_o}) \cdot 100\% / F_{ном} ,$$

$\overline{F_o}$, $\overline{F_o}$ – действительное значение усилий при нагружении и разгрузке, соответственно.

Результирующая основная погрешность прибора составила $\pm 0,49\%$.

Диапазон измерений, Н: 0÷50.

Список литературы: 1. Решение про выдачу патента Украины по заявке № 2010 13561. Индуктивный датчик зусилля / Гусельников В.К., Гусельников О.В. 2. Полищук Е.С. Измерительные преобразователи – К.: Вища школа. Головное изд-во, 1981. – 296 с. 3. Шнак Ю.А. Программирование на языке С для AVR и PIC микроконтроллеров – К.: “МК-Пресс”, 2006. – 400 с., ил.

Поступила в редакцию 01.12.2010