

УДК 631.227:628.8/9.001.57

V. Dubick, I. Garasymchuck, P. Potapsky, I. Gordiychuck, candidates of technical Science State Agrarian and Engineering University in Podilya

CONSTRUCTIONAL FEATURES OF THE MULTICHANNEL MEASURING SYSTEM BASED ON THE ANALOG-TO-DIGITAL CONVERTERS

Annotation. Scientific-technical progress associated with the implementation of the national economy are more complex, automated machines, machines, processes, systems and controls. Most of them are based on the use of electronics and electronics. Any electronic equipment can be designed and manufactured only using many types of tools for measuring electrical quantities: voltage and current, frequency and phase of electromagnetic waves and their spectral characteristics, and many other features and options. Recently, widely used microprocessors embedded in the measuring devices to automate a large number of operations: zero installation, calibration, self-test, the choice of boundary measurements repeated measurement parameter processing measurement results and the ability to display the following as the average value of the measured parameter.

The aim of this work is to study the mode of operation and the creation of compact multichannel system with measurement errors less than 0.001%, which is allowed to work with beloved type sensors. Refers to the temperature sensors (metal, diode, semiconductor, gas), pressure, concentration of solutions, displacement, strain, etc. The system must perform complex multi-measurement input parameters (resistance, voltage transfer ratio) under certain initial conditions and the calculation of the sensor output measured values under complex measurements.

In this article the methods connected sensors for measuring systems based ADC, which is based dimension ratio of two voltages acting on outputs serially connected internal reference resistor and the resistance of the sensor by passing them through a standard AC generator.

Keywords: Resolution ADC tensorresistive sensor, Hall sensor, temperature sensor, reference generator.

В.М. Дубік, І.Д. Гарасимчук, П.В. Потапський, І.Й. Гордійчук, кандидати технічних наук, доценти ПДАТУ

ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ БАГАТОКАНАЛЬНОЇ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ НА БАЗІ АНАЛОГОВО-ЦИФРОВИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

Розглянуто методи підключень датчиків до вимірювальних систем на базі АЦП, на яких базується вимір відношення двох напруг, що діють на виводах послідовно з'єднаних внутрішнього еталонного резистора й опору датчика при пропущенні через них струму еталонного генератора.

Ключові слова: роздільна здатність, АЦП, тензорезистивний датчик, датчик Хола, датчик температури, еталонний генератор.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Науково-технічний прогрес пов'язаний з впровадженням у народне господарство країни все

більш складних, автоматизованих машин, станків, технологічних процесів, систем зв'язку та керування. У більшості своїй вони базуються на використанні електроніки та радіоелектроніки. Будь-яке електронне обладнання може бути розроблене та виготовлене тільки з використанням багатьох типів засобів вимірювання: напруги та сили струму, частоти та фази електромагнітних коливань, їх спектральних характеристик і багатьох інших характеристик та параметрів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми.

Останнім часом широке застосування отримали мікропроцесори [1], вбудовані у вимірювальні пристрої [2, 3], що дозволяє автоматизувати значну кількість операцій: установку нуля, калібрування, самоперевірку, вибір границі вимірювань, багатократне вимірювання параметра, обробку результатів вимірювання з можливістю наступної індикації як середнього значення вимірюваного параметра [4, 5].

Постановка завдання. Завданням роботи є обґрунтування режимів функціонування та створення малогабаритної багатоканальної системи з похибкою вимірювань не більше 0,001%, яка дозволяла би працювати з любым типом датчиків. Маються на увазі датчики температури (металеві, діодні, напівпровідникові, газові), тиску, концентрації розчинів, переміщення, деформації тощо. Система повинна виконувати багатоканальне вимірювання комплексу вхідних параметрів (опір, напруга, коефіцієнт передачі) при певних початкових умовах давача та розрахунок вихідних вимірюваних величин згідно комплексу вимірювань.

Виклад основного матеріалу дослідження. Персональний комп'ютер дає можливість виконувати процес виміру автоматично. У такому режимі можна забезпечити вимір по заданому вибору типу датчика по кожному каналу. Кількість каналів встановлюється оператором. Вимірювання проходять з прив'язкою до реального часу та автоматичним записом інформації, що дає можливість в короткий термін зняти різносторонні характеристики піддослідного об'єкта при проведенні наукових досліджень і контролі параметрів технологічних процесів, побудові прецизійної апаратури, а також при проведенні перевірки, калібрування, іспитів і метрологічної атестації засобів вимірювань, у тому числі датчиків інших електричних і неелектричних величин, наприклад, тензорезистивних датчиків чи датчиків Хола. Високий клас точності конструктивно вимагає використання багаторозрядних аналогово-цифрових перетворювачів (АЦП) та складного алгоритму калібрування. Розглянемо алгоритми вимірювання декількох типів датчиків, які використовуються в системах автоматичного слідкування за різними параметрами.

Режим використання резистивних датчиків температури.

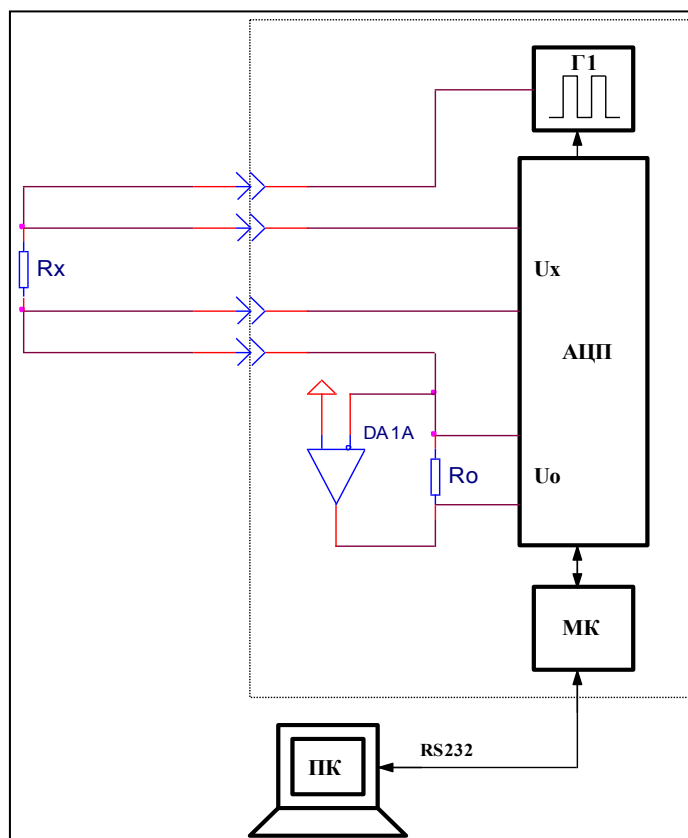


Рис. 1. Структурна схема в режимі виміру опору.

Система складається з генератора Г1 прямокутних імпульсів, внутрішнього зразкового резистора R_0 , захисного підсилювача DA1, аналого-цифрового перетворювача, мікропроцесорного контролера МК.

Г1 формує прямокутні імпульси напруги з частотою проходження 2 Гц і шпаруватістю $Q = 2$. При позитивній полярності напруги Г1 на R_x і R_0 створюється спадання напруги U_{x+} і U_{0+} відповідно. Ці напруги вимірюються АЦП і їхній код записується в пам'ять МК. Далі полярність напруги генератора Г1 змінюється на негативну і вимірюються напруги U_{x-} і U_{0-} . Після завершення циклу виміру МК розраховує величину об'єкта виміру за формулою:

$$R_x = \frac{U_{x+} - U_{x-}}{U_{0+} - U_{0-}} \cdot R_0 \quad (1)$$

Розрахована величина опору R_x передається в ПК по інтерфейсу RS232.

Зразковий резистор R_0 призначений для участі в операції порівняння з вимірюваним опором датчика. Його характеристики забезпечують довгострокове збереження розміру одиниці опору з високою стабільністю.

МК здійснює перетворення команд, що надходять від клавіатури чи приладу з ПК, у сигнали керування модулями і блоками приладу, розраховує по цифрових кодах, сформованих АЦП, значення обумовлених величин, а також передає обмірюване значення опору в ПК. Взаємодія з ПК здійснюється по інтерфейсу RS232.

ПК призначений для керування процесом виміру, обробки, візуалізації і збереження даних, а також для забезпечення діалогу оператора з приладом.

Основою, на якій базується процес виміру опору в приладі, є вимір відношення двох напруг, що діють на висновках послідовно з'єднаних внутрішнього еталонного резистора й опору датчика при пропущенні через них струму, вироблюваного генератором.

Генератор Г формує імпульсний струм (меандр) з амплітудою I , що викликає спадання напруги U_0 і U_x на опорах R_0 і R_x . Зазначені напруги вимірюються АЦП за два такти (при позитивній і негативній полярності струму генератора Г1) і МК формує вихідний код, що відповідає виразу:

$$N = \frac{U_{x+} - U_{x-}}{U_{0+} - U_{0-}} \cdot K, \quad (2)$$

де K – коефіцієнт пропорційності, що враховує коефіцієнти перетворення сигналів у вимірювальному й опорному трактах АЦП.

Через високі вхідні опори обох трактів АЦП і наявності захисного підсилювача струми, що протікають в опорах R_0 і R_x , приймаються рівними. При цьому вираз (2) перетвориться до виду:

$$N = \frac{U_{x+} - U_{x-}}{U_{0+} - U_{0-}} \cdot K. \quad (3)$$

АЦП здійснює перетворення напруг у N -розрядний двійковий код. Еталонний резистор являє собою високостабільний металофольговий резистор з відносною річною нестабільністю опору не вище $2 \times 10^{-3}\%$ і температурним коефіцієнтом опору не вище $5 \times 10^{-4}/^\circ\text{C}$.

У даній конфігурації цикл виміру складається з трьох тактів:

1. У першому такті замикається ключ S2 (комутатори S1 залишаються у вихідному стані як показано на схемі) і по ланці об'єкта виміру протікає струм джерела струму I_c (не більше 300 нА). Створений спад напруги надходить на вимірювальний вхід АЦП. Якщо вимірювана напруга U_{xc} перебуває за межами динамічного діапазону АЦП, приймається рішення, що ланка об'єкта виміру обірвана і цикл виміру завершується. Якщо в ланці об'єкта виміру відсутній обрив і вимірювана напруга U_{xc} знаходиться в межах динамічного діапазону АЦП, то на цьому контроль цілісності об'єкта завершується.

2. У другому такті ключ S2 розмикається, а комутатори S1 відключають об'єкт виміру і замикають вхід АЦП. При такій конфігурації АЦП вимірює напруга зсуву U_{x0} . Цей такт називається калібруванням нуля.

3. На третьому такті ключ S2 залишається розімкнутим, а комутатори S1 підключають об'єкт виміру до входу АЦП і виробляється вимір напруги U_{x1} на полюсах об'єкта.

Після завершення циклу виміру МК розраховує величину об'єкта виміру за формулою:

$$U_x = \frac{N_{x1} - N_{x0}}{K} \cdot U_0, \quad (4)$$

де N_{x1} і N_{x0} – коди АЦП, отримані при вимірі U_{x1} і U_{x0} ;

U_0 – опорна напруга АЦП;

K – коефіцієнт пропорційності, що враховує коефіцієнт перетворення сигналу у вимірювальному тракті АЦП.

Розрахована величина U_x передається в ПК по інтерфейсу RS-232.

Режим використання термоелектричних датчиків (термопар)

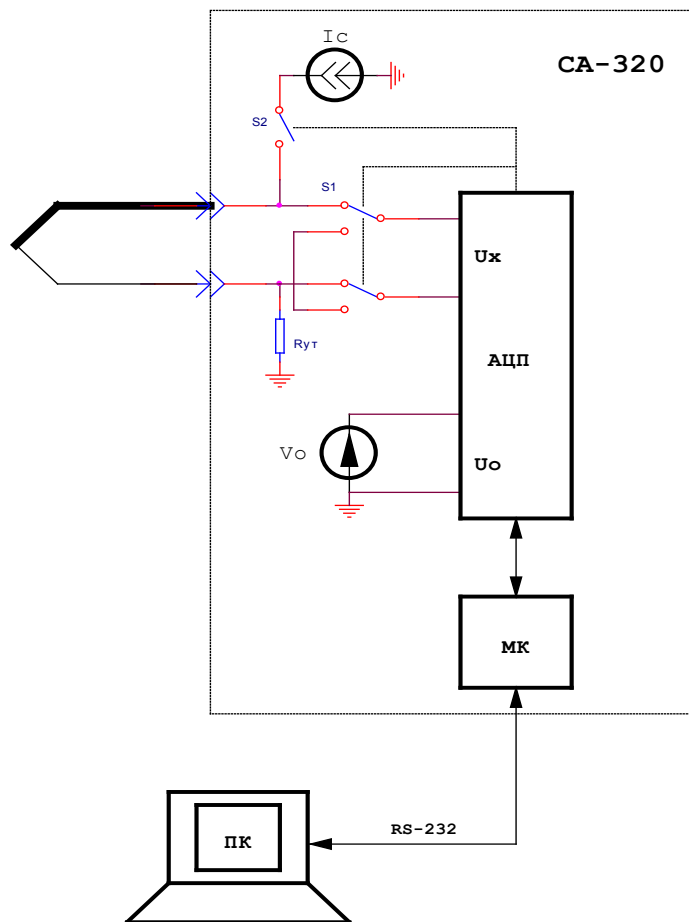


Рис. 2. Структурна схема вимірювальної ланки в режимі виміру термоелектричних датчиків.

Результати виміру видаються на екран дисплея приладу, на екран дисплея ПК і у файл даних (із прив'язкою до часу) у вигляді значень напруг підключених датчиків і у вигляді значень вимірюваної величини, розрахованих відповідно до попередньо введених оператором параметрів датчиків.

Опорна напруга U_0 являє собою високостабільне термокомпенсоване джерело напруги з відносно річною нестабільністю напруги не вище $1 \times 10^{-3}\%$ і температурним коефіцієнтом напруги не вище $1 \times 10^{-4}^\circ\text{C}$.

Високі температурна і тимчасова стабільність характеристик АЦП і опорної напруги визначають, відповідно до виразу (4), високу точність виміру напруги термоелектричних датчиків температури.

Режим виміру коефіцієнта передачі мостового тензодатчика

Основою, на якій базується процес виміру коефіцієнта передачі мостового тензодатчика, є вимір відносини двох напруг, що діють на вхідній і вихідній діагоналях тензомістка при пропущенні через них струму, вироблюваного генератором Г1.

Г1 формує прямокутні імпульси напруги з частотою проходження 2 Гц і шпаруватістю $Q = 2$. При позитивній полярності напруги Г1 вимірюється напруга U_{0+} на вхідній діагоналі тензомістка (комутатор S1 знаходиться у вихідному стані як показано на рис. 4), далі комутатор S1 переключається і вимірюється напруга U_{x+} на вихідній діагоналі тензомістка. Код (АЦП здійснює перетворення напруг у N-розрядний двійковий код) цих напруг записується в пам'ять МК. Далі полярність напруги генератора Г1 змінюється на негативну і процес виміру напруг U_x і U_0 - повторюється.

Після завершення циклу виміру МК розраховує величину коефіцієнта передачі за формулою:

$$K_U = \frac{U_{x+} - U_{x-}}{U_{0+} - U_{0-}} \cdot \frac{S}{K}, \quad (5)$$

де K – коефіцієнт пропорційності, що враховує коефіцієнт перетворення сигналів U_x і U_0 у вимірювальному тракті АЦП;

S – крутизна функції перетворення, що вводиться оператором для конкретного типу тензодатчика. Розрахована величина коефіцієнта передачі K_U передається в ПК по інтерфейсу RS-232.

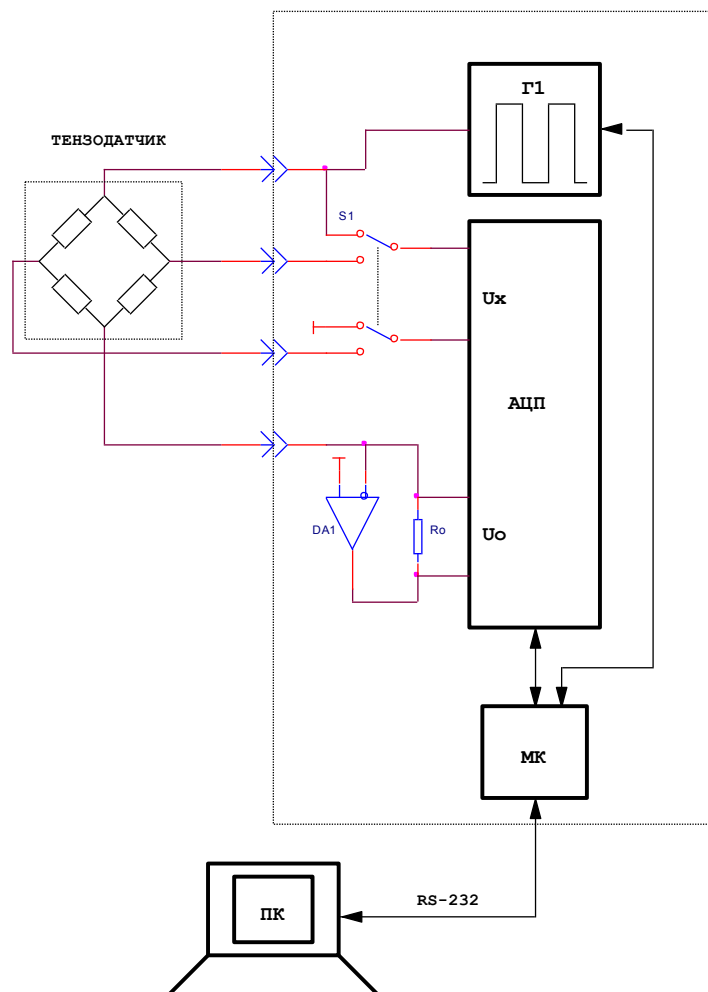


Рис. 3. Структурна схема вимірювальної ланки в режимі виміру коефіцієнта передачі мостового тензодатчика.

Результати виміру видаються у вигляді значень коефіцієнтів передачі напруг підключених датчиків і у вигляді значень вимірюваної величини, розрахованих відповідно до попередньо введених оператором параметрів датчиків.

Висновки. Обґрунтовано режими функціонування та створення малогабаритної багатоканальної системи з похибкою вимірювань не більше 0,001%, яка дозволяла би працювати з любым типом датчиків.

Система може виконувати багатоканальне вимірювання комплексу вхідних параметрів (опір, напруга, коефіцієнт передачі) при певних початкових умовах давача та розрахунок вихідних вимірюваних величин згідно комплексу вимірювань.

Список використаних джерел

1. Вострокнутов Н.Н. Цифровые измерительные устройства. Теория погрешностей, испытания, поверка. – М.: Энергоиздат, 1990.
2. Шлыков Г.П. Определение интервальных значений погрешности цифрового измерения через параметры реальных ступеней квантования: Сборник научных трудов Пензенского политехнического ин-та. – Пенза: ППИ, 1982.
3. Сушко А.Ф., Капустников В.И., Васильев В.В. Поиск максимальной погрешности кодоимпульсных АЦП // Метрология. – 1984. – № 11.
4. І.Д. Гарасимчук, І.Й. Гордійчук, С.Б. Слободян, В.М. Дубік. Визначення похибок вимірювання електричних величин пристроями на базі АЦП. / Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету. Випуск 18 / За редакцією доктора с.-г. наук, професора, академіка АН ВО України, Заслуженого діяча науки і техніки України, ректора університету (голова) М.І. Бахмата – Кам'янець-Подільський. – 2010. – № 18. – С. 446-450.
5. Russell Anderson. Programming the MSC1210. Application Report (SBAA076A).

Аннотация. Рассмотрены методы подключений датчиков к измерительным системам на базе АЦП, на которой базируется измерение отношения двух напряжений, что действуют на выводах последовательно соединенного внутреннего эталонного резистора и сопротивления датчика при пропускании через них тока эталонного генератора.

Ключевые слова: разрешение, АЦП, тензорезистивный датчик, датчик Холла, датчик температуры, эталонный генератор.