

**Khastsaev B.D., Dedegkaeva K.M., Korolev A.L., Abaev A.I.**

## **DESIGN OF MICROPROCESSOR BASED MULTIMETER AT THE STRUCTURAL LEVEL**

**Khastsaev B.D., Russian Federation, North Caucasian Institute of Mining and Metallurgy (State Technological University), Doctor of Science**

**Dedegkaeva K.M., Russian Federation, North Caucasian Institute of Mining and Metallurgy (State Technological University), к.т.н.**

**Korolev A.L., Russian Federation, North Caucasian Institute of Mining and Metallurgy (State Technological University), post-graduate**

**Abaev A.I., Russian Federation, North Caucasian Institute of Mining and Metallurgy (State Technological University), post-graduate**

### **Abstract**

The possibility of building an effective multimeters, microprocessor-based, ensuring the realization of the multimeters principle of direct measuring parameters of complex resistance. For the selected measurement method the algorithm processing the measured data and calculations of all parameters of complex resistance. Proposed structural scheme of the microprocessor multimeter.

**Keywords:** the parameters, the complex resistance, algorithm, multimeter, structural scheme.

### **Введение**

Актуальность выбранной проблемы обусловлена отсутствием на практике прецизионных мультиметров с широкими функциональными возможностями, включая возможность измерения многих параметров комплексного сопротивления (ПКС) объекта исследования (ОИ). Такие

мультиметры необходимы для диагностирования технических устройств, изготовления радиоэлектронных компонентов, научных исследований в различных областях науки, проведения экспресс-анализов в экспедициях, к примеру для предварительного отбора почв или горных субстанций и т.д. Подробнее о важности создания подобных средств измерения сказано в [1-6]. Однако в этих работах для построения приборных средств рассматривался только мостовой метод измерения ПКС и пути совершенствования реализации этого метода для контроля и управления сложными технологическими процессами.

Были исследованы многие аналоги, выявлены их достоинства и недостатки и был сделан вывод о целесообразности разработки мультиметра, лишенного недостатков существующих мультиметров. Так, проектируемый мультиметр отличается обеспечением большего объема информации о контролируемых и управляемых параметрах технологических процессов, об изучаемых ОИ, характеризуется большой дискретностью измеряемых величин (она равна 16000 значениям), а значит лучшими метрологическими характеристиками и т.д.

Несмотря на то, что проектируемый мультиметр ориентирован на измерение ряда электрических величин, в работе основное внимание уделяется вопросам измерения ПКС.

**1. Материалы и методы исследования**, используемые в работе, основаны как на математическом моделировании технологических аспектов процесса измерения, так и на вычислительном эксперименте. При этом вначале рассматривается метод измерения ПКС, включая алгоритм обработки данных измерения, а затем - структура предлагаемого мультиметра, алгоритм его функционирования.

## **2. Анализ метода прямого измерения параметров комплексного сопротивления**

Так как полное комплексное (полное) сопротивление  $Z$  объекта представляется уравнением:

$$Z=R+jX,$$

где:  $R$  – активное сопротивление и  $jX$  – реактивное сопротивление, то целесообразно экспериментальное определение двух ПКС и вычисление третьего параметра. На этом основывается метод прямого измерения параметров, рассматриваемый в работе. Отметим, что после определения третьего параметра ПКС обеспечивается вычисление и

остальных параметров комплексного сопротивления по известным формулам.

Метод рассмотрим на примере случая, связанного с необходимостью определения реактивной составляющей комплексного сопротивления ОИ. Следуя методу, необходимо предварительно определить как активное сопротивление  $R$ , так и полное сопротивление  $Z$ .

Известно, что определение параметра  $R$  возможно пропуская через ОИ постоянного тока и измерением падения напряжения на ОИ, а также измерением тока, протекающего через ОИ.

Определение параметра  $Z$  возможно путем пропускания через ОИ переменного тока с известной частотой и измерением падения напряжения на ОИ и измерением тока, протекающего через ОИ. Частота измерительного тока должна изменяться в зависимости от вида измеряемых реактивных параметров ИО и диапазона изменения измеряемых параметров.

На основе измеренных величин определяются активное сопротивление и полное сопротивление по формулам:

$$R = \frac{U_{\text{=}}}{I_{\text{=}}} \quad Z = \frac{U_{\sim}}{I_{\sim}}$$

Вычисление реактивного сопротивления возможно по формуле:

$$jX = Z - R = \frac{U_{\sim}}{I_{\sim}} - \frac{U_{\text{=}}}{I_{\text{=}}}$$

Реактивное сопротивление бывает двух видов: емкостное и индуктивное, определяемые из формул:

$$Z_L = R + j2\pi fL \quad Z_C = R + \frac{1}{j2\pi fC}$$

Тогда индуктивность ОИ или емкость ОИ определяются по формулам:

$$L = \frac{\frac{U_{\sim}}{I_{\sim}} - \frac{U_{\text{=}}}{I_{\text{=}}}}{j2\pi f} \quad C = \frac{1}{\left(\frac{U_{\sim}}{I_{\sim}} - \frac{U_{\text{=}}}{I_{\text{=}}}\right)j2\pi f}$$

Таким образом, метод прямого измерения ПКС, предлагаемый в работе, предусматривает экспериментальное измерение не менее двух параметров комплексного сопротивления и определение третьего параметра, а затем, используя известные формулы, вычисление и других ПКС ОИ. Это - тангенс угла потерь, добротность, процентное соотношение реактивного сопротивления к полному сопротивлению, удельное электрическое сопротивление и т.д.

Понятно, что предложенный принцип прямого измерения параметров комплексного сопротивления предопределил:

- алгоритм обработки данных измерения;
- структурную схему мультиметра;
- алгоритм работы мультиметра и т.д.

### 3. Алгоритм обработки данных измерения

Алгоритм предусматривает не менее пяти вычислительных процедур, которые кратко можно описать следующим образом:

- вычисление значения активного сопротивления ОИ;
- вычисление значения полного сопротивления ОИ;
- вычисление значения реактивного сопротивления ОИ;
- вычисление величин индуктивности  $L$  и  $C$  исследуемого объекта (все формулы для вычисления приведены выше);
- проведение вычислений по определению других ПКС ОИ (эти формулы требуют отдельного рассмотрения).

Процесс обработки измеренных данных можно организовать двумя способами:

- выбором микропроцессора с расширенными арифметическими способностями (тогда весь процесс вычисления может происходить внутри микропроцессора, а в постоянном запоминающем устройстве может храниться информация как о знаках используемого алфавита, так и о значениях констант);
- выбором микропроцессора со средними арифметическими способностями (тогда выбирается постоянное запоминающее устройство с большой памятью, так как объем хранимой информации существенно возрастает из-за необходимости хранения еще таблиц значений).

### 4. Структурная схема микропроцессорного мультиметра

Структурная схема мультиметра приведена на рис. 1, на котором показаны основные элементы схемы. В схеме приняты следующие сокращения. МП - микропроцессор, используемый для проведения всех необходимых вычислений и для обеспечения согласованной работы узлов мультиметра; Р - резонатор, обеспечивающий высокую стабильность тактовой частоты устройства; ОЗУ - оперативное запоминающее устройство, предназначенное для временного хранения результатов измерений и пр.; ПЗУ - постоянное запоминающее устройство, применяемое для хранения значений констант и данных о конфигурациях знаков используемого алфавита; ППА - параллельно-программируемый адаптер, обеспечивающий прием и передачу данных; ОИ - объект исследования, параметры которого, собственно, измеряются; АЦП - аналого-цифровой преобразователь, предназначенный для преобразования аналоговых сигналов, поступающих от измерительной части с ОИ, в кодовые (цифровые) сигналы; ВМ - выпрямительный мост, обеспечивающий выпрямление переменного напряжения в постоянное; УМТ - усилитель малых токов; ШР - шунтирующий резистор, ТК1 - ТК4 - транзисторные ключи, ТК1А - ТК4А и ТК3Б - ТК4Б – группы транзисторных ключей, работающих в режиме логического элемента «И», СОИ – средство для визуального отображения измеряемой информации.

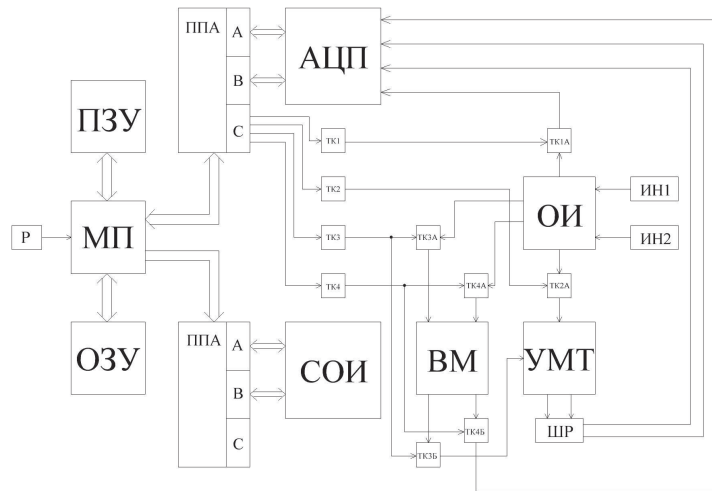


Рис. 1. Структурная схема микропроцессорного мультиметра

### 5. Алгоритм работы мультиметра

1. Проведение измерений на постоянном токе с целью определения активного сопротивления ОИ.

1.1. ППА открывает ключ ТК1, который разрешает подачу постоянного напряжения с ИН1 на ОИ, затем подачу сигнала постоянного напряжения на АЦП, который преобразует его в двоичный код, попадающий через ППА на обработку в МП. Далее этот код записывается в ячейку ОЗУ и выводится через второй ППА на СОИ.

1.2. ППА открывает ТК2, который обеспечивает через ТК2А доступ сигналу постоянного тока от ОИ к УМТ. Усиленный сигнал поступает на ШР с фиксированной величиной сопротивления, с которого напряжение поступает на АЦП. Двоичный код с выхода АЦП поступает на МП, записывается в ОЗУ и выводится на СОИ.

2. Проведение измерений на переменном токе с целью определения полного сопротивления ОИ.

2.1. ППА активирует ТК3, который подключит ИН2 к ОИ и повторится весь процесс аналогично тому, как описано в п.1, за исключением того, что сигнал переменного напряжения вначале проходит через МВ.

2.2. ППА активирует ТК4, который открывает доступ сигналу от ОИ через МВ к усилителю постоянного тока, и процесс повторяется аналогично описанному в п. 2.

Далее выполняется выше рассмотренный алгоритм обработки данных измерения.

### 6. Результаты и обсуждение

Применение микропроцессоров в мультиметрах обеспечивает:

- расширение функциональных возможностей мультиметров;
- упрощение построения структурной схемы мультиметров, а значит снижение аппаратных затрат на создание мультиметров;
- создание более простых методов измерения, что, в свою очередь, обеспечивает создание более простых алгоритмов обработки данных измерения;
- повышение метрологических характеристик мультиметров.

### 7. Выводы

Рассмотренный материал позволяет сделать вывод о широких функциональных возможностях и предполагаемых высоких метрологических характеристиках разработанного мультиметра. Следует отметить, что в значительной мере это достигается удачно построенной структурной схемой мультиметра и грамотно разработанным программным обеспечением микропроцессора (последнее здесь не рассматривается из-за ограниченного объема работы). Авторам статьи представляется в качестве результата работы огромный спектр практического применения предлагаемого мультиметра.

**References:**

- [1] Khastsaev B.D., Dryaeva Kh.Sh., Maksimova I.P., Khastsaev M.B. Structural synthesis impedance transducers based on computer-aided design of graphs // Devices and systems. Management Control Diagnosis. 2010. No. 2. p. 25-28.
- [2] Khastsaev B.D., Khastsaev M.B. Application information properties of the impedance in medicine and biology. Monograph LAP LAMBERT Academic Publishing. 2013. P. 96.
- [3] Khastsaev B.D., Khastsaev M.B. Quasiregulatory linearized multi-electrode converter of the impedance parameters for ACS // Devices and systems. Management Control Diagnosis. 2010. №5. p. 36-38.
- [4] Khastsaev B.D., Antipov K.V., Khastsaev M.B. Development of intelligent devices for automated control system of metallurgical Enterprise // Applied Sciences and technologies in the United States and Europe: common and scientific findings: Paper of the 6<sup>th</sup> International Scientific Conference (April 21, 2014). Cibunet Publishing. New York, USA, 2014. 225 p.
- [5] Khastsaev B.D., Bolotaeva I.I., Rutkowski L.A, Kovalyov M.A. Identification parameters of calcification process in the rotary kiln as an object with distributed parameters // F-L: Non-ferrous metallurgy, №2, 2014. P.31-36.
- [6] Khastsaev B.D., Khastsaev M.B. Method for impedance measurements in many points of the object and device for its implementation/ Patent of Russian Federation №2510032. Publ. 20.03.2014.
- [7] Khastsaev B.D. Development of intellectual capacitance and conductivity of the studied objects // Scientific

**Science and Technology #2 2016**

proceedings of the Kabardino-Balkarian state University,  
KBR, 1, 2015. P. 38-43.