

УДК 621.317.088

БЕСКОНТАКТНЫЙ СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ЖИДКОСТИ

О.Г. Корганова, В.А. Кузнецов

Самарский государственный технический университет
443076, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

Рассматривается измеритель электропроводности жидкости, точность которого повышена за счет применения тестовых методов повышения точности измерения.

Ключевые слова: *электропроводность жидкости, тестовые методы, трансформаторный преобразователь, погружной зонд, микроконтроллер, аддитивная погрешность, мультипликативная погрешность.*

В настоящее время актуальным является мониторинг окружающей среды. Одна из задач приборостроения связана с повышением точности измерения параметров при этом мониторинге.

В числе параметров, подлежащих мониторингу, – электропроводность жидкости, которую необходимо измерять с погрешностью не более 0,1 %.

На кафедре «Информационно-измерительная техника» разработан ряд устройств, точность которых повышена путем использования тестовых алгоритмов, реализуемых с помощью микропроцессорных устройств.

Одним из них является измеритель электропроводности жидкости.

Электропроводность жидкости, например морской воды, измеряется с помощью глубоководных зондов с целью определения концентрации солей, растворенных в воде.

Наиболее просто электропроводность жидкости определяется электродным методом, при котором измеряется электрический ток между металлическими электродами, погруженными в жидкость. Однако этот метод имеет большую погрешность измерения, возникающую из-за поляризации электродов, их загрязнения, окисления и растворения вследствие электролиза.

Более эффективным является бесконтактный индукционный метод измерения жидкости с помощью трансформаторного измерительного преобразователя, погруженного в жидкость.

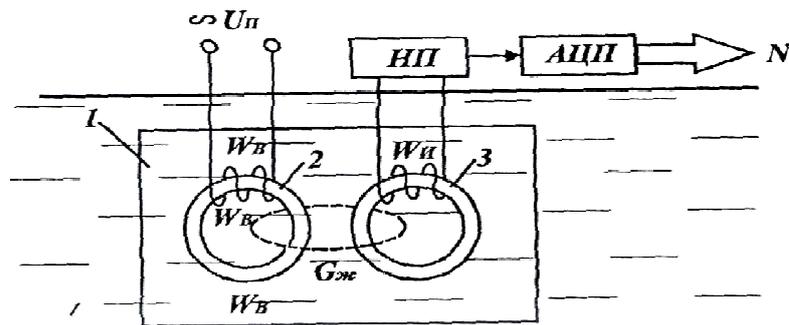
На рис. 1 представлена схема бесконтактного трансформаторного измерительного преобразователя электропроводности жидкости в электрический сигнал.

Погруженный в жидкость зонд 1 содержит первый магнитопровод 2 с обмоткой возбуждения W_B , второй магнитопровод 3 с измерительной обмоткой W_I , нормирующий преобразователь НП и аналого-цифровой преобразователь АЦП.

Магнитопроводы расположены рядом и омываются жидкостью, которая образует короткозамкнутый виток, связывающий оба магнитопровода, как показано пунктиром. Проводимость этого витка $G_{Ж}$ зависит от концентрации солей, растворенных в воде.

Ольга Георгиевна Корганова (к.т.н., доцент), доцент кафедры «Информационно-измерительная техника».

Владимир Андреевич Кузнецов (к.т.н., доцент), доцент кафедры «Информационно-измерительная техника».



Р и с. 1. Схема бесконтактного трансформаторного преобразователя электропроводности жидкости

При подаче напряжения питания в обмотку возбуждения первого магнитопровода в нем возникает магнитный поток, который индуцирует ток в жидкости, окружающей магнитопроводы. Этот ток охватывает магнитопровод и наводит в нем магнитный поток.

Магнитный поток второго магнитопровода индуцирует в измерительной обмотке ЭДС, определяемую выражением

$$E = k_T \cdot G_{Ж},$$

где k_T – коэффициент преобразования трансформаторного преобразователя;

$G_{Ж}$ – электропроводность жидкости.

Эта ЭДС усиливается и преобразуется нормирующим преобразователем НП в сигнал, удобный для передачи в аналого-цифровой преобразователь, а на выходе АЦП формируется в код, определяемый выражением

$$N = kG_{Ж} + \Delta_a, \quad (1)$$

где k – коэффициент преобразования всего измерительного канала;

Δ_a – аддитивная погрешность.

Нестабильность коэффициента k , наличие погрешности Δ_a приводят к снижению точности измерения электропроводности жидкости.

Повышение точности измерения параметра $G_{Ж}$ достигается применением тестовых методов повышения точности.

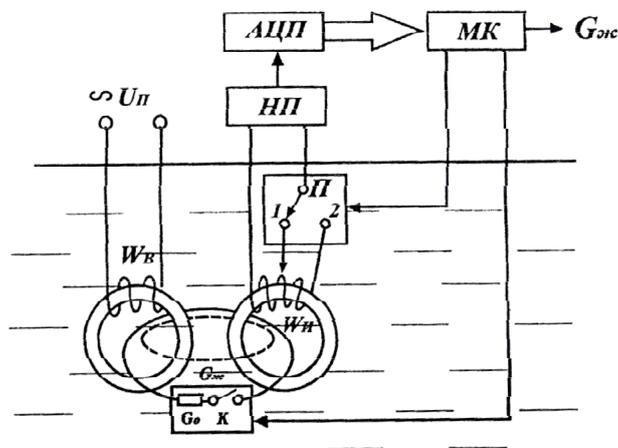
На рис. 2 представлена схема устройства для измерения электропроводности жидкости с применением тестовых методов повышения точности измерения.

По сравнению со схемой устройства, приведенной на рис. 1, в эту схему дополнительно введены проводник, охватывающий оба магнитопровода, с образцовым резистором проводимостью G_0 и ключом K , дополнительная секция в измерительной обмотке $W_{И}$, переключатель Π на два положения и микроконтроллер МК.

Измерения электропроводности жидкости проводится в три такта.

В первом такте ключ K разомкнут, переключатель Π находится в положении 1. На вход микроконтроллера поступает код N_1 , определяемый выражением (1).

Полученное значение кода N_1 вводится в память микроконтроллера.



Р и с. 2. Схема устройства для измерения электропроводности жидкости с применением тестовых методов повышения точности измерения

Во втором такте формируется аддитивный тест, при этом ключ K замкнут, а переключатель $П$ находится в первом положении.

На вход микроконтроллера поступает код, определяемый выражением

$$N_2 = k(G_{Ж} + G_0) + \Delta_a,$$

где G_0 – проводимость образцового резистора. Значение кода N_2 вводится в память микроконтроллера.

В качестве образующего резистора выбирается высокостабильный резистор, выпускаемый промышленностью, с классом точности 0,01 % и малым значением ТКС.

В третьем такте формируется мультипликативный тест, при этом ключ K разомкнут, а переключатель $П$ переводится в положение 2.

Результат третьего измерения:

$$N_3 = kk_0G_{Ж} + \Delta_a,$$

где k_0 – мультипликативное приращение коэффициента преобразования трансформаторного преобразователя, определяемое числом дополнительных витков измерительной обмотки.

Значения параметров G_0 и k_0 заранее измеряются с высокой точностью и вводятся в память микроконтроллера.

Результаты трех полученных измерений обрабатываются микроконтроллером по алгоритму:

$$\begin{aligned} N_2 - N_1 &= kG_0; \\ N_3 - N_1 &= kG_{Ж}(k_0 - 1); \\ \frac{N_3 - N_1}{N_2 - N_1} &= \frac{G_{Ж}(k_0 - 1)}{G_0}. \end{aligned}$$

Из последнего выражения определяется проводимость жидкости:

$$G_{Ж} = \frac{N_3 - N_1}{N_2 - N_1} \cdot \frac{G_0}{k_0 - 1}.$$

Таким образом, тестовые алгоритмы повышения точности измерения позволяют полностью исключить погрешности, связанные с нестабильностью коэффициента преобразования измерительного канала и наличием аддитивной погрешности.

Нестабильность напряжения питания U_{II} приводит к изменению коэффициента преобразования k всего измерительного канала. Тестовые методы полностью исключают влияние этого коэффициента на алгоритм измерения, а следовательно, исключается погрешность из-за нестабильности напряжения питания.

Точность измерения теперь зависит от погрешности задания проводимости G_0 образцового резистора, погрешности установки мультипликативного приращения k_0 коэффициента преобразования трансформаторного преобразователя и погрешности вычислительных операций.

Тестовые методы эффективны и при нелинейной функции преобразователя измерительного канала, позволяя ограничиться только двумя тестами. Аддитивный и мультипликативный тесты связаны с измеряемой величиной, которая автоматически транспонирует эти тесты в зону рабочего участка нелинейной функции преобразования, а сами тесты позволяют осуществлять линейную интерполяцию в этой зоне.

Еще одно преимущество тестовых методов связано с отсутствием необходимости предварительной калибровки измерительного канала. Эта калибровка производится автоматически в процессе трех тактов измерения, когда формируются аддитивный и мультипликативный тесты.

Практическая реализация тестовых методов показала, что при их применении точность измерения возрастает в десятки раз.

Статья поступила в редакцию 21 февраля 2013 г.

NON-CONTACT METHOD OF THE LIQUID CONDUCTIVITY MEASURING WITH THE ACCURACY INCREASING

O.G. Korganova, V.A. Kuznetsov

Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaja st., Samara, 443100

Fluid conductivity sensor is considered. The error of sensor is reduced through the use of test methods to improve the accuracy of measurement.

Keywords: *Fluid conductivity, test methods, converter transformer, immersion sensor, micro-controller, adaptive error, multiplicative error.*

Olga G. Korganova (Ph.D.(Techn)), Associate professor.

Vladimir A. Kuznetsov (Ph.D.(Techn)), Associate professor.