

3. Використання математичного апарата, представленого в роботі, дозволяє розрахувати рівень надійності РЕС в процесі експлуатації з урахуванням проведення ППР і режиму самоперевірок.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дж. Сандлер. Техника надежности систем / Дж. Сандлер. – М.: Изд-во «Наука», 1966. – 400с.
2. Горский Л.К. Статистические алгоритмы исследования надежности / Горский Л.К. – М.: Изд-во «Наука», 1970. – 400с.
4. Жибарок А.Н. Основные понятия теории надежности / Жибарок А.Н. // Соросовский образовательный журнал. – 2001. – № 8, Т. 7. – С.108-114.
5. Игнаткин В.У. Оценка, контроль и прогнозирование метрологической надежности средств измерений / Игнаткин В.У. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 190с.

Надійшла до редколегії 09.09.2015.

УДК 621.346

ИВАНЧЕНКО А.В., к.ф.-м.н., доцент
ГОМИЛКО И.В., к.ф.-м. н., доцент
ТОНКОШКУР Ю.А., инженер
ИГНАТКИН В.У.*, д.т.н., профессор

Днепропетровский национальный университет им. Олеся Гончара
*Днепродзержинский государственный технический университет

ЦИФРОВАЯ СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ И ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ДЛЯ КОНТРОЛЯ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ ИЗОТЕРМИЧЕСКОЙ ДЕПОЛЯРИЗАЦИОННОЙ ТОКОВОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

Введение. Метод изотермической деполяризационной токовой спектроскопии используется для получения информации о структуре и электронных процессах в материалах и структурах, используемых в электронной технике [1-3]. Известно применение этого метода для исследований и контроля свойств полимеров [4-5], строительных материалов [6-7] и других объектов [8].

Процедура измерения деполяризационного тока включает стадии поляризации, когда к образцу прикладывается постоянное электрическое напряжение в течение определенного времени (не менее 30-60 мин.), и деполяризации, когда электроды образца закорачиваются и регистрируется релаксация его разрядного тока [9]. Однако непосредственное использование такой процедуры для спектроскопических исследований является трудоемким и занимает значительное время. Это прежде всего связано с необходимостью проведения измерений по программе, в которую входят воздействия таких факторов, как температура, освещение и т.д.

Один из способов повышения быстродействия и точности метода изотермической деполяризационной токовой спектроскопии тесно связан с разработкой информационно-измерительных технологий, позволяющих получать, преобразовывать к цифровому виду и передавать к процессорному устройству большие массивы данных.

Постановка задачи. Целью работы является разработка конкретного варианта цифровой системы измерений изотермических деполяризационных токов и передачи данных в компьютер.

Результаты работы. Блок-схема разработанной измерительной установки приведена на рис.1.

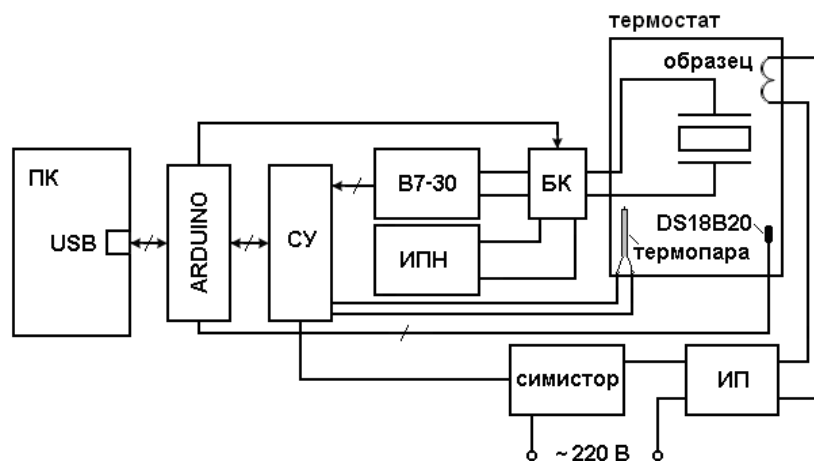


Рисунок 1 – Блок-схема системы

Последовательность измерений включает в себя:

- стабилизацию заданной температуры образца (этот процесс управляется с помощью термопары, цифрового датчика температуры DS18B20 и модуля нагрева);
- подачу на образец прямоугольного импульса поляризирующего напряжения

определенной длительности;

- отключение образца от источника питания и подключение к вольтметру-электрометру, который регистрирует кинетику изменения деполяризационного (разрядного) тока образца.

Как видно из рис.1, считывание информации и управление блоком коммутации осуществляется от USB порта персонального компьютера (ПК).

Согласующее устройство (СУ) является определенным интерфейсом взаимодействия между контроллером ArduinoUno (который непосредственно подключен к USB порту компьютера) и всеми другими узлами, которыми нужно управлять или контролировать: вольтметр-электрометр В7-30, датчик DS18B20, термопара, нагревающий узел. Цифровой вольтметр-электрометр универсальный В7-30 выполняет функцию преобразования аналогового сигнала, измеряемого на образце в цифровой, и работает только на выдачу информации в компьютер. Arduino через согласующее устройство считывает информацию с термопары (и/или цифрового датчика температуры DS18B20), расположенной вблизи измеряемого образца внутри термостата, и передает ее на вход USB порта. Управление блоком коммутации БК, служащим для переключения между стабилизированным источником питания (импульс поляризации) и вольтметром-электрометром, контролирующим ток разряда (до 10^{-15} А), происходит с этого же порта. Для подачи напряжения на образец в схеме используется источник поляризирующего напряжения (ИПН).

Термостат состоит из нагревательной спирали и источника питания (ИП). Он обеспечивает возможность проводить измерения при разных температурах.

Датчик DS18B20 – цифровой термометр с программируемым разрешением от 9 до 12 bit, которое может сохраняться в EEPROM памяти прибора. DS18B20 обменивается данными по 1-Wire шине. Диапазон измерений от -55°C до $+125^{\circ}\text{C}$ и точностью 0.5°C в диапазоне от -10°C до $+85^{\circ}\text{C}$.

В данной схеме использован ArduinoUno контроллер, построенный на ATmega328. Платформа имеет 14 цифровых вход/выходов (6 из которых могут использоваться как выходы ШИМ), 6 аналоговых входов, кварцевый генератор 16 МГц, разъем USB, силовой разъем, разъем ICSP и кнопку перезагрузки. Для работы необходимо подключить платформу к компьютеру посредством кабеля USB либо подать питание при помощи адаптера AC/DC или батареи. В отличие от всех предыдущих плат, использовавших FTDI USB микроконтроллер для связи по USB, новый ArduinoUno использует микроконтроллер ATmega8U2.

Принципиальная схема согласующего устройства приведена на рис.2.

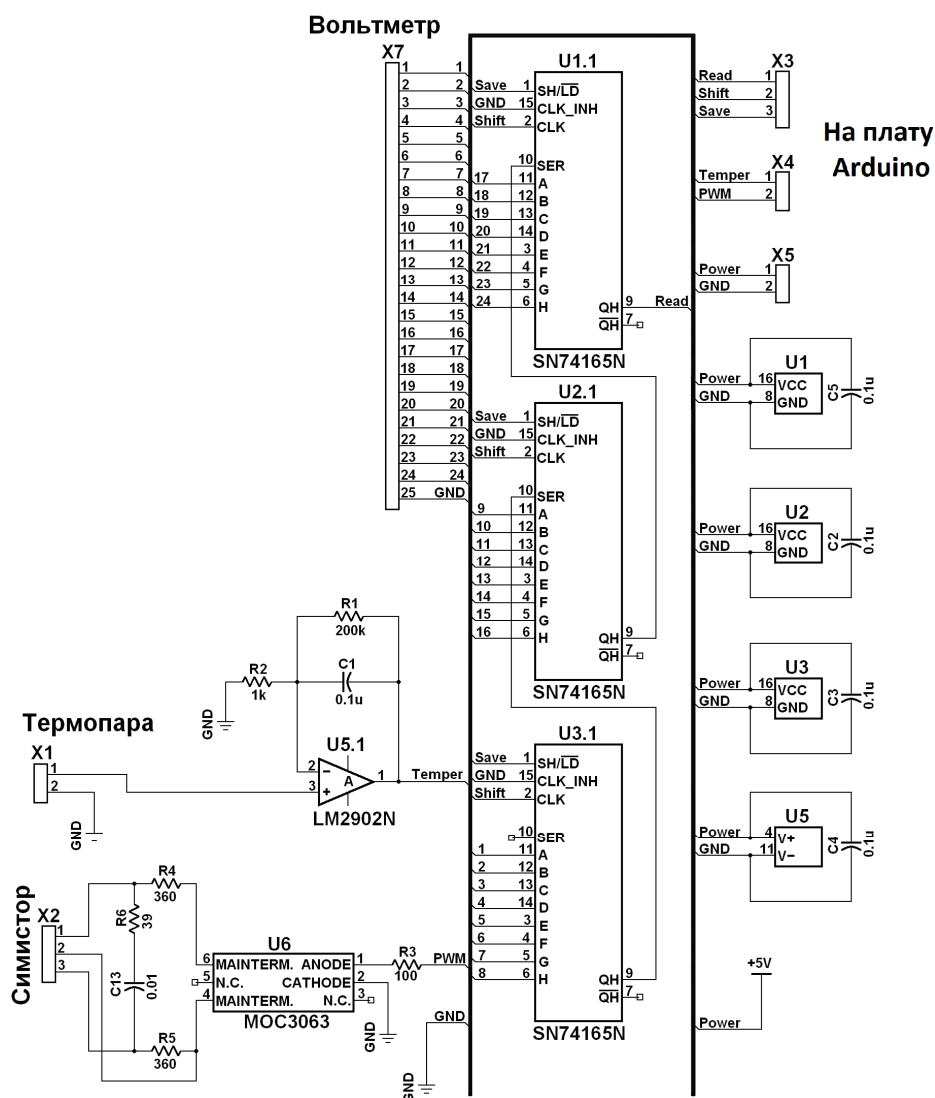


Рисунок 2 – Электрическая принципиальная схема согласующего устройства

Входные данные с В7-30 поступают в виде параллельных сигналов по 32 каналам. Они попадают на сдвиговые регистры SN74165N через разъем X7. Регистры управляются тремя сигналами Read, Shift, Save, подключенными к Arduino. С помощью первого сохраняются все входные данные в регистрах, второй осуществляет сдвиг данных на одну позицию, а третий выполняет считывание текущего бита. Принцип работы этого регистра представлен на рис.3.

Кроме того, эта схема может управлять мощной нагрузкой благодаря использованию оптосимистора MOC3063. Он предназначен для использования симистора в интерфейсе логических систем для оборудования с питанием от переменного тока 115/240 В линий. В данном случае в качестве нагрузки использовался источник питания нагревательного элемента, который подключался через разъем X2 с помощью симистора. Элементы R4, R5, R6, C13 являются частью стандартной схемы включения оптосимистора.

Измерение температуры термодпарой осуществляется благодаря использованию неинвертирующего усилителя, который базируется на операционном усилителе

LM2902N. Коэффициент усиления определяется отношением $R1/R2$ и равняется 200. Усиленный сигнал поступает на аналоговый вход Arduino A1.

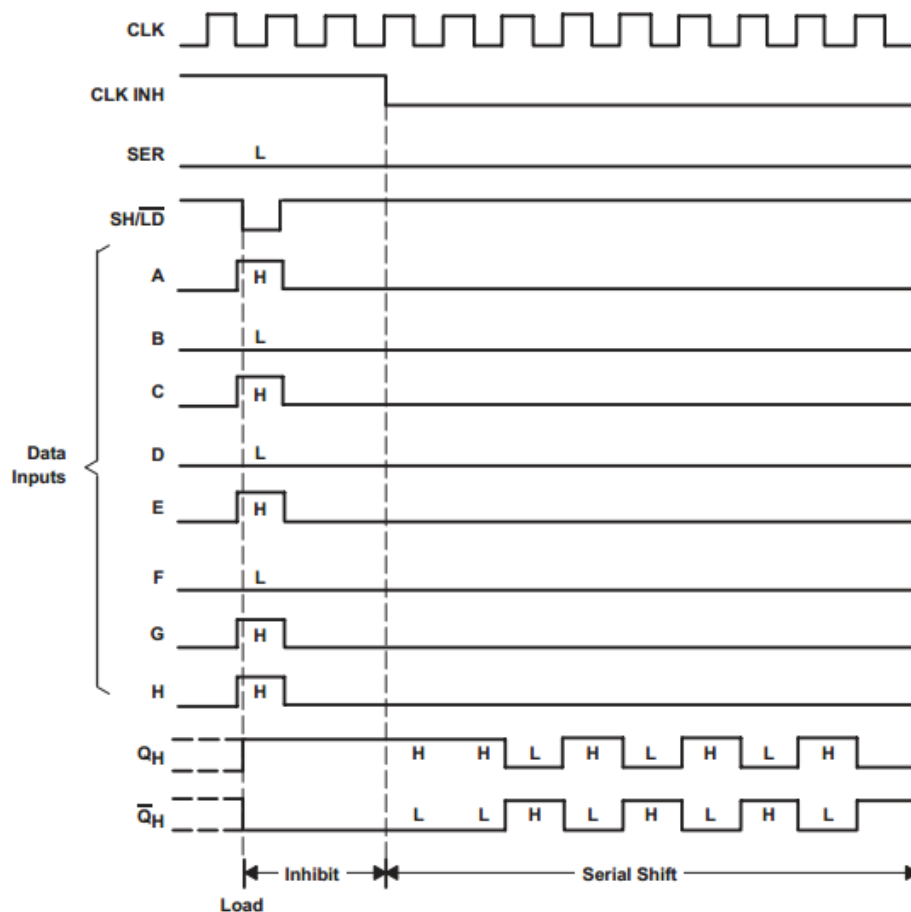


Рисунок 3 – Принцип работы сдвиговых регистров

Питание схемы согласующего устройства и контролера ArduinoUno осуществляется через USB кабель, по которому идет обмен информацией с ПК.

Использована простейшая схема блока коммутации (рис.4). Реле P1 используется для смены режимов поляризации и деполяризации образца, реле P2 – для подготовки образца к измерению (выравнивание потенциалов), реле P3 – для отключения образца от измерительной установки.

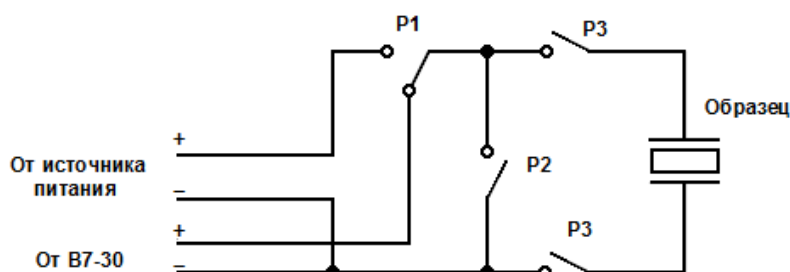


Рисунок 4 – Схема блока управления измерениями

ны 1-Wire, порта для общения с ПК и прочее.

Следующий этап работы программы состоит из двух блоков, которые выполняются независимо друг от друга. Первый блок запускает таймеры, которые отвечают за

Программное обеспечение (алгоритм работы).

Упрощенный алгоритм работы программы приведен на рис.5.

Первым шагом работы программы – это инициализация всей периферии: портов ввода/вывода, таймера, шины

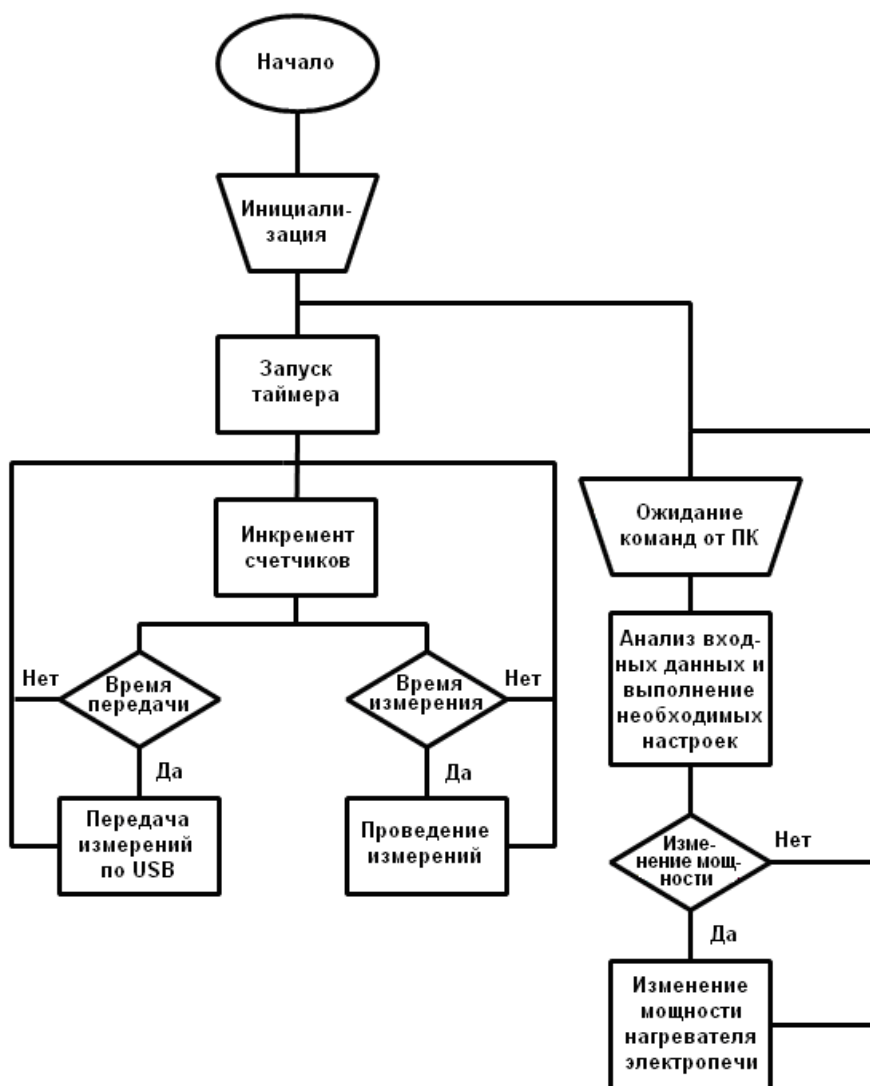


Рисунок 5 – Алгоритм работы программы на Arduino

выполнение таких операций, как измерения температуры, сбор данных с вольтметра-электромметра, обработка этой информации и отправка в ПК через параллельный USB порт. Второй блок занимается обработкой входных команд от ПК. Здесь команды принимаются, анализируются и приводят к изменению определенных параметров работы программы, таких как частота дискретизации измерений вольтметра-электромметра В7-30, изменение мощности нагревательного элемента электропечи.

Сигналы от В7-30 принимаются в виде 32 бит данных, которые нужно обработать для получения удовлетворительного результата. Принцип кодирования сигнала приведен в техническом описании электромметра [10].

Разработанная программа позволяет фиксировать все измеренные данные на ПК с частотой до 1 кГц. Имеется возможность регулировать мощность нагревательного элемента и частоту дискретизации измерений, наблюдать за текущими результатами измерений и сохранять данные в файл для последующей обработки при помощи Microsoft Excel или другой программы.

Выводы.

1. Разработан вариант цифровой системы, которая позволяет получать и передавать в компьютерные устройства большие массивы данных, и, таким образом, обеспечить существенное увеличение точности измерения кинетики деполяризованных то-

ков. Использование персонального компьютера позволяет производить измерения в течение длительного периода времени и с малой частотой дискретизации.

2. Апробация системы показала ее работоспособность и пригодность применения для контроля материалов методом изотермической деполяризационной токовой спектроскопии.

3. Описанная цифровая система измерения и передачи данных может быть использована и для термдеполяризационного анализа практически без аппаратных переделок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Neagu E.R. A new method for analysis of isothermal discharging current / E.R.Neagu, R.M.Neagu // *Thin Solid Films*. – 2000. – V. 358. – N 1. – P.283-291.
2. Low temperature dielectric relaxations in ZnO varistor / C.Tsonos, A.Kanapitsas, D.Triantis [and other] // *Japanese Journal of Applied Physics*. – 2010. – V. 49. – N 5R. – P.051102.
3. Tonkoshkur Yu.A. Isothermal depolarization current spectroscopy of localized states in metaloxide varistors / Yu.A.Tonkoshkur, A.B.Glot // *Journal of Physics D: Applied Physics*. – 2012. – V. 45. – N. 46. – P.465305-465312(8).
4. Osak W. Isothermal depolarization currents in triglycine sulphate / W.Osak, K.Tkacz-Śmiech // *Applied Physics A: Materials Science & Processing*. – 1997. – V. 65. – N. 4-5. – P.439-444.
5. Modified isothermal discharge current theory and its application in the determination of trap level distribution in polyimide films / Lei Qingquan, Tian Fuqiang, Yang Chund [and other] // *Journal of Electrostatics*. – 2010. – V. 68. – N. 3. – P.243-248.
6. Stavrakas I. The influence of externally applied uniaxial stress on Isothermal Depolarization Current mechanisms in rock samples / I.Stavrakas, D.Triantis, C. Anastasiadis // *Journal of Materials Science*. – 2005. – V. 40, N. 17. – P.4593-4596.
7. Probing the microstructure of cement mortars through dielectric parameters' variation / C.Tsonos, I.Stavrakas, C.Anastasiadis [and other] // *Journal of Physics and Chemistry of Solids*. – 2009. – V. 70, N. 3. – P.576-583.
8. Исследование электрофизических свойств жидкодисперсных систем методом изотермической деполяризации / И.В.Шаламов, И.Ю.Ухарцева, Е.А.Цветкова, В.А.Гольдаде // *Материаловедение*. – 2003. – № 3. – С.28-31.
9. Тонкошкур О.С. Фізичні основи електричного контролю неоднорідних систем / О.С.Тонкошкур, В.У.Ігнаткін. – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2010. – 290с.
10. Вольтметр-электромтр универсальный В7-30. Техническое описание и инструкция по эксплуатации, 1986. – 157с. (Адрес предприятия-изготовителя: г. Минск, ГСП, МПО).

Поступила в редколлегию 09.09.2015.