

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ АБУ РАЙХАНА БЕРУНИЙ

На правах рукописи

Махмаражабов Миржалол Бердимуродович

СИНТЕЗ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ
ВЛАЖНОСТИ ХЛОПКА-СЫРЦА НА ОСНОВЕ ЭКСПРЕСС-МЕТОДА

Специальность: 5А 311001 - «Автоматизация технологических процессов и
производств»

Диссертация на соискание академической степени
магистра технических наук

Научный руководитель:
кандидат технических наук,
доцент Улжаев Э.

ТАШКЕНТ – 2014

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА I. Краткий обзор известных методов и устройств измерения влажности хлопка-сырца.....	10
1.1. Краткий обзор методов измерения влажности мягких материалов.....	10
1.2. Краткий обзор устройств контроля измерение влажности материалов.....	21
1.3. Выбор метода измерения влажности хлопка-сырца и технические требования к разрабатываемому устройству.....	23
Выводы	27
ГЛАВА II. Синтез структурной, принципиальной схемы и конструкции измерительного преобразователя.....	29
2.1. Синтез ёмкостного конденсатора в виде параллельного диска.....	29
2.2. Синтез структурной и принципиальной схемы измерительного преобразователя частоты.....	38
2.3. Вопросы разработки конструкции корпуса контрольно-измерительных приборов с повышенной помехоустойчивостью.....	45
Выводы	55
ГЛАВА III. Разработка структурной и принципиальной схемы блока контроля и обработки данных микропроцессорного устройства измерения влажности хлопка-сырца.....	56
3.1. Структурная схема блока контроля и обработки данных микропроцессорного устройства измерения влажности хлопка-сырца.....	56
3.2. Выбор микроконтроллера и принципиальной схемы МПСИ влажности хлопка-сырца.....	59
3.3. Разработка принципиальной электрической схемы блока контроля и обработки данных.....	61
3.4. Разработка принципиальной электрической схемы блока стабилизатора напряжения.....	64
Выводы	65
ГЛАВА IV. Алгоритмическое и программное обеспечение микропроцессорного устройства измерения влажности хлопка-сырца.....	66

4.1. Разработка алгоритма выполнения программы контроля и обработки данных.....	66
4.2. Разработка программы контроля и обработки данных.....	74
4.3. Анализ и расчет погрешностей измерительного устройства..	78
Выводы	87
Заключение	89
Литература	91
Приложение	96

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Повышение качества различной продукции, снижение энергозатрат при производстве и хранении готового продукта является одной из актуальных задач народного хозяйства и промышленного производства. Решение данной задачи невозможно без создания приборов для измерения качественных показателей веществ.

Одним из наиболее распространенных показателей качества хлопко-сырца, сыпучих веществ является влажность. В народном хозяйстве и промышленных производствах требуется определять влажность более 100 различных веществ [1, 2, 3, 4, 6, 7].

Развитие хлопковой промышленности имеет ярко выраженную специфику. Технологические превращения происходят почти исключительно с коллоидными материалами, обычно гидрофильными, в виде капиллярно-пористых коллоидных твердых веществ. Для использования оптимального метода измерения влажности следует учитывать разносторонние физико-химические, в частности коллоидно-химические факторы строения материала, взаимодействие с внешней средой.

Необходимо отметить, что в настоящее время точное определение влажности хлопко-сырца или других растений производится в основном, путем высушивания навески, который занимает 8-10 часов времени и требует больших расходов электроэнергии и человеческих трудов. Прибор типа ХВС-1, используемый для экспресс-метода измерения, потребляет большой ток и отличается низкой точностью. Для проведения измерений, обработки полученных данных требуется около 20 мин. Более того, в настоящее время этот прибор фактически не выпускается. Прибор ЯМР перспективен для измерения влажности и других параметров хлопко-сырца. Однако высокая себестоимость этого прибора (более 27000 \$ США), а также опасность работы прибора для здоровья человека ограничивает его применения.

Приведенные факторы определяют актуальность данной магистерской диссертационной работы.

Объектом исследования является микропроцессорное устройство измерения влажности хлопка-сырца с параллельным дисковым емкостным преобразователем.

Предметом исследования является конструкция параллельного дискового емкостного преобразователя и его диэлектрические характеристики.

Цель и задачи работы. Цель работы состоит в разработке устройства контроля влажности хлопка-сырца, позволяющего проводить измерения по экспресс-методу и обеспечивающего заданные метрологические характеристики.

Для достижения поставленной цели потребовалось решение следующих основных задач:

- проведение обзора и критического анализа методов и устройств измерения влажности хлопка-сырца и хлопковых материалов;
- исследование электрофизических характеристик хлопка-сырца при воздействии электрического поля;
- выбор метода измерения и разработка технического требования;
- проведение синтеза структурной, принципиальной схемы и конструкции измерительного преобразователя;
- разработка конструкции емкостной ячейки измерительного преобразователя с параллельным диском;
- расчет основных электрофизических параметров емкостного преобразователя;

- разработка принципиальной электрической и монтажной схемы блока контроля и обработки данных;

- разработка методики уменьшения электрофизических погрешностей измерителя влажности;

- разработка, изготовление экспериментального образца и исследование устройства измерения влажности хлопка-сырца;

Методы исследований. При решении поставленных задач использовались методы: системного анализа, структурно-параметрического синтеза информационно-измерительных систем, методы построения математической модели, методы уменьшения погрешностей измерения и помех, а также методы инженерно-конструкторского синтеза.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- проведен структурный синтез измерительного преобразователя влажности хлопка-сырца;

- проведен расчет основных электрических и конструкторских параметров параллельного дискового ёмкостного датчика, имеющего оптимальные параметры;

- построена математическая модель измерительного преобразователя, описывающая зависимость изменения емкости емкостного преобразователя параллельно - дисковой формы от значений коэффициентов возмущающих воздействий;

- разработаны алгоритм и программа контроля и обработки информации, составленная на современном программном языке «С», основанном на базовой программе CodeVisionAVR;

- предложена методика уменьшения погрешностей влажности хлопка-сырца, связанные с влиянием электрофизических возмущающих воздействий

на общую диэлектрическую проницаемость емкостного преобразователя параллельно - дисковой формы;

- проведен расчет помехоустойчивости устройства, при воздействии случайной импульсной помехи различных интенсивностей.

Практическая значимость результатов работы. Разработанное и изготовленное опытное устройство, позволяет экспресс-методом произвести измерения влажности хлопка-сырца. Предложенное устройство может найти практическое применение для контроля влажности хлопка-сырца и других веществ.

Во введении обоснована актуальность, научная и практическая значимость работы, а также сформулирована цель работы.

В первой главе проведен краткий обзор методов и устройств измерения влажности хлопка-сырца и сыпучих материалов, приведена классификация и сравнительные характеристики приборов измерения влажности. Проведен выбор метода измерения влажности хлопка-сырца и перечень технических требований к разрабатываемому устройству.

Во второй главе диссертационной работы проведен синтез структурной, принципиальной схемы и конструкции измерительного преобразователя. Проведен расчет параметров принципиальной схемы емкостного преобразователя частоты. Разработана конструкция емкостной ячейки измерительного преобразователя параллельно - дисковой формы, проведен расчет основных электрофизических параметров преобразователя и построена математическая модель измерительного преобразователя.

Проведен синтез микропроцессорного устройства измерения влажности хлопка-сырца, по результатам которого разработана её структурная схема. В ходе проведенного синтеза структурной схемы блока измерительного преобразователя влажности, разработана конструкция измерительной ячейки,

проведен синтез ёмкостного преобразователя частоты, а также составлена математическая модель измерительного преобразователя влажности.

В третьей главе диссертационной работы проведён синтез структурной и принципиальной схемы блока контроля и обработки микропроцессорного устройство измерения влажности хлопка-сырца. С применением инженерного метода синтеза и метода структурной оптимизации. Разработаны структурные и принципиальные электрические схемы блока контроля и обработки информации.

Четвертая глава диссертационной работы посвящена алгоритмическому и программному обеспечению устройство измерения влажности хлопка-сырца. Разработанный алгоритм состоит из следующих подпрограмм: алгоритм выполнения подпрограммы инициализация рабочих регистров микроконтроллера; алгоритм выполнения подпрограммы вывода обработанных данных на дисплей; алгоритм выполнения подпрограммы приема информации измерительного преобразователя; алгоритм выполнения основного цикла программы микропроцессорного устройства. Разработанный алгоритм и программа контроля и обработки информации составлен на современном программном языке «С», основанном на базовой программе CodeVisionAVR, объем программы составляет 5,29 КБ.

А также этой главе диссертационной работы проведен анализ и расчет основной и дополнительной погрешностей измерительного устройства. Предложены методы уменьшения погрешностей, связанные с изменением плотности массы исследуемой пробы, а также других параметров.

В заключении диссертационной работы, приведены основные полученные результаты.

В конце диссертационной работы приведен список использованной литературы.

ГЛАВА 1. КРАТКИЙ ОБЗОР ИЗВЕСТНЫХ МЕТОДОВ И УСТРОЙСТВ ИЗМЕРЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ ХЛОПКА-СЫРЦА

1.1. Краткий обзор методов измерения влажности мягких материалов.

1.1.1. Классификация методов измерения влажности.

Методы измерения влажности принято делить на прямые и косвенные. В прямых методах производится непосредственное разделение материала на сухое вещество и влагу. В косвенных методах измеряется величина, функционально связанная с влажностью материала. Косвенные методы требуют предварительной калибровки с целью установления зависимости между влажностью материала и измеряемой физической величиной.

Физические методы измерения влажности материалов по сравнению с другими методами имеют большие преимущества. Они являются наиболее быстродействующими из всех существующих методов определения влажности. Определение влажности методом высушивания длится от многих часов (высушивание до постоянного веса) до 1 ч (ускоренные методы высушивания) или в лучшем случае до десятков или нескольких минут (сушка инфракрасными лучами или токами высокой частоты). В то же время длительность определения влажности электрическим неавтоматическим влагомером равна от одной до нескольких минут, а при применении некоторых типов автоматических влагомеров непрерывного действия измерение можно считать практически безинерционным. Физические методы позволяют автоматизировать измерения влажности и находят применение в системах информационно-измерительных и управления для многих технологических процессов. Большинство влагомеров позволяет проводить измерения без разрушения образца, чем достигается экономия материала, а также возможность повторения измерения на одном и том же образце при проверке результата измерения. Это приводит к дополнительному сокращению длительности измерений.

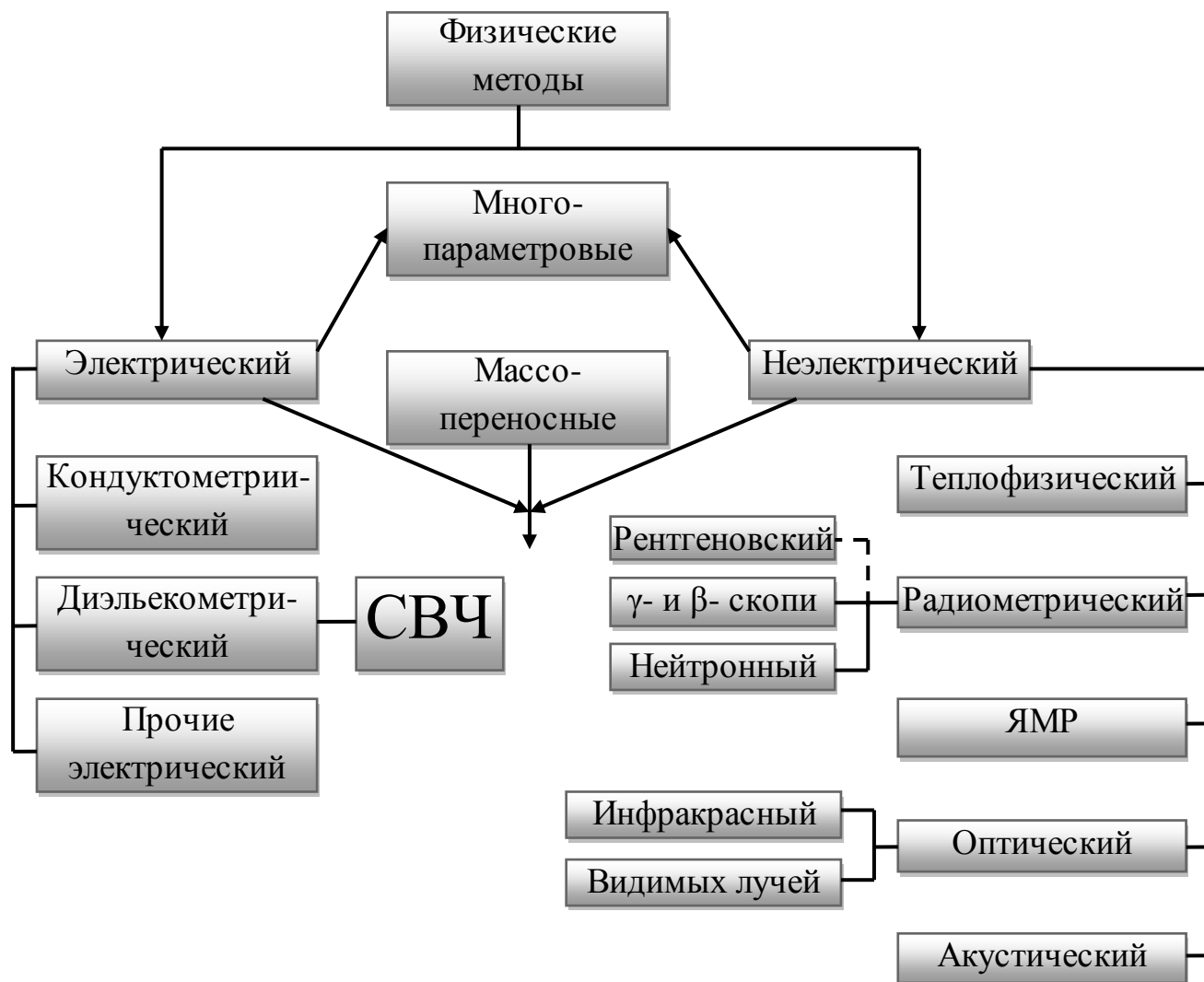


Рис. 1.1. Классификация методов измерения влажности сыпучих хлопковых материалов.

Для анализа и синтеза влагомеров удобно пользоваться обобщенной ^{SEP}структурной схемой в виде последовательного соединения трех звеньев ^{SEP}

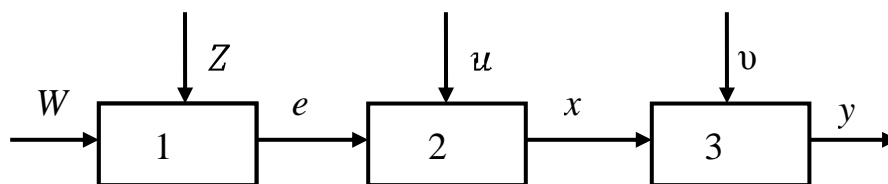


Рис.1.2. Обобщенная структурная схема влагомеров.

ГЛАВА II. СИНТЕЗ СТРУКТУРНОЙ, ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ И КОНСТРУКЦИИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

2.1. Синтез ёмкостного конденсатора в виде параллельного диска.

Современные устройства контроля и управления, в том числе устройства экспресс-метода измерения влажности мягких материалов построен на основе больших интегральных микросхем, программируемых микроконтроллеров, преобразователей частоты и напряжения. Если принципы работы разработанного устройства контроля влажности вещества основаны на ёмкостному методу измерения и состоит из $R - C$ генератора частоты, то измерения величины R или C , а также измерения расстоянии между обкладками конденсатора и проводников, непосредственно подключенные к цепям генератора, приводят к изменению его выходной частоты. Кроме этого, основным узлом измерителей влажности является кювет, куда размещаются контролируемое вещество и он для измерительного устройства является объемным конденсатором. При этом величина ёмкости кювета зависят от формы (конструкции), типа конструктивных размеров кювета, которые непосредственно влияют на диэлектрические проницаемости кювета, и они определяют общей ёмкости кювета.

Для проведения расчета вылечены ёмкостей, влияющие для точности оценки измерительных приборов, согласно [29], в зависимости от вида рассматриваемой электростатической системы различают ёмкость уединенного проводника, ёмкость между двумя проводниками и ёмкости в системе многих проводников.

Ёмкостью уединенного проводника называют скалярную величину, характеризующую способность проводника накапливать электрический заряд и равную отношению заряда проводника к его потенциалу при условии, что все другие заряженные проводники бесконечно удалены. [31]

Если обозначить заряд уединенного проводника через Q , а его потенциал через U , то в соответствии с приведенным определением емкость этого проводника выразится формулой

$$C_0 = Q / U. \quad (2.1)$$

Емкостью между двумя проводниками называют скалярную величину, равную абсолютному значению отношения электрического заряда одного из проводников к разности их потенциалов при условии, что эти проводники имеют одинаковые по значению, но противоположные по знаку заряды и что все другие заряженные проводники бесконечно удалены.

Если заряды проводников равны $\pm Q$, а их потенциалы имеют значения U_1 и U_2 , то в соответствии с приведенным определением емкость между этими проводниками (обкладками) может быть

$$C = \frac{Q}{U_1 - U_2} \quad (2.2)$$

Поскольку измерительные устройства имеют произвольное конечное число проводников то к нему присущи понятие о собственных и взаимных частичных емкостях[30].

При этом собственной частичной емкостью проводника, входящего в систему многих тел, называют скалярную величину, равную отношению заряда этого проводника к его потенциалу при условии, что все проводники системы (включая и рассматриваемый) имеют одинаковый потенциал.

Взаимной частичной емкостью между двумя проводниками, входящими в систему многих тел, называют скалярную величину, равную отношению заряда одного из рассматриваемых проводников к потенциалу другого, при условии, что все проводники, кроме последнего, имеют потенциал, равный нулю.

**ГЛАВА III. РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ И ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ
СХЕМЫ БЛОКА КОНТРОЛЯ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ
МИКРОПРОЦЕССОРНОГО УСТРОЙСТВА экспресс –метода измерения
влажности хлопка-сырца.**

**3.1. Структурная схема блока контроля и обработки данных
микропроцессорного устройства измерения влажности хлопка-сырца.**

Структурная схема блока контроля и обработки данных микропроцессорного устройства измерения влажности приведена на рис. 3.1.

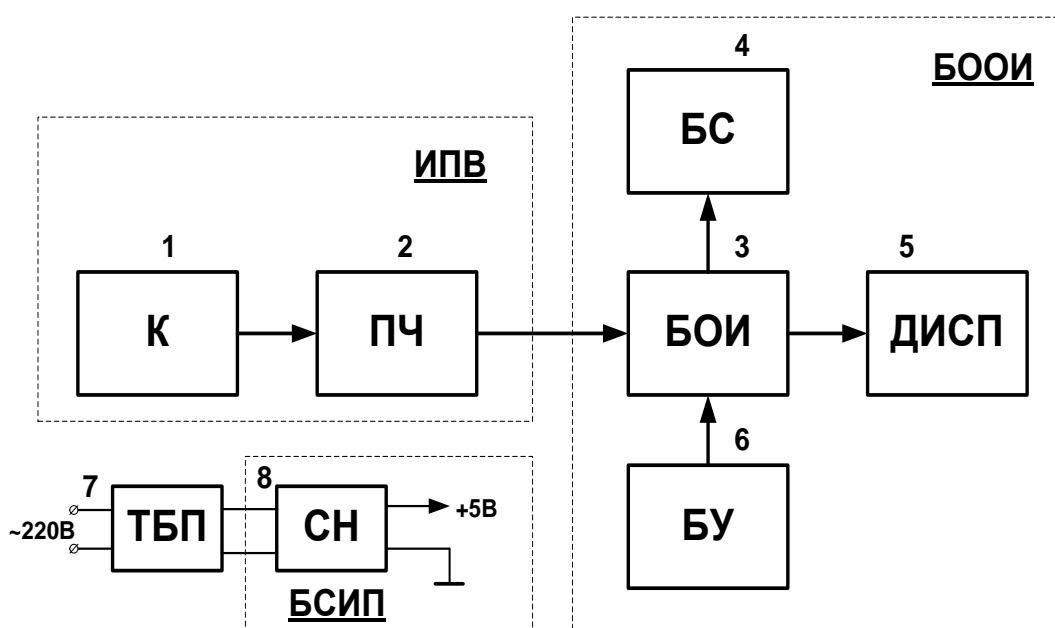


Рис. 3.1. Структурная схема блока контроля и обработки данных микропроцессорного устройства измерения влажности.

Структурная схема блока контроля и обработки данных микропроцессорного устройства измерения влажности состоит из следующих основных блоков: (ИПВ) измерительный преобразователь влажности, (БООИ) блок обработки и отображения данных, (БСИП) –блок стабилизатора источника питания; в них содержится блоки кювейта (К); ПЧ преобразователь частоты (ПЧ); блок обработки информации (БОИ); БУ – блок управления; дисплея (Дисп); блока сигнализации (БС) типовой блок питания; (ТБП); блока стабилизации напряжения (СН).

Микроконтроллер предназначен для приема, преобразования и программной обработки данных измерительного преобразователя, сравнение измеренных величин с заданными (эталонными) значениями и выдачи значения влажности на дисплей. Кроме этих, микроконтроллер согласно записанной программы осуществляет калибровку прибора при пустом кювете, выдает звуковой сигнал, оповещающий о начале и конца измерения.

Органы управления предназначен для выбора режима работы и управления работой микропроцессорного устройства контроля влажности.

Дисплей предназначен для отображения измеренных и обработанных данных (частоты калибровки и влажности измеряемого образца, заряд батареи).

Принцип работы блока контроля и обработки данных заключается в следующем: микропроцессорное устройство работает согласно, заранее встроенной программы в его внутреннюю память. После включения устройства, сначала нажимается на кнопку «КАЛИБРОВКА».

После проведение калибровки устройства нажимается кнопка «ИЗМЕРЕНИЯ». При этом запускается подпрограмма измерения. Согласно этой подпрограммы частотная информация, отражающая влажности измеряемого образца поступает на вход микроконтроллера и обрабатывается согласно подпрограммы. Далее обработанная информация о влажности измеряемого образца сравнивается с эталонным значением и выбранное значение соответствующей влажности измеряемого образца отображается в виде десятичного кода на дисплее устройства.

Микропроцессорное устройство измерения влажности питается от стабилизированного источника питания 5В.

Для разработки принципиальной схемы блока контроля и обработки данных микропроцессорного устройства производим выбор и обоснования каждого отдельного его блока.

ГЛАВА IV. АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МИКРОПРОЦЕССОРНОГО УСТРОЙСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ ХЛОПКА-СЫРЦА. ИССЛЕДОВАНИЯ И РАСЧЕТ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ.

1.1. Разработка алгоритма выполнения программы контроля и обработки информации.

Алгоритм контроля вводом/выводом и обработкой информации будем строить согласно принципа построения и работы микропроцессорного устройство измерения влажности хлопка-сырца.

Принцип работы микропроцессорного устройство измерения влажности хлопка-сырца осуществляется согласно следующей последовательности:

1. Установка режима работы рабочих регистров микроконтроллера;
2. Прием информации из измерительного преобразователя;
3. Организация проведения калибровки микропроцессорного устройства;
4. Организация прерывания и задержки;
5. Обработка и хранение информации;
6. Выдача калибровочной частоты на дисплей.
7. Сравнение калибровочной частоты с заданным значением и введение калибровочного коэффициента;
8. Вычисление влажности хлопка-сырца и выдача данных на дисплей.

Каждый этап состоит из отдельных подпрограмм. Блок схема обобщенного алгоритма работы микропроцессорного устройства контроля и обработки данных приведена на рис. 4.1.

При включении питания микроконтроллер реализует подпрограмму инициализации (инициализация регистров ввода/вывода, таймера счетчика и других регистров). При нажатии кнопки «Калибровка» передается логический сигнал «0» на 2-ой вывод микроконтроллера (*PDO*) и запускается

подпрограмма приема информации. Во время выполнения подпрограммы счет и обработка поступающих импульсов осуществляется в течение 10 секунд. После этого полученная информация записывается в регистр *TCNT1* и осуществляется расчет калибровочного коэффициента. Значение полученного коэффициента записывается в регистр для проведения дальнейших расчетов. Значение калибровочной частоты выдается на дисплей. Процесс калибровки продолжается в течение 10 секунд. С этим устройством будет готово к измерению. Следующим этапом является процесс измерения. При нажатии кнопки «Измерения» передается логический сигнал «0» на 28-ой вывод микроконтроллера (*PC5*). Полученная информация из измерительного преобразователя записывается в регистр *TCNT1* и осуществляется поправка с помощью полученного коэффициента калибровки. После всего этого вычисленное значение сравнивается с эталонным значением влажности хлопка-сырца и выбранное значение влажности выводится на дисплей. Процесс измерения продолжается в течение 10 секунд.

Для приема и обработки информации выбран язык программирования C, отличающийся минимализмом. Код на C можно легко писать на низком уровне абстракции, почти как на ассемблере. Иногда C называют «универсальным ассемблером» или «ассемблером высокого уровня», что отражает различие языков ассемблера для разных платформ и единство стандарта C, код которого может быть скомпилирован без изменений практически на любой модели компьютера. C часто называют языком среднего уровня или даже низкого уровня, учитывая то, как близко он работает к реальным устройствам. Однако, в строгой классификации, он является языком высокого уровня.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В результате проведенной классификации и критического анализа методов и средств контроля влажности, мягких и сыпучих материалов установлено, что к настоящему времени отсутствуют приборы, позволяющие оценить экспресс-методом измерения влажность хлопка-сырца.
2. Установлены преимущества и недостатки известных методов и средств контроля влажности различных материалов, в результате которого предложено разработать и изготовить микропроцессорное устройство экспресс-метода контроля влажности хлопка-сырца основанного на диэлькометрическом методе измерения.
3. Проведен структурный синтез измерительного преобразователя влажности хлопка-сырца, в результате которого построена её оптимальная структура, отличающаяся компактностью размещения схемы.
4. Проведен расчет основных электрических и конструкторских параметров параллельного дискового емкостного датчика, имеющего следующие данные: внутренний диаметр кювета $2a_2 = D = 60\text{мм}$; диаметр внутреннего электрода $2a_1 = d = 30\text{мм}$; высота нижней часть кювета $l = 23\text{мм}$.
5. Построена математическая модель измерительного преобразователя, описывающая зависимость изменение емкости емкостного преобразователя, построенного на базе параллельно-дисковой формы от значения коэффициентов возмущающих воздействий (Изучены электрофизические и другие параметры емкостного преобразователя).
6. Разработана структурная схема блока контроля и обработки микропроцессорного устройства экспресс-метода измерения влажности хлопка-сырца, отличающаяся простотой структуры, компактностью, наглядностью отображение информации, удобством эксплуатации и минимальной потребляемой мощностью.

7. Разработаны принципиальная и монтажная схемы блока контроля и обработки измеряемых величин. Разработанные принципиальные и монтажные схемы выполнены согласно ГОСТу и удовлетворяют требованиям нормативных документов. На новизну разработанного устройства контроля влажности сыпучих материалов подана заявка в Агентство Интеллектуальной собственности Республики Узбекистан. Заявка находится на этапе рассмотрения по существу.
8. Разработаны алгоритм и программа контроля и обработки информации, составленная на современном программном языке «С», основанная на базовой программе Code Vision AVR. Объем программы составляет 5,29 КБ. Разработанные алгоритмы и программы практически апробированы на разработанном измерительном устройстве ИВХ-1 и обеспечивают с большой скоростью и достаточной точностью обработать поступающие информации.
9. Разработанная программа позволяет с большой скоростью проводить оперативный прием, обработку, вычисление данных и выдачу готовой информации на дисплей в виде десятичного кода. Новизна базового алгоритма и программы контроля процесса обработки информации подтверждена свидетельством Агентства интеллектуальной собственности Республики Узбекистан № DGU 02616, от 17.10.2012 г.
10. Предложена методика уменьшения погрешностей оценки влажности хлопка-сырца, связанных с влиянием электрофизических возмущающих воздействий на общую диэлектрическую проницаемость емкостного преобразователя параллельно - дисковой формы.

Список литературы:

1. Берлинер М.А. Электрические изменения, автоматический контроль и регулирование влажности. – М.: Энергия, 1965. – 345с;
2. Юсупбеков Н.Р., Мухамедов Ш.М., Ғуломов Ш.М. Технологик жараёнларни назорат қилиш ва автоматлаштириш. –Т.: Ўқитувчи, 2011.
3. Берлинер М. А. Измерения влажности. Изд. 2-е, перераб. М., «Энергия», 1973. 400 с.
4. Ж.Аш с соавторами. Датчики измерительных систем. М.: Мир, 1992. – 420 с;
5. П. Тойберг. Оценка точности результатов измерений. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 80с.
6. Кулаков М.В. Технологические измерения и приборы для химических производств. Изд. 3-е, перераб. И доп.- М., «Машиностроение», 1983. 424 с.
7. Ахмедов Б.М., Ахмедов Б.Б. Вопросы влагометрии в пищевой промышленности. Под.ред. проф. Исматуллаев П.Р., МЧЖ «НАШР-ХА», 2006. 104 с.
8. Исматуллаев П.Р. Влагометрия хлопка и хлопковых материалов // Изд. Фан, Ташкент, 1985. –с.47.
9. Мелкумян В. Е. Измерение и контроль влажности материалов. М., Изд-во Комитета стандартов, 1970.
10. Берлинер М. А. Влагомеры СВЧ.— «Приборы и системы управления», .1970, № 1.
11. Усиков С. В. Расчет емкостных бесконтактных преобразователей.— В кн.: Методы исследования электрофизических свойств и процессов переноса в электролитах и диэлектриках. М., «Химия»,1967.
12. Эпштейн С. Л. Измерение характеристик конденсаторов, М., «Энергия», 1965.
13. Худoley Л. Л. Исследование электрофизических свойств сыпучих материалов с целью построения автоматических измерительных систем. Диссертация. Одесса, 1970.
14. Кричевский Е. С, Тонкой Е. П. Экспрессный метод получения частотных характеристик влажных материалов.— «Приборы и системы управления», 1968, № 2.

15. Брандт А. А. Исследование диэлектриков на сверхвысоких ^{LSEP} частотах. М., Физматгиз, 1963.
16. Иванов В. И. Две схемы включения емкостного преобразователя для измерения неэлектрических величин.— «Известия вузов ^{LSEP} Сер. Электромеханика», 1958, № 9.
17. Дубров Н.С. Определение оптимальных частот для многопараметрического влагомера. Обогащение и брикетирование угля. Изд. ЦНИЭИ уголь, 1973. -с. 9-10.
18. Кнеллер В. Ю. Автоматическое измерение составляющих ^{LSEP} комплексного сопротивления. М., «Энергия», 1967.
19. Шишкин А.В. Исследование диэлектрической проницаемости и диэлектрических потерь в твердых диэлектриках. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2009
20. Алексенко А.Г., Шагурин И.И., Микросхемотехника: Учеб. пособие для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1990. – 496 с.: ил.
21. Муханин Л.Г. Схемотехника измерительных устройств. СПб, Лань, 2009.
22. Токхейм Р. Основы цифровой электроники. Пер. с англ. М.: Мир, 1988.
23. Секлоф С. Аналоговые интегральные схемы. Пер. с англ. М.: Мир, 1988.
24. Расчёт электронных схем. Учеб. пособие для вузов / Г.И. Изъюрова, Г.В. Королёв, В.А. Терехов и др. М.: Высшая школа, 1987.
25. Голант В. Е. Сверхвысокочастотные методы исследования ^{LSEP} плазмы. М., «Наука», 1968.
26. Берлинер М. А. Авторское свидетельство № 191890.— ^{LSEP} «Бюллетень изобретений», 1967, № 4.
27. Валеев В. Г. Исследование ультразвуковых систем контроля влажности керамических масс. Диссертация. Л., 1969.
28. Игнатовский В.С. Круговой дисковый конденсатор. –Труды Математического института им. Стеклова, 1962, т. II, №3.
29. Клиот-Дашинский М. И., Минков И. М. Задача о поле конденсатора с круглыми пластинами. –Труды 17-й научной конференции профессорского-преподавательского состава ЛИСИ, 1959, т. IV.
30. Русин Ю. С. Метод приближенного расчета электрической емкости. – Электричество, 1960, № 11.

31. Мушенко С. В. Некоторые результаты обоснования метода Хоу. – известия вузов. Электротехника, 1968, т. 8.
32. Электротехнический справочник: в 1т., 3т. Общие вопросы. Электротехнические материалы. –М.: Энергоатомиздат, 2003. – 488 с.
33. ГОСТ № 2.701-84. Схемы, виды и типы, требования к их выполнения.
34. Чекмарёв А.А Стандартизация электронных приборов. М., Энергия, 1987,(с.80-96).
35. Левшиц Ю. М., Мозгалев В.А. Унификация корпусов полупроводниковых приборов. Электронная техника, 1970, сер 12.вып. 6, с. 99-103
36. Конструкторско-технологическое проектирование электронной аппаратуры: Учебник для вузов / К. И. Билибин, А. И. Власов, Л. В. Журавлева и др.; Под ред. В. А. Шахнова. – М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002.
37. Э. Улжаев. Исследование и разработка специализированных устройств систем управления испытаниями рабочих органов и режимов функционирования сельскохозяйственных машин. Диссертация на соискание ученой степени на к.т.н. Тошкент - 1983.
38. Юргенсон Р.И. Помехоустойчивость цифровых систем передачи телемеханической информации. «Энергия»Ленинградское отделение, 1971. С.175-177.
39. Лаврентев Б.Ф. Схемотехника электронных средств : учеб. пособие для студ. Высш. Учеб. заведения/ Б.Ф. Лаврентев.- М.: Издательский центр «Академия», 2010. -336 с.
40. Э. Улжаев, Ф.А. Тулбаев, М.М. Махмаражабов. Емкостной преобразователь цилиндрической формы и расчет его параметров // Кимёвий технология. Назорат ва бошқарув. -№1. -2013. -С.41-45.
41. Э. Улжаев, Ф.А. Тулбаев и др. Заявка Агентству по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан для изобретение: Ёмкостный влагомер сыпучих материалов. Номер заявки: IAP 2012 0193, 21. 05. 2012 г.
42. Хартов В. Я. Микроконтроллеры AVR.-Москва.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007 г.
43. А.В. Евстифеев, Микроконтроллеры AVR семейства Mega. –М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2007 г.
44. Гребнев В.В. Микроконтроллеры семейства AVR фирмы Atmel. –М.: ИП РадиоСофт, 2003.
45. Программирование на языке С для AVR иPIC микроконтроллеров./ Сост. Ю.А. Шпак – К.: «МК-Пресс», 2006, 400 ст, ил.

46. Белов А.В., Создаем устройства на микроконтроллерах. -СПб.: Наука и техника, 2007.-304 с.: ил.
47. Байков И.П. Расчет погрешностей технологических измерений и измерительных каналов информационно-измерительных систем. Учеб. пособ. – Кострома.: КГТУ, 2007.-71 с.
48. Керниган Б. Язык программирования Си / Б. Керниган, Д. Ригли. –М.: ИП Радио и связь, 1992.
49. Ф.А. Тулбаев, Э. Улжаев, Г.М. Пардаев, М.М. Махмаражабов. Применение метода наименьших квадратов к повышению точности калибровки измерительного устройства// Кимёвий технология. Назорат ва бошқарув. -№2. -2013. -С.29-33.
50. Расчет погрешностей электрических измерений / Емелянов А.В., Шилин А.Н.: Методические указания и задания / ВолгГТУ.-Волгоград, 2002.-30.с.
51. Новицкий П.В., Зограф И.А. Оценка погрешностей результатов измерений. — Л.: Энергоатомиздат, 1991.
52. Ф.А. Тулбаев. Диссертационная работа. Синтез микропроцессорного устройства измерения влажности сыпучих материалов с коррекцией температурных погрешностей. Тошкент. 2013.-96с
53. Сайт разработка программы CodeVisionAVR – компании HPInfo Tech S.R.L.: <http://www.hpinfotech.ru>.
54. Сайт производителя микроконтроллеров AVR – компании Atmel: www.atmel.com.
55. Сайт разработчика программы Proteus VSM – компании Labcenter Electronics: <http://www.amctools.com/>.
56. Сайт производителя LCD дисплеев–компанияи МЭЛТ: <http://www.melt.aha.ru>.
57. Сайт производителя LCD дисплеев–компанияи Data Vision: <http://www.datavision.com.tw/>.
58. www.PromPortal.su
59. www.kipexpert.ru
60. www.avr123.nm.ru
61. www.atmel.com/literature
62. <http://www.microchip.ru/>