

ИЗМЕРИТЕЛЬ ВЛАЖНОСТИ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ В ПОТОКЕ С ПОВЫШЕННОЙ ТОЧНОСТЬЮ

В. Г. Лукьянов

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова
г. Барнаул

В настоящее время существуют различные типы влагомеров для непрерывного измерения влажности сыпучих материалов в потоке, принцип действия которых основан на разных методах [1]. Наиболее распространенным из них является кондуктометрический, в котором измеряется электрическое сопротивление сыпучего материала, заполняющего датчик измерительного устройства, и диэлькометрический, в котором измеряется приращение электрической емкости при заполнении датчика сыпучим материалом. Однако в этих методах колебание плотности потока сыпучего материала вносит погрешность в результат измерения. Такой же недостаток имеет и более дорогостоящий СВЧ – метод измерения влажности, базирующийся на измерении степени затухания СВЧ – сигнала, пропущенного сквозь сыпучий материал.

В последние годы разрабатываются влагомеры для сыпучих материалов, основанные на инфракрасных спектрах отражения [2]. К недостаткам ИК – влагомеров следует отнести влияние на точность измерения цвета измеряемого материала, а также их высокую стоимость.

С учетом сказанного разработан новый способ непрерывного измерения влажности сыпучих материалов, позволяющий снизить погрешность измерения из-за колебания плотности. В основу метода положен емкостный датчик.

Из движущего потока сыпучего материала выделяются две, примерно равные части, в одной из которых изменяют плотность потока, воздействуя на него постоянным электрическим полем. В обеих частях потока измеряют диэлектрическую проницаемость или электрическую емкость и по соотношению значений судят о влажности.

На рисунке 1 приведена функциональная схема емкостного датчика для реализации способа. Из потока сыпучего материала выделяют две части, которые заполняют конденсатор 2 и 3 датчика.

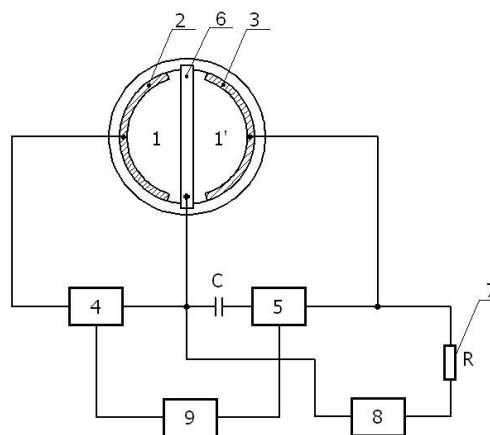


Рисунок 1 – Функциональная схема датчика

Конденсатор 2 подключен к измерителю емкости 4, а конденсатора 3 – к измерителю электрической емкости 5 через разделительный конденсатор С. Конденсатор 3 через токоограничивающий резистор R связан с источником высокого постоянного напряжения 8. К измерителям электрической емкости 4 и 5 подсоединен измеритель отношения емкостей 9, проградуированный в единицах влажности. Движущиеся потоки сыпучего материала 1 и 1' заполняют конденсаторы 2 и 3 датчики. При подаче высокого постоянного напряжения (2-3 кВ) на обкладки конденсатора 3 в межэлектродном пространстве его возбуждается электрическое поле, которое тормозит гравитационное истечение сыпучего материала, что в свою очередь, вызывает повышение плотности измеряемого материала в зоне конденсатора 3.

Уплотнение сыпучего материала в конденсаторе 3 растет с увеличением его влажности. Повышение влажности увеличивает диэлектрическую проницаемость, степень взаимодействия с электрическим полем, торможение потока сыпучего материала и, следовательно, плотность и электрическую емкость датчика. При отсутствии высокого постоянного напряжения изменение плотности потока сыпучего материала не приводит к изменению отношения измеренных емкостей

конденсаторов 2 и 3, так как изменение этой плотности одинаково в обоих конденсаторах.

Конструктивно датчик выполнен из двух одинаковых электродов 2 и 3, расположенных симметрично относительно общего электрода 6. Размеры электродов: длина 100мм, ширина общего электрода 70мм, а расстояние между общим и электродами 2 и 3 составляет 35мм.

Проведенные экспериментальные исследования ёмкостного преобразователя с двумя конденсаторами, в одном из которых осуществляется искусственное уплотнение сыпучего материала высоким напряжением постоянного тока, показали, что в качестве информационного параметра при измерении влажности можно использовать как отношение ёмкостей, так и отношение частот генераторов, в колебательные контуры которых включены конденсаторы датчиков. Последний принцип положен в основу ёмкостного измерителя влажности, функциональная схема которого приведена на рисунке 2.

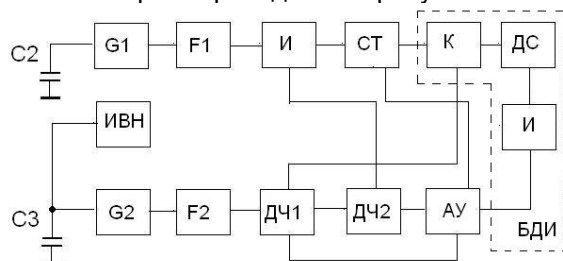


Рисунок 2 – Функциональная схема измерителя влажности

Схема содержит:

- два идентичных генератора синусоидальных сигналов G1 и G2, в колебательные контура которых включены ёмкости конденсаторов датчика C2 и C3.

- формирователи прямоугольных импульсов F1 и F2;

- делители частоты ДЧ1 и ДЧ2, предназначенные для формирования периода счёта и тактовой частоты, используемой в блоке динамической индикации БДИ;

- логический элемент "И", на один из входов которого подаются счётные импульсы с генератора G1, а на второй – импульсы периода счёта;

- блок автоматического управления АУ, который управляет устройством индикации;

- блок динамической индикации БДИ, в состав которого входят дешифратор ДС, преобразующий информацию в коде 1-2-4-8 в код управления семисегментным индикатором, электронные ключи К, согласующие вы-

ход со входом цифрового индикатора, и цифровой индикатор И;

- счётчик импульсов СТ с последовательным переносом;

- источник высокого напряжения ИВН, предназначенный для уплотнения контролируемого сыпучего материала в одном из конденсаторов ёмкостного датчика.

Работа схемы заключается в следующем. В исходном состоянии, т.е. при отсутствии контролируемого материала в конденсаторах датчика, отношение частот генераторов G1 и G2 равно единице и, следовательно, на индикаторе цифрового отсчетного устройства будет индцироваться число, соответствующее коэффициенту деления. При заполнении конденсаторов датчика и подачи высокого напряжения на один из них частота генераторов изменится, причем существенно на том к которому приложено высокое напряжение.

Синусоидальные сигналы с генераторов преобразуются формирователями F1 и F2 в последовательность прямоугольных импульсов. Импульсы одного из каналов с помощью делителей частоты создают временной интервал, который заполняется импульсами другого. Количество импульсов, уложившихся во временном интервале, однозначно определяет влажность сыпучего материала. Эти импульсы поступают на счетчик, код на выходе которого с помощью дешифратора преобразуется в семисегментный десятичный код, отображающий на цифровом индикаторе измеренную влажность сыпучего материала.

При определении отношения частот количество импульсов, поступающих на счетчик определяется из выражения:

$$N = K * \frac{f_1}{f_2}$$

где f_1 - частота генератора измерительного канала; f_2 - частота генератора опорного канала; K – Коэффициент деления делителя частоты f_2 , т.е. опорного канала.

Исходя из этого номинальная статическая характеристика измерителя влажности имеет вид:

$$W = f(K * \frac{f_1}{f_2})$$

Для снятия этой характеристика использовались образцы пшеницы с влажностью от 10% до 20%, что соответствует требованиям технологического процесса.

В ходе эксперимента конденсаторы емкостного датчика заполнялись образцами пшеницы различной влажности, определялись частоты генераторов и их отношения, а также показания индикатора, выраженные в единицах влажности, т.е. в процентах.

Полученные результаты сравнивали с действительной влажностью, которую определяли термогравиметрическим методом.

Результаты опытов были статистически обработаны. Для их вероятностной оценки использовался критерий Стьюдента [3]. Статистически обработанные результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты эксперимента

Действительная влажность, %	10,0	11,6	12,4	13,2	14,1	15,8	16,8	17,1	18,1	19,9	20,7
Частота генератора G2, кГц	634,6	549,5	497,5	455,8	420,4	392,2	365,8	341,3	321,5	288	278,5
Частота генератора G1, кГц	660	648,4	636,8	619,9	613,8	607,9	596,4	590,4	578,8	567,3	556,5
Отношение $\frac{f_1}{f_2}$	1,208	1,236	1,256	1,272	1,292	1,31	1,326	1,346	1,36	1,394	1,401
Измеренная влажность, %	10,4	11,8	12,8	13,6	14,6	15,5	16,3	17,3	18,0	19,7	20,1
Абсолютная погрешность, %	-0,4	-0,2	0,4	0,2	0,5	-0,3	-0,5	0,2	-0,1	-0,2	-0,6

По данным таблицы построен график номинальной статистической характеристики измерителя влажности, который представлен на рисунке.

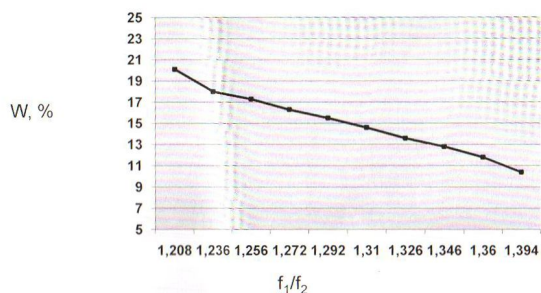


Рисунок 3 – Номинальная статистическая характеристика измерителя влажности

Как следует из таблицы, предлагаемый датчик влажности обладает повышенной точностью измерений, так как абсолютная погрешность измерения диэлькометрического влагомера составляет 1,5 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берлинер М.А. Электрические изменения, автоматический контроль и регулирование влажности. – М.: Энергия, 1965. – 345с;
2. Ж.Аш с соавторами. Датчики измерительных систем. М.: Мир, 1992. – 420 с;
3. П. Тойберг. Оценка точности результатов измерений. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 80с.