

АНАЛИЗ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КАНАЛА С ЕМКОСТНЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

В.С. Афонин, А.С. Селиванова, Р.В. Тропин

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

Статья посвящена расчету режимов работы измерительного канала с ЕП. Предложено дополнение к схеме замещения ЕП с контролируемым веществом, определена чувствительность схемы к отдельным технологическим параметрам.

Ключевые слова: диэлькометрический метод, емкостный преобразователь (ЕП), сыпучий материал, электрическая схема замещения.

Одними из важнейших параметров сыпучего материала, в частности зерновых культур, является влажность, гранулометрический состав. Контроль влажности зерновых необходим на многих этапах его переработки (сбор урожая, прием на зерноперерабатывающие предприятия, хранение, размол).

Существует большое количество косвенных методов и средств определения влажности сыпучих материалов, одним из которых является емкостный метод, имеющий перед другими ряд преимуществ (отсутствие вредных излучений, простота реализации, отсутствие дорогостоящей элементной базы).

Для расчетов режимов работы измерительных каналов емкостных приборов в качестве измерительного преобразователя с исследуемым материалом используют классическую электрическую схему замещения [1]. Такая схема замещения состоит из включенных параллельно конденсатора и резистора. Для учета воздушного зазора между электродами емкостного преобразователя и гранулами сыпучего материала, электрическую схему замещения следует дополнить еще одним конденсатором, как указано на рисунке 1 [2].

Таким образом, целью работы является расчет режимов работы измерительного канала емкостного преобразователя с учетом уточненной схемы замещения.

Если рассмотреть в качестве тестового сигнала ступенчатую функцию, которая является составляющей последовательности прямоугольных импульсов, то получим в качестве измерительного сигнала переходный процесс заряда/разряда конденсатора, ин-

формативным параметром которого будет его длительность.

Для получения аналитического выражения связывающего длительность переходного процесса и электрические параметры ЕП с исследуемым веществом, необходимо рассчитать токи и напряжения в измерительных схемах.

За основу расчетов примем требования к преобразованию измерительного токового сигнала в соответствующее ему напряжение. Рассмотрим два варианта реализации преобразования:

- использование преобразования ток-напряжение на основе операционного усилителя;
- подключение последовательно образцового (известного) активного сопротивления для организации делителя напряжения.

В первом случае для расчета используется только схема замещения и генератор. В расчетах считаем, что операционный усилитель не вносит никаких искажений сигнала при преобразовании. Ток переходного процесса:

$$I_1 = U C_1^2 R e^{-\frac{1}{R(C_0+C_1)}t}. \quad (1)$$

Постоянная переходного процесса определяется как:

$$\tau = R(C_0 + C_1). \quad (2)$$

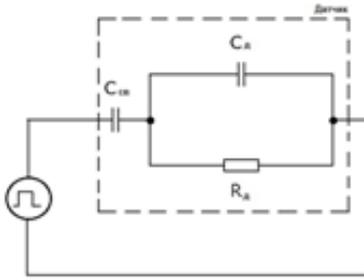


Рисунок 1 – Уточненная электрическая схема замещения емкостного преобразователя с контролируемым веществом

Определим чувствительность в представленной измерительной схеме к изменениям контролируемых параметров (электрических параметров) диэлектрика, для этого следует найти частные производные данного выражение по R_d , C_d и $C_{св}$:

$$f_c(C_{св}, C_d, R_d) = \frac{d}{dC_d} R(C_d + C_{св}) = R_d, \quad (3)$$

$$f_r(C_d, C_{св}, R_d) = \frac{d}{dR_d} R(C_d + C_{св}) = C_d + C_{св}. \quad (4)$$

Второй случай (для организации делителя напряжения в схему вводится образцовый элемент активного сопротивления известной величины R).

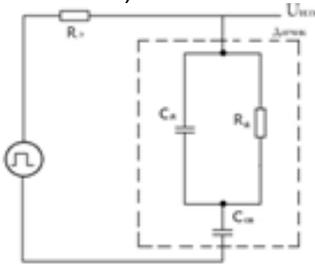


Рисунок 2 – Измерительная цепь с использованием делителя напряжения

Так как оригинал тока достаточно громоздкий, его можно представить в таком виде:

$$I_1 = x_1 e^{\tau_1 t} - x_2 e^{\tau_2 t}. \quad (5)$$

В данном случае ток заряда/разряда ЕП – это переходный процесс, являющийся суммой двух переходных процессов. Для упрощения задачи определим тот переходный процесс, который вносит больший «вклад». При подстановке в выражение значений параметров электрической схемы, соответствующих реальным ($R_d=1\text{М Ом}$, $C_d=10 \cdot 10^{-12}$ Ф, $C_{св}=10^{-9}$ Ф, $R_3=5$ кОм) получаем, что коэффициент χ_1 будет в 200 раз больше χ_2 . Из этого следует возможность рассматривать первый переходный процесс, так как второй оказывает очень малое влияние на измерительный сигнал.

Чувствительность к изменениям контролируемых параметров диэлектрика определялась численным методом, результаты приведены на рисунках 3,4.

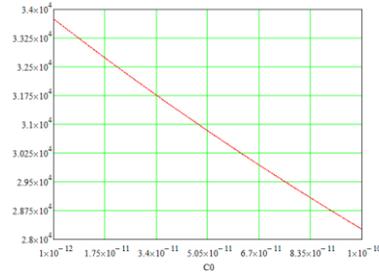


Рисунок 3 – Чувствительность τ_k к C_d при изменении C_d

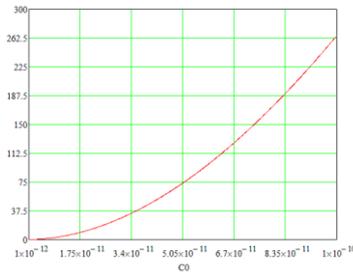


Рисунок 4 – Чувствительность τ_k к $C_{св}$ при изменении C_d

Представленные графики наглядно демонстрируют, что чувствительность последнего режима работы измерительной схемы к изменениям емкости датчика значительно больше, чем к емкости $C_{св}$. В первом режиме влияние емкостей $C_{св}$ и C_d одинаково.

Так как емкость связи (воздушный зазор между веществом и электродом) физически связана с гранулометрическим составом, величина этого параметра позволит определять размерность гранул и уплотнение. Емкость C_d связана с диэлектрическими свойствами контролируемого материала, следовательно, ее определение позволит измерять влажность и др. параметры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берлинер М.А. Измерения влажности. Изд. 2-е, перераб. и доп. М., «Энергия» 1973. 400 с.
2. К.А. Воротилов, П.А. Лучников, Ю.В. Подгорный и др. Особенности измерения диэлектрической проницаемости тонких пленок мдп-структур // Вестник науки Сибири. 2011. №1(1) С. 220–228.

Афонин Вячеслав Сергеевич – к.т.н., доцент, e-mail: afonin@mail.altstu.ru;
Селиванова Алевтина Сергеевна – магистрант;
Тропин Роман Владимирович – магистрант.