

ОПТИМИЗАЦИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ ДИЭЛЕКТРОМЕТРИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ

В современной теории измерительных устройств одним из основных является положение об измерительном преобразовании. В соответствии с данным положением измерение рассматривается как процесс приема и преобразования информации об измеряемом параметре, происходящий в измерительных устройствах. Структура измерительных устройств в этой связи представляется в виде совокупности измерительных преобразователей, осуществляющих функциональное преобразование сигналов различной физической природы.

Широкое применение диэлектрометрического метода измерения влажности различных материалов и в ряде случаев высокие требования к точности такого измерения вызывают необходимость более глубокого изучения первичных преобразователей, геометрической оптимизации их размеров и оптимизации измерительных схем диэлектрометрических влагомеров.

Своеобразие и специфика диэлектрометрического датчика во многом определяются тем, что в процессе измерения переменными являются одновременно оба параметра одного объекта измерения: диэлектрическая проницаемость и удельная электропроводность.

Существующие в данное время приборы для отдельного измерения составляющих комплексного сопротивления сложны и трудно поддаются автоматизации при высоких значениях диэлектрических потерь, что имеет место, например, при измерении влажности водяного пара. Приборы для измерения модуля комплексного сопротивления, напротив, просты и удобны, но не позволяют разделить активную и реактивную составляющие.

При измерении влажности рабочих тел и большого класса материалов емкостную составляющую полного сопротивления можно рассматривать как полезный сигнал, а измерение активного сопротивления – как мешающий, паразитный фактор.

Поэтому оптимизация влагометрических систем, создаваемых на основе диэлектрометрического способа, заключается в выборе таких первичных преобразователей, которые при измерении обеспечивают минимальную чувствительность к проводимости и максимальную – к диэлектрической проницаемости.

Одним из путей решения задачи оптимизации может быть правильный выбор геометрических размеров первичных преобразователей.

Пример оптимизации рассмотрим на диэлектрометрическом датчике коаксиального типа.

Как известно, емкость такого датчика определяется из выражения

$$C = 5,56 \cdot 10^{-11} \frac{\epsilon l}{\ln r_2 / r_1}, \quad (1)$$

а его активное сопротивление

$$R = \rho / 2\pi l \ln r_2 / r_1, \quad (2)$$

где l — длина датчика, м; r_2 — диаметр внешнего цилиндра, м; r_1 — диаметр внутреннего цилиндра, м; ϵ — диэлектрическая проницаемость межэлектродного вещества; ρ — удельная проводимость межэлектродного вещества, См·м.

Из приведенных формул видно, что чем больше длина датчика и меньше разница диаметров обкладок конденсатора-датчика, тем больше емкость датчика и меньше его сопротивление.

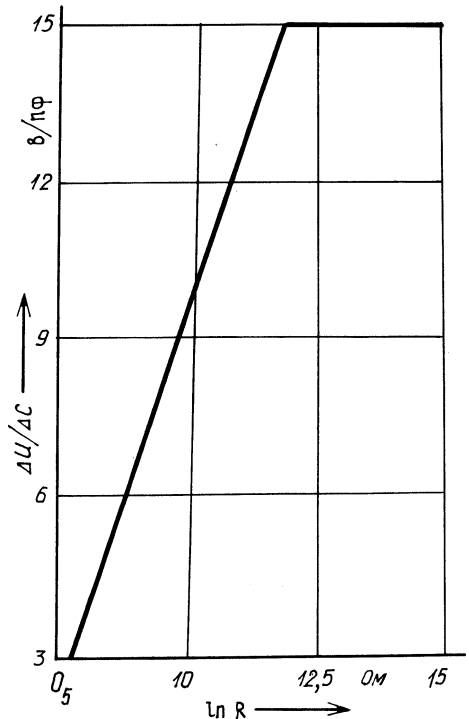
В то же время в ряде распространенных радиотехнических измерительных цепей чувствительность по емкости существенно зависит от сопротивления датчика, добротности контура, заметно понижаясь с их уменьшением. Следовательно, в таких цепях при измерении влажности диэлектрометрическим датчиком сталкиваются с противоречивым условием. Для повышения чувствительности датчика по диэлектрической проницаемости необходимо стремиться к увеличению его длины и уменьшению разности диаметров обкладок. Однако одновременно это действие способствует уменьшению активного сопротивления датчика, а следовательно, и его чувствительности по емкости.

Разрешение этого противоречия рассмотрим на примере вещества со следующими параметрами, характерными для энергетического оборудования: $\rho = 1 \cdot 10$ См·м; $\epsilon = 81$. Рабочая характеристика измерительной схемы на основе колебательных контуров, принятая для расчетов, приведена на рис. 1.

Методика определения оптимальных геометрических размеров датчиков коаксиального типа состоит в следующем:

- для нескольких соотношений диаметров обкладок и длин обкладок определяется активная составляющая по формуле (2);
- для этих же геометрических размеров датчиков рассчитывается электрическая емкость по формуле (1);
- для рассчитанных значений активной составляющей по характеристике измерительной схемы определяется чувствительность (рис.1);
- по определенной чувствительности измерительной схемы и значению емкостной составляющей датчика для определения геометрических размеров рассчитывается значение выходного сигнала влагометрической системы диэлектрометрического типа;

Рис. 1. Рабочая характеристика измерительной схемы на основе колебательных контуров.



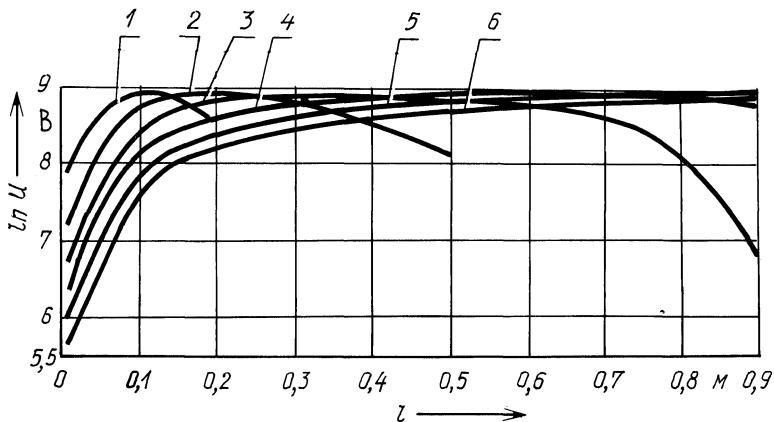


Рис. 2. Зависимость чувствительности измерительной схемы от длины датчика и соотношения диаметров его обкладок.

— на основе ряда таких расчетов строится графическая зависимость (рис. 2), позволяющая существенно повысить технические характеристики измерительной схемы путем обоснованного выбора геометрических размеров датчиков.

На основании анализа графической зависимости рис. 2 можно сделать следующие выводы.

Зависимость чувствительности датчика от геометрических размеров при заданном значении удельной проводимости имеет отчетливо выраженный экстремальный характер.

Максимальная чувствительность может быть получена в широком диапазоне длин и диаметров обкладок, причем определенной длине датчика соответствует единственное отношение диаметров внутреннего и внешнего цилиндров и наоборот, каждому отношению диаметров цилиндров датчика соответствует его определенная длина. С ростом этого отношения диаметров растет и длина датчика, при этом максимум становится все более пологим и менее критичным к отношению диаметров.

Предложенная методика расчета оптимальных геометрических размеров диэлектрометрических датчиков коаксиального типа может использоваться и для расчета размеров диэлектрометрических датчиков других типов.