

## АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК КВАРЦЕВЫХ ДИССИПАТИВНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

В.Е. САВЧЕНКО, Л.К. ГРИБОВА, М.А. ПОПОВ

(Ивановская государственная текстильная академия, ОАО "НИЭКМИ")

Кварцевые диссипативные преобразователи электрической энергии (КДП-Э) применяются в так называемом кварцевом диэлькометре (КД) для контроля неэлектрических величин диэлектриков, например, влажности текстильных материалов, зерновых культур, жидкого топлива и др. [1].

КДП-Э представляет собой электрическую цепь, составленную из последовательно или параллельно включенных вакуумного кварцевого резонатора (КР) и диэлектрического, например, емкостного датчика. При последовательном соединении режим работы КДП-Э назван последовательным управлением, а при параллельном – параллельным управлением. Выходным параметром КД является эквивалентное электрическое сопротивление КДП-Э.

Для разработки конструкции конкретного датчика и выбора оптимальной частоты работы прибора важно знать зависимость выходного параметра КД от информативного параметра. Информативными параметрами, изменяющимися от влажности контролируемого материала и определяющими чувствительность прибора, являются сопротивление потерь и емкость емкостного датчика.

Приведем выражение для расчета выходного параметра КД при измерении емкости датчика  $R_q'$ :

$$R_q' = \frac{A}{B}, \quad (1)$$

$$\text{где } A = \frac{R_q}{\omega_1^2 C_0^2};$$

$$B = R_q^2 + \left( \omega_1 L_q - \frac{C_0 + C_q}{\omega_1 C_0 C_q} \right)^2.$$

Здесь  $R_q, L_q, C_q, C_0$  – эквивалентные электрические: сопротивление, индуктивность, емкость и статическая емкость КР;  $\omega_1$  – резонансная круговая частота КР, полученная при подключении последовательно или параллельно к кварцевому резонатору емкостного датчика емкостью  $C_d$ .

Резонансная круговая частота  $\omega_1 = 2\pi f_1$  связана с номинальной резонансной частотой КР  $\omega = 2\pi f$  при последовательном и параллельном управлении выражением:

$$\omega_1 = \omega \sqrt{1 + \frac{C_q}{C_0 + C_d}}. \quad (2)$$

Для практических расчетов выражение (1) можно преобразовать в более простое:

$$R_q' = R_q \left( 1 + \frac{C_0}{C_d} \right)^2. \quad (3)$$

Существуют приборы контроля влажности диэлектрических материалов по из-

менению частоты – так называемый частотный метод, в отличие и от энергетического метода измерения, по которому работает КД.

Проведем сравнительный анализ этих методов по чувствительности к изменению емкости датчика с контролируемым материалом.

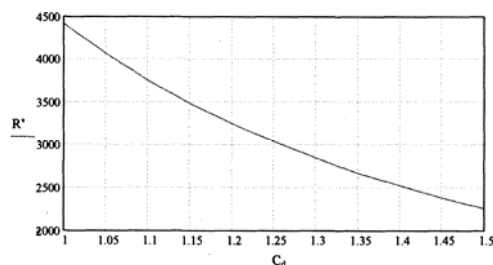
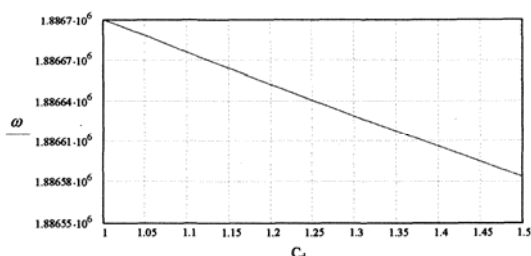


Рис. 1 Рис. 2

Примеры зависимостей приведены на рис.1 (изменение частоты, Гц, от емкости датчика, пФ) и 2 (изменение сопротивления, Ом, от емкости датчика, пФ). Расчеты проводились по формулам (1) и (2). Эквивалентные параметры кварцевых резона-

торов определялись экспериментально по методике, описанной в [2].

Параметры КР с резонансной частотой 300 кГц приведены в табл.1.

Таблица 1

| № п/п | Параметр, размерность                                | Значение   |
|-------|--|------------|
| 1     | Резонансная частота $f_0$ , Гц                       | 300000,0   |
| 2     | Междуэлектродная (статическая) емкость КР $C_0$ , пФ | 6,0        |
| 3     | Эквивалентная электрическая индуктивность $L_q$ , Гн | 21,713412  |
| 4     | Эквивалентная электрическая емкость $C_q$ , пФ       | 0,01296193 |
| 5     | Эквивалентное электрическое сопротивление $R$ , Ом   | 90,0       |

Чувствительности КД к емкости по сопротивлению  $S_{CR}$  и по частоте  $S_{Cf}$  рассчитывались по выражениям:

$$S_{CR} = \frac{R'_{q(max)} - R'_{q(min)}}{C_{d(max)} - C_{d(min)}}, \quad (4)$$

$$S_{Cf} = \frac{f_{l(max)} - f_{l(min)}}{C_{d(max)} - C_{d(min)}}. \quad (5)$$

Оценивалась относительная чувствительность КД к емкости по сопротивлению и по частоте по формулам:

$$S_{CR} (\%) = \frac{S_{CR} \cdot 100}{r},$$

$$S_{Cf} (\%) = \frac{S_{Cf} \cdot 100}{f_{l(max)}}. \quad (6)$$

Таблица 2

| № п/п | Интервал емкостей датчика $C_d$ , пФ | Чувствительность КД к емкости по активному сопротивлению $S_{CR}$ |      | Чувствительность КД к емкости по частоте $S_{Cf}$ |                      |
|-------|--------------------------------------|---|------|---|----------------------|
|       |                                      | Ом/пФ   | %    | Гц/пФ   | %                    |
| 1     | 1...2                                | 970   | 22,0 | 34,7  | 0,0116               |
| 2     | 10...20                              | 7,8   | 3,4  | 4,7   | $1,56 \cdot 10^{-3}$ |
| 3     | 50...60                              | 0,4   | 0,3  | 0,5   | $0,18 \cdot 10^{-3}$ |

В табл. 2 приведены чувствительности КД с резонансной частотой КР 300 кГц к изменению емкости датчика на 1 пФ для выходного параметра КД -  $R_q'$  и для частоты  $f_1$  в разных диапазонах изменения емкости датчика, рассчитанные по формулам (4)...(6).

Как видно из табл.1, чувствительность КД к емкости по сопротивлению на несколько порядков превышает чувствительность КД по частоте, что подтверждает выбор выходного параметра КД – эквивалентное активное сопротивление КДП-Э. С уменьшением емкости датчика чувстви-

тельность к изменению емкости КД повышается.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Савченко В.Е., Грибова Л.К. Кварцевый диссипативный преобразователь и его применение // Измерительная техника. – 2003, №10. С. 60...64.
2. Савченко В.Е., Грибова Л.К. Измерение эквивалентных электрических параметров кварцевых диссипативных преобразователей // Измерительная техника. – 2002, №6. С. 49...50.

Рекомендована кафедрой автоматики и радиоэлектроники ИГТА. Поступила 17.10.05.