

УДК 667:621.383

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕМКОСТИ КОПЛАНАРНОГО ДАТЧИКА  
МЕХАНИЗМА ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЯ ТЕКСТИЛЬНОГО ПРОДУКТА**

*Е.Ф. РАЗУМОВА*

(Ивановская государственная текстильная академия)

В работе [1] получено выражение, позволяющее рассчитать начальную емкость копланарного датчика, находящегося в воздушной среде:

$$C_H = 0,0177b \ln \left( \frac{2a}{d} + \sqrt{\frac{4a^2}{d^2} - 1} \right), \text{ пФ. (1)}$$

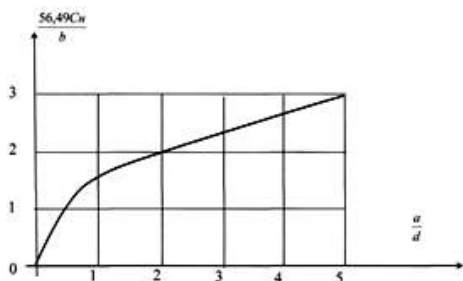


Рис. 1

Электроды датчика устанавливаются на основании 1 из изоляционного материала (рис.2) с диэлектрической постоянной  $E_{осн}$ . В результате взаимодействия основания (1) с электрическим полем, создаваемым электродами в нижней полуплоскости, емкость датчика изменится на величину

$$C_{осн} = \frac{1}{2} \left[ 0,0177bE_{осн} \ln \left( \frac{2a}{d} + \sqrt{\frac{4a^2}{d^2} - 1} \right) \right], \text{ пФ. (2)}$$

При этом емкость, определяемая взаимодействием поля электродов верхней полуплоскости с воздушной средой, равна:

Здесь  $a$  – ширина электрода;  $b$  – длина электрода, мм;  $d$  – расстояние между электродами.

Зависимость относительной емкости датчика с двумя одинаковыми копланарными электродами от отношения  $a/d$  представлена на рис.1.

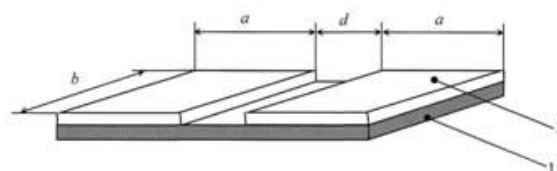


Рис. 2

$$C_{возд} = \frac{1}{2} \left[ 0,0177b \ln \left( \frac{2a}{d} + \sqrt{\frac{4a^2}{d^2} - 1} \right) \right] = \frac{1}{2} C_H, \text{ пФ. (3)}$$

Полная емкость датчика с электродами на диэлектрическом основании с учетом (2) и (3) составит величину:

$$C_{п} = 0,00885b(1 + E_{осн}) \ln \left( \frac{2a}{d} + \sqrt{\frac{4a^2}{d^2} - 1} \right), \text{ пФ. (4)}$$

При выборе материала основания, на котором устанавливаются электроды датчика, необходимо выбирать высокочастот-

ный диэлектрик с возможно меньшей величиной  $E_{осн}$ , так как с увеличением  $E_{осн}$  снижается чувствительность датчика к изменениям свойств контролируемого текстильного продукта.

Основание с электродами датчика экранируются от внешних воздействий. Расстояние от стенок экранирующего корпуса до электродов должно быть в 4...5 раз больше толщины основания, при этом влияние корпуса на электрические параметры датчика будет малым.

При введении в рабочую зону датчика (верхняя полуплоскость электродов) текстильного материала емкость датчика возрастает на величину:

$$\Delta C_{TM} = \frac{1}{2} \left[ 0,0177bE_{TM} \ln \left( \frac{2a}{d} + \sqrt{\frac{4a^2}{d^2} - 1} \right) \right], \text{ пФ. (5)}$$

Здесь  $E_{TM}$  – относительная диэлектрическая постоянная текстильного материала. С учетом (2) емкость датчика в режиме контроля текстильного продукта определяется выражением:

$$C = 0,00885b(E_{TM} + E_{осн}) \ln \left( \frac{2a}{d} + \sqrt{\frac{4a^2}{d^2} - 1} \right), \text{ пФ. (6)}$$

Относительное изменение емкости датчика за счет внесения в рабочую зону контролируемого продукта находится из соотношения:

$$\frac{\Delta C_{TM}}{C_{п}} = \frac{E_{TM}}{1 + E_{осн}}. \quad (7)$$

Таким образом, относительное изменение емкости датчика пропорционально относительной диэлектрической проницаемости текстильного материала.

Диэлектрическая проницаемость текстильного материала (например, ткани, табл.1) незначительно превышает единицу. Поэтому при проектировании датчика необходимо учитывать свойства материала, используемого для изготовления основания. Из выражения (7) следует, что с це-

лью повышения чувствительности датчика к контролируемому текстильному материалу, необходимо использовать материал с низким значением диэлектрической проницаемости. Параметры некоторых материалов, которые могут быть использованы для изготовления основания, приведены в табл. 2.

Таблица 1

Ткань	$E_{TM}$
Бязь арт. 276	1,049
Сатин арт.528	1,324
Костюмная арт.3127	1,496

Таблица 2

Материал	$E_{осн}$
Фторопласт-4	1,9...2,2
Полистирол	2,5...2,8
Текстолит	6,5...7,0

Зависимость относительного изменения емкости датчика от диэлектрической проницаемости текстильного материала основания представлена графиками на рис.3.

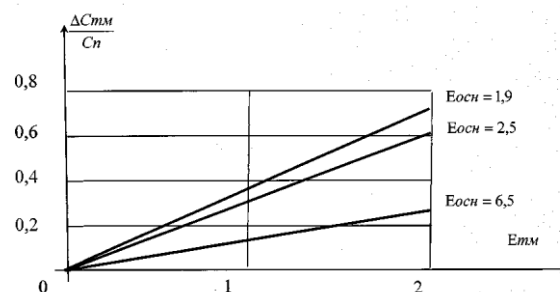


Рис. 3

Анализируя полученные выражения (4), (6) и (7), необходимо отметить существенное влияние на свойства датчика параметров основания электродов, к которым относятся диэлектрическая проницаемость  $E_{осн}$  и площадь соприкосновения основания с электродами датчика:

$$S = ab. \quad (8)$$

Уменьшение значения  $S$  практически возможно только за счет уменьшения ширины опоры под электродами (рис .4).

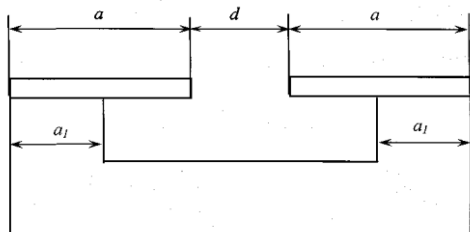


Рис. 4

При этом

$$S = a_1 b. \quad (9)$$

В этом случае относительное изменение емкости датчика при внесении в рабочую область контролируемого текстильного материала определяется выражением:

$$\frac{\Delta C_{TM}}{C_{\Pi}} = \frac{E_{TM}}{1 + E_{осн}} \frac{\ln \left( \frac{2a}{d} + \sqrt{\frac{4a^2}{d^2} - 1} \right)}{\ln \left( \frac{2a_1}{d} + \sqrt{\frac{4a_1^2}{d^2} - 1} \right)}. \quad (10)$$

Полагая, что основание датчика изготовлено из материала с  $E_{осн} = 3$ , ширина электродов  $a = 10$  мм, а расстояние между ними  $d = 2$  мм, определим зависимость относительной емкости датчика от относительной ширины опор под электродами.

$$\frac{\Delta C_{TM}}{C_{\Pi} E_{TM}} = \Psi \left( \frac{a_1}{d} \right). \quad (11)$$

Учитывая значения параметров датчика и выражение (10), получаем:

$$\frac{\Delta C_{TM}}{C_{\Pi} E_{TM}} = \frac{0,75}{\ln \left( \frac{2a_1}{d} + \sqrt{\frac{4a_1^2}{d^2} - 1} \right)}. \quad (12)$$

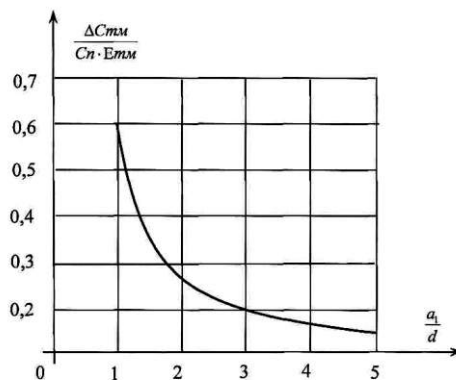


Рис. 5

На стадии предварительного проектирования механизма контроля текстильного продукта график на рис.5 позволяет с достаточной точностью оценить эффективность датчика при конструктивно обоснованных значениях ширины опор под электродами и расстояния между ними.

## ВЫВОДЫ

1. Полученные выражения составляют основу методики расчета полевого датчика с двумя копланарными электродами, которая может быть практически использована при разработке механизмов оперативного контроля текстильного продукта.

2. Определены математические выражения, определяющие относительное изменение емкости датчика при внесении в рабочую область контролируемого материала в зависимости от электрических и конструктивных параметров датчика.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Разумова Е.Ф., Расторгуев А.К.// Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2008, №3. С.105...108.

Рекомендована кафедрой автоматизации и радиотехники. Поступила 02.06.08.