

УДК 677:621.383

**ПОЛЕВЫЕ ДАТЧИКИ МЕХАНИЗМОВ КОНТРОЛЯ ПРОДУКТА
ПРИ ЕГО ОБРАБОТКЕ НА ТЕКСТИЛЬНОЙ МАШИНЕ**

Е.Ф. РАЗУМОВА, А.К. РАСТОПГУЕВ

(Ивановская государственная текстильная академия)

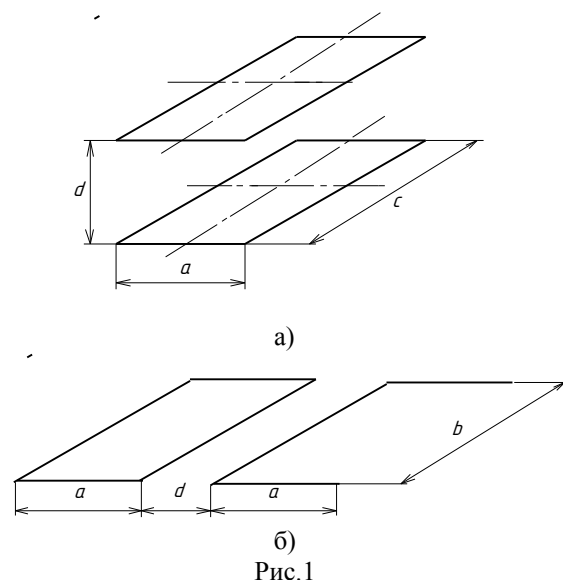
Возрастающие требования к качеству продукции и стремление к повышению производительности текстильных машин вызывают необходимость применения более совершенных механизмов контроля параметров продукта, разработки новых направлений их построения, теории и методики их расчета.

Датчики механизмов контроля текстильного продукта, получившие преимущественное распространение, построены на принципе механического взаимодействия продукта с двухсторонним чувствительным элементом [1]. Механический двухсторонний контакт и дополнительное силовое воздействие на контролируемый продукт являются во многих случаях нежелательными [2].

Перспективным для текстильной промышленности являются полевые датчики, работающие в системе контроля, отличающиеся слабой энергией взаимодействия с продуктом. Конструктивно исполнение полевого датчика определяется его назначением, способом взаимодействия с контролируемым продуктом и особенностями технологического процесса. При этом в зависимости от характера взаимодействия контролируемого продукта с силовым полем датчика величина емкости изменяется при изменении расстояния между электродами, диэлектрической проницаемости продукта, соотношения составляющей волокнистой массы, степени заполнения рабочей области контролируе-

мым продуктом и площади электродов датчика.

При разработке механизмов контроля продукта полевые датчики строятся на основе параллельно (рис. 1-а) или копланарно (рис. 1-б) расположенных электродов.



Емкость датчика с параллельно расположенными плоскими электродами зависит от площади электродов, соотношения размеров их сторон и от уровня заполнения пространства между электродами контролируемым продуктом. Вследствие искажения поля у краев электродов точное значение емкости датчика определить практически невозможно [3]. Вместе с тем, учитывая краевой эффект реально осуществимых датчиков для контроля плоского текстильного продукта (например, ткани),

у которых выполняются соотношения $a/d > 3$, $b/d > 3$, с учетом разбивки поля на простые фигуры [4], находим следующее выражение для емкости датчика:

$$C = \frac{E_0 E_{\text{TM}} ab}{d} \left[1 + \frac{1}{\lambda} \frac{d}{a \left(1 + \ln \frac{2\pi a}{d} \right)} \right], \Phi. \quad (1)$$

$$\Psi \left(\frac{a}{d} \right) = \frac{C}{E_0 E_{\text{TM}} b} = \frac{a}{d} \left[1 + \frac{1}{\pi} \frac{d}{a \left(1 + \ln \frac{2\pi a}{d} \right)} \right], \quad (2)$$

график которой представлен на рис.2.

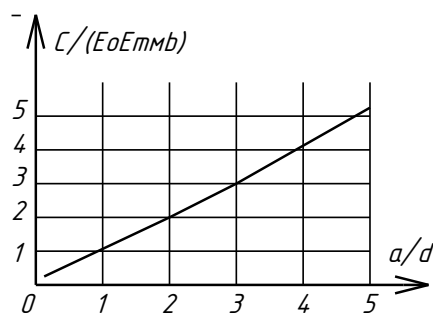


Рис.2

Здесь $E_0 = 8,855 \cdot 10^{-12}$ Ф/м – электрическая постоянная; E_{TM} – относительная диэлектрическая постоянная текстильного материала; a – ширина электрода датчика, м; b – длина электрода датчика, м; d – расстояние между электродами датчика, м.

Относительная емкость датчика с плоскими параллельными электродами зависит от отношения ширины электрода к расстоянию между электродами и определяется функцией:

Незначительная нелинейность зависимости относительной емкости от соотношения a/d обусловлена искажением поля у краев рабочих электродов датчика.

Емкость датчика с подвижными пластинами зависит от расстояния между ними, которое определяется толщиной контролируемого продукта. В этом случае чувствительность датчика к изменению толщины продукта находится в результате дифференцирования выражения (1) по переменной величине d :

$$K_d = \frac{dC}{dd} = \left[\frac{b}{\pi d \left(1 + \ln \frac{2\pi a}{d} \right)^2} - \frac{ab}{d^2} \right] E_0 E_{\text{TM}}, \Phi/\text{м}. \quad (3)$$

Из полученного выражения следует, что чувствительность рассматриваемого датчика пропорциональна длине электродов b и диэлектрической проницаемости контролируемого текстильного материала E_{TM} .

При разработке датчиков механизмов контроля плоских текстильных материалов (например, ткани) длину электродов выби-

рают равной

$$b = na, \quad (4)$$

где $n = 1 \dots 7$.

Подставив значение b в (3), после преобразований получим выражение для расчета относительной чувствительности датчика с подвижными электродами:

$$K_{d \text{ отн}} = \frac{K_d}{E_0 E_{TM}} = n \left[\frac{a}{d\pi \left(1 + \ln \frac{2\pi a}{d}\right)^2} - \frac{a^2}{d^2} \right]. \quad (5)$$

Зависимости модуля относительной чувствительности от первоначального отношения a/d для различных значений длины электродов показаны на рис. 3.

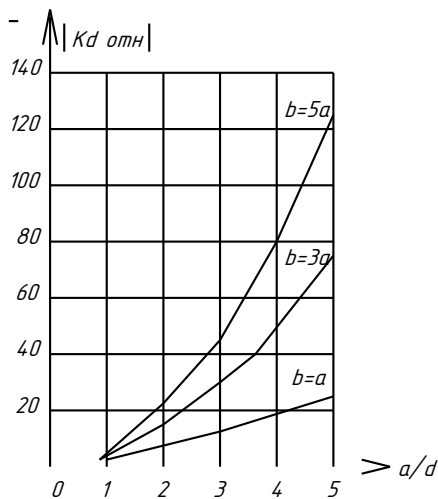


Рис.3

Величина диэлектрической проницаемости E_{TM} зависит от вида текстильного продукта, содержания компонентов смеси, структуры. В табл. 1 приведены экспериментальные значения диэлектрической проницаемости некоторых тканей.

Т а б л и ц а 1

Ткань	E_{TM}	Ткань	E_{TM}
Бязь арт. 276	1,049	флейта арт. 975	1,245
Штапель арт. 72110	1,101	сатин арт. 528	1,324
Тик арт. 4003	1,203	костюмная арт. 3127	1,496

Чувствительность датчика с неподвижными электродами к изменению диэлектрической постоянной текстильного материала определяется выражением, получаемым в результате дифференцирования значения емкости (1) по E_{TM} :

$$K_{E_{TM}} = \frac{dC}{dE_{TM}} = E_0 b \left[\frac{a}{d} + \frac{1}{\pi \left(1 + \ln \frac{2\pi a}{d}\right)} \right], \quad (6)$$

Датчик с неподвижными электродами может быть использован в механизмах контроля текстильного продукта при усло-

вии неполного заполнения продуктом рабочей области датчика.

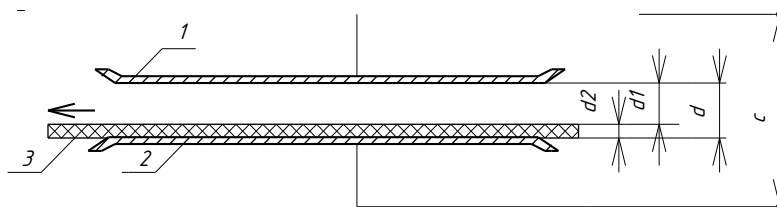


Рис.4

На рис.4 показана схема датчика с неподвижными электродами (1 и 2) с расстоянием между ними d , воздушным зазором $d1$ и контролируемым материалом 3 с толщиной $d2$. Такой датчик можно рас-

сматривать как конденсатор, состоящий из двух последовательно соединенных конденсаторов, емкости которых соответственно равны:

$$C1 = \frac{E_0 E_B ab}{d1} \quad \text{и} \quad C2 = \frac{E_0 E_{TM} ab}{d2}, \quad (7)$$

где E_B – диэлектрическая проницаемость воздушного зазора ($E_B = 1$); a – ширина электродов; b – длина электродов.

При последовательном соединении конденсаторов:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C1} + \frac{1}{C2} = \frac{d1}{E_0 E_B ab} + \frac{d2}{E_0 E_{TM} ab} = \left(\frac{d1}{E_0 E_B} + \frac{d2}{E_0 E_{TM}} \right) \frac{1}{ab}, \quad (8)$$

а общая емкость датчика равна:

$$C = \frac{E_0 ab}{\frac{d1}{E_B} + \frac{d2}{E_{TM}}} = \frac{E_0 ab}{d - d2 + \frac{d2}{E_{TM}}} = \frac{E_0 ab}{d - d2 \left(1 - \frac{1}{E_{TM}} \right)}. \quad (9)$$

В случае, когда диэлектрическая проницаемость контролируемого материала $E_{TM} \gg 1$, выражение для общей емкости датчика принимает вид:

$$C = \frac{E_0 ab}{d - d2} = \frac{E_0 ab}{d1}. \quad (10)$$

В этом случае емкость датчика определяется величиной воздушного зазора между электродом и контролируемым материалом.

Дифференцируя (9) по переменной $d2$, получаем выражение, определяющее чувствительность полевого датчика с неподвижными электродами с частичным заполнением продуктом рабочей области к изменению толщины продукта:

$$K_{d2} = \frac{dC}{dd2} = \frac{E_0 ab \left(1 - \frac{1}{E_{TM}} \right)}{\left[d - d2 \left(1 - \frac{1}{E_{TM}} \right) \right]^2}, \quad \Phi/\text{м}. \quad (11)$$

Из (11) следует, что чувствительность датчика повышается с увеличением начальной толщины контролируемого материала $d2$ и его диэлектрической проницаемости E_{TM} .

При E_{TM} выражение (11) принимает вид:

$$K_{d2} = \frac{E_0 ab}{(d - d2)^2}. \quad (12)$$

Относительная диэлектрическая проницаемость текстильного продукта зависит от вида волокна, плотности его распределения в продукте (холст, лента, ровница, нить, ткань), соотношения волокон различной природы и специальных добавок. Чувствительность рассматриваемого датчика к изменению E_{TM} при $d2 = \text{const}$ определяется соотношением:

$$K_{E_{TM}} = \frac{dC}{dE_{TM}} = \frac{E_0 ab}{E_{TM}^2 \left[d - d2 \left(1 - \frac{1}{E_{TM}} \right) \right]^2}, \quad \Phi/\text{м}. \quad (13)$$

Отношение (11) к (13):

$$\frac{K_{d2}}{K_{E_{TM}}} = E_{TM}^2 \left(1 - \frac{1}{E_{TM}} \right) \quad (14)$$

показывает, что чувствительность датчика к изменению толщины продукта превосходит его чувствительность к изменению диэлектрической проницаемости.

ВЫВОДЫ

1. Определены основные математические соотношения, характеризующие свойства полевых датчиков с параллельными электродами.

2. Полученные соотношения составляют основу методики инженерного расчета полевых датчиков контроля продукта в процессе его обработки на текстильных машинах.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Расторгуев А.К., Власов Е.И., Кулида Н.А.*// Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1978, №6. С. 99...103.

2. *Петров А.В., Расторгуев А.К.*// Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2000, №3. С. 110...114.

3. *Иоссель Ю.Я., Кочанов Э.С., Струнский М.Г.* Расчет электрической емкости.- Л.: Энергия, 1971.

4. *Расторгуев А.К., Расторгуев К.А.*// Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1991, №4. С. 76...79.

Рекомендована кафедрой автоматизации и радиоэлектроники. Поступила 06.04.08.
