

ЕМКОСТНАЯ НЕУСТОЙЧИВОСТЬ ПОЛЕВЫХ ДАТЧИКОВ

Е.Ф. РАЗУМОВА, А.К. РАСТОРГУЕВ

(Ивановская государственная текстильная академия)

Емкостная неустойчивость является одним из основных показателей, определяющих практическую возможность применения полевых датчиков для контроля заданного параметра продукта в процессе его обработки на технологических машинах.

Емкостную неустойчивость можно подразделить на два вида: технологическую и конструктивную.

Технологическая емкостная неустойчивость – это изменение емкости датчика в результате изменения диэлектрической проницаемости контролируемого продукта при внешних воздействиях, представляющих собой отклонения от заданных условий протекания технологического процесса, наиболее существенным из которых является изменение влажности продукта.

В работе [1] приводится полученная экспериментально зависимость диэлектрической постоянной текстильного материала от влажности, которая при выполнении измерений на частоте $f = 0,2$ МГц имеет вид

$$E = E_{\text{TM}} + 0,03 \cdot B^2, \quad (1)$$

где E_{TM} – диэлектрическая проницаемость сухого текстильного материала; B – влажность материала в процентах.

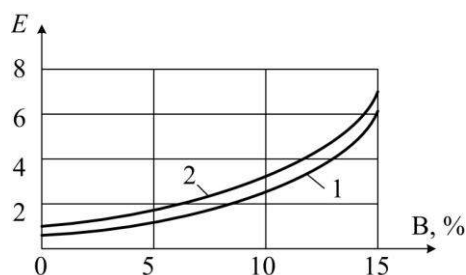


Рис. 1

На рис. 1 представлены зависимости $E = f(B)$ для тканей: бязь арт.276 (кривая 1) и сатин арт.528 (кривая 2).

Из (1) находим величину относительного приращения диэлектрической проницаемости текстильного материала при изменении его влажности:

$$\frac{\Delta E}{E_{\text{TM}}} = \frac{E_{\text{TM}} + 0,03B^2 - E_{\text{TM}}}{E_{\text{TM}}} = \frac{0,03B^2}{E_{\text{TM}}}. \quad (2)$$

Из последнего выражения следует, что относительное приращения диэлектрической проницаемости текстильного материала уменьшается при увеличении начального значения E_{TM} . Технологическая емкостная неустойчивость полевого датчика при этом также уменьшается.

Изменение влажности текстильного материала оказывает различное воздействие на изменение емкости полевых датчиков, зависящее от конструкции датчика.

Емкость датчика с подвижными электродами и постоянным значением E_{TM} определяется выражением [2]:

$$C = \frac{E_0 E_{\text{TM}} ab}{d} \left[1 + \frac{d}{\pi \left(1 + \ln \frac{2\pi a}{d} \right)} \right], \Phi. \quad (3)$$

С учетом (1) формула (3) принимает вид:

$$C = \frac{E_0 ab}{d} (E_{\text{TM}} + 0,03B^2) \left[1 + \frac{d}{\pi \left(1 + \ln \frac{2\pi a}{d} \right)} \right], \quad (4)$$

где a – ширина электродов, м; b – длина электродов, м; d – расстояние между

электродами датчика, м; E_0 – электрическая постоянная.

При постоянной величине диэлектрической проницаемости чувствительность датчика к изменению толщины контролируемого продукта определяется по формуле [2]:

$$K_d = E_0 E_{TM} \left[\frac{b}{\pi d \left(1 + \ln \frac{2\pi a}{d} \right)^2} - \frac{ab}{d^2} \right], \text{ Ф/м. (5)}$$

При проходе шва ткани через рабочую область датчика расстояние между электродами увеличивается, вследствие чего его емкость уменьшается. Таким образом, в соответствии с выражением (5) имеем:

$$K_d < 0. \quad (6)$$

При изменении влажности контролируемого продукта емкость датчика также изменяется. Чувствительность датчика к изменению влажности определяется в результате дифференцирования выражения (5) по переменной величине V :

$$K_V = \frac{dC}{dV} = 0,06BE_0 \left[\frac{ab}{d} + \frac{b}{\pi \left(1 + \ln \frac{2\pi a}{d} \right)} \right], \quad (7)$$

где V – влажность в относительных единицах (безразмерная величина).

В случае повышения влажности емкость датчика в соответствии с (4) возрастет, причем чувствительность датчика к изменению влажности, как следует из формулы (7), имеет положительный знак, то есть:

$$K_V > 0. \quad (8)$$

В механизмах управления текстильными машинами при пропуске швов ткани, построенных на основе датчика с подвижными пластинами, сигналом для включе-

ния механизмов управления положением рабочих органов машин является уменьшение емкости датчика в момент прохождения шва ткани. Поэтому увеличение емкости, вызванное повышением влажности, не вызовет ложного срабатывания системы контроля движущегося материала.

Таким образом, технологическая емкостная неустойчивость полевого датчика шва ткани не нарушает процесса контроля движущегося продукта.

Датчик с неподвижными параллельно расположенными электродами [2] позволяет контролировать текстильный продукт в виде холста, ленты, нити и полотна ткани. В качестве низкопотенциального электрода целесообразно использовать элементы технологических машин, выполняющих функции направляющих движения продукта. В этом случае устраняется дополнительное механическое воздействие на продукт от устанавливаемых на машине низкопотенциальных электродов. Емкость датчика с неподвижными электродами определяется следующим выражением [2]:

$$C = \frac{E_0 ab}{d - d_2 \left(1 - \frac{1}{E_{TM}} \right)}, \quad (9)$$

где d – расстояние между электродами, м; a – ширина электродов, м; b – длина электродов, м; d_2 – толщина контролируемого продукта, м.

С учетом (1) формула (9) принимает вид:

$$C = \frac{E_0 ab}{d - d_2 \left(1 - \frac{1}{E_{TM} + 0,03V^2} \right)}, \text{ Ф} \quad (10)$$

Здесь V – влажность продукта, %.

Чувствительность полевого датчика с неподвижными пластинами при постоянной величине диэлектрической постоянной к изменению толщины продукта:

$$K_{d_2} = \frac{dC}{dd_2} = \frac{E_0 ab \left(1 - \frac{1}{E_{TM}}\right)}{\left[d - d_2 \left(1 - \frac{1}{E_{TM}}\right)\right]^2}, \Phi/\text{м}. \quad (11)$$

Из (11) следует, что чувствительность датчика к изменению толщины продукта повышается с увеличением начальной толщины продукта. Таким образом:

$$K_{d_2} > 0. \quad (12)$$

$$K_B = \frac{dC}{dB} = \frac{0,06BE_0abd_2}{\left(d - d_2 + \frac{d_2}{E_{TM} + 0,03B^2}\right)^2 (E_{TM} + 0,03B^2)^2}, \Phi/\%B. \quad (13)$$

Если влажность контролируемого продукта более 5%, чувствительность датчика к изменению влажности можно определить по формуле:

$$K_B \cong \frac{67E_0abd_2}{\left[d - d_2 \left(1 - \frac{33}{B^2}\right)\right]^2 B^3}, \Phi/\%B. \quad (14)$$

Из выражений (13) и (14) следует, что с повышением влажности материала чувствительность рассматриваемого датчика к изменению влажности уменьшается, то есть:

$$K_B < 0. \quad (15)$$

Следовательно, при контроле текстильного материала при условии $E > E_{TM}$ технологическая емкостная неустойчивость датчика с неподвижными электродами, вызванная изменением влажности продукта, уменьшается.

Конструктивная емкостная неустойчивость полевых датчиков связана со свойст-

Поэтому при проектировании датчика с неподвижными электродами для контролируемого продукта, толщина которого может изменяться в значительных пределах, система обработки сигнала датчика должна обладать чувствительностью, обеспечивающей прием и обработку сигнала датчика при минимально возможной начальной толщине контролируемого продукта.

Чувствительность датчика с неподвижными электродами к изменению влажности текстильного материала определим в результате дифференцирования выражения (10) по переменной величине B :

вами материалов конструкции, неустойчивостью размеров электродов, расстояния между электродами, а также диэлектрической проницаемости основания, на котором устанавливаются электроды [4].

При повышении температуры механические свойства металлов снижаются, падает величина модуля упругости и понижается предел прочности. Однако эти явления заметны при температурах более 200...500°C. Поэтому в условиях текстильного производства влияние температуры на свойства металлических элементов конструкции полевых датчиков практически отсутствует.

Диэлектрическая проницаемость деталей конструкции влияет на величину емкости датчика. Она характеризуется не только абсолютным значением, но и температурным коэффициентом диэлектрической проницаемости (ТКДП) α_E .

Значения ТКДП некоторых материалов, используемых в конструкциях полевых датчиков, приведены в табл. 1 [4].

Таблица 1

Наименование материалов	Е	ТКДП $\alpha_E \cdot 10^{-6}$
Радиофарфор	5,6...6,5	200...300
Пластмассы	4...7	800...1500
Полистирол	2,2...2,9	1000...1300

Из данных табл.1 следует, что при температурном режиме в производственных помещениях текстильных предприятий влияние ТКДП на параметры датчиков можно не учитывать.

Проведенные исследования позволили установить, что основное влияние на параметры полевых датчиков механизмов оперативного контроля продукта при его обработке на текстильных машинах оказывает технологическая емкостная неустойчивость, обусловленная изменением диэлектрической проницаемости материала при смене его артикула и изменении влажности.

Для исключения ложных срабатываний и отказов в срабатывании системы приема сигнала, его обработки и управления рабочими органами текстильных машин, вызванных технологической емкостной неустойчивостью датчиков, требуется введение автоматической подстройки задающей емкости системы приема и обработки сигнала датчика.

ВЫВОДЫ

1. Поставлена и решена задача по определению влияния технологической емкостной неустойчивости на параметры полевых датчиков механизмов контроля текстильного продукта.

2. Разработана методика определения чувствительности полевых датчиков к изменению параметров контролируемого продукта при смене его артикула и изменении влажности, определяющих технологическую емкостную неустойчивость полевых датчиков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Разумова Е.Ф. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2008, №6. С.83...85.
2. Разумова Е.Ф., Расторгуев А.К. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2008, №4. С.89...93.
3. Давыдов В.В., Коптелов Ю.К. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2008, №6. С.99...102.
4. Волгов В.А. Детали и узлы радиоэлектронной аппаратуры. – М.: Энергия, 1977.

Рекомендована кафедрой автоматики и радиоэлектроники. Поступила 30.10.08.

К_П