

УДК 677.621.363

**МЕТОДЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СИГНАЛОВ ЕМКОСТНЫХ ДАТЧИКОВ
МЕХАНИЗМОВ КОНТРОЛЯ ТЕКСТИЛЬНОГО ПРОДУКТА**

Е.Ф. РАЗУМОВА, А.К. РАСТОРГУЕВ

(Ивановская государственная текстильная академия)

Важнейшей составляющей процесса развития текстильного производства является совершенствование методов контроля параметров продукта, их измерения и стабилизации на всех технологических переходах прядильного, ткацкого и отделочных производств.

Основным элементом систем автоматического контроля и управления является датчик, дающий информацию о состоянии и параметрах текстильного продукта и режиме работы технологических машин.

Выбор датчика определяется особенностью текстильного продукта, заключающейся в легкости его деформирования и нарушении структуры при сравнительно небольших механических воздействиях. Поэтому при разработке систем автоматического контроля текстильного продукта необходимо выбирать датчики слабой энергии взаимодействия с контролируемым продуктом [1]. К этому виду датчиков относятся емкостные датчики, отличающиеся простотой конструкции контроля продукта и возможностью применения в системах автоматического контроля продукта на всех переходах текстильного производства. Вместе с тем эффективность использования таких датчиков зависит от выбранного способа преобразования емкости в сигнал управления.

В сочетании с емкостными датчиками возможно использование следующих преобразователей:

- 1) с измерительной цепью постоянного тока;
- 2) с мостовой цепью переменного тока и амплитудной модуляцией;
- 3) с мостовой цепью в контуре обратной связи автогенератора;
- 4) с резонансной цепью автогенератора и частотной модуляцией.

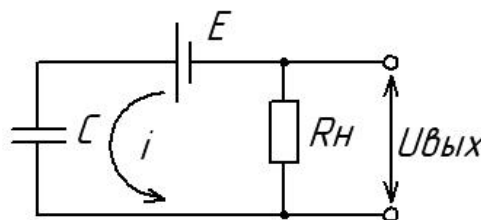


Рис. 1

Преобразователь с измерительной цепью постоянного тока (рис.1) работает по принципу преобразования измеряемой величины в электрический разряд.

Емкость C включает все постоянные емкости цепи, среднюю емкость датчика, соответствующую заданному значению контролируемого параметра продукта, и переменную составляющую, обусловленную колебаниями контролируемого параметра. При гармоническом измерении контролируемого параметра свойства преобразователя определяются дифференциальным уравнением [2]:

$$(C_0 + C_m \sin \omega t) R_H \frac{di}{dt} + (1 + C_m R_H \cos \omega t) i = E C_m \cos \omega t, \quad (1)$$

где C_0 – постоянная составляющая емкости датчика; C_m – амплитуда изменения емкости датчика; R_H – сопротивление нагрузки.

Предполагая решение уравнения в виде ряда Фурье, получаем:

$$i = a_1 \sin(\omega t + \varphi_1) + a_2(2\omega t + \varphi_2) + \dots, \quad (2)$$

$$\text{где } a_1 = \frac{C_m}{C_0} \frac{E}{R_H \sqrt{1 + \left(\frac{1}{\omega C_0 R_H}\right)^2}},$$

$$a_2 = -\left(\frac{C_m}{C_0}\right)^2 \frac{E}{R_H \sqrt{\left[1 + \left(\frac{1}{\omega C_0 R_H}\right)^2\right] \left[4 + \left(\frac{1}{\omega C_0 R_H}\right)^2\right]}}.$$

При малых изменениях емкости C_m C_m/C_0 мало и можно пренебречь всеми, кроме первого, членами уравнения (2). Тогда мгновенные значения выходного напряжения:

$$U_{\text{вых}} = i R_H = \frac{C_m}{C_0} \frac{E}{\sqrt{1 + \left(\frac{1}{\omega C_0 R_H}\right)^2}} \sin(\omega t + \varphi_1), \quad (3)$$

$$\text{где } \varphi_1 = -\arctg\left(1/(\omega C_0 R_H)\right). \quad (4)$$

Недостатком рассматриваемого преобразователя является малая стабильность при $1/(\omega C_0 R_H) \gg 1$. Для обеспечения стабильности необходимо увеличивать емкость C_0 за счет увеличения размеров датчика, что ограничивает область его применения.

Схема преобразователя второго вида, построенная на нелинейности двойного Т-моста, изображена на рис. 2.

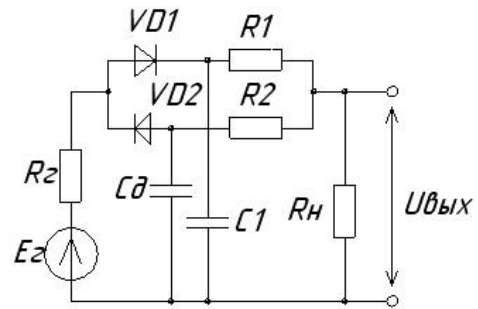


Рис. 2

Напряжение на нагрузке, подключенной к выходу преобразователя:

$$U_{\text{вых}} = 2\pi f S E_{\Gamma} R_H \frac{C_1 - C_{\text{д}}}{R_2 + R_H}. \quad (5)$$

Здесь E_{Γ} – е.д.с. источника питания; f – частота источника переменного напряжения; S – крутизна характеристики преобразователя; $C_{\text{д}}$ – емкость датчика; C_1 – емкость задатчика.

Из (5) следует, что величина выходного напряжения зависит не только от емкости датчика. Существенное влияние на $U_{\text{вых}}$ оказывает частота колебаний напряжений источника питания преобразователя и величина этого напряжения.

Стабильность датчика и задатчика определяется только их конструкцией. Дополнительная нестабильность преобразователя вызывается температурной нестабильностью полупроводниковых диодов VD1 и VD2. Необходимость введения систем стабилизации частоты и величины напряжения питания преобразователя, а также элементов автоматической стабилизации, устраняющих влияние изменений температуры, связана со значительным усложнением устройства, что в свою очередь усложняет его практическое использование.

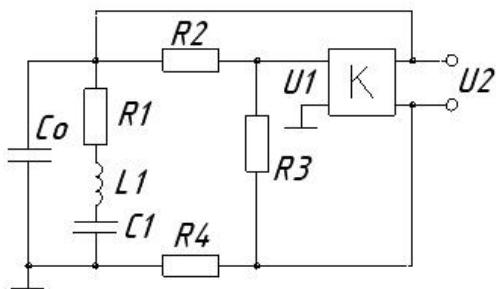


Рис. 3

В устройствах третьего вида мостовой преобразователь образует цепь положительной обратной связи автогенератора (рис.3).

В состав измерительного плеча моста входят емкость схемы C_0 , резонансный контур, состоящий из емкости датчика C_1 и индуктивности L_1 и резистора R_1 . При последовательном резонансе реактивные сопротивления ωL_1 и $1/(\omega C_1)$ взаимокompенсируются и сопротивление измерительного плеча практически равно R_1 , что позволяет выбирать сопротивление плеч моста из условия $R_2 = R_3 = R_4 \approx R_1$.

Особенность преобразователя на основе мостового автогенератора при работе вблизи частоты последовательного резонанса открывает возможность измерения неэлектрических величин, например, влажности диэлектрических материалов, за счет изменения активных потерь в реактивных элементах измерительного плеча [3].

Практическое использование рассматриваемого преобразователя в механизмах контроля параметров движущегося текстильного продукта и механизмах управления технологическими машинами ограничивается сложностью конструкции датчика, содержащего несколько реактивных элементов, параметры которых под действием механических, температурных и влажностных воздействий могут существенно изменяться.

В преобразователях четвертого вида емкостный датчик является единственной переменной реактивной составляющей резонансного колебательного контура автогенератора, реагирующей на состояние контролируемого продукта [4].

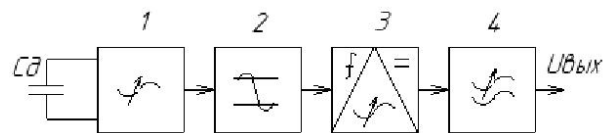


Рис. 4

Структура преобразователя с частотным преобразованием сигнала датчика представлена на рис. 4. В состав преобразователя входят: датчик $C_д$, автогенератор 1, ограничитель амплитуды колебаний 2, частотный детектор 3 и фильтр нижних частот 4.

Параметры текстильного продукта в процессе производства и обработки изменяются периодически с переменным периодом отключения от требуемого значения. При этом частота колебаний автогенератора определяется выражением

$$f = 10 \sqrt{\frac{253}{L}} \left(\frac{1}{\sqrt{C_д + \Delta C}} - \frac{1}{\sqrt{C_д}} \right), \text{ мГц. (6)}$$

Здесь L – индуктивность контура автогенератора в мкГ, емкость в пФ.

Необходимо отметить, что полученное выражение справедливо для емкостных датчиков любой конструкции. Благодаря этому устройства с частотным преобразованием сигнала могут быть использованы при разработке большинства механизмов контроля и управления текстильных машин.

В Ы В О Д Ы

Проведенный анализ преобразователей сигнала емкостных датчиков параметров текстильного продукта позволил установить, что наиболее перспективным для создания механизмов контроля состояния продукта и управления технологическими машинами являются преобразователи с двойным Т-мостом и устройства с частотным преобразованием сигнала.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Роботехнические системы в текстильной и легкой промышленности/ В.А.Климов, В.Н.Гончаренко, А.А.Ганулич и др. – М.: Легпромиздат, 1991.

2. *Разумова Е.А.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1985, №5. С.60...64.

3. *Расторгуев А.К.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1995, №4. С.91...95.

4. *Расторгуев А.К., Власов Е.И.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1992, №4. С.59...63.

Рекомендована кафедрой автоматики и радиоэлектроники. Поступила 29.01.08.
