

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ СИГНАЛОВ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ  
НА ОСНОВЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ  
В ПАРАЛЛЕЛЬНО-СИММЕТРИЧНЫХ МОСТОВЫХ ЦЕПЯХ  
(г. Куйбышев)

Мостовые измерительные цепи являются наиболее распространенными в технике преобразования сигналов параметрических датчиков. Для питания их используют источники постоянного либо переменного тока. Рабочим, как правило, выбирается установившийся режим.

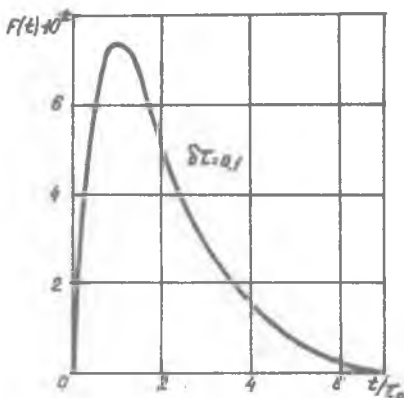
Централизация процессов сбора и обработки в ЭВМ измерительной информации с большого числа датчиков, устанавливаемых на исследуемом объекте, подразумевает разделение во времени измерительных каналов, которое осуществляется посредством коммутации. Если коммутируются выходные напряжения измерительных цепей, содержащих датчики, то во избежание переходных процессов питание каждого датчика осуществляется непрерывно даже в то время, когда производится преобразование сигналов других датчиков. Это ограничивает мощность, вкладываемую в датчик, а следовательно отношение сигнал/шум, от которого зависит разрешающая способность и погрешность преобразования. При такой коммутации каждый датчик включен в свою индивидуальную измерительную цепь, содержащую кроме него несколько образцовых элементов, стоимость которых является, как правило, определяющей стоимостью всего преобразователя. Если же коммутация осуществляется поочередным включением группы датчиков в одну групповую измерительную цепь, то это сопровождается переходным процессом, задерживающим получение информации в установившемся режиме. Особенно велики задержки при работе с индуктивными и конденсаторными датчиками.

Однако сведения о параметрах датчика, а следовательно контролируемого процесса, могут быть получены и в ходе самого переходного процесса.

Методы преобразования на основе переходных процессов, специально возбуждаемых в последовательных аperiodических  $LR$  и  $RC$  цепях, рассматриваются в литературе [1,2].

В настоящей работе рассматривается параллельно-симметричный мост с аperiodическими  $LR$  или  $RC$  ветвями в переходном режиме, его особенности и возможности для преобразования сигналов параметричес-

ких датчиков (рис. 1). В его схему могут включаться индуктивные, конденсаторные и резистивные датчики как одноплечие, так и дифференциальные. В исходном состоянии разрядные ключи  $K_p$  замкнуты, а ключ  $K$  разомкнут. Напряжение в диагонали  $ab$   $U_{ab}=0$ .



Р и с. 1. Схема параллельно-симметричной мостовой цепи

В дальнейшем рассматриваем функцию

$$F(t) = \frac{U_{ab}(t)}{E} = \exp\left(-\frac{t}{\tau_2}\right) - \exp\left(-\frac{t}{\tau_1}\right).$$

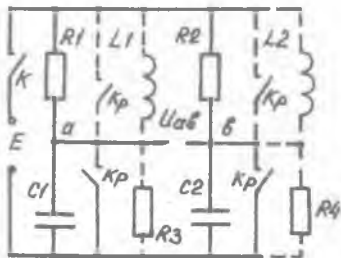
При  $\tau_1 = \tau_2$   $F(t) = 0$ , что соответствует равновесию моста. Если мост в дисбалансе, выходной сигнал имеет вид, представленный на рис. 2.

При  $t \rightarrow \infty$   $F(t) \rightarrow 0$ , т.е. использование установившегося режима не имеет смысла. Характерным для выходного сигнала является экстремум.

Его положение и величину определим через условие равенства нулю первой производной по времени:

$$\frac{\partial F}{\partial t} = -\frac{1}{\tau_2} \exp\left(-\frac{t}{\tau_2}\right) + \frac{1}{\tau_1} \exp\left(-\frac{t}{\tau_1}\right) = 0$$

Р и с. 2. Выходной сигнал параллельно-симметричной мостовой цепи при включении питающего напряжения



$$\text{или } \frac{\tau_2}{\tau_1} = \exp t_M \left( \frac{\tau_2 - \tau_1}{\tau_2 \tau_1} \right),$$

$$\text{логарифмируя, получаем } \ln \frac{\tau_2}{\tau_1} = t_M \frac{\tau_2 - \tau_1}{\tau_2 \tau_1},$$

откуда время достижения максимума

$$t_M = \frac{\tau_1 \tau_2}{\tau_2 - \tau_1} \ln \frac{\tau_2}{\tau_1}. \quad (1)$$

Для этого момента времени

$$F_M = \exp \left[ - \frac{\tau_2 \tau_1}{(\tau_2 - \tau_1) \tau_2} \ln \frac{\tau_2}{\tau_1} \right] - \exp \left[ - \frac{\tau_2 \tau_1}{(\tau_2 - \tau_1) \tau_1} \ln \frac{\tau_2}{\tau_1} \right].$$

Выполнив упрощающие преобразования, получаем

$$F_M = \frac{\tau_2 - \tau_1}{\tau_1} \exp \left( - \frac{\tau_2}{\tau_2 - \tau_1} \ln \frac{\tau_2}{\tau_1} \right).$$

Для дифференциальных датчиков  $\tau_2 = \tau_0 + \Delta\tau$ ,  $\tau_1 = \tau_0 - \Delta\tau$ ,

$$F_M = \frac{2\sigma\tau}{1-\sigma\tau} \exp \left( - \frac{1+\sigma\tau}{2\sigma\tau} \ln \frac{1+\sigma\tau}{1-\sigma\tau} \right). \quad (2)$$

$$\text{где } \sigma\tau = \frac{\Delta\tau}{\tau_0}.$$

В области равновесия моста, когда  $(\sigma\tau \rightarrow 0, F_M \approx \frac{2\sigma\tau}{e})$ ,

здесь  $e$  — основание натурального логарифма. При этом время достижения экстремума

$$t_M = \tau_0 (1 - \sigma\tau^2). \quad (3)$$

Если сравнивать чувствительность рассматриваемого моста в переходном режиме с чувствительностью традиционного равноплечего моста в установившемся режиме, то в первом она выше в  $4/e$  раз.

Определение метода мгновенных значений [1] следует уточнить для мостовой цепи следующим образом: метод мгновенных значений — ме-

тод, при котором инерционный, диссипативный или энергетический параметр преобразуется в экстремальное значение реакции.

Для недифференциальных датчиков  $\tau_2 = \tau_0 + \Delta\tau$ ,  $\tau_1 = \tau_0$ ,

$$F_M = \sigma\tau \exp\left[-\frac{1+\sigma\tau}{\sigma\tau} \ln(1+\sigma\tau)\right]. \quad (4)$$

В зоне равновесия моста  $F_M \cong \sigma\tau/e$ .

Время достижения экстремума  $t_M \cong \tau_0(1-\sigma\tau)$

Функции преобразования  $F_M(\sigma\tau)$  для дифференциальных и недифференциальных датчиков приведены на рис. 3: кривые напоминают соответствующие характеристики для мостов, работающих в установившемся режи-

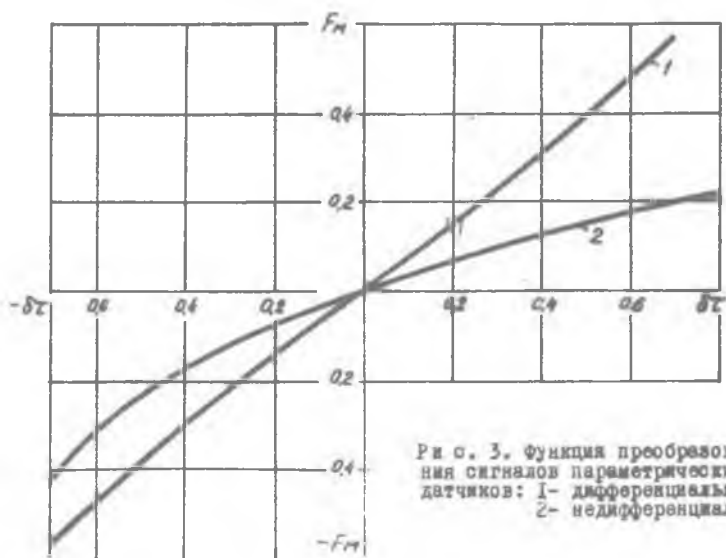


Рис. 3. Функция преобразования сигналов параметрических датчиков: 1- дифференциального, 2- недифференциального

ме. При работе с дифференциальными датчиками чувствительность незначительно возрастает с увеличением девиации параметра датчика. Однако в области 20% изменений, характерных для многих датчиков, погрешность нелинейности меньше 0,1%. Если меняется параметр только одного плеча, то нелинейность уже значительна.

Из выражений (1) и (3) видно, что при дифференциальном датчике нерационально использовать время-импульсную модуляцию, так как функция преобразования нелинейна и чувствительность невелика. Если меняется параметр только одной ветви моста, то, как и в методе постоянной времени [1],  $t_m(\sigma\tau)$  может быть использована в качестве функции преобразования. Как показывает анализ, эта функция нелинейна. Определение метода в данном случае также требует уточнения, поскольку результат фиксируется не по моменту достижения реакцией цепи определенного, наперед заданного уровня, а по моменту достижения экстремума.

Методы первой производной и интегрального преобразования аналогичны [1]. По методу первой производной в начальный момент переходного процесса.

$$\left. \frac{\partial F}{\partial t} \right|_{t=+0} = \frac{\tau_2 - \tau_1}{\tau_1 \tau_2}$$

При интегрировании  $u_{ab}$  с постоянной времени  $\tau_{инт}$  в пределах от 0 до  $\infty$

$$u_{инт} = \frac{1}{\tau_{инт}} \int_0^{\infty} u_{ab} dt = \frac{E}{\tau_{инт}} (\tau_2 - \tau_1).$$

функция преобразования линейна. Если время интегрирования конечно, то появляется погрешность. Погрешность 0,1% требует верхнего предела интегрирования более  $7\tau$ .

Таким образом, в результате рассмотрения мостовой параллельно-симметричной цепи в переходном режиме с упрощенной моделью датчика в виде  $L, C$  или  $R$  параметра выявлена возможность использования ее для преобразования естественных сигналов параметрических датчиков в амплитудно-импульсные или время-импульсные сигналы, удобные для дальнейшего аналого-цифрового преобразования.

## Л и т е р а т у р а

1. Барсуков Ю.И. и др. Методы преобразования, основанные на тестовых переходных процессах. - В сб.: Автоматизация экспериментальных исследований. - Куйбышев: КуАИ, 1975, вып.8, с. 90-97.

2. Скобелев О.П. Методы преобразования и устройства сбора измерительной информации: Учебное пособие. Куйбышев: КуАИ, 1980. - 63с.