

УДК 621.317.725

О.П.Скобелев, А.А.Хритин

МЕТОДЫ ТЕСТОВЫХ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ
ПРИ ЛИНЕЙНЫХ ВОЗМУЩАЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

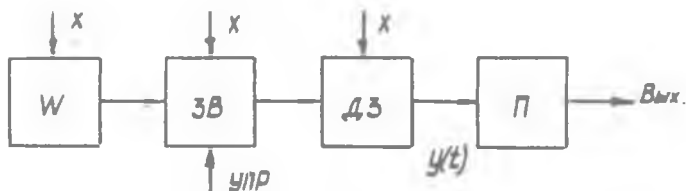
(г. Куйбышев)

Методы тестовых переходных процессов (ТПП) получили наибольшее распространение в устройствах сбора и преобразования измерительной информации, применяемых в системах автоматизации научных исследований и производственных испытаний [1]. Сущность методов ТПП заключается в возбуждении переходного процесса в специально организованной измерительной цепи и последующем его преобразовании по определенному алгоритму. Алгоритм преобразования определяет разновидности методов ТПП, среди которых наиболее перспективны методы постоянной времени (ПВ), первой производной (ПП) и интегрального преобразования (ИП). Большинство существующих реализаций перечисленных методов используют ступенчатые тестовые воздействия, причем ряд наиболее интересных возможностей обнаруживается при так называемых "параметрических тестах" (ступенчатых изменениях инерционного или диссипативного параметра аperiodической модели измерительной цепи) [2].

Известны публикации, связанные с построением измерительных преобразователей электрической природы, где используются тесты в виде линейно изменяющихся напряжений питания измерительной цепи [3, 4] и в то же время отсутствуют какие-либо сведения о линейных параметрических тестах и их возможностях. Поэтому в настоящей статье представляется целесообразным восполнить существующий пробел, а также попытаться систематизировать методы ТПП при линейных возмущающих воздействиях, используя подход, аналогичный [2].

Следует подчеркнуть, что в отличие от существующих работ, где рассматривается только квазиустановившийся режим, анализируется также переходный режим, в котором существенно влияет свободная составляющая.

Предполагается, что измерительный преобразователь включает энергоисточник (W), звено возбуждения (ЗВ), динамическое аperiodическое звено (ДЗ) и преобразователь Π (рис. 1). Анализ методов предлагается



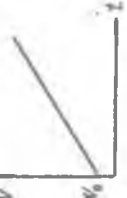

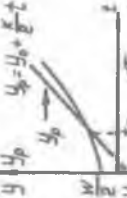


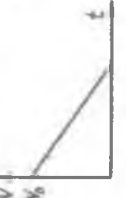

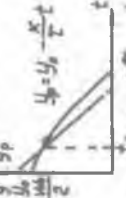




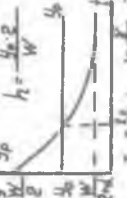
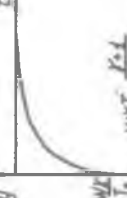


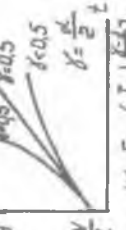



Р и с. 1. Структура, поясняющая методы ТПП

вести с помощью обобщенной модели, которая содержит инерционный и диссипативный элементы, характеризуемые параметрами I и z . Энергоисточник характеризуется параметром W . Входной параметр X может воздействовать на параметры I, z, W . При изменении входного параметра во времени параметры модели также будут функциями времени $I(t), z(t), W(t)$. Если изменения $I(t), z(t), W(t)$ дополнить тестовыми изменениями тех же параметров (одного или группы), то поведение измерительного преобразователя описывает модель в виде дифференциального уравнения с переменными коэффициентами

$$I(t) \frac{dy(t)}{dt} + y(t) \frac{dI(t)}{dt} + z(t)y(t) = W(t), \quad (1)$$

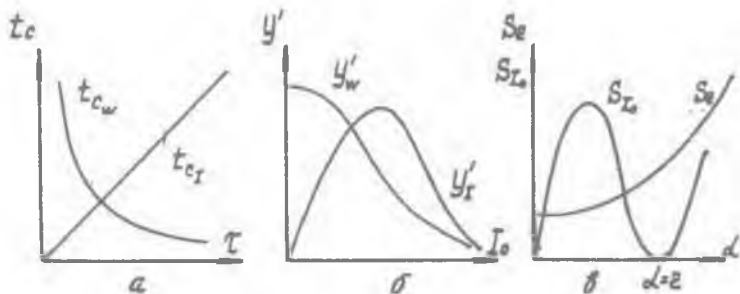
где $y(t)$ - реакция преобразователя на тестовое возмущение. Чтобы устранить трудности анализа такой модели, принимается ряд упрощающих допущений:

- входной параметр имеет статический характер ($X = const$);
- тест формируется с помощью одного, а не группы параметров;
- тест имеет линейно возрастающий или линейно падающий характер;
- в тех случаях, когда X воздействует на параметр, с помощью которого формируется тест, последний представляется в виде двух слагаемых: первое функционально связано с параметром, второе представляет собой линейную функцию времени, не связанную с X .

Вид теста	Реакция	постоянной времени	первой производной	интегрального преобразов.
W W_0  $W(t) = W_0 + kt$	 $W(t) = \frac{1}{2}(W_0 + kt) + kt e^{-\frac{t}{T}}$	 $y_0 = y_0 + \frac{k}{2} T$ $t_0 = T \ln \left(\frac{kT}{kT - W_0 - y_0} \right)$	 $y'(t) = \frac{k}{2} \left(1 - e^{-\frac{t}{T}} \right)$	 $y(t) = T^2 \left(\frac{k}{2} e^{-\frac{t}{T}} + \frac{W_0}{T} \right)$
W W_0  $W(t) = W_0 - kt$	 $W(t) = \frac{1}{2}(W_0 + kt) + kt e^{-\frac{t}{T}}$	 $y_0 = y_0 - \frac{k}{2} T$ $t_0 = T \ln \left(\frac{kT}{kT - W_0 - y_0} \right)$	 $y'(t) = -\frac{k}{2} \left(1 - e^{-\frac{t}{T}} \right)$	 $y(t) = T^2 \left(\frac{k}{2} e^{-\frac{t}{T}} - \frac{W_0}{T} \right)$
I I_0  $I(t) = I_0 + kt$	 $I(t) = \frac{1}{2} \left(\frac{I_0}{T} + kt \right) + kt e^{-\frac{t}{T}}$	 $y_0 = \frac{W}{2}$ $t_0 = T \ln \left(\frac{kT}{kT - W - y_0} \right)$	 $y'(t) = \frac{k}{2} \left(1 - e^{-\frac{t}{T}} \right)$	 $y(t) = T^2 \left(\frac{k}{2} e^{-\frac{t}{T}} + \frac{W}{T} \right)$
I I_0  $I(t) = I_0 + kt$	 $I(t) = \frac{1}{2} \left(\frac{I_0}{T} + kt \right) + kt e^{-\frac{t}{T}}$	 $y_0 = \frac{W}{2}$ $t_0 = T \ln \left(\frac{kT}{kT - W - y_0} \right)$	 $y'(t) = \frac{k}{2} \left(1 - e^{-\frac{t}{T}} \right)$	 $y(t) = T^2 \left(\frac{k}{2} e^{-\frac{t}{T}} - \frac{W}{T} \right)$

В таблице приведены линейные тесты $W(t)$ и $I(t)$, решения уравнения (1), соответствующие этим тестам, а также результаты преобразования реакции цепи в соответствии с методами ПВ, ПП, ИП.

Метод постоянной времени (ПВ). Реализация метода предполагает сравнение $y(t)$ с разворачивающей функцией y_p . Время от начала переходного процесса до момента сравнения фиксируется и является выходной величиной t_c . При линейном W -тесте, применяя достаточно простые разворачивающие функции, можно получить различные функциональные зависимости, связывающие выходную величину с постоянной времени $\tau = I/\varepsilon$. Например, используя $y_p = at$ в квазиустановившемся режиме ($t_c \gg \tau$), можно получить линейную зависимость $t_c \sim \tau$ [4]. Задавая $y_p = const$ для $t_c < \tau$, получим $t_c \sim \sqrt{\tau}$. При $y_p = y_0 + kt/\varepsilon$ для t_c , сравнимых с τ , имеем $t_c \sim 1/\varepsilon$ (рис. 2, а, t_{cW}). Последнее обстоятельство можно использовать для линеаризации характеристики индуктивного датчика с переменным зазором



Р и с. 2. Характеристики методов ПП: а - метод ПВ; б - метод ПП; в - метод ИП

магнитопровода. Следует отметить неблагоприятные условия работы сравнивающего устройства из-за малого угла встречи $y(t)$ и y_p за исключением случая $y_p = const$.

При параметрическом линейно возрастающем и линейно падающем I -тесте метод ПВ может быть использован для линейного преобразования τ, I_0 (см. рис. 2, а, t_{cI}) или функционального преобразования ε .

Метод первой производной (ИП). В отличие от метода ПП при ступенчатом тесте, где преобразование входного параметра X производится в момент времени $t = 0$, в случае линейного W -теста преобразование целесообразно вести в квазиуста-

новившемся режиме (при $t \gg 0$). При этом дифференцирование реакции можно выполнить в самом преобразователе, используя его инерционные свойства, либо внешним дифференцирующим устройством. Действительно, в измерительной цепи Lz напряжение на индуктивности пропорционально τ , а дифференцирование тока внешним устройством дает результат, функционально связанный с τ и не зависящий от величины инерционного параметра. Эти обстоятельства можно использовать для инвариантного преобразования L и z , что особенно удобно в случае применения токовых датчиков. Изменения крутизны W -теста (K) эквивалентно преобразованиям на различных частотах с варьированием глубины проникновения электромагнитной волны в металл. Для параметрического I -теста преобразования следует вести при $t = 0$. Если скорость изменения I значительно превышает параметр $L(\alpha \gg z)$, то метод III обладает повышенной чувствительностью к параметрам W_0 и I_0 . Однако при ступенчатых I -тестах это свойство проявляется более контрастно.

Зависимости производной реакции y' от инерционного параметра I_0 при W, I -тестах приведены на рис. 2, б. Зависимость y'_W (W -тест) имеет перегиб, свидетельствующий о возможности линейного преобразования вблизи точки перегиба. В случае I -теста наблюдается двузначность функции y'_I , затрудняющая преобразование инерционного параметра.

Метод интегрального преобразования (ИП). В случае линейно возрастающего W -теста значение интеграла реакции представляет собой сумму затухающей экспоненциальной, линейной и квадратичных составляющих. При достаточно большом времени интегрирования ($t_u \gg \tau$) влияние экспоненциальной составляющей мало, зависимость $q(t_u)$ близка к параболической. В этом случае функция $q(\tau)$ практически линейна. Также линейна зависимость $q(I_0)$.

При линейно падающем W -тесте, интегральное значение реакции имеет те же составляющие, но парабола обращена вершиной вверх, чем и обусловлено наличие характерной точки t_0 , где $q(t_0) = 0$. Время t_0 нелинейно зависит от τ .

В случае линейно возрастающего I -теста при $t_u \gg z$ интеграл реакции не зависит от I_0 и может быть использован для функционального преобразования z .

Для линейно падающего I -теста чувствительность к параметру I_0 ($S_{I_0} = dq/dI_0$) при $\alpha \rightarrow z$ резко снижается, а чувстви-

тельность к $z(Sz = dq/dz)$ для малых t_{α} практически не зависит от α (рис. 2, в)', что также свидетельствует о возможности инвариантного преобразования.

Л и т е р а т у р а

1. Скобелев О.П. Методы преобразования и устройства сбора измерительной информации: Учебное пособие. - Куйбышев; Куйбышевский авиационный институт, 1980. - 83 с.

2. Барсуков Ю.И., Болтянский А.А., Секисов Ю.Н., Скобелев О.П. Методы преобразования, основанные на тестовых переходных процессах. - В сб.: Автоматизация экспериментальных исследований. - Куйбышев: КуАИ, 1975, Вып. 8, с. 90-97.

3. Левин М.И., Семко Ю.И., Солодов Ю.С., Михайлов Е.В. Кодирование выходных сигналов датчиков при импульсном питании. - Измерительная техника, 1965, № 2, с. 44-46.

4. Мартяшин А.И., Шахов Э.К., Шляндин В.М. Преобразование электрических параметров для систем контроля и измерения. - М.: Энергия, 1976. - 391 с.

УДК 621.317.39

Ю.Н.Секисов, К.Д.Сосняков, Н.М.Шлыков

МОДУЛЬ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СИГНАЛОВ ЭКРАНЫХ ДАТЧИКОВ В СТАНДАРТЕ КАМАК

(г.Куйбышев)

Для автоматизации научно-технических экспериментов все большее распространение находят системы, выполненные в стандарте КАМАК.

Исследование ударных и взрывных воздействий, пульсаций, разрывных деформаций и т.д. обуславливает необходимость разработки аппаратуры для регистрации быстротекающих однократных процессов.

Предлагаемый модуль обеспечивает преобразование сигналов экранных датчиков (давления, угловых и линейных перемещений, моментов и др.) в цифровой код, хранение результатов в запоминающем устройстве и вывода на магистраль крейта КАМАК. Для получения высокого быстродействия в модуле использован метод измерения, основанный на созда-