

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 20066

(13) С1

(46) 2016.04.30

(51) МПК

G 01R 29/02 (2006.01)

(54)

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОСТОЯННОЙ ВРЕМЕНИ ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

(21) Номер заявки: а 20130646

(22) 2013.05.20

(43) 2014.12.30

(71) Заявитель: Учреждение образования "Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого" (ВУ)

(72) Автор: Козусев Юрий Андреевич (ВУ)

(73) Патентообладатель: Учреждение образования "Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого" (ВУ)

(56) RUSEK A. IEEE Transactions on instrumentation and measurement. - 1987. - V. 36. - No. 1. - P. 29-31.

КУЗНЕЦОВ В.А. и др. Измерения в электронике: Справочник. - М.: Энергоатомиздат, 1987. - С. 205-207.

ВУ 7122 U, 2011.

RU 2187822 C1, 2002.

RU 2212677 C2, 2003.

RU 2240568 C1, 2004.

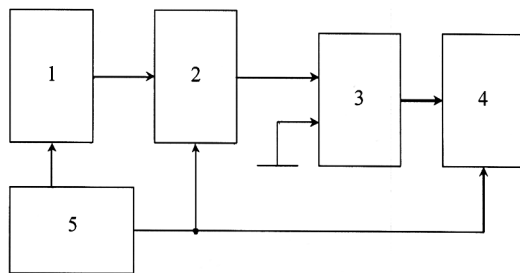
SU 1504626 A1, 1989.

МАНОЙЛОВ В.В. Аппаратные средства систем автоматизации аналитических приборов: Учебное пособие. - Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2012. - С. 41-43.

(57)

1. Способ определения постоянной времени переходного процесса, в котором интегрируют сигнал переходного процесса с начальным уровнем постоянного напряжения E_1 и асимптотическим уровнем напряжения E_2 , причем уровни E_1 и E_2 соответствуют условию:

$$\begin{cases} E_1 \cdot E_2 < 0 \\ \left| \frac{E_1}{E_2} \right| \geq 3 \end{cases},$$



Фиг. 1

ВУ 20066 С1 2016.04.30

сравнивают результат интегрирования с пороговым уровнем напряжения и измеряют интервал времени T_0 от начала переходного процесса до момента равенства результата интегрирования упомянутому пороговому уровню, в качестве которого выбирают нулевой уровень, и определяют постоянную времени переходного процесса τ из выражения:

$$\tau = \frac{T_0}{K},$$

где $K = 1 + \left| \frac{E_1}{E_2} \right|$ - коэффициент преобразования.

2. Устройство для определения постоянной времени переходного процесса способом по п. 1, содержащее источник сигнала переходного процесса, интегратор, блок сравнения, выход которого соединен с первым входом измерителя временных интервалов, и блок управления, первый выход которого соединен со входом источника сигнала переходного процесса, а второй выход - со входом обнуления интегратора и вторым входом измерителя временных интервалов, вход интегратора соединен с выходом источника сигнала переходного процесса, а выход - с первым входом блока сравнения, второй вход которого заземлен.

Изобретение относится к измерительной технике, а именно к измерению R , L , C - параметров и различных физических величин емкостными или индуктивными датчиками с помощью постоянной времени экспоненциального переходного процесса.

Известны способы определения параметров многоэлементных двухполюсных цепей, заключающиеся в подаче на исследуемый двухполюсник экспоненциального или ступенчатого воздействия и интегрировании свободной составляющей переходного процесса. Согласно известным способам измеряют два значения интеграла H_1 и H_2 через интервал t_p и вычисляют показатель экспоненты переходного процесса по формуле [1, 2]:

$$p = -\frac{1}{t_p} \ln \left(\frac{H_2}{H_1} \right).$$

Известные способы сложны, так как требуют значительных вычислительных затрат. Способы обладают низкой точностью, так как результат измерения зависит от постоянной интегрирования.

Наиболее близким к заявляемому является способ определения постоянной времени переходного процесса с начальным уровнем E_1 и асимптотическим уровнем E_2 , заключающийся в сравнении переходного процесса с пороговыми уровнями U_1 и U_2 , измерении интервала времени $t_2 - t_1$, за который сигнал переходного процесса пересекает пороговые уровни U_1 и U_2 [3].

Постоянная времени определяется из формулы:

$$t_2 - t_1 = \tau \ln \left(\frac{E_2 - U_1}{E_2 - U_2} \right).$$

Согласно прототипу, этим способом измеряется постоянная времени переходного процесса вида:

$$U(t) = (E_2 - E_1)(1 - e^{-t/\tau}) + E_1.$$

В практических случаях применения способа пороговые уровни выбираются так, чтобы упростить реализацию процесса измерения и расчета.

В частном случае $U_1 = E_1 = 0$ момент t_1 соответствует началу переходного процесса. Вторым уровнем выбирают равным $U_2 = E_2(1 - e^{-1})$. Тогда сформированный интервал равен измеряемой постоянной времени: $t_2 - t_1 = \tau$ [4].

Другой частный случай способа применен в измерителях R, L, C.

В этих измерителях принимают: $U_1 = E_1 \neq 0$, $E_2 = 0$, момент t_1 соответствует началу переходного процесса. Второй уровень выбирают равным $U_2 = E_1/e$. Интервал $t_2 - t_1$ также равен измеряемой постоянной времени [5, 6, 7].

Наиболее близким к заявляемому является устройство, содержащее источник сигнала переходного процесса, блок сравнения, выход которого соединен с первым входом измерителя временных интервалов, и блок управления, первый выход которого соединен со входом источника сигнала переходного процесса, а второй выход - со вторым входом измерителя временных интервалов, выход источника переходного процесса соединен с первым входом блока сравнения, а на второй вход блока сравнения подключено пороговое напряжение [5].

Источник сигнала переходного процесса содержит источник зарядного напряжения, формирователь порогового напряжения в виде резистивного делителя, электронный ключ, подключающий к конденсатору зарядный и разрядный резисторы.

Измеритель временных интервалов содержит триггер, генератор импульсов частотой f , схему совпадения, счетчик импульсов.

В результате измерения в счетчик поступает $N = f \cdot \tau$ импульсов.

Недостаток известного способа и устройства - низкая точность измерения, обусловленная погрешностью сравнения сигнала с опорными уровнями и погрешностью квантования интервала времени, особенно для быстропротекающих процессов.

Кроме того, способ измерения обладает низкой помехозащищенностью, особенно при контроле параметров емкостных и индуктивных датчиков, установленных на технологических объектах, удаленных от средства измерения. В каналы связи системы сбора информации от удаленных датчиков и измерительных преобразователей проникают промышленные помехи и шумы, их влияние существенно выше, чем при проведении лабораторных измерений.

Задача изобретения - повышение точности и помехозащищенности процесса измерения постоянной времени.

Задача достигается тем, что способе определения постоянной времени переходного процесса интегрируют сигнал переходного процесса с начальным уровнем постоянного напряжения E_1 и асимптотическим уровнем напряжения E_2 , причем уровни E_1 и E_2 соответствуют условию:

$$\begin{cases} E_1 \cdot E_2 < 0 \\ \left| \frac{E_1}{E_2} \right| \geq 3 \end{cases},$$

сравнивают результат интегрирования с пороговым уровнем напряжения и измеряют интервал времени T_0 от начала переходного процесса до момента равенства результата интегрирования упомянутому пороговому уровню, в качестве которого выбирают нулевой уровень, и определяют постоянную времени переходного процесса τ из выражения:

$$\tau = \frac{T_0}{K},$$

где $K = 1 + \left| \frac{E_1}{E_2} \right|$ - коэффициент преобразования.

Задача достигается тем, что устройство для определения постоянной времени переходного процесса содержит источник сигнала переходного процесса, интегратор, блок сравнения, выход которого соединен с первым входом измерителя временных интервалов, и блок управления, первый выход которого соединен со входом источника сигнала переходного процесса, а второй выход - со входом обнуления интегратора и вторым входом измерителя временных интервалов, вход интегратора соединен с выходом источника сиг-

нала переходного процесса, а выход - с первым входом блока сравнения, второй вход которого заземлен.

Изобретение позволяет повысить точность и помехозащищенность процесса измерения постоянной времени переходного процесса, причем постоянная интегрирования не влияет на результат измерения.

На фиг. 1 показана структурная схема устройства.

На фиг. 2 показан вариант схемы источника сигнала переходного процесса.

На фиг. 3 приведены временные диаграммы сигналов, поясняющие способ измерения:

1 - исследуемый переходный процесс с начальным уровнем E_1 и асимптотическим уровнем E_2 ,

2 - результат интегрирования сигнала переходного процесса.

Устройство для определения постоянной времени переходного процесса содержит источник сигнала переходного процесса 1, интегратор 2, блок сравнения 3, измеритель временных интервалов 4 и блок управления 5.

Выход источника переходного процесса 1 соединен со входом интегратора 2, выход которого соединен с первым входом устройства сравнения 3, второй вход которого заземлен, а выход соединен с первым входом измерителя временных интервалов 4. Первый выход блока управления 5 соединен со входом источника сигнала переходного процесса 1, а второй выход - со входом обнуления интегратора 2 и со вторым входом измерителя временных интервалов 4.

Чтобы не влиять вносимым входным сопротивлением на источник сигнала переходного процесса 1, интегратор 2 может содержать на входе повторитель напряжения с большим входным сопротивлением.

На выходе источника сигнала формируется напряжение переходного процесса:

$$U(t) = (E_2 - E_1)(1 - e^{-t/\tau}) + E_1 = E_1 e^{-t/\tau} + E_2(1 - e^{-t/\tau}) \quad (1)$$

где E_1 - напряжение начального уровня,

E_2 - напряжение асимптотического уровня,

τ - измеряемый параметр, постоянная времени переходного процесса.

Пример выполнения источника сигнала переходного процесса 1 для определения R или C параметров с помощью измерения постоянной времени аperiodического перезаряда конденсатора C_x показан на фиг. 2.

Источник сигнала переходного процесса 1 содержит источник постоянного напряжения начального уровня E_1 , подключенный через зарядный резистор R к первому входу электронного ключа 6, к выходу которого подключен конденсатор C_x .

Формирователь асимптотического уровня E_2 7 выполнен на операционном усилителе DA1. Асимптотический уровень E_2 пропорционален начальному уровню E_1 :

$$E_2 = -\frac{R_2}{R_1} E_1. \quad (2)$$

В исходном состоянии через ключ 6 и зарядный резистор R конденсатор C_x заряжен до напряжения начального уровня E_1 . Сигналом блока управления ключ 6 подключает конденсатор C_x к формирователю асимптотического уровня E_2 через образцовый резистор R_0 . Формируется переходный процесс вида (1), где постоянная времени равна

$$\tau = R_0 C_x. \quad (3)$$

Сигнал переходного процесса, поступающий на интегратор 2, изображен графиком 1 на фиг. 3.

Выходное напряжение интегратора 2 (график 2 на фиг. 3) имеет вид

$$\begin{aligned} U_{\text{инт}}(t) &= -\frac{1}{T_{\text{и}}} \int_0^t U_{\text{инт}}(t) dt = -\frac{1}{T_{\text{и}}} \int_0^t (E_1 e^{-t/\tau} + E_2(1 - e^{-t/\tau})) dt = \\ &= \frac{1}{T_{\text{и}}} [\tau E_1 (e^{-t/\tau} - 1) - E_2 t - \tau E_2 (e^{-t/\tau} - 1)], \end{aligned} \quad (4)$$

ВУ 20066 С1 2016.04.30

где $T_{\text{и}}$ - постоянная интегрирования.

Блок сравнения фиксирует момент времени T_0 пересечения напряжением интегратора нулевого уровня. Величина T_0 - корень уравнения

$$U_{\text{инт}}(T_0) = \frac{1}{T_{\text{и}}} [\tau E_1 (e^{-T_0/\tau} - 1) - E_2 T_0 - \tau E_2 (e^{-T_0/\tau} - 1)] = 0. \quad (5)$$

На интервале $t \geq 4\tau$, которому принадлежит решение T_0 , что обеспечивается выбором начального и асимптотического уровней E_1 и E_2 , экспоненциальной составляющей в формуле (5) можно пренебречь.

Уравнение упрощается:

$$-\tau E_1 - E_2 T_0 + \tau E_2 = 0. \quad (6)$$

Следовательно, получим простое решение:

$$T_0 = \frac{E_2 - E_1}{E_2} \tau. \quad (7)$$

Положим

$$K = \frac{E_2 - E_1}{E_2} \geq 4, \quad (8)$$

откуда следуют требования к уровням E_1 и E_2

$$\begin{cases} E_1 \cdot E_2 < 0 \\ \left| \frac{E_1}{E_2} \right| \geq 3 \end{cases}, \quad (9)$$

а коэффициент преобразования рассчитывается по формуле:

$$K = 1 + \left| \frac{E_1}{E_2} \right|. \quad (10)$$

Например, $E_1 = 9В$, $E_2 = -1В$. Тогда $K = 10$ и $T_0 = 10\tau$.

Преобразованию в цифровой код подвергается расширенный интервал $T_0 = 10\tau$.

При измерении известным способом в случае $\tau = 1$ мкс и $f = 10$ МГц в счетчик запишется число $N = 10$.

Погрешность дискретности, равная единице младшего разряда, составит $\Delta\tau = \frac{1}{N} = 0,1$ мкс.

При измерении согласно заявляемому изобретению для случая $\tau = 1$ мкс и $f = 10$ МГц цифровой код $N = K\tau f = 100$. Погрешность дискретности $\Delta\tau = 0,01$ мкс.

Методическая относительная погрешность измерения:

$$e^{-T_0/\tau} = e^{-10} \approx 5 \cdot 10^{-5}.$$

В практических случаях достаточно условия (8) и (9), тогда методическая относительная погрешность измерения $e^{-T_0/\tau} = e^{-4} \approx 0,02$.

Измерения повторяются циклически, по сигналам блока управления 5 происходит обнуление интегратора и счетчика, причем возможно накопление в счетчике и выдача на индикацию результатов нескольких измерений.

Из выражений (2) и (10) следует

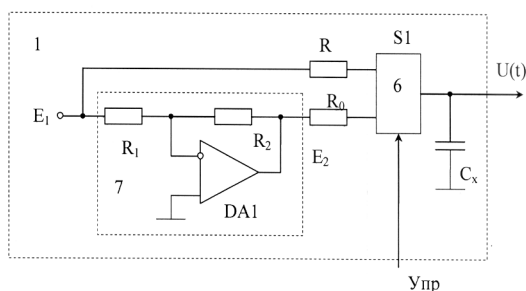
$$K = 1 + \frac{R_1}{R_2}. \quad (11)$$

Коэффициент преобразования зависит от отношения сопротивлений, точность и стабильность которого нетрудно обеспечить. Как следует из уравнения (5), постоянная времени интегрирования и ее нестабильность не влияют на результат измерения.

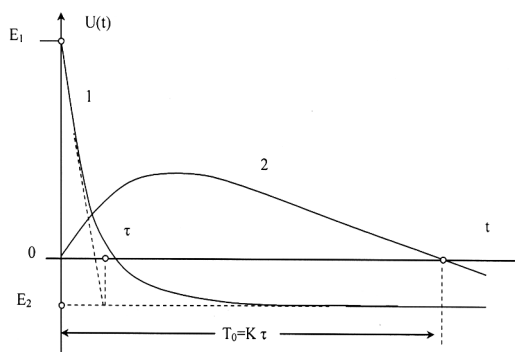
Предлагаемый способ обладает повышенной точностью и помехозащищенностью по сравнению с известными способами.

Источники информации:

1. Патент RU 2210081 C1, МПК G 01R 27/02, 2003.
2. Патент RU 2310872 C2, МПК G 01R 27/26, 2007.
3. Rusek A. Error minimization in time-constant measurements. IEEE Trans. Instrum. and Meas. - 1987. - V. 36. - No. 1. - P. 29-31.
4. Контрольно-измерительная техника. Экспресс-информация ВИНТИ. - М., 1989. - № 31. - С. 26-27.
5. Измерения в промышленности: Справ. изд. В 3-х кн. Кн. 1. Теоретические основы: Пер. с нем. Под ред. П. Профоса. - 2-е изд. - М.: Металлургия, 1990. - С. 90.
6. Кузнецов В.А., Долгов В.А., Коневских В.М. и др. Измерения в электронике: Справочник/ Под ред. В.А. Кузнецова. - М.: Энергоатомиздат, 1987. - С. 205-207, рис. 4.27, 4.28.
7. Кукуш В.Д. Электрорадиоизмерения. - М.: Радио и связь, 1985. - С. 315- 317, рис. 12.11.
8. Орнатский П.П. Автоматические измерения и приборы (аналоговые и цифровые). - 5-е изд. - Киев: Вища шк., 1986. - С. 377-378, рис. 8.31.



Фиг. 2



Фиг. 3