

МЕТОД И СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОРТОГОНАЛЬНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ СИГНАЛОВ*

В.С. Мелентьев, В.В. Муратова, Е.Е. Ярославкина

Самарский государственный технический университет
443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: vs_mel@mail.ru.

Рассматривается новый метод измерения интегральных характеристик гармонических сигналов, основанный на сравнении ортогональных составляющих напряжения. Приводится структурная схема информационно-измерительной системы, реализующей метод. Анализируется влияние квантования мгновенных значений сигналов на погрешность результата измерения интегральных характеристик.

Ключевые слова: интегральные характеристики сигналов, гармонические сигналы, ортогональные составляющие, мгновенные значения, погрешность квантования.

При измерении параметров сигналов, вид которых строго обусловлен физическими законами исследуемых явлений, а погрешности измерений пренебрежимо малы, может быть успешно использован аппроксимационный подход, заключающийся в определении информативных параметров по отдельным мгновенным значениям сигналов в предположении их соответствия известным моделям с последующей оценкой погрешностей, обусловленных отклонением принятых моделей от реальных сигналов [1].

Данный подход может быть успешно применен при измерении интегральных характеристик гармонических сигналов (ИХГС).

При определении интегральных характеристик гармонических сигналов значительное сокращение времени измерения достигается за счет формирования дополнительных сигналов, сдвинутых по фазе относительно входных, и определения ИХГС по мгновенным значениям как входных, так и дополнительных сигналов [2].

Значительное упрощение реализации могут обеспечить методы измерения ИХГС, в которых в качестве дополнительных сигналов используются их ортогональные составляющие. Сокращение аппаратных затрат достигается за счет использования сравнения ортогональных составляющих сигналов [3].

Авторами разработан метод, использующий такой подход и основанный на формировании только дополнительного напряжения, сдвинутого относительно входного на 90° , и измерении мгновенных значений сигналов напряжений и тока в момент равенства входного и дополнительного напряжений [4]. Однако реализация метода предусматривает измерение мгновенных значений входного и дополнительного напряжений и тока, что требует использования трех аналого-цифровых преобразователей (АЦП) и увеличивает погрешность определения ИХГС.

Владимир Сергеевич Мелентьев (д.т.н., проф.), заведующий кафедрой «Информационно-измерительная техника».

Вера Владимировна Муратова, аспирант.

Екатерина Евгеньевна Ярославкина (к.т.н.), доцент кафедры «Информационно-измерительная техника».

В статье рассматривается новый метод определения ИХГС, в котором формируется дополнительный сигнал напряжения и производится измерение только мгновенных значений входного напряжения и тока.

В соответствии с разработанным авторами методом формируют дополнительный сигнал напряжения, сдвинутый относительно входного на 90° ; в момент равенства входного и дополнительного сигналов напряжения измеряют мгновенные значения входного напряжения и тока; через произвольный (в общем случае) интервал времени Δt одновременно измеряют мгновенные значения входного напряжения и тока и определяют ИХГС по измеренным значениям.

Временные диаграммы, поясняющие метод, представлены на рис. 1.

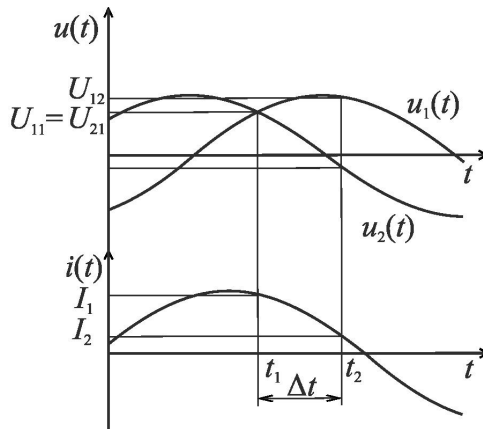


Рис. 1. Временные диаграммы, поясняющие метод

Входные гармонические сигналы напряжения и тока и дополнительный сигнал напряжения имеют вид

$$u_1(t) = U_m \sin \omega t; i(t) = I_m \sin(\omega t + \varphi); u_2(t) = U_m \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) = U_m \cos \omega t,$$

где U_m , I_m – амплитудные значения сигналов напряжения и тока; ω – угловая частота входного сигнала; φ – угол сдвига фаз между входным напряжением и током.

В момент времени t_1 , когда основной и дополнительный сигналы напряжения будут равны, выражения для мгновенных значений сигналов примут вид

$$U_{11} = U_m \sin \alpha_1; U_{21} = U_m \cos \alpha_1; I_{11} = I_m \sin \alpha_2,$$

где α_1 , α_2 – фазы сигналов напряжения и тока в момент времени t_1 .

Мгновенные значения U_{11} и U_{21} будут равны при угле $\alpha_1 = \frac{\pi}{4} + \pi l$, где $l = 0, 1$.

В этом случае мгновенные значения сигналов примут вид

$$U_{11} = \frac{U_m}{\sqrt{2}}; I_{11} = I_m \sin\left(\varphi + \frac{\pi}{4}\right).$$

Через интервал времени Δt (момент времени t_2) мгновенные значения сигналов будут равны $U_{12} = U_m \sin\left(\frac{\pi}{4} + \omega \Delta t\right); I_{12} = I_m \sin\left(\varphi + \frac{\pi}{4} + \omega \Delta t\right)$.

Используя мгновенные значения сигналов и считая, что $\omega \Delta t \leq \frac{\pi}{4}$, можно получить выражения для определения основных ИХГС:

– среднеквадратические значения (СКЗ) напряжения и тока

$$U_{СКЗ} = |U_{11}|; \quad (1)$$

$$I_{СКЗ} = \frac{\sqrt{(I_1 U_{12} - I_2 U_{11})^2 + \left(I_2 U_{11} - I_1 \sqrt{2U_{11}^2 - U_{12}^2}\right)^2}}{U_{12} - \sqrt{2U_{11}^2 - U_{12}^2}}; \quad (2)$$

– активная (АМ) и реактивная (РМ) мощности

$$P = \frac{|U_{11}| \left(I_2 U_{11} - I_1 \sqrt{2U_{11}^2 - U_{12}^2}\right)}{U_{12} - \sqrt{2U_{11}^2 - U_{12}^2}}; \quad (3)$$

$$Q = \frac{|U_{11}| (I_1 U_{12} - I_2 U_{11})}{U_{12} - \sqrt{2U_{11}^2 - U_{12}^2}}. \quad (4)$$

Схема информационно-измерительной системы (ИИС), реализующей метод, представлена на рис. 2.

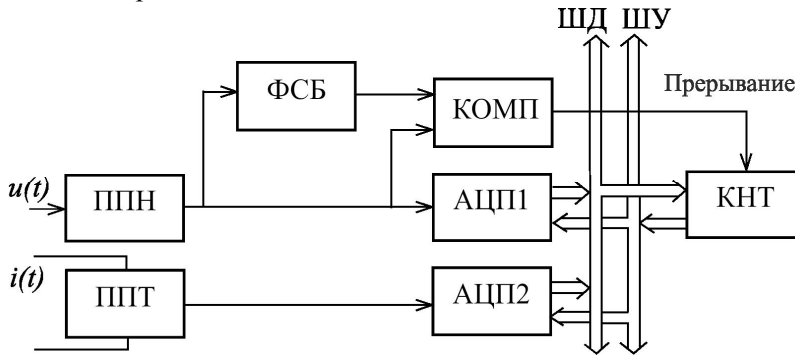


Рис. 2. Схема ИИС, реализующей метод

В состав ИИС входят: первичные преобразователи напряжения ППН и тока ППТ, аналого-цифровые преобразователи АЦП1 и АЦП2, фазосдвигающий блок ФСБ, компаратор КОМП, контроллер КНТ, шины управления ШУ и данных ШД.

Для анализа влияния квантования на погрешность результата определения ИХГС воспользуемся известным подходом, заключающимся в оценке погрешности вычисления значения функции, аргументы которой заданы приближенно, с помощью дифференциала этой функции [1].

Используя выражения (1) – (4), определим относительные погрешности измерения СКЗ напряжения и тока и приведенные погрешности измерения АМ и РМ:

$$\delta_{U_{СКЗ}} = \frac{\sqrt{2}}{2^n}; \quad (5)$$

$$\delta_{I_{СКЗ}} = \frac{|\sin \varphi (\sin \omega \Delta t + \cos \omega \Delta t) - \cos \varphi (\cos \omega \Delta t - \sin \omega \Delta t)| + |\cos \varphi - \sin \varphi|}{2^{n-1} \sqrt{2} |\sin \omega \Delta t|} + \frac{|(\cos \varphi - \sin \varphi) [\cos(2\omega \Delta t + \varphi) - \sin \varphi] + |\sin \omega \Delta t \cos 2\varphi + \cos \omega \Delta t (\sin 2\varphi - 1)|}{2^n \sqrt{2} |\sin \omega \Delta t (\cos \omega \Delta t - \sin \omega \Delta t)|}; \quad (6)$$

$$\gamma_P = \frac{|\cos \omega \Delta t - \sin \omega \Delta t| + 1}{2^{n+1} \sqrt{2} |\sin \omega \Delta t|} + \frac{1}{2^{n+1} \sqrt{2} |\sin \omega \Delta t (\cos \omega \Delta t - \sin \omega \Delta t)|} \left[\sin 2\omega \Delta t \times \right.$$

$$\begin{aligned} & \times (\cos \varphi - \sin \varphi) + \cos \varphi (\cos^2 \omega \Delta t - 3 \sin^2 \omega \Delta t) - \sin \varphi \Big| + \\ & + \Big| \sin \varphi (\cos \omega \Delta t + \sin \omega \Delta t) - \cos \varphi (\cos \omega \Delta t - \sin \omega \Delta t) \Big| \Big]; \quad (7) \\ \gamma_Q = & \frac{|\cos \omega \Delta t + \sin \omega \Delta t| + 1}{2^{n+1} \sqrt{2} |\sin \omega \Delta t|} + \frac{1}{2^{n+1} \sqrt{2} |\sin \omega \Delta t (\cos \omega \Delta t - \sin \omega \Delta t)|} \Big[|\cos 2\omega \Delta t \times \\ & \times (\cos \varphi + \sin \varphi) - 2 \sin \varphi| + |\sin \varphi (\cos \omega \Delta t + \sin \omega \Delta t) + \cos \varphi (\cos \omega \Delta t - \sin \omega \Delta t)| \Big], \quad (8) \end{aligned}$$

где n – число двоичных разрядов АЦП.

Погрешность измерения СКЗ напряжения, определяемая в соответствии с (5), зависит только от разрядности АЦП. Погрешности измерения СКЗ тока, АМ и РМ, которые определяются согласно выражениям (6) – (8) соответственно, зависят от угла сдвига фаз между напряжением и током φ и интервала времени Δt .

Полученные в работе результаты позволяют выбирать соответствующие аппаратные средства и параметры измерительного процесса в зависимости от предъявляемых требований по точности и времени измерения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мелентьев В.С., Батищев В.И. Аппроксимационные методы и системы измерения и контроля параметров периодических сигналов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011. – 240 с.
2. Мелентьев В.С., Иванов, Ю.М., Сеницын А.Е. Методы измерения интегральных характеристик на основе формирования дополнительных сигналов // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер. Технические науки. – 2013. – № 2 (38). – С. 56-63.
3. Мелентьев В.С., Иванов Ю.М., Сеницын А.Е. Синтез методов измерения интегральных характеристик по мгновенным значениям ортогональных составляющих гармонических сигналов // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер. Технические науки. – 2012. – № 3 (35). – С. 84-89.
4. Мелентьев В.С., Иванов Ю.М., Симонов А.В. Метод измерения интегральных характеристик на основе сравнения ортогональных составляющих гармонических сигналов // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. – 2013. – № 2(4). – С. 58-62.

Статья поступила в редакцию 30 сентября 2013 г.

THE METHOD AND SYSTEM OF MEASUREMENT OF INTEGRATED CHARACTERISTICS WITH USE OF ORTHOGONAL MAKING SIGNALS

V.S. Melent'ev, V.V. Muratova, E.E. Jaroslavkina

Samara State Technical University,
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100

The new method of measurement of integrated characteristics of the harmonious signals, based on comparison orthogonal making voltage is considered. The block diagram of the information-measuring system realizing a method is resulted. Influence of quantization of instant values of signals on an error of result of measurement of integrated characteristics is analyzed.

Keywords: *in tegrated characteristics of signals, harmonious signals, orthogonal components, instant values, an error of quantization.*

Vladimir S. Melent'ev (Dr. Sci. (Techn.)), Professor.

Vera V. Muratova, Postgraduate Student.

Ekaterina E. Jaroslavkina (Ph.D. (Techn.)), Associate Professor.