

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПАРИРОВАНИЯ МГНОВЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПЕРИОДИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК\*

***В.С. Мелентьев, Е.Г. Кожевникова***

Самарский государственный технический университет

443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

E-mail: vs\_mel@mail.ru

*Рассматривается новый метод определения интегральных характеристик, основанный на сравнении мгновенных значений гармонических сигналов и обеспечивающий сокращение времени измерения. Приводится схема системы, реализующей метод, и результаты анализа погрешности квантования.*

***Ключевые слова:*** интегральные характеристики, мгновенные значения сигнала, фазосдвигающий блок, сравнение сигналов.

Известные методы определения интегральных характеристик гармонических сигналов (ИХГС), основанные на формировании дополнительных сигналов, сдвинутых по фазе относительно входных, обеспечивают сокращение времени измерения, поскольку используют пространственное разделение мгновенных значений сигналов.

Однако подобным методам [1], использующим сдвиг сигналов напряжения и тока на угол  $90^\circ$  в сторону опережения, присуща частотная погрешность фазосдвигающих блоков (ФСБ). В результате этого при изменении частоты входного сигнала ФСБ производят сдвиг сигнала на угол, отличный от  $\pi/2$ .

Методы [1], исключая влияние частотной погрешности фазосдвигающих блоков, основаны, как правило, на формировании двух дополнительных сигналов напряжения и тока, сдвинутых относительно входных на угол  $\Delta\alpha$  и на угол  $2\Delta\alpha$ .

В общем случае значение угла сдвига фаз  $\Delta\alpha$  может быть выбрано произвольным. Однако если фазовые сдвиги ФСБ отличаются друг от друга, то это неизбежно приводит к существенной погрешности определения ИХГС.

Авторами предлагается новый метод определения ИХГС, который позволяет устранить данные недостатки при сохранении высокого быстродействия.

Метод заключается в том, что в момент перехода входного сигнала напряжения через ноль одновременно измеряют первое мгновенное значение дополнительного напряжения, сдвинутого по фазе относительно входного на угол  $\Delta\alpha$ , и первое мгновенное значение тока; в момент достижения входным сигналом напряжения запомненного первого мгновенного значения дополнительного напряжения одновременно измеряют вторые мгновенные значения дополнительного напряжения и тока и определяют ИХГС по измеренным значениям.

Для входного тока  $i(t) = I_m \sin(\omega t + \varphi)$ , напряжения  $u_1(t) = U_m \sin \omega t$  и дополни-

---

\* Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 10-08-00692-а).

*Владимир Сергеевич Мелентьев – д.т.н., профессор.*

*Елена Георгиевна Кожевникова – аспирант.*

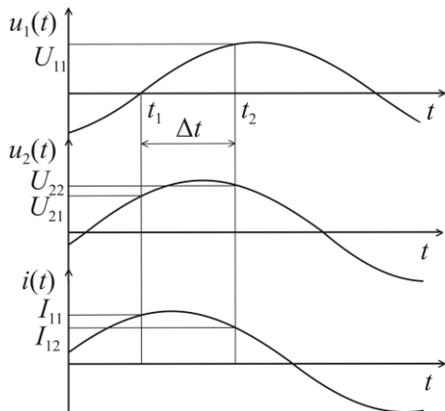


Рис. 1. Временные диаграммы, поясняющие метод

тельного напряжения  $u_2(t) = U_m \sin(\omega t + \Delta\alpha)$  выражения для мгновенных значений сигналов:

$$\begin{cases} U_{21} = U_{12} = U_m \sin \Delta\alpha; \\ I_1 = I_m \sin \varphi; \\ U_{22} = U_m \sin 2\Delta\alpha; \\ I_2 = I_m \sin (\varphi + \Delta\alpha), \end{cases}$$

где  $I_m$ ,  $U_m$  – амплитудные значения напряжения и тока,  $\varphi$  – угол сдвига фаз между сигналами напряжения и тока.

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

Для гармонических моделей напряжения и тока выражения для определения интегральных характеристик имеют следующий вид:

– среднеквадратические значения (СКЗ) напряжения и тока

$$U_{СКЗ} = \frac{\sqrt{2}U_{21}^2}{\sqrt{4U_{21}^2 - U_{22}^2}}; \quad (1)$$

$$I_{СКЗ} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{I_1^2 + \frac{(2I_2U_{21} - I_1U_{22})^2}{4U_{21}^2 - U_{22}^2}}; \quad (2)$$

– активная и реактивная мощности

$$P = \frac{U_{21}^2(2I_2U_{21} - I_1U_{22})}{4U_{21}^2 - U_{22}^2}; \quad Q = \frac{I_1U_{21}^2}{\sqrt{4U_{21}^2 - U_{22}^2}}.$$

На рис. 2 представлена функциональная схема информационно-измерительной системы (ИИС), реализующей данный метод.

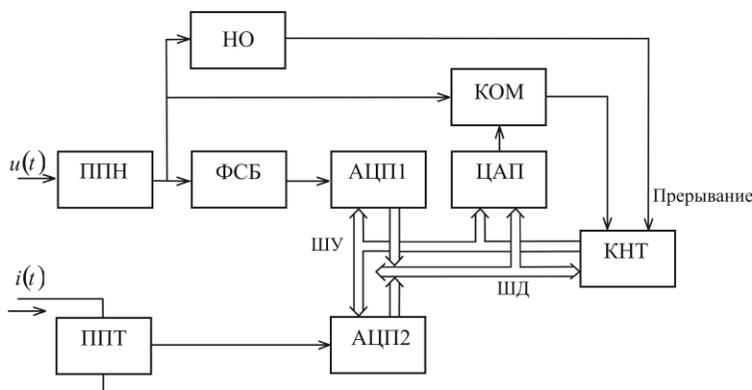


Рис. 2. Функциональная схема ИИС, реализующей метод

В состав ИИС входят: первичные преобразователи напряжения ППН и тока ППТ, аналого-цифровые преобразователи АЦП1 и АЦП2, цифро-аналоговый преобразователь ЦАП, нуль-орган НО, компаратор КОМ, фазосдвигающий блок ФСБ, контроллер КНТ, шины управления ШУ и данных ШД.

Проведем оценку влияния погрешности квантования аналого-цифровых преобразователей на результирующую погрешность определения ИХГС, используя методику, предложенную в [2].

Если считать, что при амплитудном значении напряжения  $U_m$  мгновенные значения напряжений  $U_{21}$  и  $U_{22}$  измеряются с погрешностью преобразования АЦП и предельные абсолютные погрешности измерений равны  $\Delta U_{21} = \Delta U_{22} = \Delta U$ , то предельная абсолютная погрешность вычисления СКЗ напряжения  $U_{СКЗ}$  согласно (1) с учетом погрешности квантования АЦП1 преобразуется к виду

$$\Delta U_{СКЗ} = \left[ \left| (U_{СКЗ})'_{U_{21}} \right| + \left| (U_{СКЗ})'_{U_{22}} \right| \right] \Delta U.$$

В этом случае относительная погрешность вычисления  $U_{СКЗ}$  равна

$$\delta_{U_{СКЗ}} = \frac{|\cos \Delta\alpha| + 2|\cos 2\Delta\alpha|}{2^{n+1}|\sin^3 \Delta\alpha|}, \quad (3)$$

где  $n$  – число разрядов АЦП.

На рис. 3 представлен график зависимости погрешности  $\delta_U$  от угла сдвига ФСБ в соответствии с (3).

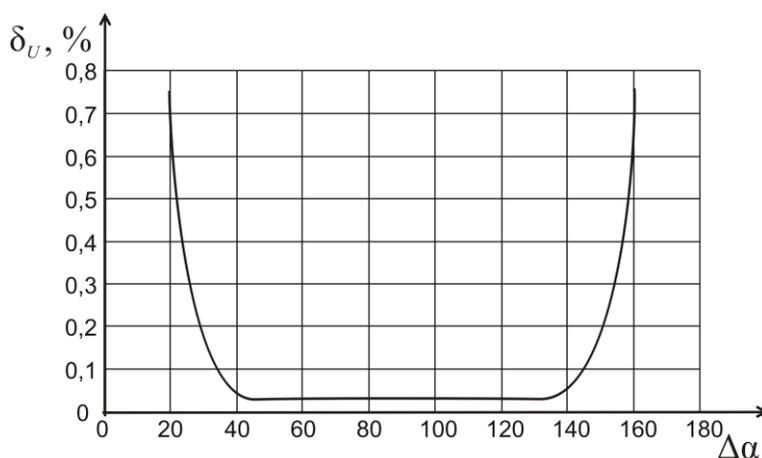


Рис. 3. График зависимости погрешности измерения СКЗ напряжения от  $\Delta\alpha$

Если считать, что при преобразовании напряжений, пропорциональных  $I_1$  и  $I_2$ , абсолютные погрешности АЦП2 пропорциональны  $\Delta I_1 = \Delta I_2 = \Delta I$ , где  $\Delta I = I_m / 2^n$ , то в соответствии с (2) предельная абсолютная погрешность вычисления СКЗ тока с учетом погрешности квантования АЦП1 и АЦП2

$$\Delta I_{СКЗ} = \left[ \left| (I_{СКЗ})'_{I_1} \right| + \left| (I_{СКЗ})'_{I_2} \right| \right] \Delta I + \left[ \left| (I_{СКЗ})'_{U_{21}} \right| + \left| (I_{СКЗ})'_{U_{22}} \right| \right] \Delta U.$$

Если принять погрешности АЦП1 и АЦП2 одинаковыми, то относительная погрешность вычисления  $I_{СКЗ}$

$$\delta_{I_{СКЗ}} = \frac{\sin^2 \Delta\alpha [|\cos(\varphi + \Delta\alpha)| + |\cos \Delta\alpha|] + |\cos(\varphi + \Delta\alpha)\cos \varphi|(2|\cos \Delta\alpha| + 1)}{2^n |\sin^3 \Delta\alpha|}. \quad (4)$$

На рис. 4 представлен график зависимости погрешности  $\delta_I$  от угла сдвига ФСБ  $\Delta\alpha$  и угла сдвига фаз между напряжением и током  $\varphi$  в соответствии с (4).

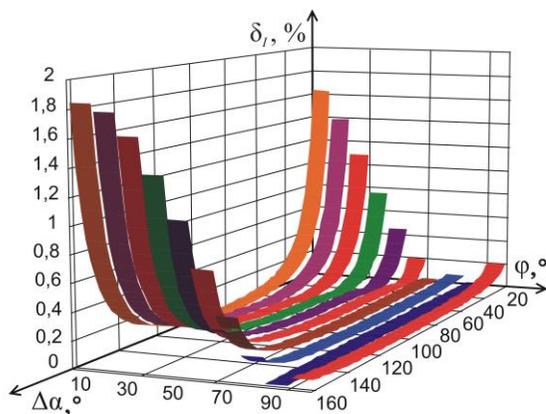


Рис. 4. График зависимости погрешности измерения СКЗ тока от  $\Delta\alpha$  и  $\varphi$

Анализ графиков показывает, что для уменьшения влияния погрешности квантования на погрешность определения СКЗ напряжения и тока следует выбирать угол сдвига ФСБ в диапазоне от 40 до 140°. Меньшие значения погрешности  $\delta_I$  имеют место при углах сдвига фаз между напряжением и током, близких к 90°.

Реализация данного метода обеспечивает достаточно высокое быстродействие при малых углах сдвига ФСБ  $\Delta\alpha$ , поскольку время измерения пропорционально  $\Delta\alpha$ .

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Батищев В.И., Мелентьев В.С. Цифровые методы измерения интегральных характеристик периодических сигналов. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2002. – 96 с.
2. Мелентьев В.С., Макарова Е.Е. Оценка влияния погрешности квантования на погрешность определения характеристик периодических сигналов // Вестник Самар. гос. техн. ун-та. Сер. Технические науки. – 2007. – №2(20). – С. 67-70.

Статья поступила в редакцию 25 мая 2010 г.

UDC 621.317

## USE OF COMPARISON OF INSTANT VALUES OF PERIODIC SIGNALS FOR DEFINITION OF THEIR INTEGRATED CHARACTERISTICS

*V.S. Melentyev, E.G. Kozhevnikova*

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

*The new method of definition of the integrated characteristics, based on comparison of instant values of harmonious signals and providing reduction of time of measurement is considered. Contain the scheme of the system realising a method and results of the analysis of an error of quantization.*

**Keywords:** *integrated characteristics, instant values of a signal, the block of shift of a phase, comparison of signals.*

---

*Vladimir S. Melentyev – Doctor of Technical Sciences, Professor.  
Elena G. Kozhevnikova – Postgraduate student.*