



ной и ракетно-космической промышленности: Международная научно-практическая конференция, 5 – 8 августа 2014 г.: сборник докладов. Том II. – Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2014. С. 500-504.

2. Кирпичников, А.П. Автоматизированная система моделирования параметров быстропротекающих процессов / А.П. Кирпичников, С.А. Ляшева, О.Т. Шипина // Вестник Казанского технологического университета: Т. 17 №13; М-во образ. и науки России, Казан.нац.исслед.технолог.ун-т. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2014. – С.349-352.

3. Ануфриев, И.Е. Самоучитель MatLab 5.3/6.x. / И.Е. Ануфриев – СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 736 с.: ил.

В.С. Мелентьев, Ю.М. Иванов, В.В. Муратова

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА ОПЕРАТИВНОГО ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ СИГНАЛОВ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ*

(Самарский государственный технический университет)

Для измерения параметров квазидетерминированных процессов в автоматизированных системах контроля и управления с малым временем отклика, в число которых входят системы для научных исследований, наведения и целеуказания, оперативного слежения за объектами различного назначения и базирования, может быть успешно применен аппроксимационный подход, основанный на использовании априорной информации о процессе. Это позволяет производить определение неизвестных параметров сигналов различного вида на основе функциональной связи с информативными параметрами детерминированных моделей с учетом отклонения реального процесса от модели.

При определении параметров периодических сигналов особую роль играют гармонические модели, которые, из-за своей простоты, находят чрезвычайно широкое распространение [1].

В настоящее время развивается направление, связанное с разработкой методов и систем измерения параметров по отдельным мгновенным значениям гармонических сигналов, не связанным с периодом входного сигнала. Это предполагает два основных способа разделения мгновенных значений: во времени и в пространстве [2].

Второй способ требует формирования дополнительных сигналов напряжения и тока, сдвинутых по фазе относительно входных, и обеспечивает, в общем случае, сокращение времени измерения. При этом упрощение алгоритма измерения и аппаратной реализации обеспечивают методы, использующие в качестве дополнительных - ортогональные составляющие сигналов [3].

Одним из существенных недостатков информационно-измерительных систем (ИИС), реализующих данные методы, является частотная погрешность фазосдвигающих блоков (ФБ), предназначенных для формирования дополнитель-



ных сигналов. В результате этого, изменение частоты входного сигнала может привести к тому, что угол сдвига фазы ФБ будет отличаться от $\pi/2$ [4].

Этот недостаток устраняется в методах измерения параметров гармонических сигналов (ПГС), основанных на формировании дополнительных сигналов напряжения и тока, сдвинутых на одинаковые (в общем случае произвольные) углы $\Delta\alpha$ [5]. Однако отличие углов сдвига фаз в каналах напряжения и тока приводит к дополнительной погрешности.

Исключение влияния частотной погрешности фазосдвигающего блока и погрешности, обусловленной отличием углов сдвига фаз ФБ, обеспечивает разработанный авторами метод определения ПГС, который заключается в определении параметров по трем мгновенным значениям напряжения и тока [6]. Причем, в момент перехода входного напряжения через ноль измеряют первое и, сдвинутое относительно него на угол $\Delta\alpha$, второе мгновенные значения тока, а также первое мгновенное значение напряжения, сдвинутое относительно перехода напряжения через ноль на угол $\Delta\alpha$; в момент перехода входного тока через ноль измеряют второе и, сдвинутое относительно него на угол $\Delta\alpha$, третье мгновенные значения напряжения, а также третье мгновенное значение тока, сдвинутое относительно перехода тока через ноль также на угол $\Delta\alpha$.

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

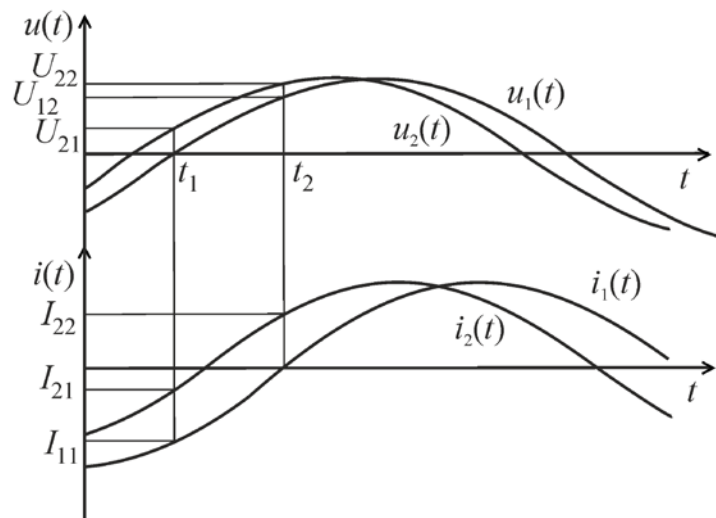


Рис. 1. Временные диаграммы, поясняющие метод

Для гармонических входных напряжения $u_1(t) = U_m \sin \omega t$ и тока $i_1(t) = I_m \sin(\omega t + \varphi)$ дополнительные сигналы примут вид:

$$u_2(t) = U_m \sin(\omega t + \Delta\alpha) \quad i_2(t) = I_m \sin(\omega t + \varphi + \Delta\alpha),$$

где U_m и I_m - амплитудные значения напряжения и тока;

φ - угол сдвига фаз между напряжением и током.

В моменты времени t_1 и t_2 мгновенные значения будут равны:

$$I_{11} = I_m \sin(-\varphi); \quad I_{21} = I_m \sin(-\varphi + \Delta\alpha); \quad U_{21} = U_m \sin \Delta\alpha; \quad U_{12} = U_m \sin \varphi; \\ U_{22} = U_m \sin(\varphi + \Delta\alpha); \quad I_{22} = I_m \sin \Delta\alpha.$$

Используя мгновенные значения сигналов, можно определить ПГС:



- среднеквадратические значения (СКЗ) напряжения и тока

$$U_{СКЗ} = \left| \frac{\sqrt{2}U_{21}U_{12}U_{22}}{\sqrt{4U_{21}^2U_{22}^2 - (U_{22}^2 - U_{12}^2 + U_{21}^2)^2}} \right|; \quad (1)$$

$$I_{СКЗ} = \left| \frac{\sqrt{2}I_{11}I_{21}I_{22}}{\sqrt{4I_{21}^2I_{22}^2 - (I_{21}^2 - I_{11}^2 + I_{22}^2)^2}} \right|; \quad (2)$$

- активная (АМ) и реактивная (РМ) мощности

$$P = - \frac{I_{11}U_{21}U_{12}U_{22}(U_{22}^2 - U_{12}^2 + U_{21}^2)}{4U_{21}^2U_{22}^2 - (U_{22}^2 - U_{12}^2 + U_{21}^2)^2}; \quad (3)$$

$$Q = - \frac{I_{11}U_{21}U_{12}U_{22}}{\sqrt{4U_{21}^2U_{22}^2 - (U_{22}^2 - U_{12}^2 + U_{21}^2)^2}}. \quad (4)$$

Схема ИИС, реализующей метод, представлена на рис. 2.

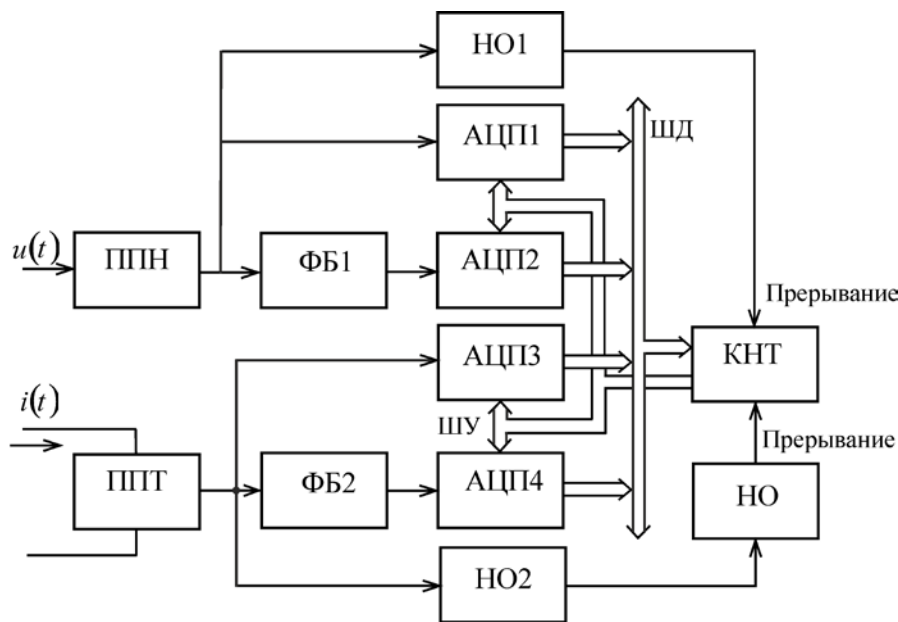


Рис. 2. ИИС, реализующая метод

ИИС содержит: первичные преобразователи напряжения ППН и тока ППТ, два фазосдвигающих блока ФБ1 и ФБ2, осуществляющих сдвиг сигналов на угол $\Delta\alpha$, четыре аналого-цифровых преобразователя АЦП1 – АЦП4, два нуля-органа НО1 и НО2, контроллер КНТ, шины управления ШУ и данных ШД.

Однако, при реализации метода возможно возникновение погрешности по напряжению (погрешности по модулю) ФБ. Наличие данного вида погрешности приводит к тому, что амплитудное значение входного сигнала будет отличаться от амплитуды выходного сигнала ФБ.

В случае, если амплитудное значение напряжения на выходе ФБ1 отличается от амплитуды входного на величину ΔU_m , то мгновенные значения допол-



нительного напряжения примут вид: $U'_{21} = (U_m + \Delta U_m) \sin \Delta\alpha$ и $U'_{22} = (U_m + \Delta U_m) \sin(\varphi + \Delta\alpha)$. Аналогично, при отличии дополнительного тока от входного сигнала на величину ΔI_m , мгновенные значения дополнительного тока будут равны: $I'_{21} = (I_m + \Delta I_m) \sin(-\varphi + \Delta\alpha)$ и $I'_{22} = (I_m + \Delta I_m) \sin \Delta\alpha$.

Для анализа данного вида погрешности можно воспользоваться методикой оценки погрешности результата измерения ПГС, как функции, аргументы которой заданы приближенно с погрешностью, соответствующей отклонению амплитуды входного сигнала от амплитуды выходного сигнала ФБ [1].

Если считать, что мгновенные значения входных сигналов были измерены без погрешности, то с учетом выражений (1) – (4) можно определить относительные погрешности измерения СКЗ напряжения и тока и приведенные погрешности измерения АМ и РМ:

$$\delta_{U_{СКЗ}} = \frac{h_U |\cos \varphi| [|\cos(\varphi + \Delta\alpha)| + |\cos \Delta\alpha|]}{|\sin \varphi \sin \Delta\alpha \sin(\varphi + \Delta\alpha)|}; \quad (5)$$

$$\delta_{I_{СКЗ}} = \frac{h_I}{|\sin \varphi \sin \Delta\alpha \sin(\varphi + \Delta\alpha)|} \times \left[\left| \frac{\cos(-\varphi + \Delta\alpha) - \sin \Delta\alpha \sin \varphi \sin(-\varphi + \Delta\alpha)}{\sin(\varphi + \Delta\alpha)} \right| + \left| \frac{\sin \Delta\alpha \sin \varphi \sin(-\varphi + \Delta\alpha) - \cos \Delta\alpha}{\sin \Delta\alpha} \right| \right]; \quad (6)$$

$$\gamma_P = h_I |\operatorname{ctg} \varphi| + \frac{h_U (\cos^2 \varphi + 1) [|\cos(\varphi + \Delta\alpha)| + |\cos \Delta\alpha|]}{|\sin \varphi \sin \Delta\alpha \sin(\varphi + \Delta\alpha)|}; \quad (7)$$

$$\gamma_Q = h_I + \frac{h_U |\cos \varphi| [|\cos(\varphi + \Delta\alpha)| + |\cos \Delta\alpha|]}{|\sin \Delta\alpha \sin(\varphi + \Delta\alpha)|}; \quad (8)$$

где $h_U = \Delta U_m / U_m$; $h_I = \Delta I_m / I_m$.

Анализ выражений (5) – (8) показывает, что погрешности зависят не только от h_U , но и от угла сдвига ФБ $\Delta\alpha$ и угла сдвига фаз φ .

Литература

1. Мелентьев, В.С. Аппроксимационные методы и системы измерения и контроля параметров периодических сигналов [Текст] / В.С. Мелентьев, В.И. Батищев. – М.: Физматлит, 2011. – 240 с.
2. Мелентьев, В.С. Исследование метода измерения интегральных характеристик по мгновенным значениям сигналов, разделенным в пространстве [Текст] / В.С. Мелентьев, Ю.М. Иванов, В.В. Муратова // Известия Волгоградского государственного технического университета. Сер. «Электроника, измерительная техника, радиотехника и связь». – 2014. – Т.9, № 10 (137). – С. 52-55.
3. Мелентьев, В.С. Синтез методов измерения интегральных характеристик по мгновенным значениям ортогональных составляющих гармонических сигналов [Текст] / В.С. Мелентьев, Ю.М. Иванов, А.Е. Сеницын // Вестник Самар. гос. техн. ун-та. Сер. «Технические науки». – 2012. – №3(35). – С. 84-90.



4. Мелентьев, В.С. Оценка погрешности реализации метода измерения параметров по мгновенным значениям ортогональных составляющих гармонических сигналов [Текст] / В.С. Мелентьев, В.В. Муратова, А.С. Пескова / Современные материалы, техника и технология: Матер. 4-й Междунар. науч.-практ. конф. – Курск: Юго-Зап. гос. ун-т., 2014. – С. 274-276.

5. Мелентьев, В.С. Методы измерения интегральных характеристик на основе формирования дополнительных сигналов [Текст] / В.С. Мелентьев, Ю.М. Иванов, А.Е. Сеницын // Вестник Самар. гос. техн. ун-та. Сер. «Технические науки». – 2013. - № 2 (38). - С. 56-63.

6. Melentiev, V.S. An improvement in the methods used for the measurement of the integrated characteristics of harmonic signals [Текст] / V.S. Melentiev, V.I. Batishchev, A.N. Kamyshnikova // Measurement Techniques. - 2011. - V. 54, No.4. – P. 407-411.

* Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 13-08-00173)

В.В. Митюков

АВТОМАТИЗАЦИЯ ВЫЧИСЛЕНИЙ В ЗАДАЧАХ АППРОКСИМАЦИИ

(Ульяновское высшее авиационное училище (институт))

Гладкое приближение дискретных точек $\{x_i, y_i\}$, где $(i = 0, 1, \dots, m)$, представляющих собой координаты независимой (x) и зависимой (y) переменных, основывается на традиционной линейной зависимости – $y(x)$, составленной из аналитически вычисляемых фрагментов – базисных функций $\varphi_j(x)$ с некоторыми коэффициентами C_j , где $(j = 0, 1, \dots, n)$:

$$y(x) = C_0 \cdot \varphi_0(x) + C_1 \cdot \varphi_1(x) + \dots + C_n \cdot \varphi_n(x) \quad (1)$$

Результаты операций дифференцирования и интегрирования линейной комбинации (1), остаются также линейными комбинациями:

$$y'(x) = C_0 \cdot \varphi_0'(x) + C_1 \cdot \varphi_1'(x) + \dots + C_n \cdot \varphi_n'(x) \quad (2)$$

$$Y(x_{-1}, x) = C_0 \cdot \int_{x_{-1}}^x \varphi_0(x) \cdot dx + C_1 \cdot \int_{x_{-1}}^x \varphi_1(x) \cdot dx + \dots + C_n \cdot \int_{x_{-1}}^x \varphi_n(x) \cdot dx \quad (3)$$

здесь $[x_{-1}, x]$ – интервал интегрирования

Точное выполнение линейных равенств (1) в точках x_i , $(i = 0, 1, \dots, m)$, является условием *интерполяции*. Если в некоторых из этих точек имеются измеренные значения наклонов касательных y'_i и/или подсчитанные значения интегральных площадей Y_i на некоторых интервалах $[x_k, x_i]$, то допускается также пополнение линейной системы уравнений $y(x_i) = y_i$, дополнительными строками $y'(x_i) = y'_i$ и $Y(x_k, x_i) = Y_i$ (здесь теперь уже $(i = i_1, \dots, i_2)$, $(i = i_3, \dots, i_4)$):