

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА КОМБИНАТОРНОЙ ЛИНЕАРИЗАЦИИ ДЛЯ АНАЛИЗА СОСТОЯНИЯ ЭНЕРГООБЪЕКТОВ

И.В. Пантелеева

(Украинская инженерно-педагогическая академия, Харьков)

*Показана возможность применения метода комбинаторной линеаризации для анализа амплитуды и фазы электрических сигналов с целью прогнозирования возможных аварий в энергосистеме.*

***метод комбинаторной линеаризации, электрический сигнал, энергосистема***

**Постановка проблемы.** Важнейшей задачей управления энергетическим объектом является получение информации о состоянии данного объекта, а также обработка полученной информации. При эксплуатации электроустановок необходимо не только знать состояние данного объекта, но и, по возможности, оценить и предотвратить возможную аварийную ситуацию.

**Анализ последних достижений и публикаций.** Существует достаточно много методов статистического оценивания параметров электрических сигналов. Однако методы, которые успешно используются в радиотехнических и радиоэлектронных системах, не в полной мере отвечают специфике оценки состояния энергообъектов [1]. Поэтому необходимо разработать достаточно достоверный метод диагностики электрических сигналов в режиме реального времени.

**Цель работы** заключается в получении достаточно точной методики оценки синусоидального сигнала на интервале времени, который составляет не более трети продолжительности его периода с применением метода комбинаторной линеаризации, так как он является наиболее универсальным.

В связи с этим представляется актуальным и возможным продолжение работы по применению корреляционных функций для решения задачи подобного рода.

В работе [2] введены корреляционные функции в базисах функций Виленкина–Крестенсона, образованные с помощью обобщенного сдвига. Обобщенный сдвиг ( $m$ -сдвиг) определяется поразрядным сложением без переноса единицы в старший разряд – сложением по модулю  $m$ . Областью определения данного сдвига является интервал  $I = [0, m^k - 1]$ . Интервал является замкнутым относительно  $m$ -сдвига, т.е.  $m$ -сдвиг не выходит за пределы интервала  $I$ . Это свойство обобщенного сдвига позволяет

его эффективно применять для обработки конечной выборки. Множество  $m$ -сдвигов на интервале  $I$  обладает групповой структурой. Фактически,  $m$ -сдвиг представляет собой перестановку номеров отсчетов, входящих в интервал  $I$ . Реализация обобщенного сдвига, т.е. перестановка отсчетов, легко может быть выполнена средствами дискретной техники.

Обобщенному сдвигу, определяемому сложением по модулю  $m$ , соответствует базисная система функций – «базис-функций» Виленкина–Крестенсона. Эти функции инвариантны относительно обобщенного сдвига, определяемого по разрядным сложением по модулю  $m$ .

Задача количественного описания  $m$ -корреляционных функций гармонических сигналов представляет интерес с точки зрения анализа и синтеза новых алгоритмов оценки фазовых сдвигов с целью повышения их точности.

Двухвходовое устройство, формирующее на выходе  $m$ -корреляционную функцию поданных на его входы сигналов, назовем  $m$ -коррелятором. Алгоритм работы  $m$ -коррелятора при подаче на его входы соответствующих гармонических сигналов описывается выражением:

$$R_m(t, \varphi_0, \varphi_1, \omega, \Delta) = \frac{1}{N} \sum_{t=a}^{N-1} A_0 \sin [(\omega + \Delta)t + \varphi_0] A_1 \sin \left[ \omega \left( t \oplus \tau \right) + \varphi \right], \quad (1)$$

где  $A_0, \omega, t, \varphi_0$  определены в [1];  $\Delta$  – измеряемая в радианах величина, обусловленная несоответствием частот;  $\tau$  – параметр обобщенного сдвига, представляющий собой безразмерную величину, принадлежащую интервалу  $I$ .

Отсчеты сигнала, поступающие на первый вход  $m$ -коррелятора, умножаются на переставленные в соответствии с параметром обобщенного сдвига  $\tau$  отсчеты сигнала, поступившего на второй вход. Результаты умножения суммируются. Обычный коррелятор является частным случаем  $m$ -коррелятора, т.к. для  $\tau=0$   $m$ -сдвиг является тождественной перестановкой и выходной эффект  $m$ -коррелятора совпадает с выходным эффектом обычного коррелятора.

Рассмотрим математический аппарат, позволяющий вычислять  $m$ -корреляционные функции гармонических сигналов, дающий количественное описание эффекта их прохождения через  $m$ -коррелятор. Используя известные формулы Эйлера, представим (1) в виде:

$$R_m(\tau, \varphi_0, \varphi_1, \omega, \Delta) = L_1 + L_2. \quad (2)$$

В конечном итоге вычисление выражения (1) сводится к вычислению суммы вида:

$$\sum_{t=0}^{N-1} \exp(at) \exp \left[ b \left( t + \oplus \tau \right) \right]. \quad (3)$$

Для вычисления суммы вида (3) необходимо использовать метод комбинаторной линейризации.

Так как  $t$  и  $\tau$  принадлежат интервалу  $I = [0, N - 1]$ , то при выполнении операции поразрядного сложения по модулю может произойти потеря единицы при ее переносе в старший разряд:

$$t \oplus_m \tau = t + \tau - c(t + \tau). \quad (4)$$

Функцию  $c(t, \tau)$  можно определить, исходя из особенностей операции поразрядного сложения по модулю  $m$ .

Зафиксировав величину параметра обобщенного сдвига  $\tau$ , при  $t$ , изменяющемся от 0 до  $N - 1$ , функция  $c(t, \tau)$  сможет принимать не более чем  $2^k$  различных значений. Следовательно, каждому значению  $c(t, \tau)$  можно поставить в соответствие некоторое двоичное число:

$$P = \sum_{i=1}^k \alpha_i \cdot 2^{i-1}. \quad (5)$$

Учитывая это, выражение (4) можно представить в виде:

$$t \oplus_m \tau = t + \tau - c_p. \quad (6)$$

Следовательно, выражение  $t \oplus_m \tau$  можно представить в виде линейной комбинации  $t$ ,  $\tau$ , и  $c_p$ . Величина  $c_p$  определяет потери, возникающие из-за отсутствия переноса единицы в старший разряд, а  $P$  – соответствующие номера разрядов.

**Выводы.** 1. Показано, что обобщенному сдвигу, определяемому по модулю  $m$ , соответствует базисная система функций – «базис-функций» Виленкина–Крестенсона.

2. Используя метод комбинаторной линеаризации гармонических синусоидальных сигналов, получено выражения для расчета  $m$ -корреляционных функций этих сигналов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Артюх С.Ф., Пантелеева И.В. Деякі питання теорії статистичного оцінювання параметрів сигналів у електроенергетиці // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – Хмельницький, 1999. – № 4. – С. 68-71.
2. Пантелеева И.В. Совершенствование методов стохастического анализа параметров электрических сигналов энергетических объектов // Системы обработки информации. – Х.: ХВУ. – 2003. – Вып. 6. – С. 96-100.

Поступила 1.02.2006

**Рецензент:** кандидат технических наук, профессор И.Г. Шелепов,  
Украинская инженерно-педагогическая академия, Харьков.