

МЕТОДЫ УСТРАНЕНИЯ ПОГРЕШНОСТИ СЧЕТЧИКОВ В АСКУЭ, ВЫЗВАННОЙ ВОЗДЕЙСТВИЕМ НЕСИНУСОИДАЛЬНЫХ ТОКОВ

A.ACET

E.mail. ksucta@elcat.kg

Бул макалада жогорку гармониканын тиешесиндеги электрондук жана индукциялык эсептегичтердин системалык каталарын аныктоонун методдору, ошондой эле эсептегичтердин каталарын эсептөөнүн алгоритмдери көрсөтүлгөн. Теоретикалык (аналитикалык) жана эксперименталдык методдордун жардамы менен жогорку чыңалууну өлчөөнүн натыйжасы (эсептер) көрсөтүлгөн. Ошону менен бирге чынжырдын эсебин өлчөөдө негизги гармоникасы менен жыштыгы көрсөтүлгөн.

В этой статье приведены методы определения системных погрешностей индукционных и электронных счетчиков, а также алгоритм расчета погрешности счетчиков при воздействии высоких гармоник. С помощью теоретических (аналитических) и экспериментальных методов проведены результаты (расчетов) измерений высоких мощностей. В том числе представлены основные гармоники и частоты их измерений расчётов цепей.

This article deals with the highest level of capacity action of receiving an algorithm of error calculation and specifies system error inductive calculation. In the result of measurement it is proved that the highest level of capacity can be assessed by applying theoretical methods empirically. It also considers calculations of measurements of fundamental harmonic circumstantiality.

Методы определения систематических погрешностей подразделяются на теоретические (аналитические) и экспериментальные. Теоретические методы находят ограниченное применение, так как они основаны на анализе внутренних и внешних источников погрешностей и сводятся к численным оценкам погрешностей. Для определения систематических погрешностей чаще всего применяют экспериментальные методы, в которых на вход поверяемого средства измерения подается испытательный сигнал с известными параметрами и определяется функция отклика. При выявлении систематической

погрешности, возможна ее корректировка. Коррекция может быть ручной либо автоматической - компенсационной и путем введения поправок. Компенсационную коррекцию осуществляют специальными схемами, а введение поправок обычно реализуют цифровыми методами /6, 7/.

При организации учета электрической энергии необходимо в максимальной степени исключить или учесть влияние систематических погрешностей. Это может быть достигнуто следующими путями:

- определением поправок и внесением их в результат измерения;
- устранением источников погрешностей.

Несинусоидальные периодические ЭДС, токи и напряжения раскладываются в тригонометрический ряд (Эйлера - Фурье), одна из форм записи которого следующая /4/:

$$f(t) = F_0 + \sum_{k=1}^{\infty} F_k \sin(k\omega t + \psi_k) \quad (1)$$

где F_0 – постоянная составляющая, k – номер гармонической составляющей, F_k – амплитуда k -гармоники ряда Фурье, ω – угловая частота первой (основной) гармоники, ψ_k – угол начальной фазы k -гармоники.

Для реализации метода коррекции показаний счетчика в условиях эксплуатации был разработан алгоритм учета погрешности на основе анализа содержания мощностей высших гармоник. В основе алгоритма лежит графоаналитический метод расчета гармонических составляющих тока и напряжения для выражения (1) /3,4/:

Постоянная составляющая:

$$F_0 = \frac{1}{2\pi} \int_{p=1}^{2\pi} f(x) dx \quad \text{или} \quad F_0 = \frac{1}{n} \sum_{p=1}^n f_p(x), \quad (2)$$

где n – число точек интегрирования, $f_p(x)$ – значение функции середине p -го интервала.

Амплитуда синусной составляющей:

$$F_k = \frac{1}{2\pi} \int_{p=1}^{2\pi} f(x) \sin kx dx \quad \text{или} \quad F_k = \frac{1}{2\pi} \int_{p=1}^{2\pi} f(x) \sin kx, \quad (3)$$

амплитуда косинусной составляющей:

$$F_k'' = \frac{1}{2\pi} \int_{p=1}^{2\pi} f(x) \cos kx dx \quad \text{или} \quad F_k'' = \frac{1}{2\pi} \int_{p=1}^{2\pi} f_p(x) \cos kx, \quad (4)$$

где $\sin kx$ и $\cos kx$ – значение функции при $X = (p - 0.5)\Delta x$, т.е. в середине

p-го интервала. Амплитуда κ -й гармоники:

$$F_0 = \sqrt{(F_k')^2 + (F_k'')^2}. \quad (5)$$

Начальные фазовые сдвиги для каждой гармонической составляющей согласно:

$$\psi_{\kappa} = \operatorname{arctg} \frac{F_k''}{F_k'}. \quad (6)$$

Расчет фазового сдвига кривой тока относительно кривой напряжения Φ производится следующим образом [3]:

$$\Phi = \frac{2\pi}{m}(X_i - X_u), \quad (7)$$

где m – число выборок на период действия функции, X_i – номер выборки перехода кривой тока через ноль, X_u – номер выборки перехода кривой напряжения через ноль.

Фазовый сдвиг k -той гармоники тока относительно напряжения определяется:

$$\varphi_{\kappa} = k \cdot \Phi - \psi_{uk} + \psi_{ik}, \quad (8)$$

где k – номер гармоники, ψ_{uk} – начальный фазовый сдвиг k -й гармоники относительно общей функции напряжения, ψ_{ik} – начальный фазовый сдвиг k -й гармоники относительно общей функции тока.

Отсюда мощность k -той гармоники определяется выражением [1, 2]:

$$P_k = U_k \cdot I_k \cdot \cos \varphi_k. \quad (9)$$

Как показано в ряде работ погрешность счетчика зависит от относительного содержания мощностей высших гармоник:

$$\delta = f\left(\frac{P_k}{P_1}, k = 2, 3, \dots, \infty\right). \quad (10)$$

Данная зависимость является уникальной для каждого прибора учета электрической энергии, она зависит от конструкционных особенностей счетчика, разброса параметров элементов и определяется экспериментально.

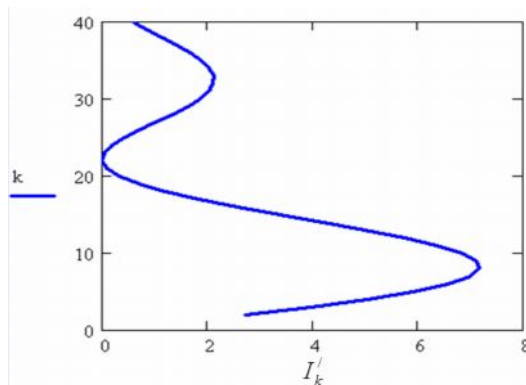


Рис.1. График амплитуды k-й гармоники тока синусной составляющей

На рис. 2 приведена схема алгоритма расчета погрешности счетчика, вызванной воздействием мощности высших гармоник.

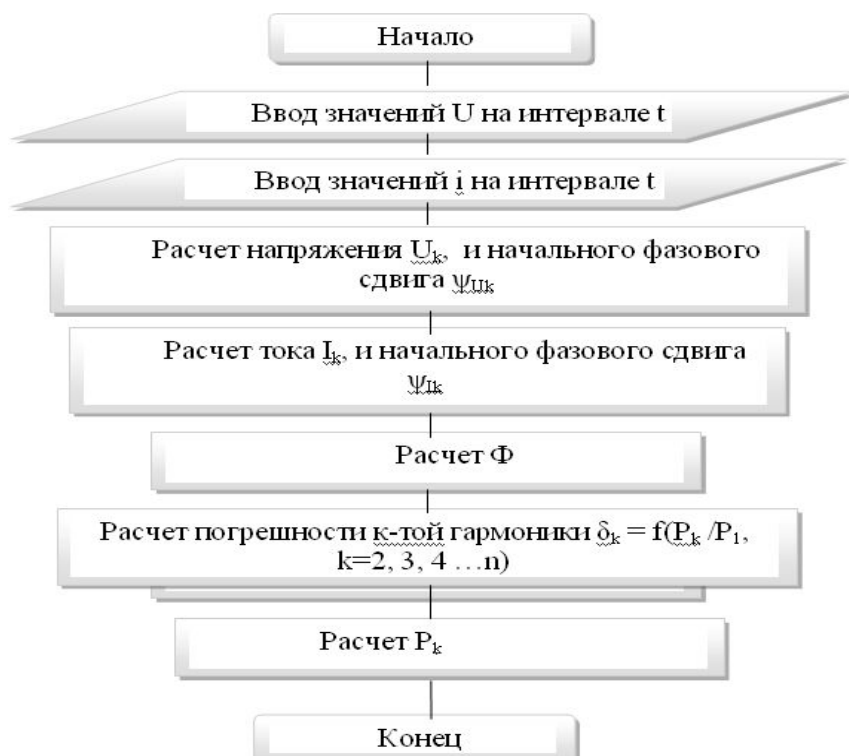


Рис .2. Алгоритм расчета погрешности счетчика, вызванной воздействием мощности высших гармоник

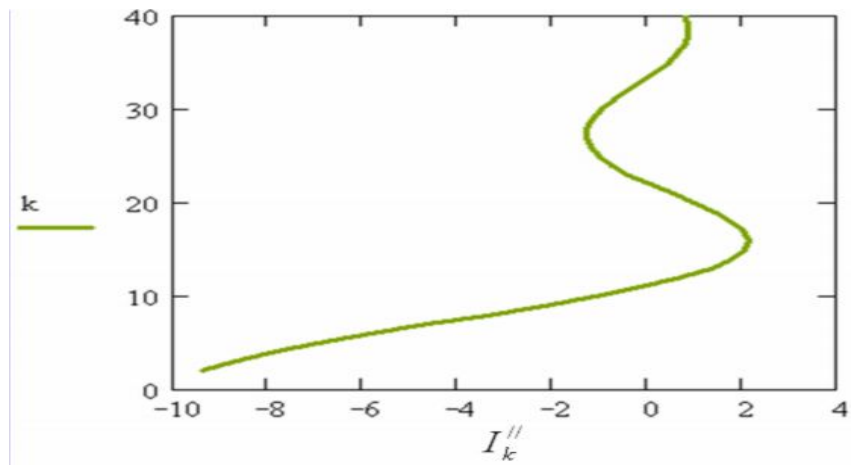


Рис. 3. График амплитуды k -й гармоники тока косинусной составляющей

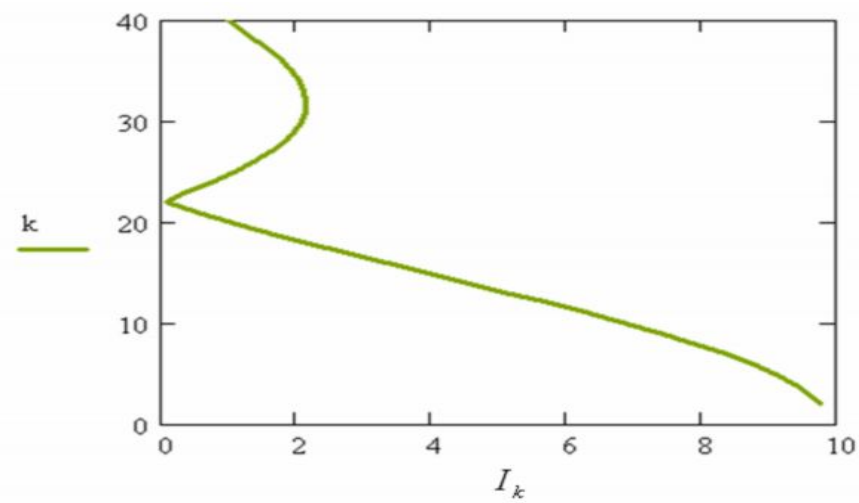


Рис. 4. График амплитуды тока k -той гармоники

В основе разработанного способа лежит измерение мощностей высших гармоник и их компенсация на частоте основной гармоники в измерительных цепях учёта, и таким образом, на счётчик подается компенсированный сигнал частотой 50 Гц, который счетчик учитывает с требуемой точностью.

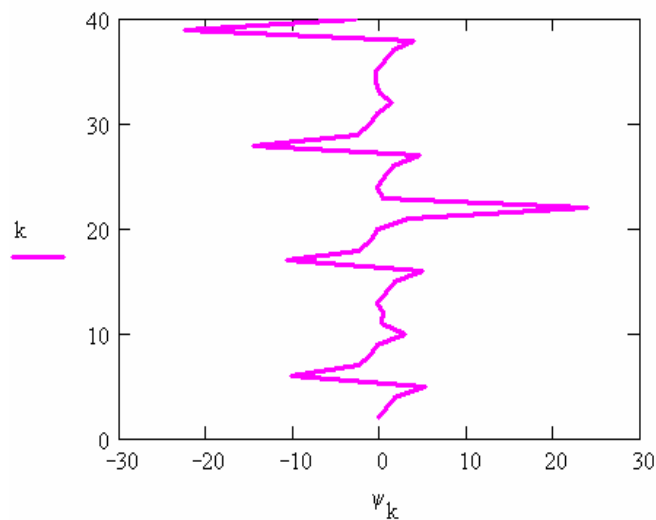


Рис. 5. График начального фазового сдвига для каждой гармонической составляющей

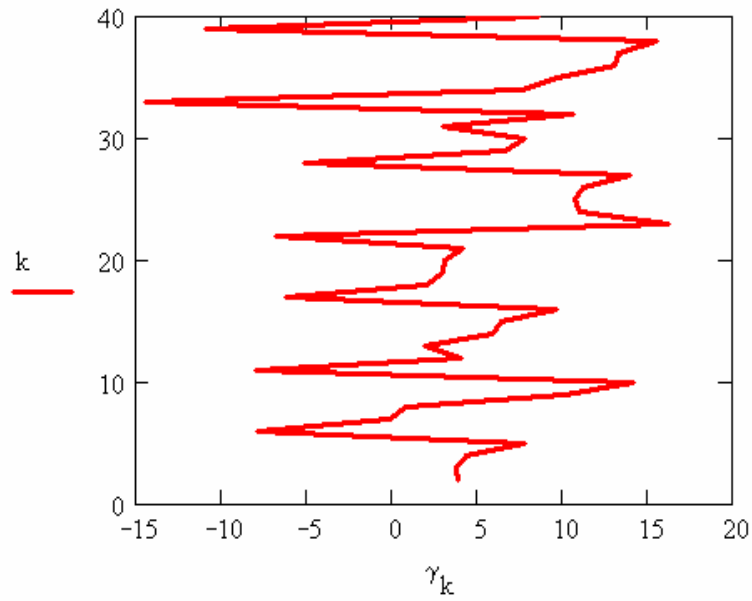


Рис. 6. График фазового сдвига k-той гармоники тока относительно напряжения

Мощность несинусоидального тока при несинусоидальном напряжении определяется выражением /2/:

$$P = P_1 + \sum_{k=2}^{\infty} P_k, \quad (11)$$

где P_1 – мощность первой гармоники, P_k – мощность высших гармоник.

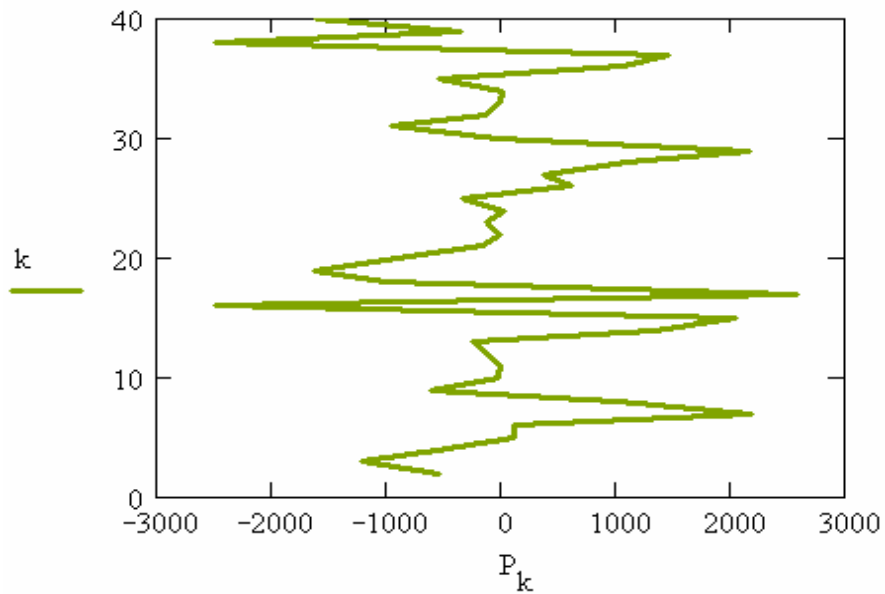


Рис. 7. График мощности P k-й гармоники

Для устранения влияния высших гармонических составляющих требуется выполнение условия:

$$P = P_1^*, \quad (12)$$

где P – мощность всех гармонических составляющих по (11); P_1^* – эквивалентная мощность первой гармонической составляющей.

Отсюда:

$$P_1^* - P_1 = \Delta P^*, \quad (13)$$

где ΔP^* – мощность высших гармоник.

На основании (13) можно выделить напряжение положительной обратной связи на частоте 50Гц.

$$\Delta U_1^* = \frac{\Delta P^*}{I_1 \cdot \cos \varphi_1}. \quad (14)$$

Список литературы

1. Агунов М.В., Агунов А.В., Вербова Н.М. Новый подход к измерению электрической мощности // Промышленная энергетика. – 2004. – № 2. – С.30-33.
2. Баков Ю.В. Мощность переменного тока. – Иваново: Ивановский государственный энергетический университет, 1999. – 200 с.
3. Бессонов Л.А. Нелинейные электрические цепи: Учебное пособие для вузов. . – Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1977. – 343 с.
4. Бессонов Л.А. Теоритические основы электротехники: Учебник для энергетических и электротехнических вузов. – Изд.6-е, перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1973. – 752 с.
5. Васин А.П., Павлоцкая Л.М., Плис А.И., Сливина Н.А. Компьютерные занятия по высшей матматике. – М.: Изд-во МЭИ, 1997.
6. Земельман М.А. Автоматическая коррекция погрешностей измерительных устройств. – М.:Издательство стандартов, 1972.
7. Метрология и радиоизмерения: Учебник для вузов / В.И Нефедов, В.И.Хахин, Битюков и др. Под.ред профессора В.И. Нефедова. –М.: Высшая школа, 2003. – 526 с.