

УДК 621.398

Дороніна О.М., Лавров Г.М., Хомич С.В.  
ДУ “Львівська політехніка”, кафедра ЕОМ, НДКІ ЕЛВІТ

## АЛГОРИТМ КОМПЕНСАЦІЇ КУТОВОЇ ПОХИБКИ ВИМІРЮВАННЯ ПОТУЖНОСТІ В СИЛОВИХ КОЛАХ СИНУСОЇДАЛЬНОГО СТРУМУ

©Дороніна О.М., Лавров Г.М., Хомич С.В., 2000

**Розглянуто особливості вимірювання потужності у мікропроцесорних інформаційно-вимірювальних комплексах. Наведено алгоритм компенсації куткової похибки вимірювання потужності.**

Значення активної ( $P$ ) та реактивної ( $Q$ ) потужностей в електричних колах синусоїдального струму ( $u = U_M \sin \omega t$  та  $i = I_M \sin(\omega t - \varphi)$ ) визначаються за відомими співвідношеннями ([1], ст.111, 112):

$$\begin{aligned} P &= UI \cos \varphi \\ Q &= UI \sin \varphi \end{aligned} \quad (1)$$

де  $U$  та  $I$  – діючі значення напруги та струму,  $\varphi$  – різниця фаз між напругою та струмом.

У мікропроцесорних інформаційно-вимірювальних комплексах, як правило, безпосередньо вимірюються лише миттєві значення напруги та струму, а діючі значення напруги, струму, значення потужностей та енергії обчислюються на основі отриманих миттєвих значень за відповідними алгоритмами. Вхідні кола таких комплексів містять проміжні трансформатори напруги і струму, які забезпечують нормалізацію вхідних сигналів та гальванічне розділення вимірювальних кіл і силових кіл, параметри яких визначаються.

Проміжні трансформатори характеризуються похибкою вимірювання, яка складається з похибки коефіцієнта трансформації та куткової похибки ([1], с.329-331). Похибка коефіцієнта трансформації усувається множенням обчисленого діючого значення на додатковий сталий коефіцієнт при забезпеченні постійного навантаження. Поява куткової похибки трансформатора пов'язана з тим, який між первинним та вторинним сигналами є зсув фаз, що визначається кутом  $\gamma$  ( $\gamma_U$  для напруги і  $\gamma_I$  для струму). Різниця фазових зсувів  $\Delta\gamma = \gamma_U - \gamma_I$  в загальному випадку не дорівнює 0 і може досягати значення  $10^\circ - 20^\circ$ . Ця різниця фаз не впливає на результати обчислень діючих значень напруги та струму, але від неї суттєво залежить обчислення значень активної та реактивної потужностей і енергії. З врахуванням наявності кута додаткового фазового зсуву  $\Delta\gamma$  співвідношення (1) набувають вигляду:

$$\begin{aligned} P_\gamma &= UI \cos(\varphi + \Delta\gamma) \\ Q_\gamma &= UI \sin(\varphi + \Delta\gamma) \end{aligned} \quad (2)$$

При цьому додаткову відносну похибку обчислення активної потужності  $P$ , що вноситься цим фазовим зсувом, можна визначити таким чином:

$$\begin{aligned} \delta_P &= \frac{P - P_\gamma}{P} \cdot 100\% = \frac{UI \cos \varphi - UI \cos(\varphi + \Delta\gamma)}{UI \cos \varphi} \cdot 100\% = \\ &= (1 - \cos \Delta\gamma + \operatorname{tg} \varphi \sin \Delta\gamma) \cdot 100\% . \end{aligned} \quad (3)$$

Як видно з (3), похибка  $\delta_p$  залежить як від величини фазового зсуву  $\Delta\gamma$ , що вноситься проміжними трансформаторами напруги та струму, так і від різниці фаз  $\varphi$  між напругою та струмом у силових колах. Аналогічну залежність має похибка обчислення реактивної потужності  $Q$ .

На рис. наведено функції похибки  $\delta_p(\varphi)$  при різних значеннях кута  $\Delta\gamma$ .

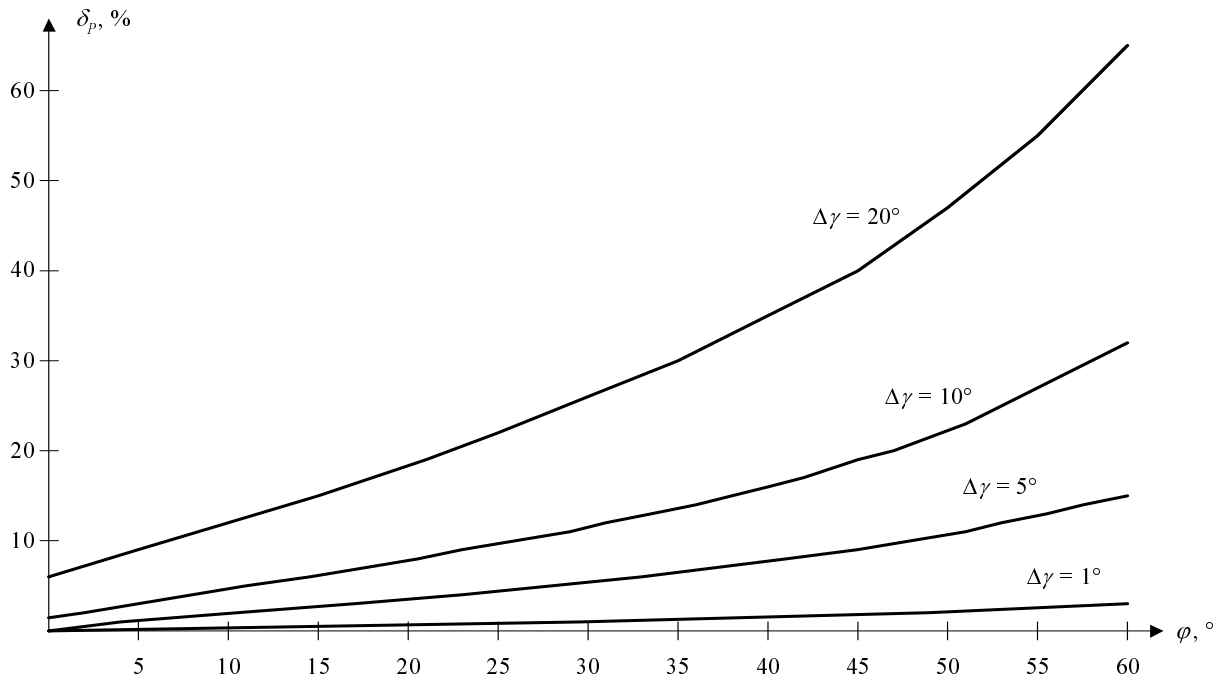


Рис. Залежності  $\delta_p(\varphi)$  для різних значень кутової похибки  $\Delta\gamma$

Отже, навіть невеликий додатковий фазовий зсув  $\Delta\gamma$  вносить значну похибку в результуюче значення потужності. Тому компенсація цього фазового зсуву є обов'язковою.

Найбільш природним є такий алгоритм компенсації фазового зсуву:

1. Під час калібрування вимірювальної частини комплексу у зовнішніх колах встановлюється фазовий зсув між напругою та струмом  $\varphi = 0$ , що дає можливість визначити куту похибку проміжних трансформаторів  $\gamma_K$ :

$$\gamma_K = \arccos \frac{P_\gamma}{UI} \quad (4)$$

2. Під час обчислень значень потужностей ця куту похибка компенсується відповідно до таких співвідношень:

$$\begin{aligned} P &= UI \cos \left( \arccos \frac{P_\gamma}{UI} - \gamma_K \right) \\ Q &= UI \sin \left( \arcsin \frac{Q_\gamma}{UI} - \gamma_K \right) \end{aligned} \quad (5)$$

Цей алгоритм має суттєвий недолік – необхідно обчислювати функції  $\cos(x)$ ,  $\sin(x)$ ,  $\arccos(x)$  та  $\arcsin(x)$ , що вимагає додаткових обчислювальних затрат, а крім того вносить додаткові похибки обчислень цих функцій.

Алгоритм компенсації кутової похибки, який пропонується в цій статті, позбавлений цих недоліків. Він полягає в наступному:

1. Під час калібрування вимірювальної частини комплексу у зовнішніх колах встановлюється фазовий зсув між напругою та струмом  $\varphi = 0$  і визначаються косинусний  $K_{\text{COS}}$  та синусний  $K_{\text{SIN}}$  коефіцієнти:

$$\begin{aligned} K_{\text{cos}} &= \cos \Delta\gamma = \frac{P_\gamma}{UI} \\ K_{\text{sin}} &= \sin \Delta\gamma = \frac{Q_\gamma}{UI} \end{aligned} \quad (6)$$

2. Під час обчислень значень потужностей кутова похибка компенсується відповідно до таких співвідношень:

$$\begin{aligned} P &= P_\gamma K_{\text{cos}} + Q_\gamma K_{\text{sin}} \\ Q &= Q_\gamma K_{\text{cos}} - P_\gamma K_{\text{sin}} \end{aligned} \quad (7)$$

Дійсно, якщо підставити в (7) значення  $P_\gamma$  і  $Q_\gamma$  із (2) та  $K_{\text{COS}}$  і  $K_{\text{SIN}}$  із (6), отримаємо

$$\begin{aligned} P &= UI \cos(\varphi + \Delta\gamma) \cos \Delta\gamma + UI \sin(\varphi + \Delta\gamma) \sin \Delta\gamma = UI \cos \varphi \\ Q &= UI \sin(\varphi + \Delta\gamma) \cos \Delta\gamma - UI \cos(\varphi + \Delta\gamma) \sin \Delta\gamma = UI \sin \varphi \end{aligned} \quad (8)$$

Запропонований алгоритм набагато простіший і ефективніший, ніж розглянутий перед ним, досить легко реалізується і не вимагає великих об'ємів обчислень. Він реалізований в програмному забезпеченні телекомплексів СПРУТ, впроваджених на підприємствах Західної енергосистеми.

*1. Вольнський Б.А., Зейн Е.Н., Шатерников В.Е.. Електротехніка. – М., 1987.*

**УДК 681.3**

**Дунець Б.Р., Почаєвець О.М.**

ДУ “Львівська політехніка”, кафедра ЕОМ

## **МОДЕЛЬ АСОЦІАТИВНОЇ МАШИНИ ТА ЇЇ ЗАСТОСУВАННЯ ДЛЯ ЗАДАЧ МІНІМІЗАЦІЇ ЛОГІЧНИХ ФУНКЦІЙ**

© Дунець Б.Р., Почаєвець О.М., 2000

**Запропоновано модифікацію асоціативної моделі, яка розширює можливості та усуває недоліки вже існуючих архітектур. Наведені фрагменти програм, які демонструють переваги запропонованої архітектури. Розглянуті питання практично реалізовані за допомогою програми-симулятора, в середовищі якої працює алгоритм мінімізації.**

**Вступ.** Мінімізація ФАЛ є актуальною при створенні цифрових автоматів, що значною мірою стосується розробки інтелектуальної цифрової вимірювальної апаратури. Асоціативні машини з огляду мінімізації функцій алгебри логіки (ФАЛ) порівняно з машинами Ноймана мають такі переваги: