

Р.В. Петросян, аспір., асист.

Житомирський інженерно-технологічний інститут

ЗАСТОСУВАННЯ НЕРЕКУРСИВНИХ ЦИФРОВИХ ФІЛЬТРІВ З ЛІНІЙНОЮ ФАЗОЮ ДЛЯ ВИМІРУ НЕСИМЕТРІЇ У ТРИФАЗНИХ МЕРЕЖАХ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

У даній статті пропонується метод створення цифрового вимірювача симетричних складових на основі цифрових нерекурсивних фільтрів із лінійною фазою.

Про проблему якості електроенергії, що склалася в державі, не доводиться казати. Це становище погіршується з кожним днем у зв'язку з відсутністю необхідних сучасних засобів виміру для проведення необхідних заходів. Один із таких вимірювачів – вимірювач несиметрії трифазних мереж.

На сьогодні запропоновано безліч методів для побудови цифрових вимірювачів несиметрії, але більшості з них властива один істотний недолік: частотна залежність, що робить їх не придатними для реалізації. Один із таких вимірювачів наведено у [1]. Це цифровий фільтр симетричних складових, що є прототипом широко відомого аналогового фільтра симетричних складових. Можливі два шляхи вирішення даної проблеми:

1. розробка регулятора (найбільш поширений шлях), який би відслідковував частоту мережі і робив підстроювання параметрів вимірювача несиметрії,
2. створення радикально іншого методу.

Другому шляху надається перевага, тому що в більшості випадків складність регулятора порівняна зі складністю самого пристрою, що в підсумку позначається на економічних показниках пристрою.

Найбільш досконалий метод наведено у [2], але основна складність полягає в одержанні необхідної фазочастотної характеристики. У більшості випадків немає необхідності мати задану фазочастотну характеристику.

Як відомо, метод симетричних складових описується [3] виразами:

$$\mathfrak{U}_{1(1)} = \dot{U}_{A(1)} + a\dot{U}_{B(1)} + a^2\dot{U}_{C(1)}; \quad (1)$$

$$\mathfrak{U}_{2(1)} = \dot{U}_{A(1)} + a^2\dot{U}_{B(1)} + a\dot{U}_{C(1)}; \quad (2)$$

$$\mathfrak{U}_{0(1)} = \dot{U}_{A(1)} + \dot{U}_{B(1)} + \dot{U}_{C(1)}, \quad (3)$$

де $U_{A(1)}$ - комплексне значення напруги фази А основної частоти,

$U_{B(1)}$ - комплексне значення напруги фази В основної частоти,

$U_{C(1)}$ - комплексне значення напруги фази С основної частоти,

$U_{1(1)}$ – діюче значення напруги прямої послідовності основної частоти,

$U_{2(1)}$ – діюче значення напруги зворотної послідовності основної частоти,

$U_{0(1)}$ – діюче значення напруги нульової послідовності,

$a = e^{j\frac{2\pi}{3}}$ - оператор повороту, а несиметрія виражається:

$$k_2 = \frac{U_{2(1)}}{U_H} 100\% , \tag{4}$$

або можливо

$$k_2 = \frac{U_{2(1)}}{U_{1(1)}} 100\% , \tag{5}$$

де U_H – номінальне значення фазної напруги.

Зробимо “перекручування” фази в такий спосіб:

$$3\dot{U}'_{1(1)} = b\dot{U}_{A(1)} + ab\dot{U}_{B(1)} + a^2b\dot{U}_{C(1)} ; \tag{6}$$

$$3\dot{U}'_{2(1)} = b\dot{U}_{A(1)} + a^2b\dot{U}_{B(1)} + ab\dot{U}_{C(1)} ; \tag{7}$$

$$3\dot{U}'_{0(1)} = b\dot{U}_{A(1)} + b\dot{U}_{B(1)} + b\dot{U}_{C(1)} , \tag{8}$$

де $b = e^{j\phi(\omega)}$ – додатковий вектор повороту, що залежить від частоти. Очевидно, що

$$k_2 = \frac{U'_{2(1)}}{U_{1(1)}} 100\% . \tag{9}$$

© Р.В. Петросян, 2000

Виникає питання: що представляє із себе функція $\phi(\omega)$ і навіщо вона потрібна? У загальному випадку це може бути будь-яка функція, а це означає нескінченну кількість реалізацій фільтрів, що дозволяє вибрати найбільш оптимальний у змісті точності.

Характерна риса нерекурсивного фільтра – можливість реалізації його з лінійної ФЧХ. Скористаємося цією властивістю, тобто $\phi(\omega)$ - лінійна функція. Таким чином, нам необхідно синтезувати три фільтра $H'_{(1)0}(j\omega)$, $H'_{(1)1}(j\omega)$, $H'_{(1)2}(j\omega)$ із відповідними фазами $\varphi^0 = \phi(\omega)$, $\varphi^1 = \phi(\omega) + \frac{2\pi}{3}$, $\varphi^2 = \phi(\omega) + \frac{4\pi}{3}$. Цілком очевидно, що тільки один фільтр $H'_{(1)0}(j\omega)$ буде мати лінійну фазу $\varphi^0(\omega) = -\frac{N}{2}T\omega$, де N-порядок цифрового нерекурсивного фільтра, а два інших – дуже близьку до лінійної фази $\varphi^1(\omega) \approx -\frac{N}{2}T\omega + \frac{2\pi}{3}$ та $\varphi^2(\omega) \approx -\frac{N}{2}T\omega + \frac{4\pi}{3}$ у смузі пропускання. Для вирішення поставленої задачі скористаємося методикою [2]. Тоді вимірювач несиметрії буде описуватися виразами:

$$U'_{1(1)}(z) = U_A(z)H'_{(1)0}(z) + U_B(z)H'_{(1)1}(z) + U_C(z)H'_{(1)2}(z) , \tag{10}$$

$$U'_{2(1)}(z) = U_A(z)H'_{(1)0}(z) + U_B(z)H'_{(1)2}(z) + U_C(z)H'_{(1)1}(z) , \tag{11}$$

$$U'_{0(1)}(z) = U_A(z)H'_{(1)0}(z) + U_B(z)H'_{(1)0}(z) + U_C(z)H'_{(1)0}(z) . \tag{12}$$

де $U_{A(1)}(z)$ - z-перетворення вхідних відліків напруги фази А основної частоти,

$U_{B(1)}(z)$ - z-перетворення вхідних відліків напруги фази У основної частоти,

$U_{C(1)}(z)$ - z-перетворення вхідних відліків напруги фази С основної частоти.

Структурну схему, що реалізує вимірювач несиметрії на підставі формул (10) – (12), подано на мал.1.

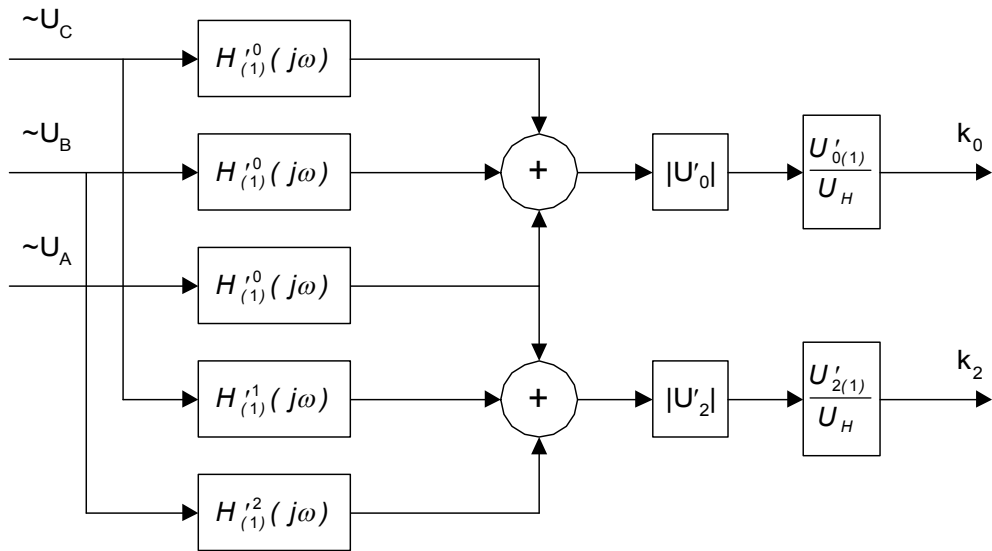


Рис. 1.

Аналіз показав, що з використанням даної методики можна реалізувати вимірювач несиметрії з тією ж точністю, що і з використанням методики [1], але з меншими витратами обчислювальних ресурсів мікроконтролера або іншого обчислювального засобу, що не рідко дуже важливо.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Автоматизация электроэнергетических систем: Учебное пособие для вузов/ О.П. Алексеев, В.А. Козис, В.В. Кривенко и др.; Под ред. В.П. Морозкина и Д. Ангелаге.– М.: Энергоатомиздат, 1994.–448с.: ил.
2. Застосування нерекурсивних цифрових фільтрів для виміру несиметрії у трифазних мережах електроенергії./Петросян Р.В. // Вісник ЖІТІ,–1999.–№11/Технічні науки.–с.164-168.
3. Шидловский А.К., Музыченко А.Д. Таблицы симметричных составляющих.–К.: Наукова думка, 1976. 204с.

ПЕТРОСЯН Руслан Валерійович – аспірант, асистент кафедри “Автоматика і управління в технічних системах” Житомирського інженерно-технологічного інституту.

Наукові інтереси:

- мікропроцесорна техніка та системне програмування;
- цифрова обробка сигналів;
- вимірювальна техніка;
- теорія автоматичного управління.

Подано 14.09.2000

Петросян Р.В. Застосування нерекурсивних цифрових фільтрів з лінійною фазою для виміру несиметрії у трифазних мережах електроенергії

Петросян Р.В. Применение нерекурсивных цифровых фильтров с линейной фазой для измерения несимметрии в трёхфазных сетях электроэнергии

Petrosyan R. V. Application of the digital nonrecursive filters with a linear phase for measurement insymmetry in three-phase power networks.

УДК 621.317

Применение нерекурсивных цифровых фильтров с линейной фазой для измерения несимметрии в трёхфазных сетях электроэнергии / Р.В. Петросян

В данной статье предлагается метод создания цифрового измерителя симметричных составляющих на основе цифровых нерекурсивных фильтров с линейной фазой.

УДК 621.317

Application of the digital nonrecursive filters with a linear phase for measurement insymmetry in three-phase power networks / R.V. Petrosyan

In this article the method of creation of a digital meter of symmetric components based on the digital nonrecursive filters with a linear phase is offered.