

СТАНДАРТИЗАЦІЯ, МЕТРОЛОГІЯ І СЕРТИФІКАЦІЯ

О.А.-Б. Ахмадов, С.О. Ахмадов,
В.С. Писчиков

ЕТАЛОН ОДИНИЦІ КУТА ЗСУВУ ФАЗ МІЖ ДВОМА НАПРУГАМИ

У статті розкрито запитання побудові державного первинного еталона одиниці кута зсуву фаз між двома напругами.

Ключові слова: державний первинний еталон, кут зсуву фаз.

Вступ

Вимірювання кута зсуву фаз широко використовуються у народному господарстві. Зв'язок, телебачлігакобудування неможливі без вимірювання або перетворення фазових характеристик сигналів. Останнім часом все більшого поширення набувають вимірювання кута зсуву фаз в оборонній галузі, зокрема в радіолокаційних системах, радіонавігаційних системах, антенних вимірюваннях тощо.

Особливо важливим є (і потребують найвищої точності – менше $0,001^0$) фазові вимірювання при створенні еталонних ЗВТ для вимірювання реактивної і повної енергії, потужності і коефіцієнта потужності, які набувають все ширшого впровадження при створенні енергозберігаючих технологій.

Опис еталона та його склад

Державний первинний еталон складається з таких комплексу засобів вимірювальної техніки та допоміжного обладнання:

- вимірювач – перетворювач кута зсуву фаз 6000А (CLARKE-HESS);
- стандарт фази 5500-2 (CLARKE-HESS);
- калібровочні мости 5002 (CLARKE-HESS);
 - цифровий мультиметр Agilent 34410А;
- осцилограф універсальний цифровий TDS 2024 (Tektronix);
- функціональні генератори НМ 8131-2 (2 од.);
- синтезатор частоти НМ 8134-2 (Nameg);
- частотомір Agilent 53132А;

Результати дослідження та атестації еталона

Еталонний кут зсуву фаз між двома напругами, описують виразами:

$$\left\{ \begin{array}{l} U_1(t) = U_{m1} \sin(\omega t + \psi_{u1}) \\ U_2(t) = U_{m2} \sin(\omega t + \psi_{u2}) \end{array} \right\} \quad (1)$$

де: U_{m1}, U_{m2} - амплітуда коливання;

ψ_{u1}, ψ_{u2} - початкові фази;

ω - кутова частота.

Кут зсуву фаз між двома напругами $U_1(t)$ і $U_2(t)$ рисунок 3 дорівнює:

$$\varphi = \psi_{u1} - \psi_{u2} = \frac{\Delta t}{T} 2\pi (\delta \dot{a} \ddot{a}) = \frac{\Delta t}{T} 360^\circ. \quad (2)$$

де: T - період коливання;
 Δt - часовий інтервал.

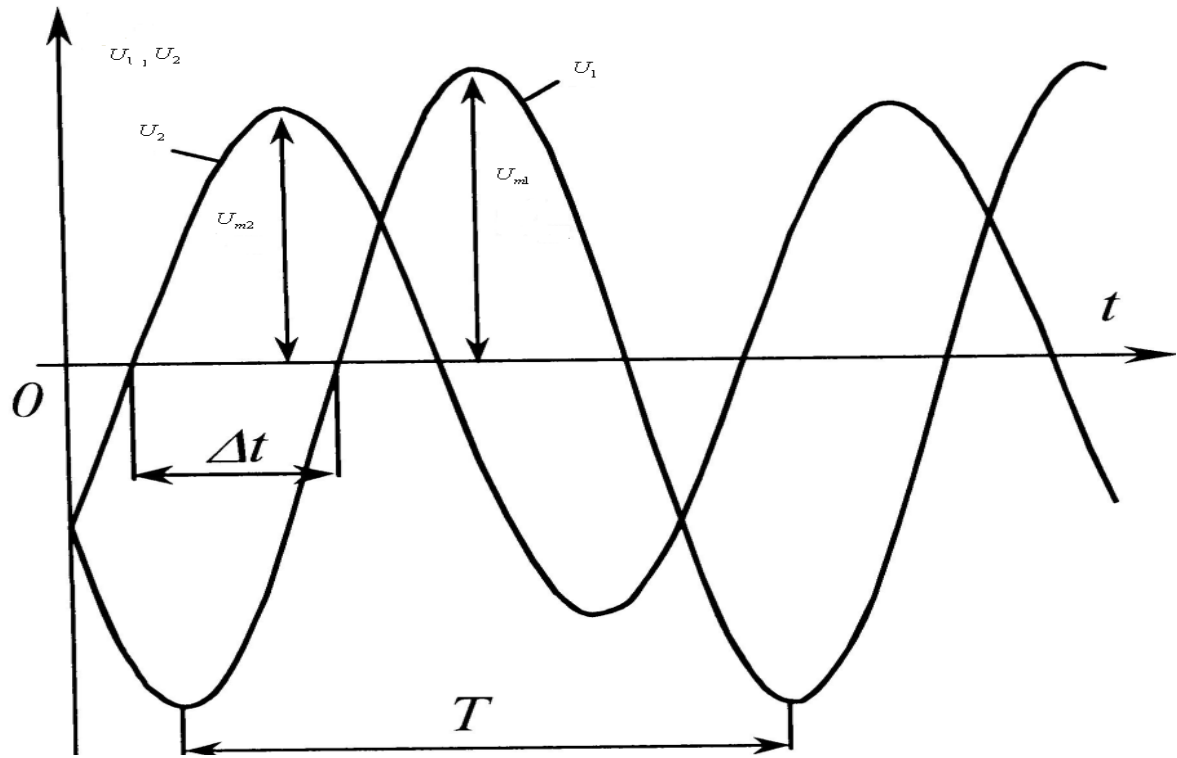


Рисунок – 1 Графік визначення кута зсуву фаз між двома напругами.

Як видно з рівнянь (1) - (2), загальна похибка еталону при вимірюванні кута зсуву фаз між двома напругами має складові похибки, які носять систематичний та випадковий характер.

Систематичну відносну складову похибки вимірювача кута зсуву фаз при певному куті $\Delta_c \varphi$, визначити за формулою:

$$\Delta_c \varphi = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta \varphi_i, \quad (3)$$

де $n = 20$ – число спостережень,

$\Delta \varphi_i$ - абсолютна похибка вимірювання КЗФ.

СКВ результатів вимірювань при відтворенні та передаванні розміру одиниці кута зсуву фаз, визначити за формулою:

$$S\varphi = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta \varphi_i - \Delta_c \varphi)^2}{(n-1)}}. \quad (4)$$

де n – число спостережень,

$\Delta \varphi_i$ - абсолютна похибка вимірювання КЗФ,

$\Delta_c \varphi$ - систематична відносна складову похибки.

Невиключена систематична основна складову похибки еталона розраховувалась за формулою:

$$\Theta = \pm K \sqrt{\sum_{i=1}^n \Theta_i^2} \quad (5)$$

де Θ_i - i -та складова невиключеної систематичної похибки еталона;

K – коефіцієнт залежності невилучених систематичних похибок від обраної довірчої імовірності; при довірчій імовірності 0,99 $K = 1,4$.

Метрологічні характеристики державного первинного еталона

Державний первинний еталон забезпечує відтворення і передавання одиниць вимірювань із середнім квадратичним відхиленням результатів вимірювань S при 20 незалежних спостереженнях, що не перевищує значень:

- 0,001° - на частоті 1 кГц

- 0,001° - 0,1° - в розширеному діапазоні частот від 0,01 Гц до 10 МГц

та невилученою систематичною похибкою відтворення Θ одиниць, що не перевищує:

- 0,003° - на частоті 1 кГц

- 0,003° - 0,3° - в розширеному діапазоні частот від 0,01 Гц до 10 МГц

До метрологічних характеристик відносять:

- діапазон частот, у якому відтворюється одиниця кута зсуву фаз, становить від 0,01 Гц до 10 МГц

- діапазон значень кута зсуву фаз, у якому відтворюється, зберігається та передається одиниця вимірювань, становить від 0° до 360°.

Выводы

Метрологічні та технічні характеристики державного первинного еталона одиниці кута зсуву фаз між двома напругами відповідають технічному завданню на створення еталона.

Упровадження державного первинного еталона одиниці кута зсуву фаз між двома напругами дозволить забезпечити єдність вимірювання кута зсуву фаз у широкому діапазоні частот, що є одним із найважливіших завдань для усіх галузей науки і техніки, які пов'язані із застосуванням вимірювань електричних одиниць фізичних величин: радіо та телебачення, енергетика, електроніка, транспорт, зв'язок, оборона та наукові дослідження.

Список літературних джерел

1. Калашников В.И., Раннев Г.Г., Суругина В.А. Информационно-измерительная техника и электроника. – Издательство "Academia", 2006.

2. Сипра, В., "Раскрытие неопределенностей в компьютерных моделях," Наука, 287 (5455), с. 960-961 (февраль 2000).