



УКРАЇНА

(19) UA (11) 65208 (13) U  
(51) МПК (2011.01)  
G01R 23/00ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИОПИС  
ДО ПАТЕНТУ  
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

## (54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ПОТОЧНОЇ ЧАСТОТИ МОДУЛЬОВАНИХ ГАРМОНІЧНИХ СИГНАЛІВ

1

2

(21) u201106508

(22) 24.05.2011

(24) 25.11.2011

(46) 25.11.2011, Бюл. № 22, 2011 р.

(72) ДЕРГУНОВ ОЛЕКСІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ,  
ЄРЕМЕНКО ВОЛОДИМИР СТАНІСЛАВОВИЧ, КУЦ  
ЮРІЙ ВАСИЛЬОВИЧ, ЩЕРБАК ЛЕОНІД МИКОЛА-  
ЙОВИЧ

(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(57) Спосіб визначення поточної частоти модульо-  
ваних гармонічних сигналів, який полягає в тому,

що для аналізованого сигналу виконують перетворення Гільберта та знаходять його фазову характеристику, який **відрізняється** тим, що виконують неперервну віконну обробку значень фазової характеристики сигналу інтервалами величиною  $2\pi$ , відображають відібрані вікном ділянки фазової характеристики сигналу на вісь часу, визначають відповідні інтервали часу та знаходять поточну частоту як величину, обернену до отриманих часових інтервалів.

Корисна модель належить до вимірювальної техніки і може застосовуватись в інформаційно-вимірювальних системах для визначення поточної частоти модульованих гармонічних сигналів.

Відомі цифрові способи вимірювання частоти сигналів [1].

Відомий також, обраний як прототип, спосіб визначення частоти модульованих гармонічних сигналів (фіг. 1) за допомогою перетворення Гільберта [2]. Він передбачає визначення частотної характеристики сигналів  $f(t)$  як похідної від фазової характеристики сигналу. Остання визначається через перетворення Гільберта.

В основу корисної моделі поставлена задача представлення нового способу знаходження поточної частоти.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі визначення частоти гармонічних сигналів за допомогою перетворення Гільберта, згідно з винаходом, виконують операцію ковзного сканування значень фазової характеристики сигналу вікном шириною в  $2\pi$ , відображають відібрані вікном ділянки фазової характеристики на вісь часу, визначають відповідні інтервали часу (фіг. 2) та оцінюють значення поточної частоти сигналу як величину обернену до визначених інтервалів часу.

При цифровій реалізації способу мають дискретну реалізацію фазової характеристики сигналу  $\Phi[j]$  (фіг. 3), яку отримують за допомогою дискретного перетворення Гільберта на часовій градці

$\{jT_d\}$ , (1)

де  $j = \overline{1, J}$  - індекс номера елементів в масиві реалізації,  $J = [T_c/T_d]$  - обсяг вибірки,  $[ ]$  - позначник операції визначення цілої частини числа,  $T_c$  - час спостереження,  $T_d$  - крок дискретизації. Дискретним значенням фазової характеристики відповідають дискретні значення часу  $t[j] = jT_d$ . Сутність запропонованого способу знаходження поточної частоти полягає в тому, що ковзно перемішують вікна прямокутної форми величиною в  $2\pi$  вздовж значень  $\Phi[j]$ , знаходять пари індексів  $j$  та  $j + k$  для яких виконується умова

$$\Phi[j + k] - \Phi[j] \leq 2\pi < \Phi[j + k + 1] - \Phi[j], \quad (2)$$

та визначають відповідне значення поточного періоду

$$T[j] = kT_d \frac{2\pi}{\Phi[j + k] - \Phi[j]}, \quad (3)$$

з якого визначають поточну частоту (фіг. 4 - лінія 2)

$$f[j] = \frac{1}{T[j]} = \frac{1}{kT_d} \frac{\Phi[j + k] - \Phi[j]}{2\pi}, \quad (4)$$

Задаються наступними вихідними даними: аналізований сигнал (фіг. 1)

$$u(t)A \cos[2\pi f_n t + 2\pi f_m \int_0^t \cos(2\pi f_0 \tau) d\tau] \quad t \in [0, 1] \text{ с}, \quad (5)$$

де  $A$ ,  $f_n$ ,  $f_m$  - відповідно, амплітуда, несуча частота та девіація частоти модульованого гармонічного сигналу,  $f_0$  - частота керуючого сигналу.  $A = 1$ ,

(19) UA (11) 65208 (13) U

$f_H = 40$  Гц,  $f_M = 8$  Гц,  $f_0 = 2$  Гц. Шляхом перетворень вираз  $u(t)$  зводять до виду:  
 $u(t) = A \cos[\Phi(t)]$ , (6)

де  $\Phi(t) = 2\pi f_H t + \frac{f_M}{f_0} \sin(2\pi f_0 t)$  - фазова характеристика модульованого гармонічного сигналу.

Аналітичний вираз поточної частоти (фіг.4 - лінія 1) для заданого сигналу дорівнює

$$f(t) = f_H + f_M \cos(2\pi f_0 t), \quad (7)$$

Обчислення, зроблені згідно запропонованого способу, дозволяють отримати значення поточної частоти  $\hat{f}[j]$ . Для розглянутого прикладу середня абсолютна похибка вимірювання поточної частоти становить

$$\Delta \bar{f} = \frac{1}{J-k} \sum_{j=0}^{J-k-1} |f[j] - \hat{f}[j]| \cong 0,11 \text{ Гц}, \quad (8)$$

а усереднена відносна

$$\gamma_f = \frac{1}{J-k} \sum_{j=0}^{J-k-1} \frac{|f[j] - \hat{f}[j]|}{f[j]} \cdot 100\% \cong 0,27\%. \quad (9)$$

Наведений приклад підтверджує досягнення мети при здійсненні заявленого способу.

Джерела інформації

1) Орнатский П.П. Автоматические измерения и приборы - К.: Вища школа, 1980. - 560 с.

2) Куц. Ю.В., Щербак Л.М. Статистична фазометрія. - Тернопіль: Видавництво Тернопільського державного технічного університету ім. І. Пулюя, 2009, - 383 с.

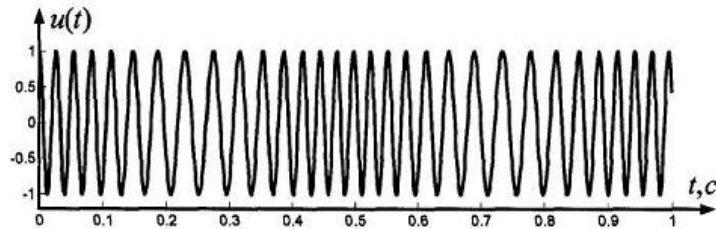


Fig. 1

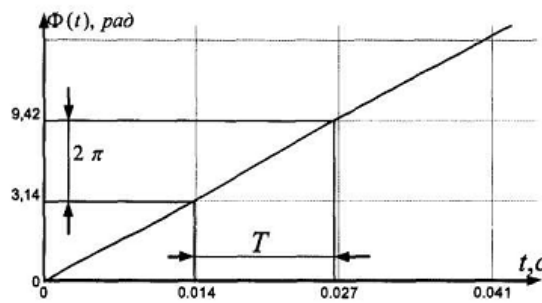


Fig. 2

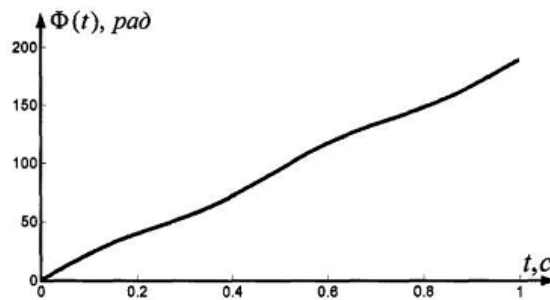
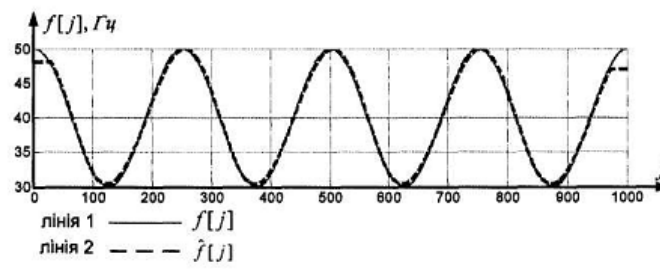


Fig. 3



Фіг. 4