



Patent dodatkowy
do patentu _____

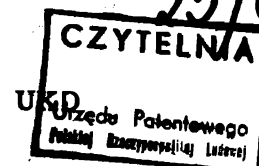
Zgłoszono: 05.III.1966 (P 113 357)

Pierwszeństwo: _____

Opublikowano: 30.XI.1967

Kl. 21 e, 36/03

MKP G 01 r



Współtwórcy wynalazku: doc. dr Marian Łapiński, mgr inż. Wojciech Włodarski

Właściciel patentu: Politechnika Warszawska, (Katedra Elektrotechniki Teoretycznej A) Warszawa (Polska)

Sposób pomiaru kąta przesunięcia fazowego

1
Przedmiotem wynalazku jest oscylograficzny sposób pomiaru kąta przesunięcia fazowego między napięciami sinusoidalnymi, pozwalający na jednoznaczne wskazywanie jego wartości w zakresie od 0 do 360°.

Znane dotychczas oscylograficzne sposoby pomiaru kąta przesunięcia fazowego, jak na przykład sposób z zastosowaniem rozciągu sinusoidalnego (określenie kąta przesunięcia fazowego z wymiarów elipsy), pozwalają na pomiar w zakresie od 0 do 180°, przy czym ustalenie wyniku pomiaru jest stosunkowo skomplikowane.

Sposób według wynalazku polega na zastosowaniu do pomiaru oscylograficznego rozciągu hipocykloidalnego uzyskiwanego przy pomocy znanego układu stosowanego do innych celów, jak na przykład pomiar częstotliwości, składającego się z oscylografu elektronicznego i dwóch przesuwników fazowych RC zasilanych napięciami sinusoidalnymi, których kąt przesunięcia fazowego ma być zmierzony. Układ ten przedstawiono na fig. 1, gdzie oscylograf O, pojemności C₁ i C₂ oporności R₁ i R₂ przesuwników fazowych RC, źródła Z₁ i Z₂ napięć sinusoidalnych o jednakowych częstotliwościach. Napięcie zasilające płytki odchylające lampy oscyloskopowej w kierunku pionowym jest pobierane z punktów A, E, natomiast napięcie zasilające płytki odchylające w kierunku poziomym jest pobierane z punktów B, D. W układzie zastosowane przesuwniki fazowe RC, które przesuwają

2
odpowiednie napięcia składowe o kąty 90°. Elementy przesuwników fazowych muszą spełniać zależności

$$R_1 = \frac{1}{\omega C_1}$$

$$R_2 = \frac{1}{\omega C_2}$$

W celu wyznaczenia równań parametrycznych określających położenie punktu świetlnego na ekranie luminującym lampy oscyloskopowej, zakłada się chwilowe napięcia zasilające

$$u_1 = U_{1m} \sin \omega t$$

$$u_2 = U_{2m} \sin(\omega t + \varphi)$$

gdzie φ — kąt przesunięcia fazowego między napięciami u_1 i u_2 . Prądy chwilowe w elementach przesuwników fazowych są

$$i_1 = \frac{U_{1m}}{\sqrt{R_1^2 + \frac{1}{\omega^2 C_1^2}}} \sin(\omega t + 45^\circ) =$$

$$= \frac{U_{1m}}{R_1 \sqrt{2}} \sin(\omega t + 45^\circ)$$

$$i_2 = \frac{U_2 m}{\sqrt{R_2^2 + \frac{1}{\omega^2 C_2^2}}} \sin(\omega t + 45^\circ + \varphi) =$$

$$= \frac{U_2 m}{R_2 \sqrt{2}} \sin(\omega t + 45^\circ + \varphi)$$

Napięcia działające na płytki odchylające w kierunku pionowym i poziomym wynoszą odpowiednio

$$U_{AE} = \frac{U_1 m}{\sqrt{2}} \sin(\omega t + 45^\circ) - \frac{U_2 m}{\sqrt{2}} \sin(\omega t - 45^\circ + \varphi)$$

$$U_{B\eta} = -\frac{U_1 m}{\sqrt{2}} \sin(\omega t - 45^\circ) + \frac{U_2 m}{\sqrt{2}} \sin(\omega t + 45^\circ + \varphi)$$

Współrzędne y , x określające położenie punktu świetlnego wyznacza się z wyrażeń na napięcia działające na płytki odchylające w kierunku pionowym i poziomym

$$y = S_y U_{AE} = S_y \frac{U_1 m}{\sqrt{2}} \sin(\omega t + 45^\circ) -$$

$$- S_y \frac{U_2 m}{\sqrt{2}} \sin(\omega t - 45^\circ + \varphi) = R \sin(\omega t + 45^\circ) +$$

$$+ r \sin(-\omega t + 45^\circ - \varphi)$$

$$x = S_x U_{B\eta} = -S_x \frac{U_1 m}{\sqrt{2}} \sin(\omega t - 45^\circ) +$$

$$S_x \frac{U_2 m}{\sqrt{2}} \sin(\omega t + 45^\circ + \varphi) = R \cos(\omega t + 45^\circ) +$$

$$+ r \cos(-\omega t + 45^\circ - \varphi)$$

W wyrażeniach tych przyjęto jednakowe czułości obydwóch układów płytek odchylających lampy oscyloskopowej

$$S_x = S_y = S$$

Ponadto zastosowano oznaczenia

$$S \frac{U_1 m}{\sqrt{2}} = R$$

$$S \frac{U_2 m}{\sqrt{2}} = r$$

Wyrażenia powyższe stanowią postać parametryczną równań elipsy. Na fig. 2 podano interpretację graficzną wyrażeń. Położenie plamki świetlnej może więc być określone przez podanie wartości promienia P i kąta Ψ . Na fig. 2 położenie punktu świetlnego odpowiada chwili $t = 0$. Promień P dla elipsy zgodnie z fig. 2 wynosi

$$P = \sqrt{R^2 + r^2 + 2Rr \cos(2\omega t + \varphi)}$$

natomiast tangens kąta Ψ

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{R \sin(\omega t + 45^\circ) + r \sin(-\omega t + 45^\circ - \varphi)}{R \cos(\omega t + 45^\circ) + r \cos(-\omega t + 45^\circ - \varphi)}$$

Zgodnie z wyrażeniem określającym promień P maksymalne jego wartości występują gdy

$$\cos(2\omega t + \varphi) = 1$$

Pierwsze maksimum występuje gdy

$$2\omega t_1 + \varphi = 0$$

to jest gdy

$$\omega t_1 = -\frac{\varphi}{2}$$

Drugim maksimum występuje gdy

$$2\omega t_2 + \varphi = 2\Pi$$

to jest gdy

$$\omega t_2 = \frac{2\Pi - \varphi}{2}$$

Liczba minimów promienia P jest równa liczbie maksimów. Maksima są o wartości $R + r$, minima zaś o wartości $R - r$.

Kątowi ωt_1 odpowiada kąt Ψ_1 , którego tangens zgodnie ze wzorem na tangens kąta Ψ wynosi

$$\operatorname{tg} \psi_1 = \frac{R \sin\left(-\frac{\varphi}{2} + 45^\circ\right) + r \sin\left(\frac{\varphi}{2} + 45^\circ + \varphi\right)}{R \cos\left(-\frac{\varphi}{2} + 45^\circ\right) + r \cos\left(\frac{\varphi}{2} + 45^\circ + \varphi\right)} =$$

$$= \operatorname{tg}\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right)$$

a więc

$$\varphi_1 = 45^\circ - \frac{\varphi}{2}$$

Jeżeli obrócić osie współrzędnych x , y o kąt β , to dla nowych osi x' , y' otrzyma się

$$x = x' \cos \beta - y' \sin \beta = R \cos(\omega t + 45^\circ) + r \cos(-\omega t + 45^\circ - \varphi)$$

$$y = x' \sin \beta + y' \cos \beta = R \sin(\omega t + 45^\circ) + r \sin(-\omega t + 45^\circ - \varphi)$$

Mnożąc obydwa powyższe wyrażenia odpowiadające x przez $\sin \beta$ zaś wyrażenia odpowiadające y przez $(-\cos \beta)$ otrzyma się

$$x' \cos \beta \sin \beta - y' \sin^2 \beta = R \cos(\omega t + 45^\circ) \sin \beta + r \cos(-\omega t + 45^\circ - \varphi) \sin \beta$$

$$- x' \sin \beta \cos \beta - y' \cos^2 \beta = -R \sin(\omega t + 45^\circ) \cos \beta - r \sin(-\omega t + 45^\circ - \varphi) \cos \beta$$

Po dodaniu stronami powyższych wyrażeń i przekształceniach otrzyma się

$$y' = R \sin(\omega t + 45^\circ - \beta) - r \sin(\omega t - 45^\circ + \varphi - \beta)$$

Przyjmując wartość kąta $\beta = 45^\circ - \frac{\varphi}{2}$ z tego wyrażenia otrzyma się

$$\begin{aligned} y' &= R \sin\left(\omega t + \frac{\varphi}{2}\right) - r \sin\left(\omega t + \frac{\varphi}{2}\right) = \\ &= (R - r) \sin\left(\omega t + \frac{\varphi}{2}\right) \end{aligned}$$

Podobnie z układu równań na x i y po wyrugowaniu y' uzyskuje się

$$x' = (R + r) \cos\left(\omega t + \frac{\varphi}{2}\right)$$

Układ równań parametrycznych przyjmuje w tym przypadku postać

$$\begin{aligned} x' &= (R + r) \cos\left(\omega t + \frac{\varphi}{2}\right) \\ y' &= (R - r) \sin\left(\omega t + \frac{\varphi}{2}\right) \end{aligned}$$

Z układu tych równań uzyskuje się

$$\begin{aligned} \left(\frac{x'}{R+r}\right)^2 + \left(\frac{y'}{R-r}\right)^2 &= \cos^2\left(\omega t + \frac{\varphi}{2}\right) + \\ &+ \sin^2\left(\omega t + \frac{\varphi}{2}\right) = 1 \end{aligned}$$

Równanie to opisuje elipsę w układzie współrzędnych x' , y' przesuniętym względem układu x ,

$$y \text{ o kąt } \beta = 45^\circ - \frac{\varphi}{2}$$

Zilustrowano to na fig. 3. Połowa dużej osi tej elipsy równa się $R+r$, połowa małej osi równa się $R-r$. Kierunek dużej osi określa kąt $\frac{\varphi}{2}$, co może być wykorzystane do jednoznacznego pomiaru kąta przesunięcia fazowego w zakresie od 0 do 360°.

Wartość kąta φ przesunięcia fazowego między napięciami może być wyznaczona z pomiarów kąta Ψ_1 odpowiadającego pierwszemu maksimum elipsy. Korzysta się wówczas z wzoru na kąt Ψ_1 otrzymując

$$\varphi = 2(45^\circ - \Psi_1)$$

Należy więc korzystać z odczytu kąta geometrycznego zawartego między osią ustawioną pod kątem 45° i osią x' jak to wynika z fig. 3. Kąt ten jest równy kątowi elektrycznemu $\frac{\varphi}{2}$.

W celu sprowadzenia pomiarów kąta φ do warunków konwencjonalnych należy zastosować zależność $R=r$. Uzyskuje się to poprzez regulację amplitud napięć, których kąt przesunięcia fazowego ma być zmierzony, elipsa zmienia się wówczas w odcinek linii prostej; należy ponadto przekreślić lampę oscyloskopową zgodnie z ruchem wskazówek zegara o kąt 45°. W takiej sytuacji oscylogram w postaci odcinka linii prostej bezpośrednio wskazuje kąt φ według szkiców podanych na fig. 4.

Zaletą tego rodzaju pomiaru kąta φ jest jednoznaczne wskazywanie jego wartości w zakresie od 0 do 360°, co nie jest możliwe w przypadku stosowania innych oscylograficznych metod pomiarowych, oraz niezależność wyniku pomiaru od czułości napięciowej płytek lampy oscyloskopowej, odchylających w kierunku pionowym i poziomym.

Zastrzeżenie patentowe

1. Sposób pomiaru kąta przesunięcia fazowego między dwoma napięciami sinusoidalnymi pozwalający na jednoznaczne określanie jego wartości w zakresie od 0 do 360° **znamienny tym**, że dwa napięcia sinusoidalne o równych częstotliwościach, których kąt przesunięcia fazowego ma być zmierzony doprowadza się na wejścia dwóch przesuwników fazowych RC stanowiących wraz oscylografem znany układ pomiarowy, wytwarzający rozciąg hipocykloidalny przy czym amplitudy tych napięć reguluje się tak, aby na ekranie oscylografu otrzymać obraz w postaci odcinka linii prostej, której kąt nachylenia względem osi poziomej określa jednoznacznie kąt przesunięcia fazowego między tymi napięciami.

