

2

**POLSKA  
RZECZPOSPOLITA  
LUDOWA**



**URZĄD  
PATENTOWY  
PRL**

# OPIS PATENTOWY

**67120**

Patent dodatkowy  
do patentu \_\_\_\_\_

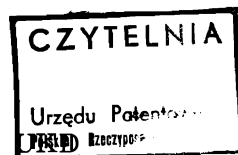
Zgłoszono: 27.I.1971 (P 145 845)

Pierwszeństwo: \_\_\_\_\_

Opublikowano: 28.II.1973

Kl. 42m<sup>5</sup>,1/00

MKP G06j 1/00



**Twórca wynalazku:** Ryszard Krajewski

**Właściciel patentu:** Politechnika Gdańska, Gdańsk (Polska)

## Sposób pomiaru momentów procesu stochastycznego i układ do stosowania tego sposobu

1

Przedmiotem wynalazku jest sposób pomiaru momentów procesu stochastycznego i układ do stosowania tego sposobu, umożliwiający pomiar odchylenia przeciętnego, wartości średniej, wariancji i innych momentów zwykłych i absolutnych procesu stochastycznego z czasem ciągłym lub z czasem nieciągłym.

Znane dotychczas sposoby pomiaru momentów procesu stochastycznego polegają na całkowaniu wtórnego procesu otrzymanego przez dokonanie operacji nieliniowych nad procesem stochastycznym, przy czym rodzaj operacji nieliniowej określa mierzony moment procesu stochastycznego. Mierniki momentów ciągłego procesu stochastycznego zawierają zestaw nieliniowych detektorów oraz integrator analogowy. Do pomiaru momentów procesu stochastycznego z czasem nieciągłym używa się maszyn cyfrowych.

Niedogodnością stosowanych sposobów jest konieczność dokonywania operacji nieliniowych nad procesem stochastycznym oraz zależność rodzaju operacji nieliniowej od mierzonego momentu.

W przypadku stosowania znanych układów pomiarowych momentów ciągłego procesu stochastycznego zachodzi trudność dokonania bezpośredniego cyfrowego pomiaru, tak że pomiar cyfrowy osiąga się pośrednio poprzez cyfrowy pomiar napięcia wyjściowego integratora analogowego. Wadą maszyn cyfrowych do pomiaru mo-

2

mentów procesu stochastycznego z czasem ciągłym jest złożony algorytm pomiaru.

Celem wynalazku jest opracowanie sposobu pomiaru momentów procesu stochastycznego i układu do stosowania tego sposobu, pozwalającego na uproszczenie operacji nieliniowych dokonywanych nad procesem stochastycznym oraz umożliwiającego bezpośredni, cyfrowy pomiar momentów.

Cel ten został osiągnięty przez zsumowanie procesu stochastycznego z sygnałem pomocniczym. W celu pomiaru momentów zwykłych nieparzystego rzędu dokonuje się następnie pomiaru wartości średniej różnicy pomiędzy czasami, w których znaki sumy procesu stochastycznego z sygnałem pomocniczym są odmienne. Natomiast w celu pomiaru momentów absolutnych dokonuje się pomiaru wartości średniej czasu, w którym znaki sumy procesu stochastycznego z sygnałem pomocniczym są różne od znaków sygnału pomocniczego.

Układ według wynalazku zawiera generator sygnału pomocniczego, który jest połączony poprzez sumator analogowy i ogranicznik sumy sygnałów z jednym wejściem funkora różnicy symetrycznej oraz poprzez ogranicznik sygnału pomocniczego z drugim wejściem funkora różnicy symetrycznej. W zależności od mierzonego momentu do wyjścia ogranicznika sumy sygnałów lub wyjścia funkora różnicy symetrycznej dołącza się integrator analogowy. W przypadku zaś gdy procesy na wyjściu tych układów są procesami z czasem dy-

skretnym wówczas dołącza się licznik impulsów. Zaletą sposobu według wynalazku jest uproszczenie algorytmu pomiaru momentów procesu stochastycznego. Jedyną operacją nieliniową nad procesem stochastycznym jest określenie znaku sumy procesu stochastycznego z sygnałem pomocniczym. Określenie znaku sumy procesu stochastycznego z sygnałem pomocniczym jest znacznie prostsze od dokonywania innych operacji nieliniowych nad procesem stochastycznym.

Zaletą układu do stosowania tego sposobu jest możliwość dokonania bezpośredniego, cyfrowego pomiaru momentów.

Przedmiot wynalazku jest pokazany na rysunku przedstawiającym miernik momentów procesu stochastycznego z czasem ciągłym.

Miernik momentów procesu stochastycznego zawiera sumator analogowy 1 połączony z generatorem 2 sygnału pomocniczego. Wyjście sumatora analogowego 1 jest połączone poprzez ogranicznik 3 z jednym wejściem funkora 4 różnicy symetrycznej, natomiast wyjście generatora 2 poprzez ogranicznik 5 jest połączone z drugim wejściem funkora 4 różnicy symetrycznej. Z wyjściem ogranicznika 3 lub z wyjściem funkora 4 połączony jest integrator analogowy 6 lub licznik impulsów.

W celu dokonania pomiaru momentu zwykłego  $m_k$  nieparzystego rzędu  $k$  względem zera procesu stochastycznego  $z(t)$  na wejścia sumatora analogowego 1 podaje się proces stochastyczny  $z(t)$  oraz sygnał pomocniczy  $S_k(t)$  z generatora sygnału pomocniczego 2. Dla  $k=1,3$  sygnały pomocnicze są okresowe o okresie  $T_0$  i określone wzorami:

$$S_1(t) = A \left( \frac{4t}{T_0} - 2n \right), \quad t \left[ -\frac{T_0}{4} + n\frac{T_0}{2}, \frac{T_0}{4} + n\frac{T_0}{2} \right] \\ n = \dots, -1, 0, 1, \dots$$

$$S_3(t) = A \sqrt[3]{\frac{4t}{T_0} - 2n}, \quad t \left[ -\frac{T_0}{4} + n\frac{T_0}{2}, \frac{T_0}{4} + n\frac{T_0}{2} \right] \\ n = \dots, -1, 0, 1, \dots$$

przy czym amplituda  $A$  sygnału pomocniczego

$S_k(t)$  dla  $k=1,2,\dots$  winna spełniać warunek

$$A - m_1 \gg \sigma$$

gdzie  $S_1(t)$  — sygnał pomocniczy dla pomiaru  $m_1$ ,  $S_3(t)$  — sygnał pomocniczy dla pomiaru  $m_3$ ,  $A$  — amplituda sygnału  $S_k(t)$ ,  $m_1$  — wartość średnia procesu stochastycznego  $z(t)$ ,  $\sigma$  — odchylenie średnie procesu stochastycznego  $z(t)$ .

Sygnały pomocnicze  $S_k(t)$  można aproksymować, a w szczególności sygnał pomocniczy  $S_1(t)$  można zastąpić sygnałem harmonicznym. Jeżeli sygnał pomocniczy  $S_k(t)$  jest sygnałem okresowym, to korzystne jest zastosowanie sygnału pomocniczego o częstotliwości większej od częstotliwości granicznej widma procesu stochastycznego  $z(t)$ .

Jako sygnału pomocniczego  $S_k(t)$  można użyć pomocniczego procesu stochastycznego o gęstości prawdopodobieństwa zależnej od mierzonego momentu  $m_k$ , a w szczególności dla pomiaru wartości średniej można użyć pomocniczego procesu stochastycznego  $S_k(t)$  o zerowej wartości średniej i równomiernym rozkładzie gęstości prawdopodobieństwa. Sygnał pomocniczy  $S_k(t)$  może być sygnałem z czasem ciągłym lub z czasem nieciągłym.

Jeżeli zachodzi konieczność pomiaru momentu względem stałej  $c$  procesu stochastycznego, to dodatkowo na sumator analogowy 1 należy wprowadzić sygnał o wartości  $-c$ .

Napięcie wyjściowe sumatora analogowego 1 zostaje silnie ograniczone przez ogranicznik 3. Na wyjściu ogranicznika 3 otrzymuje się proces stochastyczny uskokowy dwuwartościowy o wartościach zależnych od znaku sumy procesu stochastycznego  $z(t)$  z sygnałem pomocniczym  $S_k(t)$ . Wyjściowy proces stochastyczny uskokowy jest całkowany w czasie  $T$  pomiaru przez integrator analogowy 6 załączony na wyjście ogranicznika 3. Integrator analogowy 6 mierzy wartość średnią różnicy pomiędzy czasem przyjmowania przez proces stochastyczny uskokowy jego górnej wartości a czasem przyjmowania jego wartości dolnej, przy czym pomiar wartości średniej odbywa się w czasie  $T$  pomiaru.

Jako integrator analogowy 6 można wykorzystać miernik czasu lub woltomierz o odpowiednio dużej stałej czasu. Jeżeli proces stochastyczny uskokowy na wyjściu ogranicznika 3 jest procesem z czasem dyskretnym, to do całkowania procesu wykorzystuje się licznik impulsów.

Chwila  $t_{zi}$  przejścia przez poziom zerowy procesu stochastycznego  $z(t)$  i sygnału pomocniczego  $S_k(t)$  w  $i$ -tym przedziale czasu, wyznaczonym przez dwa kolejne ekstrema sygnału pomocniczego  $S_k(t)$ , różni się od chwili  $t_{si}$  przejścia sygnału  $S_k(t)$  przez poziom zerowy o czas  $\tau_{ki}$  proporcjonalny do wartości  $z^k(t_{zi})$  dla  $i=1,2,\dots,2N$ , gdzie  $N=T/T_0$ . Integrator analogowy 6 oblicza wartość średnią czasów  $\tau_{ki}$  a więc algorytm pomiaru momentu zwykłego  $m_k(c)$  nieparzystego rzędu  $k$  względem stałej  $c$  można przedstawić w postaci:

$$m_k(c) = \frac{\lambda_k}{T} \int_0^T \operatorname{sgn}[z(t) + S_k(t) - c] dt, \quad k=1,3,\dots$$

lub w postaci:

$$m_k(c) = \lambda_k \left\{ \frac{1}{T} \int_0^T \frac{1}{2} [z(t) + S_k(t) - c] dt - \frac{1}{2} \right\}, \quad k=1,3,\dots$$

gdzie

$$\operatorname{sgn}(u) = \begin{cases} 1 & u \geq 0 \\ -1 & u < 0 \end{cases}$$

$$\frac{1}{2}(u) = \begin{cases} 1 & u \geq 0 \\ 0 & u < 0 \end{cases}$$

$\lambda_k$  — współczynnik proporcjonalności.

W celu dokonania pomiaru momentu absolutnego  $k$ -tego rzędu wykorzystuje się dodatkowo ogranicznik 5 i funkora 4 różnicy symetrycznej realizujący sumę logiczną modulo 2. Na wyjściu funkora 4 różnicy symetrycznej otrzymuje się proces stochastyczny uskokowy o wartościach „0” i „1”, przy czym wartość „1” pojawia się wtedy, gdy znak sumy procesu stochastycznego  $z(t)$  z sygnałem pomocniczym  $S_k(t)$  jest różny od znaku sygnału pomocniczego  $S_k(t)$ . Integrator analogowy 6 załączony na wyjście funkora 4 różnicy symetrycznej mierzy wartość średnią stochastycznego usko-

kowego procesu wyjściowego funkatora 4 różnicy symetrycznej, to jest oblicza wartość średnią wartości bezwzględnej czasów  $\tau_{ki}$  dla  $i = 1, 2, \dots, 2N$ .

Algorytm miernika momentów absolutnych  $\beta_k(c)$  rzędu  $k$  względem stałej  $c$  procesu stochastycznego  $z(t)$  można przedstawić w postaci:

$$\beta_k(c) = \frac{\lambda_k}{T} \int_0^T \{ 1[z(t) + S_k(t) - c] \oplus 1[S_k(t)] \} dt, \\ k=1, 2, 3, \dots$$

gdzie znak  $\oplus$  — logiczna różnica symetryczna, przy czym zachodzi zależność:

$$\beta_k(c) = m_k(c) \quad k = 2, 4, 6, \dots$$

Dla pomiaru momentu absolutnego rzędu drugiego można zastosować sygnał pomocniczy  $S_2(t)$ :

$$S_2(t) = \operatorname{sgn} \left( \frac{4t}{T_0} - 2n \right) \cdot A \cdot \sqrt{\left| \frac{4t}{T_0} - 2n \right|}, \\ t \left[ -\frac{T_0}{4} + n \frac{T_0}{2}, \frac{T_0}{4} + n \frac{T_0}{2} \right], \quad n = \dots, -1, 0, 1, \dots$$

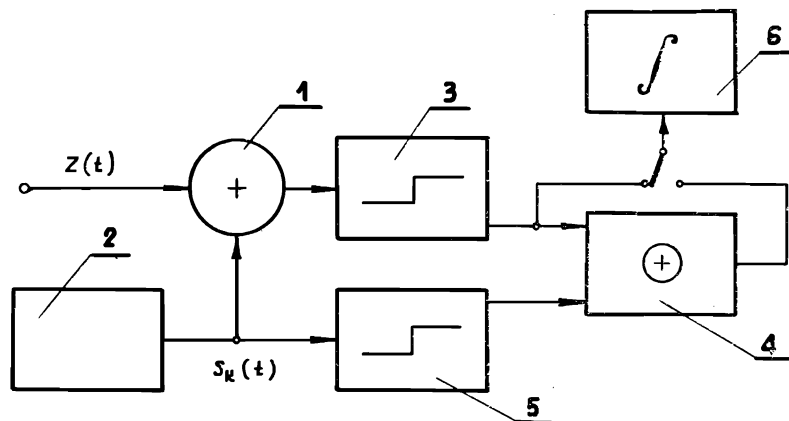
Na wariancję oceny mierzonych momentów ma wpływ czas  $T$  pomiaru oraz częstotliwość okreso-

wego sygnału pomocniczego  $S_k(t)$ . Na uchyb przyrządowy układu do stosowania sposobu według wynalazku wpływa głównie stabilność poziomu ograniczania ograniczników 3 i 5.

#### Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób pomiaru momentów procesu stochastycznego, **znamienny tym**, że proces stochastyczny sumuje się z sygnałem pomocniczym i mierzy się wartość średnią różnicy pomiędzy czasami, w których znaki sumy procesu stochastycznego z sygnałem pomiarowym są odmienne, lub mierzy się wartość średnią czasu, w którym znak sumy procesu stochastycznego z sygnałem pomocniczym różni się od znaku sygnału pomocniczego, a wartości te są miarami momentów.

2. Układ do stosowania sposobu według zastrz. 1, **znamienny tym**, że ma generator (2) sygnału pomocniczego, który poprzez sumator analogowy (1) i ogranicznik (3) sumy sygnałów jest połączony z jednym wejściem funkatora różnicy symetrycznej (4) oraz poprzez ogranicznik (5) sygnału pomocniczego z drugim wejściem funkatora (4) różnicy symetrycznej, przy czym do wyjścia ogranicznika (3) sumy sygnałów lub wyjścia funkatora (4) różnicy symetrycznej dołączony jest integrator analogowy (6) lub licznik impulsów.



#### ERRATA

W łamie 3 (dwukrotnie) oraz w łamie 5 błędnie wydrukowano wzór

$$\text{jest: } t \left[ -\frac{T_0}{4} + n \frac{T_0}{2}, \frac{T_0}{4} + n \frac{T_0}{2} \right]$$

$$\text{powinno być: } t \in \left[ -\frac{T_0}{4} + n \frac{T_0}{2}, \frac{T_0}{4} + n \frac{T_0}{2} \right]$$