

RZECZPOSPOLITA  
POLSKA



Urząd Patentowy  
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **211645**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **383906**

(51) Int.Cl.  
**G01R 29/26 (2006.01)**  
**G01R 19/02 (2006.01)**

(22) Data zgłoszenia: **28.11.2007**

---

(54) **Sposób i urządzenie do pomiaru wartości skutecznej szumu białego**

---

(43) Zgłoszenie ogłoszono:  
**08.06.2009 BUP 12/09**

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:  
**29.06.2012 WUP 06/12**

(73) Uprawniony z patentu:  
**POLITECHNIKA ŚLĄSKA, Gliwice, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:  
**GRZEGORZ WIECZOREK, Zabrze, PL**

(74) Pełnomocnik:  
**rzec. pat. Urszula Ziółkowska**

---

**PL 211645 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób i urządzenie do pomiaru wartości skutecznej szumu białego. Urządzenie może znaleźć zastosowanie w takich dziedzinach jak elektronika, telekomunikacja, akustyka, pomiar temperatury, pomiar dużych rezystancji.

Przedmiot wynalazku może być w formie urządzenia przenośnego, jak i urządzenia stacjonarnego.

Znanych jest kilka metod pomiaru wartości skutecznej szumu. Należą do nich na przykład obserwacje oscyloskopowe, które umożliwiają tylko bardzo zgrubne oszacowanie wartości skutecznej. Znacznie dokładniejsze wyniki można uzyskać poprzez analizę widma przebiegu szumowego, jest to jednak metoda wymagająca zastosowania bardzo kosztownego i zarazem wielkogabarytowego sprzętu pomiarowego, co może być niemożliwe do zaakceptowania w wielu praktycznych zastosowaniach. Pomiar prawdziwej wartości skutecznej sygnału jest kolejną alternatywą, jednakże ze względu na to, że szerokość pasma mierzonych sygnałów o charakterze szumowym może być bardzo duża, to praktyczne zastosowanie znajdują tylko metody wykorzystujące elementy grzejne wraz z pomiarem temperatury. Taka metoda została opisana np. w opisie patentowym GB1429929A „Device for Measuring the RMS Value of an Electrical Signal”. Inna metoda określania poziomu szumów jest przedstawiona w opisie patentowym US4204164A1 „Noise Detector Circuit”, w którym komparator porównuje poziom sygnału wejściowego z sygnałem opóźnionym, co skutkuje wygenerowaniem sekwencji impulsów, których liczba w jednostce czasu jest zależna od poziomu szumów. Pomiar tą metodą daje tylko zgrubne pojęcie o poziomie szumów, a nie daje informacji o jego wartości skutecznej. Inne metody pomiaru podobnych właściwościach i wykorzystujące podobne podzespoły przedstawiono w opisach patentowych JP2000137048 „Noise Level Determining Circuit” oraz WJP56151365A „Noise Detector”. W opisie patentowym JP7260855 „Method and Apparatus for Measuring Noise and Method for Reducing Noise” zaprezentowano sposób szacowania poziomu szumów generowanych przez układy cyfrowe przenikających do układów analogowych, jednakże metoda ta nie pozwala na określenie wartości skutecznej. Wymienione wyżej metody pomiaru sygnałów o charakterze szumowym, które umożliwiają określenie wartości skutecznej szumu, wymagają wykorzystania drogich i skomplikowanych urządzeń pomiarowych, natomiast metody dla których rozwiązanie układowe jest stosunkowo proste nie dają możliwości wyznaczenia wartości skutecznej sygnału.

Z analizy właściwości powyższych układów można zauważyć, że istnieje potrzeba stworzenia urządzenia, które zapewniłoby automatyczny pomiar parametrów szumu, takich jak wartość skuteczna składowej zmiennej (odchylenie standardowe) moc (wariancja) przy założeniu zerowej wartości średniej sygnału. Ponadto urządzenie takie powinno zapewniać odpowiednio dużą dokładność pomiarów przy jednoczesnej prostocie konstrukcji (prosty sprzętowo układ o relatywnie małym poborze energii).

Sposób według wynalazku polega na tym, że w nadrzędnym układzie sterująco-przetwarzającym, korzystnie systemie mikroprocesorowym, wyznacza się skuteczną wartość napięcia szumu białego tak, że dzieli się wartość napięcia progowego  $U_p$  przez odwrotną funkcję  $Q^{-1}(\cdot)$ , której argument oblicza się tak, że dzieli się liczbę  $N$  zliczonych w układzie licznika impulsów przez pojemność  $N_{\max}$  układu licznika.

Sposób według wynalazku polega na tym, że sygnał mierzony ma postać, która charakteryzuje się normalnym rozkładem prawdopodobieństwa, korzystnie postać białego szumu gaussowskiego o zerowej wartości średniej.

Sposób według wynalazku polega na tym, że dopuszcza się dowolne zniekształcenie nieliniowe mierzonego sygnału w postaci białego szumu gaussowskiego powyżej napięcia progowego  $U_p$  bez wpływu na dokładność wyznaczania wyników pomiarów.

Urządzenie do pomiaru wartości skutecznej szumu białego charakteryzuje się tym, że układ licznika 4 zliczający impulsy z generatora częstotliwości wzorcowej 7 ma pierwsze wejście EN1 zezwalające zliczanie, do którego doprowadzony jest sygnał z wyjścia układu komparatora 3, ma drugie wejście EN2 zezwalające zliczanie, do którego doprowadzony jest sygnał z układu generującego sygnał bramkujący 8.

Urządzenie do pomiaru wartości skutecznej szumu białego charakteryzuje się tym, że układ licznika zlicza impulsy z układu generatora wzorcowego tylko wtedy, gdy stan sygnału wyjściowego z układu komparatora jest aktywny i jednocześnie stan sygnału bramkującego z układu bramkującego jest aktywny i jednocześnie stan sygnału kasującego z układu bramkującego jest nieaktywny.

Urządzenie do pomiaru wartości skutecznej szumu białego charakteryzuje się tym, że czas trwania sygnału bramkującego z układu bramkującego jest równy ilorazowi pojemności układu licznika i częstotliwości sygnału zegarowego z układu generatora wzorcowego.

Urządzenie według wynalazku charakteryzuje się tym, że jego konstrukcja jest prosta, łatwa do wykonania z wykorzystaniem układów scalonych, przez co rozmiary urządzenia i pobór energii są zminimalizowane. Prostotę układu udało się osiągnąć poprzez zastosowanie cyfrowego przetwarzania sygnałów.

Przedmiot wynalazku przedstawiono na rysunku, który przedstawia schemat blokowy układu urządzenia.

Do wejścia 1 doprowadzany jest mierzony sygnał o charakterze szumu białego i zerowej wartości średniej, który po przejściu przez wstępny wzmacniacz 2 dochodzi do wejścia nieodwracającego układu komparatora napięcia 3. Wzmocniony sygnał mierzony porównywany jest z napięciem progowym o wartości  $U_p$  ze źródła napięcia odniesienia 6. Układ licznika 4 zlicza impulsy z generatora częstotliwości wzorcowej 7 tylko wtedy, gdy jego oba wejścia zezwalające na zliczanie EN1 i EN2 znajdują się w stanie aktywnym, a wejście Reset kasujące stan układu licznika 4 znajduje się w stanie nieaktywnym. Sygnał z układu komparatora napięcia 3 jest dołączony do wejścia EN1 układu licznika 4 i jest aktywny wtedy, gdy na wejściu nieodwracającym układu komparatora 3 panuje większe napięcie niż na wejściu odwracającym. Układ bramkujący 8 generuje impuls bramkujący doprowadzony do wejścia EN2 układu licznika 4. Stan aktywny tego impulsu trwa przez czas równy ilorazowi pojemności  $N_{max}$  układu licznika 4 i częstotliwości  $F_G$  sygnału zegarowego z układu generatora wzorcowego 7. Układ bramkujący 8 generuje również przed rozpoczęciem cyklu pomiarowego impuls kasujący doprowadzony do wejścia Reset układu licznika 4. Sygnały wyjściowe układu bramkującego 8 są generowane w sposób zsynchronizowany z sygnałem zegarowym z układu generatora częstotliwości wzorcowej 7. Każdy kolejny cykl pomiarowy inicjowany jest przez nadrzędny układ sterująco-przetwarzający 5, który generuje stosowny sygnał dla układu bramkującego 8. Po zakończeniu cyklu pomiarowego, który kończy się wraz z przejściem sygnału bramkującego ze stanu aktywnego w nieaktywny, nadrzędny układ sterująco-przetwarzający 5 odczytuje stan układu licznika 4 i na tej podstawie dokonuje wyliczenia wartości skutecznej mierzonego sygnału szumu.

Sposób według wynalazku przewiduje wykorzystanie statystycznych zależności do określenia parametrów badanego sygnału. Dla sygnału będącego szumem białym (normalny rozkład prawdopodobieństwa) o zerowej wartości średniej zależność pomiędzy wartością skuteczną  $U_{RMS}$  mierzonego sygnału (odchyleniem standardowym  $\sigma_x$ ), a napięciem progowym  $U_p$  i liczbą  $N$  zliczonych impulsów w układzie licznika 4 o pojemności  $N_{max}$  jest określone zależnością:

$$U_{RMS} = \sigma_x = \frac{U_p}{Q^{-1}\left(\frac{N}{N_{max}}\right)}$$

gdzie  $Q^{-1}(\cdot)$  jest funkcją odwrotną funkcji  $Q(\cdot)$ . Funkcja  $Q(\cdot)$  ma postać:

$$Q(a) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_a^{\infty} e^{-\frac{u^2}{2}} du$$

Alternatywnie wartość skuteczną  $U_{RMS}$  można wyrazić przez odwrotną funkcję błędu:

$$U_{RMS} = \sigma_x = \frac{U_p}{\sqrt{2} \operatorname{erf}^{-1}\left(1 - \frac{N}{N_{max}}\right)}$$

Moc szumu białego o zerowej wartości średniej wydzielona na jednostkowej rezystancji jest równa wariancji sygnału:

$$P = \sigma_x^2$$

Niepewność pomiarowa sposobu według wynalazku zależy od długości cyklu pomiarowego wyrażonej pojemnością licznika  $N_{max}$  i od wartości napięcia progowego  $U_p$  w porównaniu do odchylenia standardowego  $\sigma_x$  badanego sygnału. W ogólności niepewność pomiarowa jest odwrotnie proporcjonalna do pierwiastka kwadratowego z  $N_{max}$ .

W tabeli 1 przedstawiono zestawienie skutecznej wartości względnej niepewności pomiarowej  $\delta_{RMS}[\%]$  oraz maksymalnej wartości względnej niepewności pomiarowej  $\delta_{max}[\%]$  dla wartości bezwzględnej napięcia progowego z przedziału  $\backslash U_p \backslash \in < 0.25\sigma_x ; 2.5\sigma_x >$  i długości cykli pomiarowych  $N_{max}$ .

Napięcie progowe  $U_p$  może być dobrane z szerszego zakresu, jednakże proponowany zakres zmienności zapewnia utrzymanie względnej niepewności pomiarowej na najniższym możliwym poziomie. Dla doboru bezwzględnej wartości napięcia progowego  $U_p$  z zakresu  $< 0.25\sigma_x ; 2.5\sigma_x >$  dopuszczalne wartości zliczone przez licznik wyniosą w przybliżeniu od  $0.006 N_{max}$  do  $0.4 N_{max}$  oraz od  $0.6 N_{max}$  do  $0.994 N_{max}$ . Wartości zliczonych impulsów spoza przedstawionych zakresów również pozwalają wyznaczyć końcowy wynik pomiaru, jednakże mogą prowadzić do wzrostu względnej niepewności pomiarowej.

Sposób według wynalazku charakteryzuje się tym, że zniekształcenia nieliniowe wnoszone przez wzmacniacz wstępny na poziomie wyższym niż napięcie progowe zupełnie nie wpływają na ostateczny wynik pomiaru. Przerasterowanie sygnału również zupełnie nie wpływa na ostateczny wynik pomiaru.

Tabela 1. Skuteczna wartość względnej niepewności pomiarowej  $\delta_{RMS}[\%]$  i maksymalna wartość względnej niepewności pomiarowej  $\delta_{max}[\%]$  w zależności od długości cykli pomiarowych  $\delta_{max}$  i dla różnych przedziałów dopuszczalnych znormalizowanych napięć progowych.

$N_{max}$	$\backslash U_{P.NORM} \backslash \in < 0.25\sigma ; 2.5\sigma >$	
	$\delta_{RMS}[\%]$	$\delta_{max}[\%]$
$10^{-7}$	0.0724	0.3
$10^{-6}$	0.1998	1.4
$10^{-5}$	0.6968	2.2

### Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób pomiaru wartości skutecznej szumu białego, w którym mierzony sygnał po wstępnym wzmocnieniu porównuje się w układzie komparatora z napięciem progowym  $U_p$ , po czym sygnał wyjściowy układu komparatora podaje się na wejście zezwalające układu licznika impulsów zliczającego impulsy z generatora impulsów o częstotliwości wzorcowej w trakcie trwania impulsu bramkującego o czasie  $T_G$  z układu bramkującego, a następnie po zakończeniu impulsu bramkującego odczytuje się z pomocą nadrzędnego układu sterująco-przetwarzającego liczbę  $N$  zliczonych w układzie licznika impulsów, **znamienny tym**, że w nadrzędnym układzie sterująco-przetwarzającym, korzystnie systemie mikroprocesorowym, wyznacza się skuteczną wartość napięcia szumu białego tak, że dzieli się wartość napięcia progowego  $U_p$  przez odwrotną funkcję  $Q^{-1}(\cdot)$ , której argument oblicza się tak, że dzieli się liczbę  $N$  zliczonych w układzie licznika impulsów przez pojemność  $N_{max}$  układu licznika.

2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że sygnał mierzony ma postać, którą charakteryzuje się normalnym rozkładem prawdopodobieństwa, korzystnie postać białego szumu gaussowskiego o zerowej wartości średniej.

3. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że dopuszcza się dowolne zniekształcenie nieliniowe mierzonego sygnału w postaci białego szumu gaussowskiego powyżej napięcia progowego  $U_p$  bez wpływu na dokładność wyznaczania wyników pomiarów.

4. Urządzenie do pomiaru wartości skutecznej szumu białego, które posiada układ wstępnie wzmacniający sygnał wejściowy, układ komparatora porównujący wzmocniony sygnał doprowadzony do wejścia pierwszego z napięciem progowym doprowadzonym do wejścia drugiego z układu źródła napięcia progowego, układ licznika zliczający impulsy o częstotliwości wzorcowej, układ generujący impulsy o częstotliwości wzorcowej, układ generujący sygnał bramkujący, układ sterująco-przetwarzający wyliczający wartość skuteczną białego szumu gaussowskiego, **znamiennie tym**, że układ licznika 4 zliczający impulsy z generatora częstotliwości wzorcowej 7 ma pierwsze wejście EN1 zezwalające zliczanie, do którego doprowadzony jest sygnał z wyjścia układu komparatora 3, ma drugie wejście EN2 zezwalające zliczanie, do którego doprowadzony jest sygnał z układu generującego sygnał bramkujący 8.

Rysunek



