

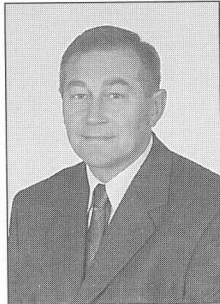
## Zbigniew SZCZEŚNIAK

POLITECHNIKA ŚWIĘTOKRZYSKA, WYDZIAŁ ELEKTROTECHNIKI, AUTOMATYKI I INFORMATYKI

# Metoda kompensacji składowej stałej sygnałów pomiarowych optoelektronicznego przetwornika położenia

Dr inż. Zbigniew SZCZEŚNIAK

jest pracownikiem Wydziału Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki Politechniki Świętokrzyskiej w Kielcach. W 1977 r. obronił pracę magisterską na Wydziale Elektrycznym Politechniki Warszawskiej. W 1984 r. obronił pracę doktorską na Wydziale Maszyn Górniczych i Hutniczych w Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie z zakresu automatyki i robotyki. Jego zainteresowania naukowe, zawodowe koncentrują się głównie wokół układów pomiarowych stosowanych w sterowaniu i zarządzaniu procesami technologicznymi.



e-mail: Zbigniew.Szczesniak@poczta.fm

### Streszczenie

W artykule przedstawiono metodę dynamicznej kompensacji składowej stałej sygnału, generowanej w trakcie przetwarzania sygnałów optycznych na elektryczne w procesie pomiaru przemieszczenia. Metoda ta wykorzystuje odpowiednio ukształtowane sygnały pomiarowe z czterech układów optoelektroniki. Kształtowanie sygnałów umożliwia odpowiednią konstrukcję skanującej siatki rozdzielczej sygnałów optycznych w stosunku do siatki indeksowej liniału pomiarowego. Określone ich wzajemne relacje oraz podane schematy pól odczytowych liniału pomiarowego umożliwiają uzyskanie sinusoidalnie zmiennych sygnałów napięciowych o odpowiednich przesunięciach fazowych. Z ukształtowanych sygnałów otrzymano dwa napięciowe sygnały sinusoidalne, symetryczne względem zera i przesunięte względem siebie o 1/4 okresu. Przedstawiona metoda kompensacji składowej stałej uwzględnia wpływ warunków środowiskowych na zmianę tej składowej.

### Abstract

A method of dynamic compensation of the signal DC-level, generated during processing of the optical signals into electric form in the displacement measurement process has been presented in the paper. The method uses properly shaped measurement signals from four photoelectric systems. Shaping of the signals is possible thanks to the appropriate construction of the optical signals scanning raster referred to the measurement bar index raster. Their determined mutual relationships and given diagrams of the measurement bar reading areas make possible to obtain sinusoidal voltage signals with appropriate phase shifts. Two sinusoidal voltage signals, symmetrical in relation to zero and shifted mutually by 1/4 of period, have been obtained from the shaped signals. Presented method of the DC-level compensation takes into account the environmental influences on variations of this component.

**Słowa kluczowe:** kompensacja składowej stałej sygnału przetwornika optoelektronicznego, wyróżnienie kierunku ruchu, zwiększenie dokładności przetwornika optoelektronicznego

**Key words:** DC-level compensation of the photoelectric transducer signal

## 1. Wprowadzenie

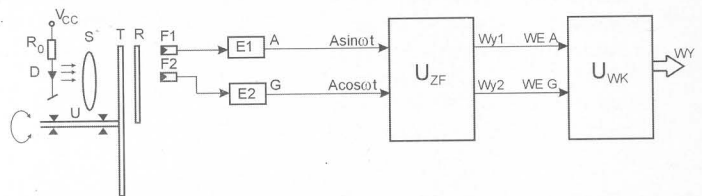
W pomiarach położenia przywiązywana jest duża waga do dokładności pomiaru. Coraz częściej stosuje się optoelektroniczne przetworniki położenia, kodowe lub inkrementalne. Te ostatnie wytwarzają na jego wyjściu dwa sygnały przesunięte względem siebie o 1/4 okresu jego liniału pomiarowego. Zmniejszenie przedziału kwantowania przemieszczenia obiektu można dokonać na drodze precyzyjniejszej budowy liniału pomiarowego przetwornika lub na drodze odpowiedniego przetwarzania sygnałów z przetwornika optoelektronicznego. Tendencja stosowania elektronicznych metod przetwarzania sygnałów znajduje coraz większą liczbę zwolenników z racji prostszej technologii wykonania przetwornika. W układach elektronicznego przetwarzania, ważne jest, aby w sygnale pomiarowym nie występowała składowa stała. W przypadku pracy przetwornika w zmiennych warunkach środowiskowych (temperatura, wilgotność, zapylenie itp.) konieczne jest stosowanie dynamicznych metod kompensacji składowej stałej sygnału. W artykule przedstawiono, metodę kompensacji składowej stałej sygnału

w oparciu o generowanie, odpowiednio ukształtowanych, czterech sygnałów przetwornika pomiarowego.

## 2. Współpraca optoelektrycznego przetwornika położenia z układem przetwarzania sygnałów

Ogólny schemat blokowy współpracy optoelektrycznego przetwornika położenia z układem przetwarzania sygnałów przedstawiono na rys.1.

Obecnie najczęściej stosowane są przetworniki fotoelektryczne obrotowe, składające się z tarczy T zawierającej na obwodzie sekwencję pól przezroczystych i nieprzezroczystych dla światła, tworząc liniał pomiarowy. Tarcza pomiarowa mocowana jest do ułożyskowanego wału U sprzęgającego przetwornik z obiektem. Jednostka skanująca przetwornika składa się ze źródła światła D, soczewek kondensujących S służących do otrzymania równoległej wiązki światła, skanującej siatki rozdzielczej R z siatką indeksową tarczy T i krzemowych ogniw fotoelektrycznych F1,F2. Gdy skala przesuwana jest względem jednostki skanującej, linie skali zbiegają się na przemian z liniami lub odstępami na siatce indeksowej. Okresowe fluktuacje natężenia światła będące tego rezultatem, zamieniane są przez ogniwa fotoelektryczne w sygnały elektryczne.



Rys. 1. Schemat ogólny układu przetwarzania sygnałów optoelektronicznego przetwornika położenia

Fig. 1. General diagram of the processing system of photoelectric position transducer signals

Liczba impulsów jest proporcjonalna do przemieszczenia kąowego tarczy.

Fotoelementy są przesunięte względem siebie o 1/4 okresu liniału pomiarowego. Umożliwia to uzyskanie na wyjściu A układu elektroniki E1, sygnału przetwornika o fali  $A \sin \omega t$ , natomiast na wyjściu G układu elektroniki E2, sygnału przetwornika o fali  $A \cos \omega t$  pod warunkiem kompensacji składowej stałej sygnału pomiarowego w/w układach. Okres sygnału jest równy okresowi siatki podziałki skali /liniału/ tego przetwornika.

Odpowiednie przetwarzanie tych sygnałów w układzie  $U_{ZF}$ , umożliwia wytworzenie sygnałów o zwielokrotnionej częstotliwości w stosunku do sygnałów wejściowych tego modułu. Wytworzone sygnały  $Wy1, Wy2$  to sygnały o przebiegu prostokątnym, wzajemnie przesunięte o 1/4 okresu i współczynnikiem wypełnienia 0,5. Na bazie tych sygnałów, w układzie  $U_{WK}$ , określany jest kierunek obrotu optoelektronicznego przetwornika lub listwy do pomiaru przemieszczeń liniowych [1],[2],[3],[4].

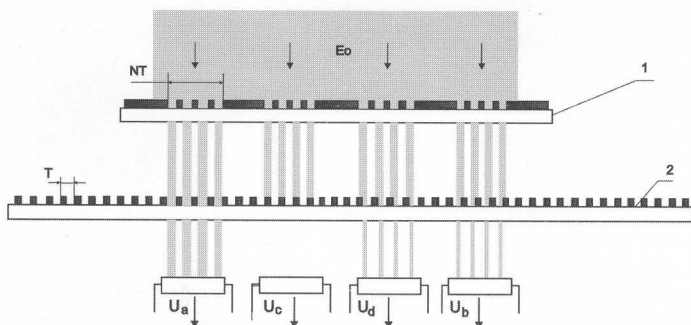
## 3. Zasada wytwarzania sygnałów optoelektronicznego przetwornika kwantującego

Na skanującej siatce rozdzielczej 2, znajdują się cztery prostokątne pola z naniesionymi dyfrakcyjnymi siatkami pomiarowymi 1, które są przyporządkowane poszczególnym ogniwom fotoelektrycznym.

Równoległa wiązka światła wytworzona przez źródło światła i soczewkę pada przez wymienione cztery siatki na podziałkę szklanego liniału, a stąd na ogniwa fotoelektryczne. Wymienione siatki mają identycznej szerokości pól przezroczystych i nieprzezroczystych dla światła (rys.2), co jest warunkiem generowania przez ogniwa fotoelektryczne napięciowych sygnałów sinusoidalnych [2],[4].

W celu uzyskania dostatecznej wartości sygnału, korzystne jest, aby pole pomiarowe składało się z N okresów T podziałki przemie-

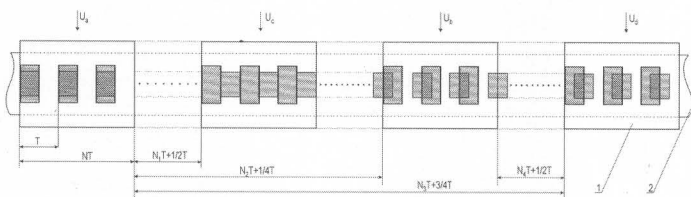
szczenia. Wówczas dla określonego pola oświetlonego wiązką promieniowania o natężeniu  $E_0$ , przy danej sprawności układu optycznego, uzyskamy skuteczny strumień  $\Phi$  dochodzący do układu fotooptycznego  $U_a, U_b, U_c, U_d$  [2].



Rys.2. Metoda wytwarzania sygnałów optoelektronicznego przetwornika położenia

Fig.2. Method of optical signals processing into electrical form in the photoelectric position transducer

Umieszczając skanującą siatkę rozdzielczą 1, w stosunku do siatki indeksowej liniału 2 przetwornika, z odpowiednim przesunięciem względnym, możemy formować strumień padający na fotoelementy. Dla układu fotoelektrycznego  $U_a$  przesunięcie względne wynosi  $0^\circ$ . Przesunięcie układu fotoelektrycznego  $U_b$  wynosi  $1/4$  okresu  $T$  względem układu fotoelektrycznego  $U_a$ , który umiejscowiony jest w położeniu  $N_2T + 1/4T$ . Natomiast o  $1/2$  okresu  $T$  przesunięty jest układ  $U_c$  w stosunku do układu  $U_a$  oraz układ  $U_d$  w stosunku do układu  $U_b$ , umiejscowione w dowolnym położeniu odpowiednio  $N_1T + 1/2T, N_4T + 1/2T$ . Położenia pól odczytowych obrazuje rys.3. w którym  $N, N_1, N_2, N_3, N_4$  - liczba okresów  $T$ .



Rys.3. Schemat pól odczytowych liniału pomiarowego

Fig.3. Diagram of the measurement bar reading areas

Przy ruchu skanującej siatki rozdzielczej, ogniwa fotoelektryczne generują napięciowe sygnały sinusoidalne:

$$U_a = A_1 \sin \varphi + A_0, U_c = -A_1 \sin \varphi + A_0,$$

$$U_b = A_1 \cos \varphi + A_0, U_d = -A_1 \cos \varphi + A_0$$

gdzie:  $\varphi = 2\pi Y/T$  przy czym:  $A_1$  - amplituda sygnału;  
 $A_0$  - składowa stała sygnału  
 $Y$  - przemieszczenie;  
 $T$  - okres sygnału

Odejmując sygnały sinusoidalne  $U_a$  i  $U_c$  oraz  $U_b$  i  $U_d$  (o przesunięciu fazowym  $180^\circ$  el.) eliminujemy składową stałą i otrzymujemy dwa napięciowe sygnały sinusoidalne symetryczne względem zera i przesunięte względem siebie o  $1/4$  okresu

$$U_1 = A \sin \varphi \text{ i } U_2 = A \cos \varphi$$

co przedstawia rys.4. Okres sygnału ( $360^\circ$  el.) jest równy okresowi siatki podziałki skali  $T$ .

Przedstawiona metoda kompensacji składowej stałej sygnału uwzględnia dynamiczne jej zmiany w przypadku pracy przetwornika w zmiennych warunkach środowiskowych (temperatura, wilgotność, zapylenie itp.)

Wytworzone sygnały  $\sin, \cos$  wykorzystywane są do określenia kierunku ruchu jak również do dalszego przetwarzania w celu zwiększenia dokładności pomiaru położenia. [2], [3], [4].

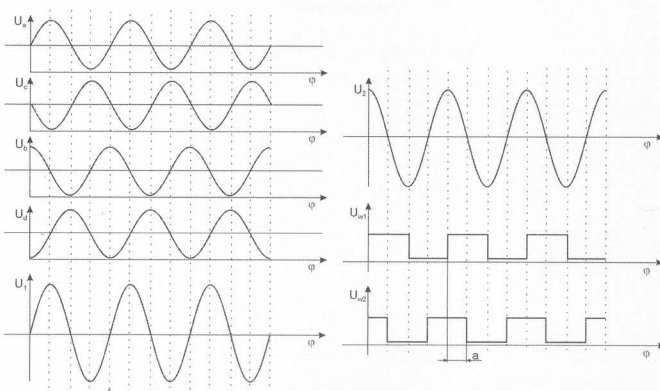
Sygnały nie zawierające składowej stałej umożliwiają wytworzenie fazowych sygnałów, a następnie zwielokrotnienie częstotliwości sygnałów w stosunku do sygnałów wejściowych [3], [4]. Wytworzone sygna-

ły są o przebiegu prostokątnym i współczynniku wypełnienia 0,5. Brak składowej stałej w sygnałach  $U_1, U_2$  umożliwia bezpośrednio z nich otrzymanie sygnałów  $U_{w1}, U_{w2}$  o przebiegu prostokątnym i współczynniku wypełnienia 0,5. Stały i stabilny współczynnik wypełnienia zapewnia uzyskanie równomiernego kroku pomiarowego a przedstawionego na rys.4. Krok pomiarowy określono jako odległość między dwoma następującymi kolejno po sobie zboczami sygnałów  $U_{w1}$  i  $U_{w2}$  [2], [3].

Liczba impulsów wygenerowanych od zboczy tych sygnałów i zliczonych w trakcie przemieszczania się liniału pomiarowego jest miarą położenia.

Na bazie sygnałów o przebiegu prostokątnym, wzajemnie przesuniętych o  $1/4$  okresu i współczynniku wypełnienia 0,5, określany jest kierunek ruchu optoelektronicznego przetwornika [1], [4].

Rozwój specjalizowanych układów analogowych i cyfrowych pozwala na przetwarzanie bardzo szybko zmieniających się sygnałów. Tak więc, praktycznie nie istnieją ograniczenia częstotliwości sygnału ze względu na elektronikę pomiarową, dużo bardziej znaczące są ograniczenia mechaniczne ze względu na dynamikę ruchu mierzonego obiektu i jego zakresu.



Rys.4. Zasada wytwarzania sygnałów optoelektronicznego przetwornika kwantującego do pomiaru położenia

Fig.4. Method of generation of the photoelectric position transducer signals

## 4. Podsumowanie

1. Precyzyjne optoelektroniczne przetworniki położenia wymagają stosowania wysokiej technologii ich produkcji, co wiąże się z wysokimi kosztami ich wytworzenia. Jest tendencja do stosowania optoelektronicznych przetworników kwantujących prostszej budowy, o mniejszej dokładności przetwarzania, przenosząc wagę uzyskania zwiększonej dokładności na drogę elektroniczną.
2. Rozwój specjalizowanych układów analogowych i cyfrowych pozwala na przetwarzanie bardzo szybko zmieniających się sygnałów. Aby przetwarzać je z dużą dokładnością należy z sygnału pomiarowego wyeliminować składową stałą. Umożliwia to przedstawiona metoda uwzględniająca dynamiczną kompensację składowej stałej sygnału.

## 5. Literatura:

- [1] Holejko K.: Precyzyjne elektroniczne pomiary odległości i kątów. Warszawa, WNT 1981.
- [2] Szcześniak Zb., Sikora K., Pizoń A., Smolewski I.: Wykonanie prototypu elektronicznego układu pomiaru wysokości odkuwki dla prasy o nacisku 30 MN w Hucie Warszawa oraz nadzór autorski nad budową i wdrożeniem tego układu. Opracowanie wykonane w Politechnice Krakowskiej im. T. Kościuszki dla Huty Warszawa. Etap II, 1989r
- [3] Szcześniak Zb., Sikora K., Pizoń A., Stefański T., Projekt Badawczy KBN, „Napędy hydrauliczne z zaworami o działaniu ciągłym sterowane mikroprocesorowo.“ Opracowanie wykonane w Politechnice Świętokrzyskiej, Kielce Etap II, 1993r.
- [4] Szcześniak Zb.: Metoda interpolacji sygnałów elektrycznych optoelektronicznych przetworników w pomiarach położenia. Elektronika nr 1. Warszawa 2005. str. 74-76.

**Tytuł:** A method of the DC-level compensation of measurement signals of the photoelectric position transducer

Artykuł recenzowany