

## ĆWICZENIE 3

### Badania właściwości modelu optoelektronicznego przetwornika przemieszczeń liniowych

#### 1. Wprowadzenie

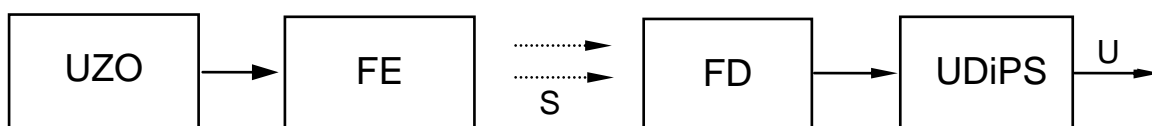
Otwarte łącza optoelektroniczne są wykorzystywane w wielu nowoczesnych miernikach. W licznych zastosowaniach układ pomiarowy ma wykrywać zmiany sprzężenia optycznego pomiędzy elementami łącza. Zmiany te mogą być wywoływane przez przemieszczającą się przesłonę, bądź zmieniającą się przenikalność optyczną czynnika oddzielającego oświetlacz od fotodetektora. Przy zachowanym stałym poziomie emisji oświetlacza fotodetektor odbiera wówczas różny strumień promieniowania.

W przypadku, gdy wymagana jest wysoka rozdzielczość i powtarzalność wskazań układu pomiarowego, niezwykle istotne staje się wyeliminowanie bądź ograniczenie wpływu zjawisk szumowych. Problem występuje szczególnie w układach, w których natężenie promieniowania odbieranego przez fotodetektor jest porównywalne z dolną granicą detekcji lub podczas pracy detektora w obecności zmiennego oświetlenia zewnętrznego.

#### 2. Elementy łącza optoelektronicznego

Jako źródło promieniowania wykorzystano diodę elektroluminescencyjną, emitującą światło w zakresie podczerwieni. W przypadku pomiarów wielkości mechanicznych tego typu emiter zapewnia dostateczną energię wiązki. W technice kolorymetrii prześwietleniowej lub odbiciowej, np. do pomiarów wysycenia krwi tlenem, również może być stosowane promieniowanie podczerwone. Do detekcji promieniowania zastosowano fotodiody p-i-n.

Podstawowa struktura układu z otwartym łączem optoelektronicznym przedstawiona została na rysunku 1.



Rys. 1. Struktura układu pomiarowego zawierającego łącze optoelektroniczne

Objaśnienia: UZO - układ zasilania oświetlacza, FE - oświetlacz (źródło promieniowania), FD - fotodetektor, UDiPS - układ detekcji i przetwarzania sygnału z fotodetektora, S - strumień promieniowania, U - sygnał wyjściowy (napięciowy)

Układ zasilania oświetlacza powinien zapewniać stabilność emitowanego promieniowania. Często wprowadza się tor sprzężenia zwrotnego z dodatkowym fotodetektorem sygnału odniesienia - jest to tzw. monitorowanie oświetlacza. Drugi fotodetektor umieszcza się w bezpośredniej bliskości oświetlacza. Zmiany sygnału odniesienia względem ustalonego poziomu sygnału wzorcowego wykorzystywane są do korygowania pracy zasilacza źródła. W przypadkach, gdy jako emitery promieniowania wykorzystywane są diody elektroluminescencyjne, stosowany jest często impulsowy sposób pracy - korzystny ze względu na stabilność amplitudy emisji i trwałość diod.

Wpływ szumów termicznych w układach detekcji i przetwarzania sygnału z fotodetektora może być ograniczony kilkoma metodami. Jedną z nich jest zawężenie pasma przenoszenia - przez zastosowanie wzmacniacza wąskopasmowego z filtrem rezonansowym na wejściu. Stosowane są również układy szerokopasmowe o dużej rezystancji wejściowej wymagające wykorzystywania silnych źródeł promieniowania. Kiedy fotodetektorem jest fotodioda oświetlana w sposób impulsowy uzyskuje się korzystny, duży stosunek amplitudy sygnału do szumów, a układ ma dla szumów właściwości filtru górnoprzepustowego.

Składowa szumów może być eliminowana również poza układem detekcyjnym. Stosowane są przeważnie dwa rozwiązania.

Pierwsze polega na wprowadzeniu układu różnicowego, który składa się z fotodetektora podstawowego i zaciemnionego fotodetektora bliźniaczego. Należy zapewnić minimalną odległość między obydwoma fotoelementami. Sygnał fotodetektora zaciemnionego imituje dryft i szumy fotodetektora podstawowego. Sposób ten jest skuteczny w takim stopniu, w jakim zbliżone są parametry obydwu fotodetektorów.

W drugim rozwiązaniu, stosowanym np. w absorpcjometrach optycznych, także wprowadza się dodatkowy fotodetektor. Fotodetektor podstawowy odbiera wiązkę promieniowania, która przeszła przez kontrolowaną przestrzeń, zaś drugi element oświetlany jest bezpośrednio przez to samo źródło. Sygnały obydwu fotodetektorów przetwarzane są przez wzmacniacz mostkowy lub różnicowy.

### **3. Budowa i zasada działania toru pomiarowego optoelektronicznego przetwornika przemieszczeń liniowych (karty FZM-P)**

Schemat blokowy układu przedstawiono na rysunku 2.

Układ pracuje w sposób cykliczny, wykonując kolejno ustaloną sekwencję działań. Praca układu synchronizowana jest przez sterownik, wykorzystujący 32-taktowy program sterujący zapisany w pamięci EPROM. Częstotliwość zegara sterownika jest stabilizowana przez generator kwarcowy i wynosi 225 kHz. Wyjścia układu (oznaczone  $Q_0 \div Q_4$ ) sterują pracą kluczy elektronicznych włączających odpowiednie elementy układu i przyjmujących stan wysoki inicjują wykonanie poszczególnych czynności:

$Q_0$  - zerowanie pojemności całkowitej fotodetektora,

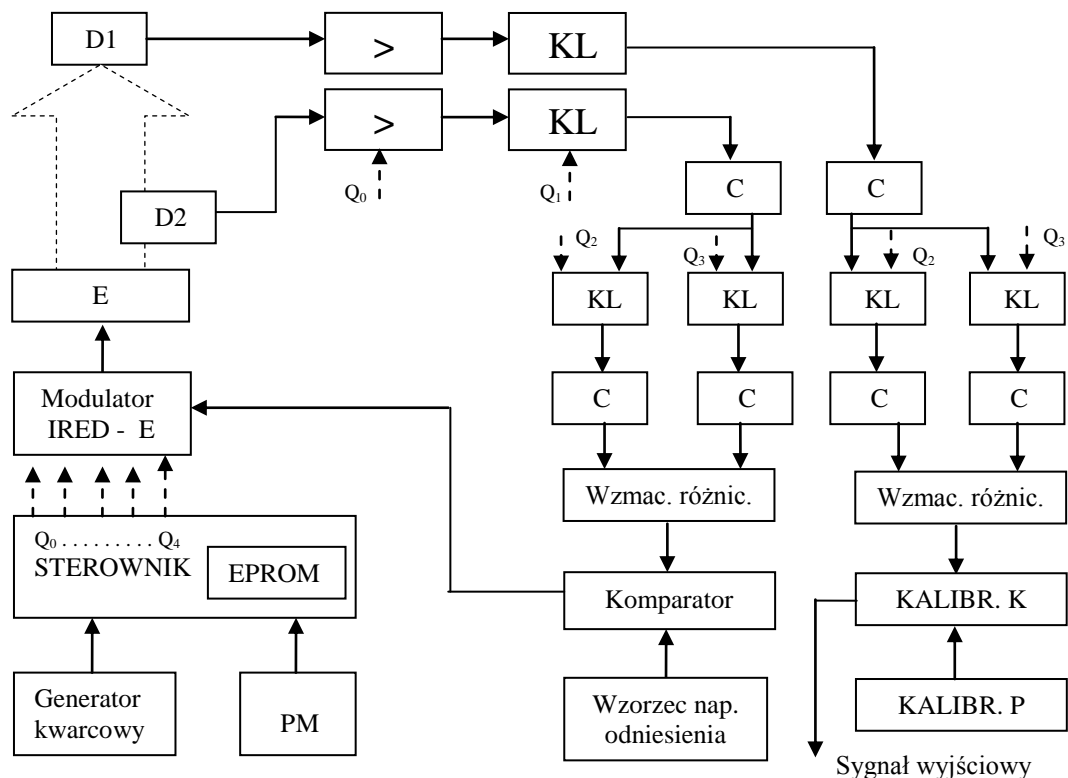
$Q_1$  - przyłączenie pojemności gromadzącej ładunki (pamięci analogowej),

$Q_2$  - przyłączenie sygnału użytecznego do układu wzmacniającego,

$Q_3$  - przyłączenie sygnału szumowego do układu wzmacniającego,

$Q_4$  - włączanie emitera podczerwieni.

Przetwarzanie sygnału użytecznego i sygnału z fotodetektora monitorującego nadajnik (sygnału kontroli mocy emisji) odbywa się w dwóch niezależnych kanałach o identycznej budowie. Oba kanały pracują w tych samych taktach sterownika. Rozwiązanie takie ma na celu zapewnienie stabilizacji poziomu emisji i podniesienie dynamiki pomiaru. W torze sygnału użytecznego zastosowano ponadto układy kalibrujące i służące do regulacji stopnia wzmocnienia.



Rys. 2. Schemat blokowy optoelektronicznego przetwornika przemieszczeń liniowych (karty FZM-P)

Objaśnienia: D1 - fotodetektor sygnału użytecznego, D2 - fotodetektor sygnału stabilizacji emisji, E - emiter promieniowania, KL - klucze elektroniczne, C - pojemności (gromadzące ładunek), KALIBR P- układ kalibracji poziomu zera, KALIBR K - układ kalibracji poziomu wzmacnienia, PM - przełącznik modu pracy karty, SP - strumień promieniowania.

#### 4. Zasada pracy układu przetwarzania sygnału z fotodetektora

Oznaczenia elementów występujące w opisie układu są zgodne z podanymi na schemacie blokowym (rys.2). Jako fotodetektory zastosowano fotodiody typu p-i-n D1 i D2. Fotodiody generują prąd proporcjonalny do wielkości padającego strumienia promieniowania (zawierający również składową szumów - tzw. prąd ciemny). Prąd fotodiody ładuje pojemność całkowitą, powodując odkładanie się na niej napięcia narastającego liniowo. Napięcie to jest podawane na wejście układu klucza elektronicznego KL, do wyjścia którego dołączono pojemność C. Klucz KL przepuszcza sygnał pod koniec taktu ładowania, powodując przekazanie wartości szczytowej napięcia w danym takcie i „zapamiętanie” jej przez pojemność C. Krótki czas ładowania jest powodem zastosowania w kolejnym stopniu układu wzmacniacza o dużej rezystancji wejściowej. Wyjście wzmacniacza obciążone jest dwoma kluczami elektronicznymi rozdzielającymi sygnały:

- szumu (uzyskany podczas przerwy w emisji promieniowania przez diodę elektroluminescencyjną).
- użyteczny wraz z szumem (uzyskany podczas emisji promieniowania).

Różnica sygnałów uzyskiwana jest w układzie wzmacniacza różnicowego. Na wyjściu układu pojawia się więc składowa proporcjonalna do sygnału użytecznego. W zastosowanym rozwiązaniu eliminowane są, również traktowane jako składowa szumów, wyjściowe napięcia nie zrównoważenia poprzednich stopni toru pomiarowego. Prowadzi to do osiągnięcia wysokiej dokładności pomiaru.

Kontrola poziomu emisji oświetlacza.

Przetwarzanie sygnału z fotodiody monitorującej odbywa się w sposób analogiczny jak w przypadku fotodetektora sygnału użytecznego. Sygnał ten po wzmacnieniu i odseparowaniu składowej szumów jest porównywany z wartością napięcia wzorcowego (dostarczaną przez wzorzec napięcia odniesienia). Układ regulacji wykorzystuje sygnał różnicowy do utrzymywania stałego poziomu emisji promieniowania przez diodę elektroluminescencyjną. Maksymalna częstotliwość sygnału przeniesionego przez tor pomiarowy wynosi 3,5 kHz.

W torze pomiaru zastosowano dodatkowe układy regulacji:

- KALIBRACJA P - umożliwiający dokładne wyregulowanie poziomu zera, zapewniające dostrojenie układu do warunków pomiaru (natężenia sygnału zerowego),
- KALIBRACJA K - zapewniający możliwość regulacji wzmacnienia.

Regulatory zbudowano z wykorzystaniem dwóch 10-cio bitowych przetworników cyfrowo-analogowych AD7533 sterowanych przez sześć 16-to pozycyjnych przełączników kodowanych (trzy w torze KALIBRACJI P i trzy w torze KALIBRACJI K). Regulatory umieszczone są na górnej płytce układu, co zapewnia łatwy dostęp także przy zabudowaniu karty w obudowie.

Do zasilania układu wykorzystywany jest zewnętrzny zasilacz stabilizowany napięcia stałego 12÷16V. Wszystkie napięcia potrzebne do funkcjonowania poszczególnych podukładów są uzyskiwane w wewnętrznym bloku przetwarzającym.

Wyprowadzenie sygnałów pomiarowych i przyłączenie emitera i fotodetektora odbywa się za pośrednictwem 9-cio stykowych złączy typu Canon.

Opisane rozwiązanie zapewnia możliwość detekcji sygnałów porównywalnych z poziomem szumów fotoelementu - zastosowanie w układzie różnicowym jednego fotodetektora, oświetlanego w sposób przerywany, jako źródła zarówno sygnału pomiarowego jak i szumowego w praktyce pozwala na redukcję szumów termicznych tego fotodetektora. Parametry karty zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Parametry optoelektronicznego przetwornika przemieszczenia liniowego (karty FZP-M)

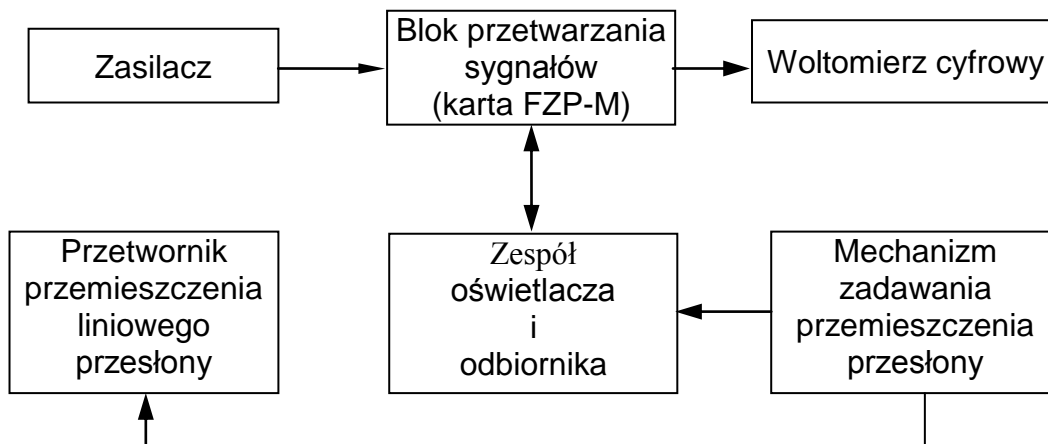
Parametr	Wartość
Napięcie zasilania	+12V / 200mA
Zakres napięcia wyjściowego	-6 ÷ +6
Orientacyjna początkowa skala pomiar.	300nA / 6V
Kalibracja wzmacnienia KW	1024 pkt. (hiperbol.)
Kalibracja zera	1024 pkt z krokiem 10 mV (przy KW=1)
Wyjściowe napięcie szumów	1 mV (przy KW=1)
Wymiary	100x160x40 mm

Do współpracy z kartą skonstruowano zespoły oświetlacza (z diodą elektroluminescencyjną, fotodiodą kontrolną i układem optycznym formującym równoległą wiązkę promieniowania o średnicy  $\phi 8$ ), oraz odbiornika z fotodiodą

sygnału użytecznego. Oba zespoły mają jednakowe wymiary zewnętrzne  $\phi 25 \times 50$ . Zespoły oświetlacza i odbiornika promieniowania zamocowane w specjalnym uchwycie. Układ taki jest stosowany np. do pomiarów przemieszczenia liniowego przysłony przemieszczającej się w poprzek wiązki promieniowania.

## 5. Budowa stanowiska laboratoryjnego

Schemat blokowy stanowiska do badania modelu optoelektronicznego przetwornika przemieszczeń liniowych jest przedstawiony na rysunku 3, zaś konfigurację zespołów stanowiska pokazano schematycznie na rysunkach 4 i 5.

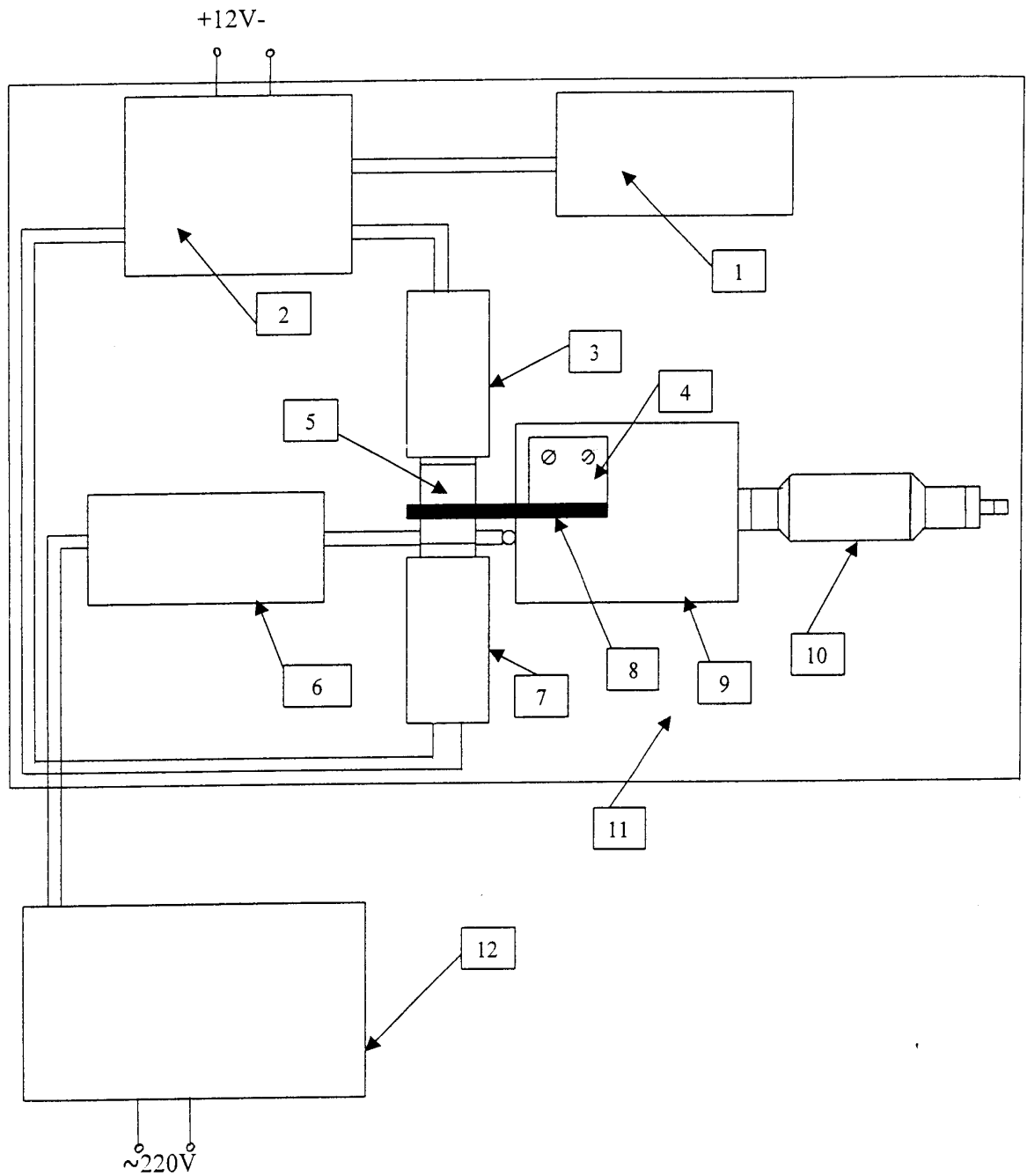


Rys. 3. Schemat blokowy stanowiska pomiarowego

W skład stanowiska wchodzi:

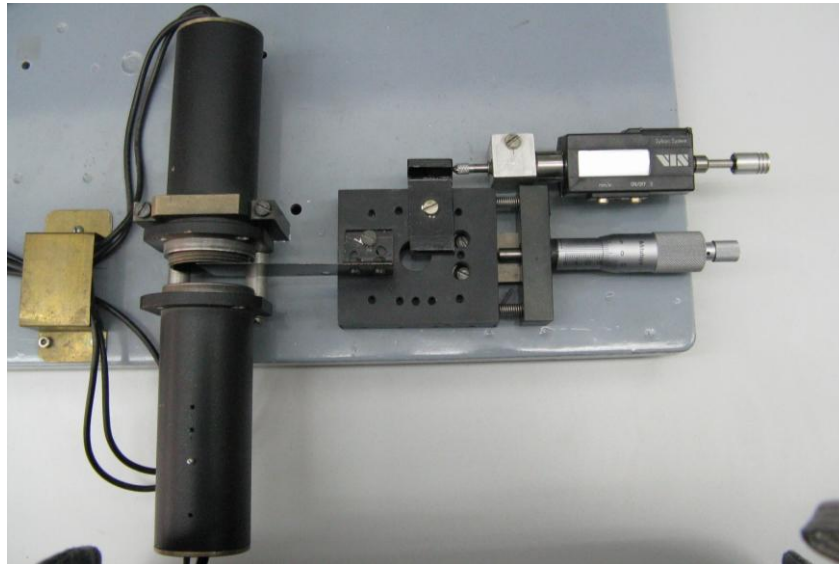
- zespół oświetlacza i odbiornika,
- blok przetwarzania sygnałów (karta FZP-M),
- zasilacz
- stolik mikrometryczny z przesłoną i ze śrubą mikrometryczną,
- inkrementalny przetwornik przemieszczeń liniowych,
- woltomierz cyfrowy.

Między oświetlaczem a układem odbiorczym na drodze strumienia świetlnego umieszczona jest przesłona. Układ odbiorczy i oświetlacz podłączone są do bloku przetwarzania sygnałów (karta FZP-M), który jest zasilany napięciem 12V. Do karty podłączony jest woltomierz cyfrowy. Między oświetlaczem a odbiornikiem przemieszcza się przesłona, umieszczona na stoliku liniowym, napędzanym śrubą mikrometryczną. Ze stolikiem sprzęgnięty jest inkrementalny przetwornik przemieszczeń liniowych, który mierzy rzeczywiste przemieszczenie przesłony. Obracając śrubą mikrometryczną powoduje się przemieszczenie przesłony, co zmienia strumień światła z oświetlacza do układu odbiorczego. Wraz ze zmianami oświetlenia zmienia się odpowiednio napięcie sygnału wyjściowego z karty, mierzone woltomierzem.



Rys. 4. Konfiguracja zespołów stanowiska pomiarowego

Objaśnienia: 1- woltomierz, 2 - blok przetwarzania sygnałów (karta FZP-M), 3 - odbiornik transoptora (fotodetektor), 4 - kątownik przesłony, 5 - uchwyt transoptora ze szczeliną, 6 - czujnik przemieszczeń liniowych, 7 - nadajnik transoptora, 8 - przesłona, 9 - stolik liniowy, 10 - śruba mikrometryczna, 11 - podstawa, 12 - licznik czujnika przemieszczeń liniowych.



Rys 5. Widok przetwornika z układem przesuwu przysłony

## 6. Wykonanie ćwiczenia

Po zapoznaniu się z instrukcją, zestawić zespoły stanowiska zgodnie ze schematem przedstawionym na rys. 4.

Przeprowadzić następujące badania:

- wyznaczyć zakres przesuwu przysłony, w którym sygnał wyjściowy zależy od jej położenia,
- wyznaczyć charakterystykę zmienności sygnału wyjściowego w funkcji położenia przysłony – w obu kierunkach ruchu,
- sprawdzić histerezę przetwornika w kilku punktach zakresu,
- sprawdzić wpływ zmian położenia układu na wartość sygnału wyjściowego,
- sprawdzić wpływ zmian oświetlenia zewnętrznego na wartość sygnału wyjściowego.

Opracowanie wyników pomiarów:

- narysować charakterystyki przetwarzania czujnika przemieszczeń liniowych,
- dokonać oszacowania statystycznego pomiarów:
  - wyznaczyć regresję liniową w wybranym zakresie charakterystyki,
  - oszacować nieliniowość charakterystyki i błędy jej wyznaczania,
  - określić klasę dokładności badanego czujnika przemieszczeń liniowych.

Sprawozdanie z ćwiczenia powinno zawierać:

- wyniki pomiarów w postaci tabel,
- wyznaczone charakterystyki przetwarzania (wykresy),
- opracowanie metrologiczne wyników badań,
- uwagi i wnioski.