

## CZUJNIKI POŁOŻENIA I PRZESUNIĘĆ

Literatura:

Jerzy Kostro – *Elementy, urządzenia i układy automatyki*,

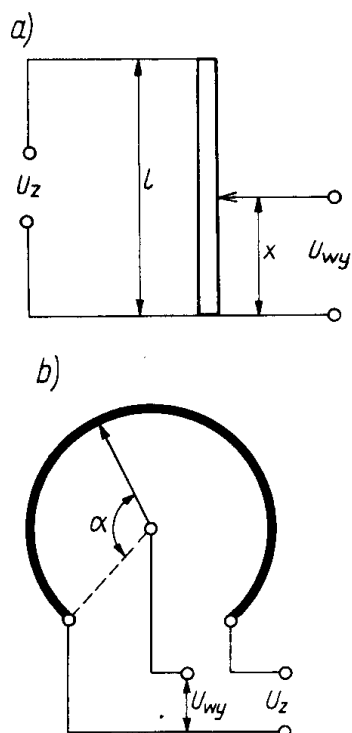
Zygmunt Komor – *Pracownia automatyki*.

### I. Czujniki analogowe

#### 1. Czujniki potencjometryczne

Jednym z najbardziej znanych czujników przesunięcia jest potencjometr, którego styk ślizgowy (szczotka), wykonując ruch prostoliniowy, obrotowy lub śrubowy, przyjmuje położenie odpowiadające przesunięciu mierzonemu. Potencjometr włączony w prosty układ elektryczny (rys. 4.1.) przetwarza przesunięcie prostoliniowe lub kątowe w zakresie od jednego do kilku obrotów, na napięcie stałe lub przemienne. Potencjometry wykonywane są najczęściej z cienkiego, izolowanego drutu oporowego nawiniętego na izolacyjnej płycie lub pręcie. Styk ślizgowy przesuwa się po ścieżce powstałej przez zdjęcie z zewnątrz izolacji. Jeżeli potencjometr nawinięty jest na karkasie o stałym przekroju, wówczas rezystancja przypadająca na jednostkę jego długości jest stała i napięcie mierzone na styku ślizgowym będzie się zmieniało proporcjonalnie do zmian położenia styku ślizgowego, zgodnie z zależnością:

$$U_{wy} = \frac{x}{l} U_z$$



× Rys. 4.1. Schematy potencjometrycznego pomiaru przesunięcia: a) liniowego; b) kątowego

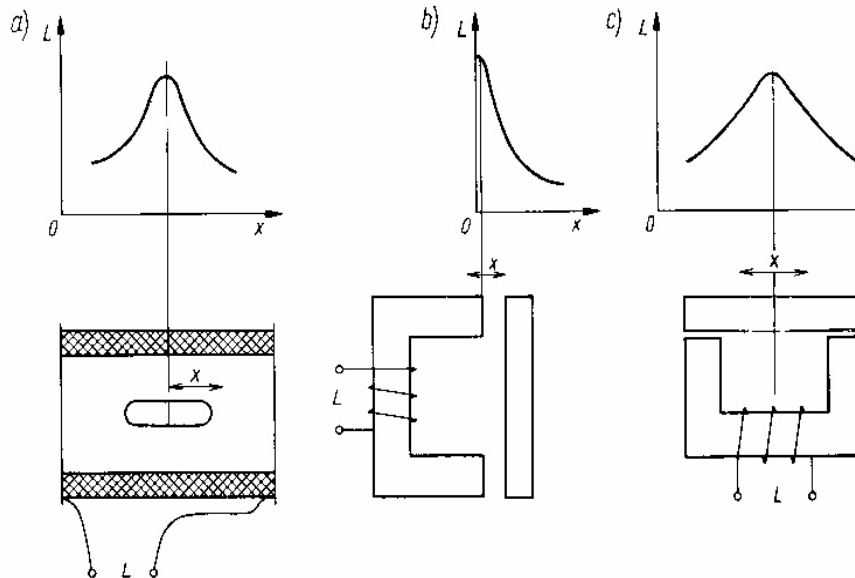
Zależność ta jest słuszna przy założeniu, że potencjometr nie jest obciążony, tzn. że pomiar napięcia wyjściowego odbywa się bez poboru prądu, przyrządem pomiarowym o nieskończenie dużej rezystancji wewnętrznej. Jeżeli warunek ten nie jest spełniony, to zależność pomiędzy napięciem wyjściowym a przesunięciem staje się nieliniowa. W praktyce wystarcza, jeżeli rezystancja wewnętrzna przyrządu pomiarowego jest o rząd wielkości większa od rezystancji potencjometru.

Potencjometry stosowane są do pomiarów przesunięć w zakresie 1 cm ÷ 0,5 m; największe uzyskiwane dokładności wynoszą ok. 0,05 mm, ale nie więcej niż 0,1%. Wadą podstawową potencjometrów jest ich wrażliwość na wilgotność, zapylenie, wylot agresywne, wibracje itp. Tam, gdzie jest to możliwe, potencjometry są zastępowane bardziej odpornymi i niezawodnymi czujnikami bezstykowymi, w niektórych jednak przypadkach potencjometry są nadal bezkonkurencyjne.

#### 2. Czujniki indukcyjnościowe

Typowym, mającym zastosowanie, bezstykowym czujnikiem przesunięcia jest czujnik indukcyjnościowy. Czujnik indukcyjnościowy przetwarza przesunięcie liniowe lub kątowe jego części ruchomej na zmianę indukcyjności własnej lub wzajemnej cewek czujnika. Jego działanie jest oparte na zależności indukcyjności od przewodności obwodu magnetycznego.

Najprostszy czujnik indukcyjnościowy, wykorzystujący zmiany indukcyjności własnej, składa się z cewki (powietrznej lub nawiniętej na rdzeniu ferromagnetycznym) i ruchomego rdzenia ferromagnetycznego (rys. 4.5).



Rys. 4.5. Dławikowy czujnik indukcyjnościowy wraz z charakterystyką statyczną: a) solenoidalny b) o zmiennej długości szczeliny; c) o zmiennej powierzchni szczeliny  
L - indukcyjność

Uzwojenie czujnika włączone jest w układ mostka prądu przemiennego i jeżeli mostek został zrównoważony w położeniu początkowym rdzenia ferromagnetycznego, na wyjściu mostka otrzymamy napięcie, którego amplituda wyznacza wartość, a faza kierunek odchylenia rdzenia ferromagnetycznego od położenia początkowego. Aby miernik sygnału wyjściowego mostka wskazywał wartość i kierunek odchylenia, w jego układzie musi znajdować się prostownik fazoczuły.

Inny rodzaj czujników indukcyjnościowych to czujniki wykorzystujące zmiany indukcyjności wzajemnej do przesunięcia rdzenia – czujniki transformatorowe.

Czujniki indukcyjnościowe stosowane są do pomiaru przesunięć w zakresie od setnych części do kilkudziesięciu milimetrów. Osiągane dokładności zależą od zakresów pomiarowych. Największą dokładność zapewniają transformatorowe czujniki różnicowe. Przy odpowiednim wykonaniu i niewielkim zakresie pomiarowym pozwalają uzyskiwać dokładności tysięcznych części milimetra. Czujniki indukcyjnościowe mogą być wykonywane w sposób zapewniający im dużą odporność na wpływy zewnętrzne. Do zasilania jest używane napięcie o częstotliwości akustycznej lub (rzadziej) napięcie sieci.

### 3. Czujniki pojemnościowe

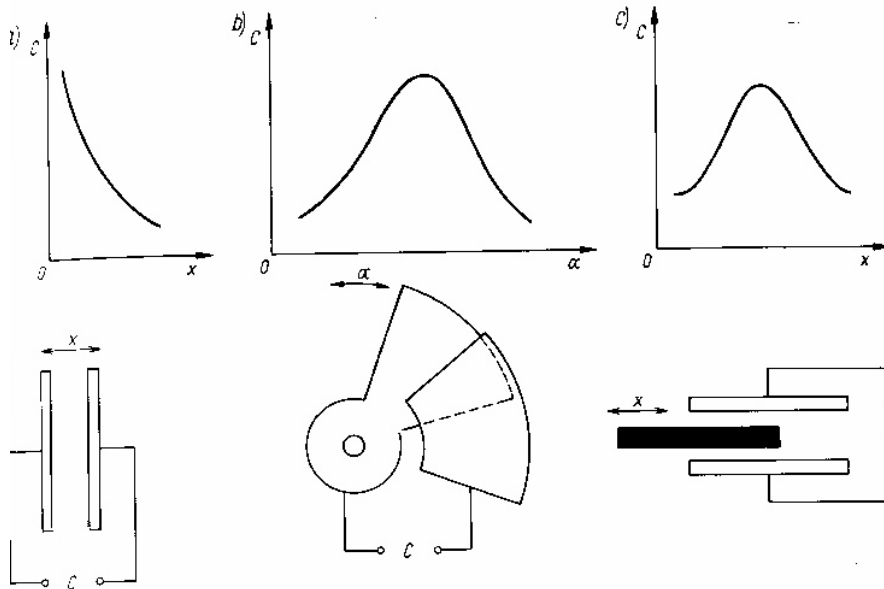
Pojemnościowym czujnikiem przesunięcia jest kondensator (rys. 4.9), którego pojemność może być zmieniana na skutek przesunięcia któregoś z jego elementów. Pojemność kondensatora płaskiego jest określana zależnością:

$$C = \epsilon \epsilon_0 \frac{S}{l},$$

gdzie :  $S$  – powierzchnia czynna okładzin kondensatora;  $l$  – odległość między okładzinami,  $\epsilon_0$  - przenikalność dielektryczna próżni;  $\epsilon$  - przenikalność względna dielektryka znajdującego się między okładzinami kondensatora.

Zmianę pojemności kondensatora można uzyskać zmieniając jeden z elementów w powyższym wzorze. Zmianom może więc podlegać powierzchnia czynna lub odległość między okładzinami kondensatora, albo też przenikalność względna dielektryka.

Zmiany pojemności czujników są mierzone w układach mostkowych.



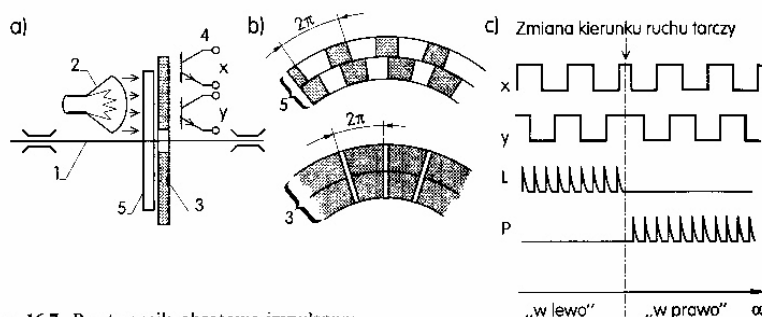
Rys. 4.9. Schematy pojemnościowego czujnika przesunięć wraz z charakterystyką: a) płaskiego o zmiennej odległości między okładzinami; b) obrotowego o zmiennej powierzchni okładzin; c) płaskiego o zmiennej przenikalności względnej

Czujniki pojemnościowe należą do najczulszych czujników przesunięć, mogą być stosowane do pomiarów przesunięć mniejszych od mikrometra. Zakres górny mierzonych przesunięć dla czujników pojemnościowych wynosi kilkanaście centymetrów. Pojemności czujników pojemnościowych wynoszą kilka do kilkuset pikofaradów, względne zmiany pojemności – od setnych części procenta do stu procent. Cechami charakterystycznymi czujników pojemnościowych są: mały wyjściowy opór mechaniczny (stawiany przy przesuwaniu organu ruchomego) oraz bardzo duża rezystancja wyjściowa. Głównymi źródłami niedokładności tych czujników są pojemności brzegowe, sprzężenia z sąsiednimi elementami, pojemności doprowadzeń, zmiany przenikalności elektrycznej spowodowane kurzem, brudem itp., zmiany przenikalności elektrycznej powietrza przy zmianach wilgotności i temperatury, oraz błędy wprowadzane przez układy pomiaru pojemności.

## II. Czujniki cyfrowe

### 1. Przetwornik obrotowo-impulsowy

Największe dokładności pomiaru uzyskuje się w czujnikach, które wykorzystują zjawiska optyczne, zawierających elektroniczne detektory sygnałów świetlnych. Przykładem takiego elementu jest przetwornik obrotowo-impulsowy (rys. 16.7).



Rys. 16.7. Przetwornik obrotowo-impulsowy

Na osi przetwornika *I*, sprzęganej z osią obracającego się obiektu, zamocowano tarczę szklaną *5* z naniesionymi dwiema koncentrycznymi ścieżkami zawierającymi pola przezroczyste i nieprzezroczyste przesunięte na sąsiednich ścieżkach względem siebie o kąt  $\pi/2$ . Po jednej stronie znajduje się oświetlacz *2*, po drugiej fototranzystory *4*. Między fototranzystorami a ruchomą tarczą znajduje się tzw. test optyczny *3* naniesiony na nieruchomą płytkę szklaną. Te elementy tworzą czujnik. Podczas obrotu tarczy generowane są impulsy, które po uformowaniu przez układ elektroniczny mają postać dwóch ciągów impulsów prostokątnych napięciowych na dwóch wyjściach (przy stałej prędkości obrotowej tarczy). Podczas ruchu tarczy w jednym kierunku impulsy z dwóch wyjść są przesunięte w fazie względem siebie o kąt  $\pi/2$ . Z liczby impulsów można wnioskować o przyroście tego kąta, a z kolejności o kierunku ruchu. Do wydzielenia informacji o kierunku stosuje się układy jego rozróżniania, które wytwarzają na dwóch wyjściach *L* i *P* ciągi impulsów odpowiadających kierunkowi „w lewo” lub „w prawo”.