

Projektowanie systemów pomiarowych

08

**Pomiary wybranych wielkości fizycznych
(przemieszczenia, położenie, odległość)**



<http://www.idownloadblog.com>

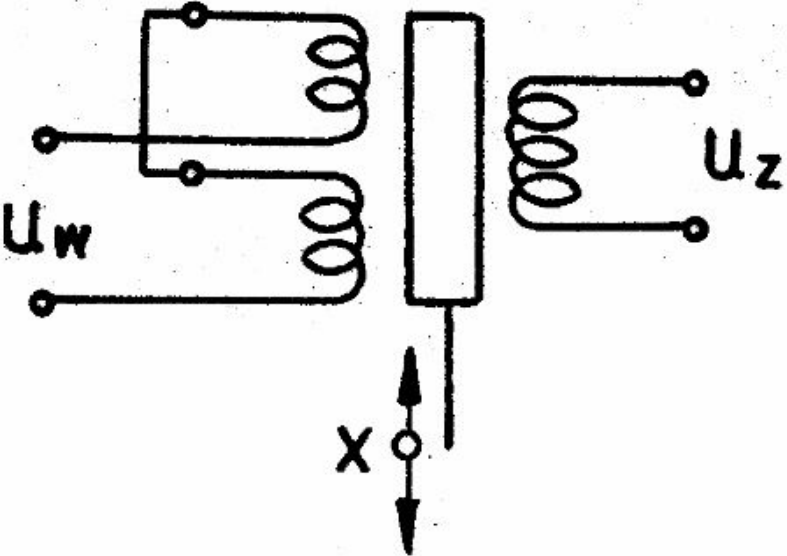
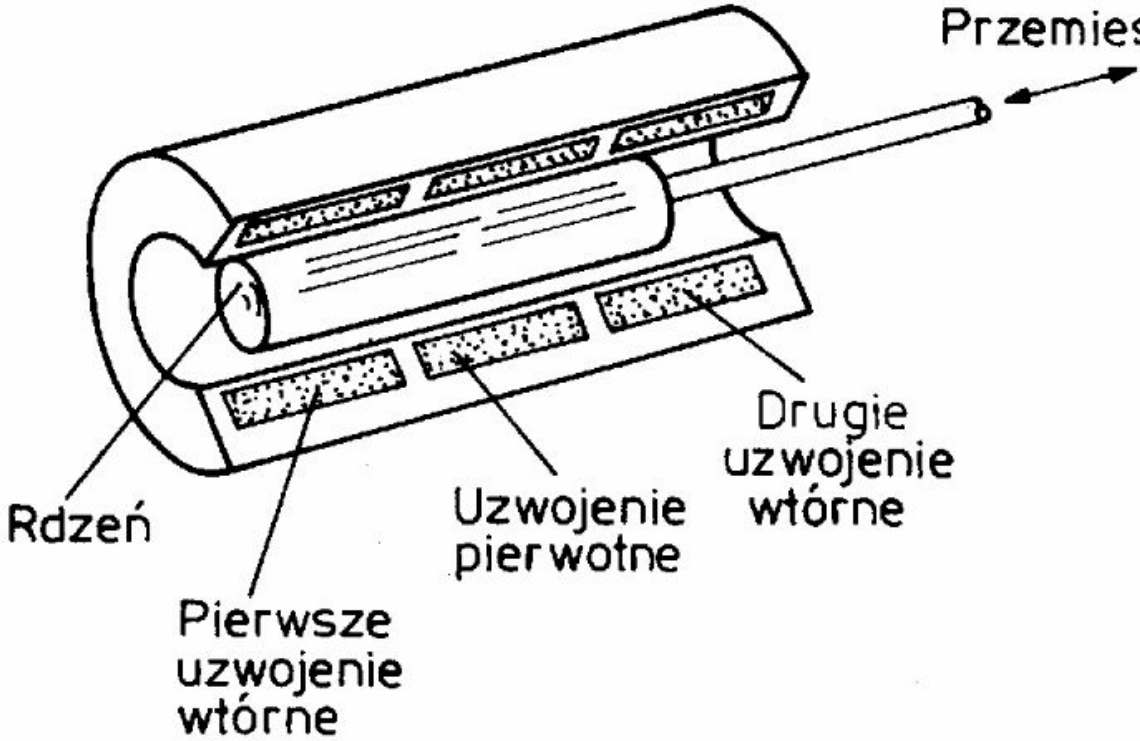
Przetworniki do pomiaru przemieszczeń liniowych wykorzystywane są w metrologii warsztatowej, w robotyce, w układach sterowania automatycznego położeniem części maszyn lub narzędzi obróbczych oraz do kontroli stanu elementów wykonawczych automatyki.

Pomiaru tego dokonuje się za pomocą czujników przemieszczeń pracujących w układach elektrycznych odpowiednich do wymagań współpracujących z nim i sterowanych urządzeń. W wielu układach automatyki przemysłowej sygnał pomiarowy z wyjścia czujnika przemieszczenia nie jest prezentowany na urządzeniach odczytowych lecz bezpośrednio jest wykorzystywany w zamkniętej pętli układu automatyki. Jednak w przeważającej liczbie przypadków wynik pomiaru przemieszczenia jest prezentowany na odpowiednich przyrządach odczytowych. W zależności od wymaganego zakresu mierzonych przemieszczeń oraz dokładności pomiaru wykorzystuje się różnego rodzaju czujniki przemieszczenia.

Przy niezbyt dużych wymaganiach dokładnościowych wykorzystuje się najczęściej indukcyjnościowe czujniki różnicowe, czujniki pojemnościowe oraz czujniki indukcyjne (wiropądowe).

Przemieszczenia, które można zmierzyć najczęściej stosowanymi przetwornikami zawierają się w granicach od kilku mikrometrów do tysiąca milimetrów w zależności od rodzaju stosowanego przetwornika.

Kontaktowy czujnik przemieszczenia wykorzystujący zasadę indukcji (tzw. transformatorowy)



Liniowe czujniki indukcyjne

<http://www.wobit.com.pl/produkty/981/liniowe-czujniki-indukcyjne/>

Elektromagnetyczne czujniki przemieszczenia są szeroko stosowane w automatyzacji procesów, kontroli jakości, stanowiskach testowych, hydraulice, cylindrach pneumatycznych oraz inżynierii samochodowej. Zalety tych czujników przemieszczenia są dobrze znane i wysoko cenione. Można do nich zaliczyć wytrzymałość, niezawodność w trudnych warunkach, wysoką jakość sygnału oraz dobrą stabilność temperaturową.

Główne zalety:

- Ogromny wybór modeli z zakresem pomiarowym od 1 do 630 mm
- Zintegrowany lub zewnętrzny kontroler
- Wysoka klasa dokładności
- Stabilność i niezawodność pomiarów
- Różne konstrukcje z rdzeniem, tuleją lub pierścieniem pomiarowym
- Wysoka stabilność temperaturowa

Produkt	Zakres pomiarowy	Rozdzielczość	Liniowość
induSENSOR seria EDS	100 - 630 mm	0.05 % F.S.O.	± 0.3 % F.S.O.
induSENSOR seria LDR	10 - 50 mm	-	± 0.3 % F.S.O.
induSENSOR LVDT seria DTA-xD	1 - 25 mm	-	± 0.15 % F.S.O.
induSENSOR seria LVP	50 - 150 mm	0.03 % F.S.O.	± 0.25 % F.S.O.
induSENSOR seria VIP	50 - 200 mm	0.03 % F.S.O.	± 0.25 % F.S.O.
induSensor LVDT seria DTA-xG8	1-10mm	-	± 0.3 % F.S.O.
ISAG	2 - 50 mm		±0.5% (±0.25%)



Potencjometry liniowe <http://www.wobit.com.pl/produkty/456/potencjometry liniowe/>

Przetworniki potencjometryczne liniowe są analogowymi czujnikami do pomiaru przemieszczenia liniowego w sposób absolutny.

Urządzenia te pracują na zasadzie rezystora zmiennego liniowo, tzn. suwak przesuwany jest po ścieżce rezystywnej. Jeśli do przetwornika podłączy się napięcie, to napięcie na wyjściu suwaka jest wprost proporcjonalne do pozycji suwaka na ścieżce rezystywnej.

Ścieżka rezystywna wykonana jest najczęściej z przewodzącego tworzywa wysokiej jakości. Dzięki temu osiąga się nie tylko dużą rozdzielczość, ale też pomiary mogą się odbywać przy większej prędkości przemieszczenia (do 10 m/s).



<http://www.m-technologie.pl>

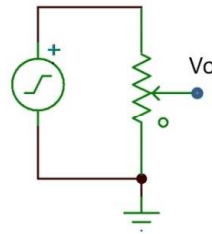
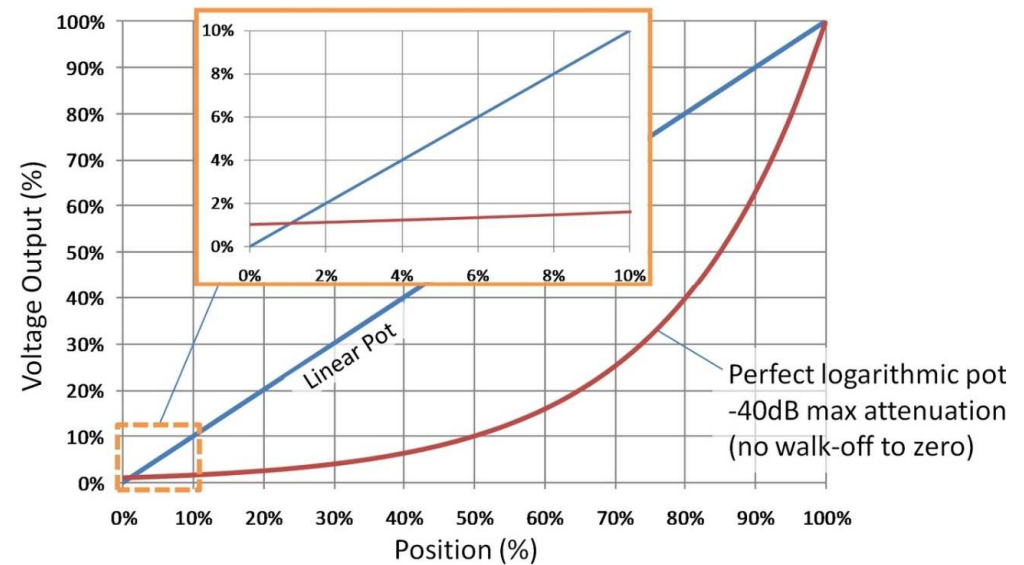


Figure 1.

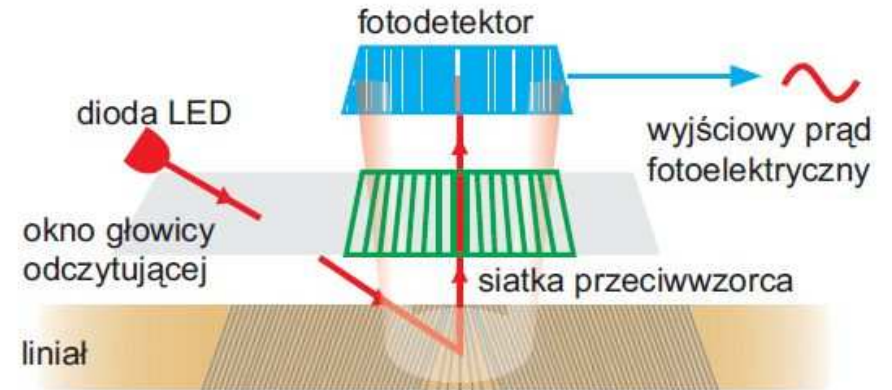


<http://www.elektroda.pl>

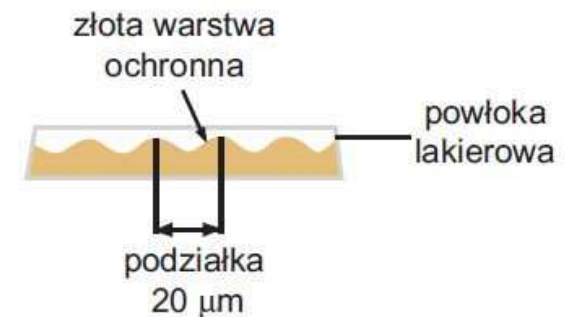
Enkodery liniowe

Optyczne układy pomiarowe zliczają przetworzone sygnały elektryczne, które powstają w **fotodetektorach** w wyniku pojawienia się strumienia świetlnego modulowanego pasywnymi i aktywnymi polami wzorca. Najczęściej pasywne i aktywne pola reprezentowane są przez ciemne i jasne szczeliny o równej szerokości na wzorcu, które zostały rozmieszczone względem siebie naprzemiennie. Układ detekcyjny jest połączony z licznikiem rewersyjnym, który zlicza liczbę prążków na wzorcu. **Dioda LED** umieszczona w głowicy odczytowej oświetla pod pewnym kątem powierzchnię linału w postaci fazowej refleksyjnej siatki dyfrakcyjnej na liniale o stałej rzędu 20 μm .

Światło ugięte na pierwszym rzędzie dyfrakcyjnym przechodzi przez kolejną siatkę przeciwwzorca. Zdudnienie częstości przestrzennej wzorca i przeciwwzorca generuje w płaszczyźnie linału prążki interferencyjne. Układ detekcyjny uśrednia sygnał z kilkudziesięciu oświetlonych pól linału oraz bardzo dokładnie go filtruje, co w rezultacie daje dużą stabilność sygnału, nawet gdy linał jest zanieczyszczony lub uszkodzony



RGS20
profil
linału



<http://www.elektro.info.pl/>
elektro.info 3/2009

Przykład - główne cechy E6L -Enkodea liniowego

- możliwość szeregowego łączenia taśm pomiarowych i wydłużania mierzonych przemieszczeń
- odporna mechanicznie obudowa
- system optyczny zmniejszający wrażliwość na zanieczyszczenia

Inne parametry

- rozdzielczość: 1mm
- zasilanie 24VDC
- mierzone długości: 280 lub 475mm



http://www.technologie.com.pl/om5_2.html

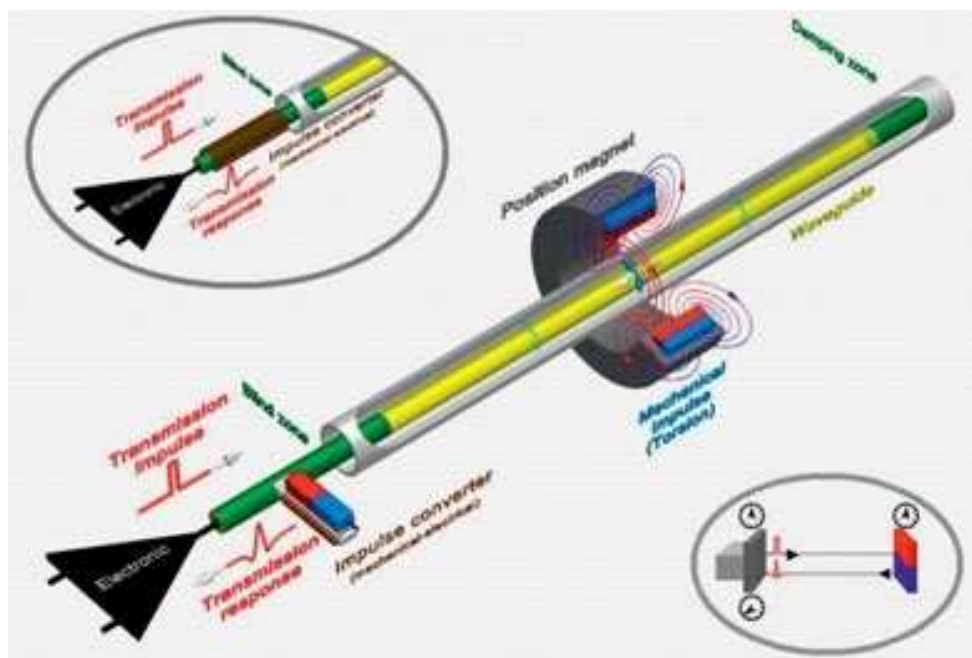
Liniowy czujnik przemieszczenia do zabudowy w siłowniku hydraulicznym



<http://automatykab2b.pl>

Prawie każdy **układ hydrauliczny** zawiera w sobie siłowniki hydrauliczne, które wykonują ruch roboczy maszyny. Dostosowanie pracy maszyny do aktualnych wymagań procesu nierzadko wymaga precyzyjnej kontroli przemieszczenia elementu ruchomego. **Hydac** wychodzi takim potrzebom naprzeciw i oferuje systemy pomiaru drogi.

Systemy można podzielić na układy do montażu wewnętrznego w **siłownikach**, montażu częściowego lub montażu poza **siłownikiem**.



Pomiar magnetostrykcyjny polega na określaniu zmian właściwości materiału ferromagnetycznego (obracanie domen magnetycznych) pod wpływem działania zewnętrznego pola magnetycznego. Obrócenie domen magnetycznych powoduje powstanie odbicia fali elektromagnetycznej rozchodzącej się w magnetowodzie. Metoda pomiaru polega na pomiarze różnicy czasu pomiędzy generowanym impulsem a impulsem odbitym. Dokładność pomiaru i precyzja sterowania w wysokim stopniu jest ograniczona przez typ sygnału wyjściowego. Dla analogowych sygnałów wyjściowych (np. 4...20 mA lub 0...10 V), przetwornik cyfrowo-analogowy przetwarza zmierzone przemieszczenie z rozdzielczością 12 lub 16 bitów. Jeśli dystans pomiarowy jest relatywnie krótki - np. 500 mm, to przetwornik 12-bitowy może uzyskać dokładności do 0,1 mm (16 bitów - 0,005 mm), jednak wraz ze wzrostem zakresu pomiarowego dokładność pomiaru spada. Aby długość dystansu pomiarowego nie wpływała na dokładność pomiaru, analogowy sygnał najlepiej zastąpić cyfrowym.

Pomiar bezstykowy - Czujniki magnetyczno-indukcyjne

<http://www.wobit.com.pl/produkty/1398/czujniki-magnetyczno-indukcyjne/>

mierzą odległość, pozycję lub przemieszczenie zdefiniowanego obiektu magnetycznego. Zakres pomiarowy od przodu wynosi standardowo 45 mm, ale można go dostosować w zakresie od 20 mm do 55 mm, zmieniając magnes. Zgodnie z fizyczną zasadą pomiaru sygnał wyjściowy jest liniowy (2-10V i 4- 20 mA) i jest niezależny od zakresu pomiarowego.

W związku z wykorzystywanym efektem fizycznym, na pomiary nie mają wpływu materiały nieżelazne pojawiające się między czujnikiem a obiektem pomiarowym, takie jak aluminium, tworzywo sztuczne czy ceramika. Jest to bardzo przydatne podczas pomiarów w układzie zamkniętym. Możliwy jest również montaż powierzchniowy w materiałach nieżelaznych.

Pomiary względem materiałów nieferromagnetycznych (np. aluminium) są możliwe przy ograniczonym zakresie i zredukowanej dokładności. Bardzo atrakcyjne cenowo systemy czujników znajdują zastosowanie głównie w przemysłowych procesach produkcyjnych i wyposażeniu maszyn.

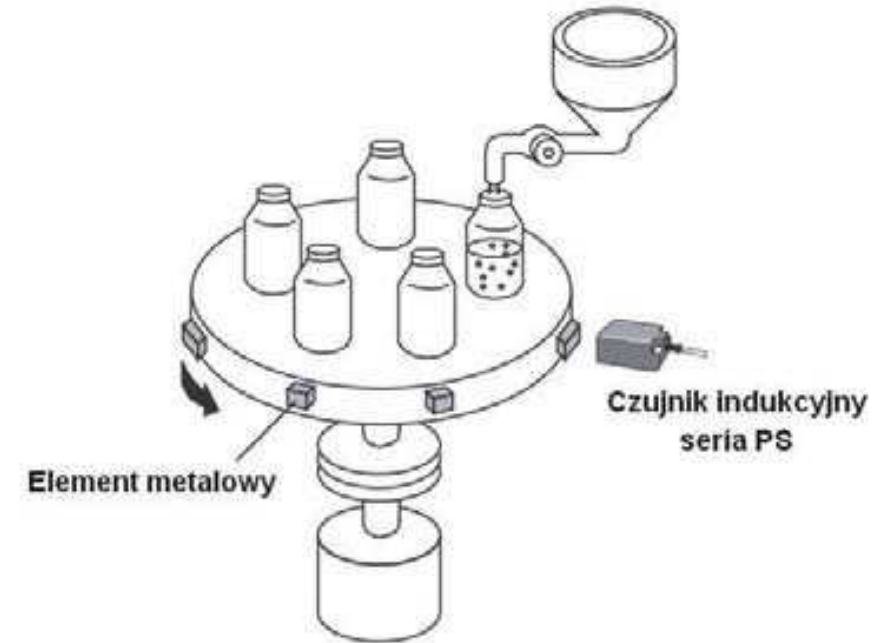
Cechy:

- Szeroki zakres pomiarowy: 20-55 [mm]
- Liniowy sygnał wyjściowy
- Wysoka dynamika
- Zakres pomiarowy regulowany przez magnesy
- Różne kształty/ zwarta konstrukcja czujnika



Czujniki indukcyjne to prawdopodobnie najczęściej stosowane rodzaje **czujników zbliżeniowych**. Wykrywają one obiekty metalowe i występują zarówno w obudowach cylindrycznych, jak i prostokątnych o różnych gabarytach. Ostatni z parametrów definiuje zakres detekcji obiektów.

Ze względu na pełnioną funkcję bazowania, czujniki indukcyjne nazywane są często krańcówkami. Powszechnie dostępne są m.in. moduły liniowe, które wyposażane są w takie czujniki - służą one tam właśnie do wyznaczania położenia bazowego. Innym rodzajem aplikacji, w której można użyć czujników indukcyjnych, jest przykładowo system wykrywania pozycji butelek, które zatrzymywane muszą być precyzyjnie pod dyszą dozownika. Na rysunku przedstawiono elementy metalowe rozmieszczone na okręgu stołu obrotowego, które wykrywa krańcówka - np. taka jak czujnik z serii PS firmy Autonics.



Pomiar bezstykowy - czujniki wiroprowadowe

Wiroprowadowe czujniki przemieszczenia mierzą odległość, przemieszczenie oraz pozycję każdego obiektu przewodzącego prąd. Zasada działania umożliwia bezkontaktowe pomiary, dzięki czemu czujnik nie zużywa się mechanicznie. Mierzone obiekty mogą mieć ferromagnetyczne oraz nie ferromagnetyczne właściwości. Ze względu na odporność na olej, brud, kurz, wilgoć, pole elektromagnetyczne itp. czujnik wiroprowadowy idealnie nadaje się do zastosowań w trudnych warunkach przemysłowych.

- do zastosowania we wszystkich metalach elektrycznie przewodzących, z własnościami ferromagnetycznymi lub bez;
- małe formy obudowy;
- zakresy pomiarowe 0,4–80 mm;
- wysoka rozdzielczość: 0,005%;
- nieczułe na brud, kurz, wilgoć, olej, dielektryczne materiały w szczelinie pomiarowej;
- odporne na zakłócenia w otoczeniu elektromagnetycznym;
- szeroko sięgający zakres temperatur pracy;
- wysoka dokładność pomiarowa, liniowość 0,2%.



Pomiar bezstykowy - czujniki pojemnościowe

Ze względu na unikalną zasadę działania trójelektrodowego kondensatora z pierścieniem ekranującym, pojemnościowe czujniki przemieszczenia zachowują liniowość w odniesieniu do wszystkich metali. Czujnik działa jak elektroda; obiekt pomiarowy stanowi elektrodę przeciwną.

Opisywana technika umożliwia pomiar wszystkich obiektów przewodzących i półprzewodzących. Micro-Epsilon rozszerzył pojemnościową zasadę pomiaru o kilka innowacyjnych funkcji, które umożliwiają uzyskiwanie bardzo liniowej charakterystyki wyjścia, precyzyjną co do nanometra rozdzielczość oraz uzyskiwanie bardzo stabilnych pomiarów. Liniową charakterystykę sygnału pomiarowego uzyskuje się dla pomiarów obiektów z materiałów przewodzących, bez dodatkowej elektronicznej linearyzacji.

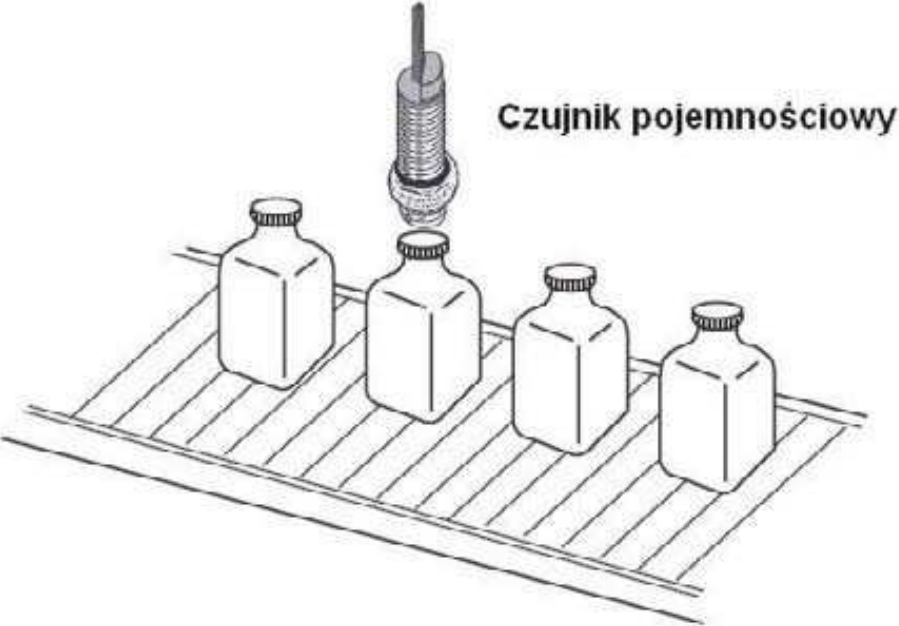
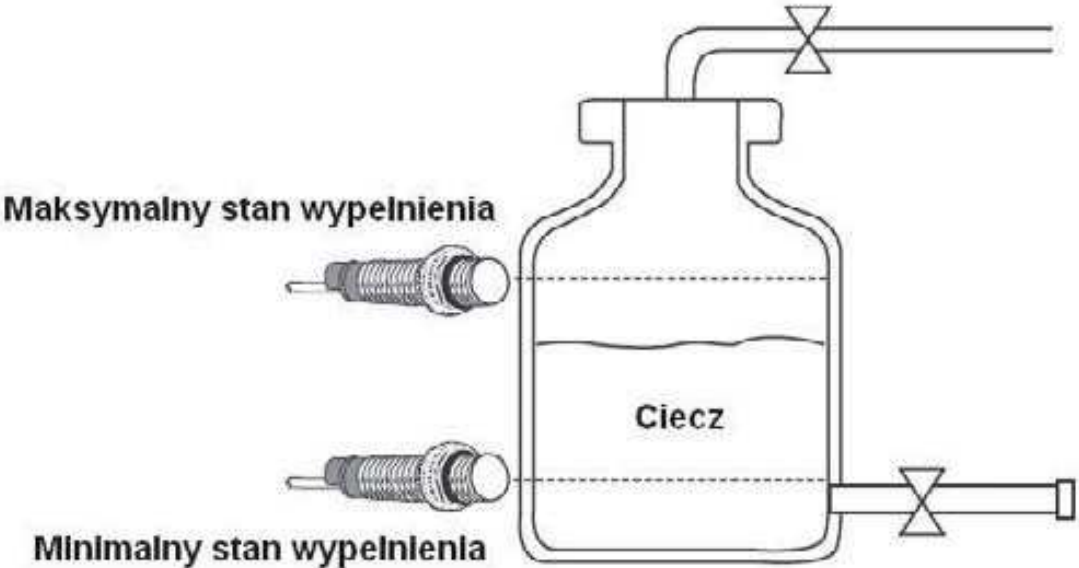
- Doskonała precyzja i rozdzielczość
- Doskonała stabilność temperaturowa
- Doskonała stabilność pomiarowa w długim okresie czasu
- Niezależność materiałowa dla metalowych celów
- Pomiar każdego przewodzącego/półprzewodzącego materiału



<http://www.wobit.com.pl/produkty/979/czujniki-pojemnoscione/>

Główną zaletą czujników pojemnościowych jest wykrywanie wszelkich obiektów takich jak metal, woda, szkło, drewno czy tworzywa sztuczne. Charakteryzują się one zakresem detekcji wynoszącym 15mm i produkowane są w obudowach cylindrycznych.

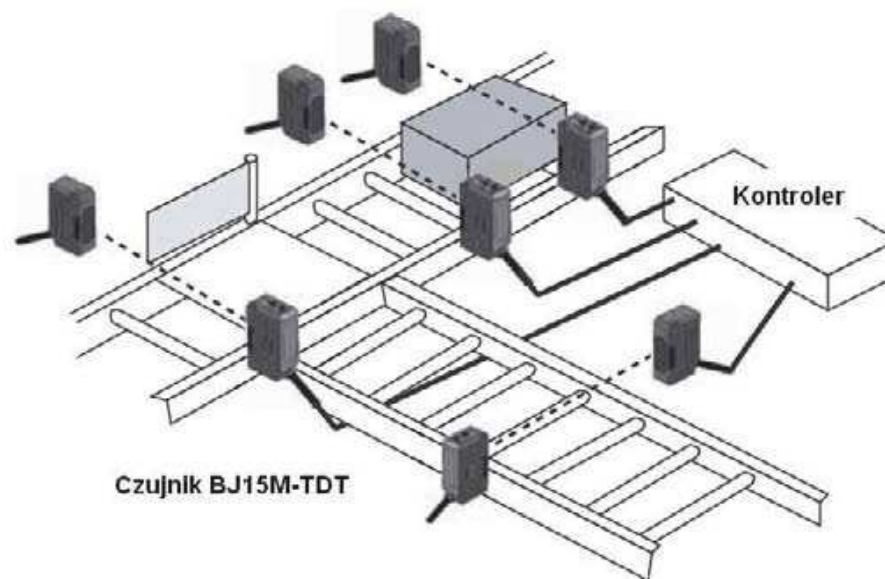
Dzięki swoim właściwościom czujniki pojemnościowe mogą - w odpowiednio stworzonej aplikacji - wykrywać zmiany pojemności poprzez materiał, do którego są zbliżane. Na rysunku przedstawiono system monitoringu stanu minimalnego oraz maksymalnego cieczy poprzez ścianki pojemnika, w którym się ona znajduje. Drugi z rysunków przedstawia wykorzystanie czujnika do kontroli obecności kapsla umieszczonego na butelce.



Czujniki fotoelektryczne

W zależności od aplikacji mogą one działać odbiciowo (bezpośrednio od obiektu) lub refleksyjnie, czyli z użyciem lusterka. Przy większych zakresach detekcyjnych oraz w wymagających warunkach stosowane mogą być również bariery fotoelektryczne złożone z nadajnika wraz z odbiornikiem.

Czujniki fotoelektryczne znajdują zastosowanie w maszynach pakujących oraz na liniach technologicznych. Dzięki bezkontaktowemu działaniu i braku elementów mechanicznych cechują się one znacznie dłuższą żywotnością oraz możliwością zastosowania w aplikacjach, gdzie użycie czujników mechanicznych byłoby całkowicie niemożliwe. Poniższe rysunki przedstawiają przykładowe układy z barierami optycznymi. Czujniki światłowodowe mają również tę zaletę, że mogą być stosowane w miejscach, gdzie trudno byłoby użyć inne elementy pomiarowe lub detekcyjne.



Pomiar kąta - trochę o enkoderach

Enkodery przetwarzają przesunięcie liniowe lub kątowe obiektu na sygnał elektryczny, na podstawie którego wyznaczana jest liczba wykonanych obrotów, długość drogi oraz prędkość, z jaką została ona przebyta.

Przetworniki te są niezbędnymi komponentami układów sterowania ruchem maszyn w systemach automatyki, od których dokładności oraz niezawodności zależy precyzja oraz efektywność regulacji. Niestety, jeżeli w czasie eksploatacji enkodery narażone są na wpływ ekstremalnych czynników zewnętrznych, parametry pomiarowe mogą ulec pogorszeniu. W części przypadków z góry wręcz konieczne jest stosowanie przetworników o zwiększonej odporności na trudne warunki środowiskowe.

Istnieje wiele kryteriów klasyfikacji enkoderów. Oprócz podziału na liniowe i kątowe wyróżnia się także, w zależności od rodzaju czujnika, przetworniki optoelektroniczne oraz magnetyczne, a ze względu na sposób pomiaru **enkodery** inkrementalne (impulsowe) oraz absolutne (kodowe).

Enkodery mogą być jedno- i wieloobrotowe, występują jako wersje z wałem lub z otworem. Jeszcze innym kryterium podziału enkoderów jest stopień ich odporności na ekstremalne warunki pracy.

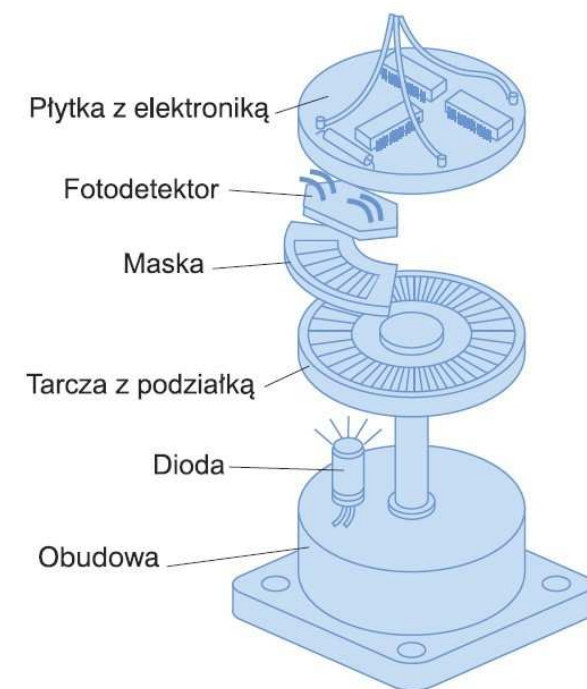


Zasada działania enkodera optycznego

Główne komponenty kątowych inkrementalnych przetworników tego typu to: szklana, okrągła płytką pokryta naniesionymi naprzemiennie przezroczystymi oraz nieprzezroczystymi prążkami stanowiącymi podziałkę oraz układ optyczny. Tworzy go źródło światła (dioda LED) i soczewka skupiająca z jednej strony tarczy oraz detektor (fotodioda) po drugiej stronie.

Tarcza zamontowana jest na wale i gdy się wraz z nim obraca, przecina promienie świetlne, które są blokowane przez nieprzezroczyste pola podziałki lub, przenikając przez płytkę, padają na fotodetektor. W zależności od ilości światła docierającego do elementu światłoczułego zmienia się natężenie jego prądu wyjściowego. Sygnał wyjściowy enkodera ma w efekcie postać ciągu impulsów zero-jedynkowych, które są zliczane w układzie elektronicznym przetwornika.

Odnosząc uzyskany w ten sposób wynik do liczby impulsów przypadających na jeden pełny obrót, można wyznaczyć kąt obrotu. Jeżeli na przykład 1000 impulsów odpowiada obrotowi o 360° , to każdy zliczony impuls oznacza obrót wału o $0,36^\circ$. By móc określić kierunek ruchu układ optyczny uzupełnia się o drugi detektor, dzięki któremu uzyskuje się dwa ciągi impulsów przesunięte w fazie (sygnał kwadraturowy). Na podstawie analizy tego, który z nich jest opóźniony, wyznacza się kierunek obrotu. Zasadnicza różnica między enkoderami inkrementalnymi i absolutnymi dotyczy rodzaju generowanego przez nie sygnału wyjściowego. W pierwszym przypadku jest to sygnał impulsowy, natomiast w przetwornikach absolutnych wynik pomiaru ma postać słowa kodowego.



<http://automatykab2b.pl>

Enkodery optyczne



Więcej na: <http://automatykab2b.pl/tematmiesiaca/4588-ekodery-do-zadan-specjalnych?showall=1#.VoozrFIIZSs18>
http://www.globalspec.com/learnmore/sensors_transducers_detectors/encoders_resolvers/rotary_encoders

Wady i ograniczenia enkoderów

Najczęstszą przyczyną awarii przetworników optycznych jest rozszczelnienie obudowy, przez które do wnętrza przetwornika przedostają się zanieczyszczenia. Po przeniknięciu do środka unoszą się one wewnątrz, z czasem osiadając na elementach układu pomiarowego. W przypadku oblepienia nimi tarczy, diod lub fotodetektorów przepływ światła między jego źródłem i odbiornikiem zostaje zakłócony, a w efekcie wyniki pomiaru mogą zostać zafałszowane.

Newralgicznym elementem **enkoderów** optycznych jest też tarcza z podziałką. Dla uzyskania dokładnych i poprawnych wyników pomiarów ważne jest, aby dzielił ją odpowiedniej szerokości odstęp od źródła oraz odbiornika światła (typowo poniżej 0,5 mm). W wyniku wstrząsów oraz uderzeń w obudowę przetwornika tarcza może się jednak przesunąć, dodatkowo ulegając też uszkodzeniu - na przykład pęknięciu, stłuczeniu lub porysowaniu.

Ekstremalnie niskie i wysokie temperatury oraz zaburzenia elektromagnetyczne emitowane przez urządzenia pracujące w pobliżu **enkodera** mogą z kolei negatywnie wpływać na działanie półprzewodnikowych komponentów układu pomiarowego przetwornika, układów elektronicznych przetwarzających sygnał z fotodetektorów oraz okablowania, którym jest on przesyłany dalej. Problemem w przypadku **enkoderów** optycznych - podobnie jak i innych typów przetworników z łożyskami - są też duże obciążenia mechaniczne. Jeżeli zostanie przekroczona ich maksymalna dopuszczalna wartość, m.in. skróceniu może ulec czas użytkowania łożysk.

<http://automatykab2b.pl>



Enkoder inkrementalny



Enkoder absolutny

Enkodery magnetyczne

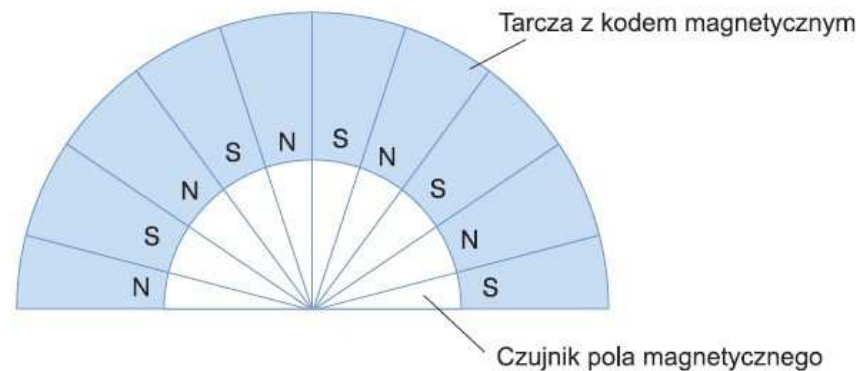
Część problemów, jakie występują w przypadku **enkoderów** optycznych, można wyeliminować, stosując wersje magnetyczne. Dwa najważniejsze komponenty przetworników tego typu to wirująca tarcza z kodem naniesionym magnetycznie oraz czujnik, który mierzy zmiany pola magnetycznego zachodzące w jego otoczeniu (rys. 4).

Najczęściej wykorzystywane są dwa rodzaje sensorów: czujniki Halla oraz czujniki magnetorezystancyjne. W pierwszym wypadku zmiana pola magnetycznego wykrywana jest na podstawie zmiany napięcia czujnika, natomiast w sensorach magnetorezystancyjnych na podstawie zmiany rezystancji elementu pomiarowego. Czujniki wykorzystujące efekt Halla są tańsze, ale nie zapewniają tak dużej precyzji pomiarów jak sensory magnetorezystancyjne.

Dopóki między tarczą z kodem magnetycznym a czujnikiem nie znajdzie się element ferromagnetyczny, jakiegokolwiek inne zanieczyszczenia nie wpływają na dokładność pomiarów. Dzięki temu **enkodery** tego typu są w porównaniu do optoelektronicznych znacznie wytrzymalsze na kurz, zabrudzenia, pyły i wilgoć, które przenikają przez obudowę.

Ponadto mogą one pracować w szerokim zakresie temperatur - nawet od -40 do $+100^{\circ}\text{C}$ - dla porównania typowy zakres pracy **enkoderów** optycznych wynosi od 0°C do $+70^{\circ}\text{C}$. Nie ma też zagrożenia uszkodzenia tarczy w wyniku wibracji, uderzeń i wstrząsów.

To ostatnie wynika stąd, że tarcze są wykonywane z wytrzymalszych materiałów niż w enkoderach optycznych. Poza tym przerwa dzieląca tarczę i czujnik jest znacznie większa - może mieć nawet kilka milimetrów. Dzięki temu **enkodery** magnetyczne charakteryzuje większe dopuszczalne obciążenie wału.



Enkoder magnetyczny



Enkodery linkowe - firmy Posital wyposażone są w drut Wiegenda, który umożliwia wielobrotowy pomiar absolutny bez potrzeby stosowania zasilania bateryjnego. Urządzeniami do pomiaru drogi, na które warto zwrócić szczególną uwagę, są też z całą pewnością przetworniki linkowe.

Enkoder z kołami do pomiaru odległości



<http://www.wobit.com.pl>

Systemy pomiarowe z impulsowymi przetwornikami obrotowymi mogą być stosowane do pomiaru długości produkowanego materiału na liniach technologicznych. Do systemu pomiarowego można zaimplementować przetworniki z kołem pomiarowym np. z serii [ENC](#) lub [MWK](#). Dzięki zintegrowanemu ramieniu pozwala na zamontowanie go nad linią technologiczną. Przetwornik opiera się wtedy kołem pomiarowym na mierzonym materiale i dociska bieżnię koła ciężarem całego enkodera z ramieniem.

Innym zastosowaniem systemu pomiarowego opartego o [moduł pomiarowy ADE4U](#) jest pomiar przewijanego materiału z roli. W zależności od użytego enkodera system może zostać wykorzystany do pomiaru względnej długości materiału oraz sterowania procesem cięcia na określone odcinki (np. rolek papy, papieru, szkła, tektury, drewna, profili plastikowych, metalowych), a nawet zliczania dziennej produkcji czy wydajności maszyny produkcyjnej.

Potencjometry obrotowe (zmiana oporności w funkcji kąta obrotu)

potencjometry jedno lub wieloobrotowe charakteryzują się szerokim zakresem rezystancji.

Wykonane są w technologii drutowej oraz z tworzywem przewodzącym i są wyposażone zazwyczaj w łożysko ślizgowe.

Dobrej jakości potencjometry zamknięte są w obudowie z tworzywa i mają wysoki stopień ochrony IP65.



Np. dane potencjometru jednoobrotowego MP21

technologia wykonania: Plastik przewodzący.

Kąt elektryczny [°]: 320+/-5

Zakres rezystancji [W]: 1k...50k

Tolerancja rezystancji [%]: 15

Tolerancja liniowości [%]: 1

Obciążenie [W]: 0,8

Mocowanie: Nakrętka+podkładka.

Łożyskowanie: Łożyska ślizgowe.

Żywotność (liczba cykli): **10*10⁶**

<http://www.wobit.com.pl>