

5.3.1.2 Sensory indukcyjne

Zasadę przetwarzania stosowaną w indukcyjnych sensorach analogowych i binarnych omówiono w rozdz. 5.2.3.

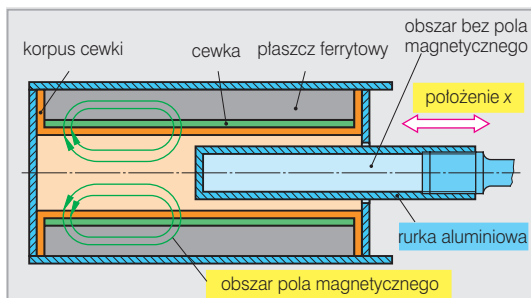
Sygnal **sensora położenia z rdzeniem ferrytowym (rys. 2)**, włączonego do układu mostkowego, zależy od położenia (wielkości mierzonej) rdzenia względem cewek uzwojenia (w tym przypadku różnicowego). W położeniu środkowym impedancje w obu uzwojeniach są jednakowe i mostek jest zrównoważony. Po przesunięciu rdzenia, np. w lewo, wzrasta indukcyjność lewego uzwojenia, a maleje prawego. Impedancje uzwojeń się różnią, mostek jest niezrównoważony proporcjonalnie do przemieszczenia x rdzenia.

Układ przetwarzania sygnału mostka przemiennego zawiera elementy do zrównoważenia modułu i fazy (dla ustawienia punktu zerowego w punkcie pracy): wzmacniacz, generator częstotliwości nośnej (zwykle 5 kHz), demodulator o działaniu prostującym oraz filtr dolnoprzepustowy.

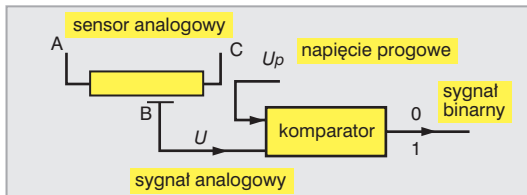
Zmieniające się położenie x (rys. 3a) pośrednio moduluje amplitudę napięcia poprzecznego U_x mostka (rys. 3b), które podlega demodulacji przez odwrócenie fazy każdego parzystego odchylenia (rys. 3c). Po przejściu przez filtr dolnoprzepustowy (silnie tłumiący wyższe harmoniczne) otrzymuje się sygnał wyjściowy U_x proporcjonalny do przebiegu zmian położenia x .

Skutki działania prądów wirowych wykorzystuje się m.in. w **sensorach o zmiennej indukcyjności własnej (rys. 4)**.

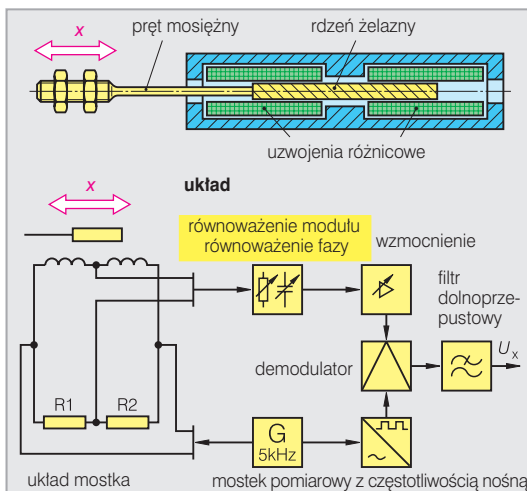
W cewkę, zasilaną prądem przemiennym o częstotliwości ok. 100 kHz, wsuwa się rurkę aluminiową. Wytworzone pole magnetyczne wywołuje w zewnętrznej warstwie rurki prądy wirowe, które usuwają pole magnetyczne w obszarze zanurzenia rurki. Indukcyjność, a zatem i impedancja, zależy od obszaru, w którym istnieje pole magnetyczne, a więc zależy od położenia x rurki.



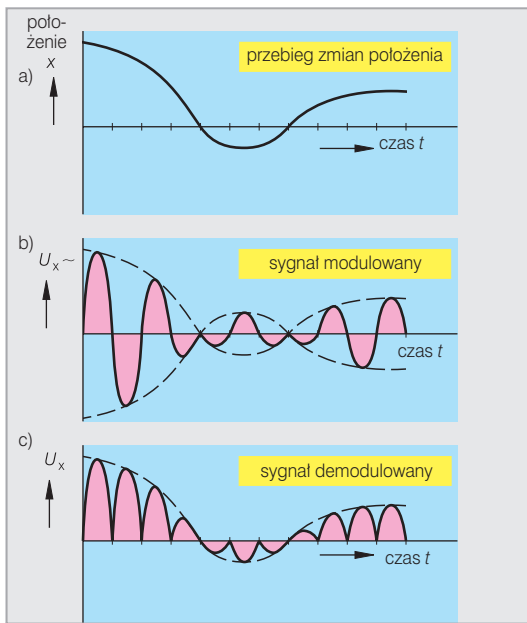
Rys. 4. Sensor położenia o zmiennej indukcyjności własnej



Rys. 1. Schemat binarnego potencjometrycznego sensora położenia



Rys. 2. Indukcyjny sensor położenia wraz z układem przetwarzania



Rys. 3. Przebiegi w układzie przetwarzania indukcyjnego sensora położenia: a) zmiana położenia, b) sygnał modulowany, c) sygnał demodulowany

Rozpowszechnione są **sensory transformatorowe – różnicowe (rys. 1)**.

Posiadają one jedno uzwojenie pierwotne i dwa przeciwobnie podłączone uzwojenia wtórne.

Napięcia wyjściowe U_{21} i U_{22} (rys. 2) są prostowane i gdy rdzeń zajmuje położenie symetryczne względem uzwojeń, to powodują one dwa równe co do wartości, lecz przeciwnie skierowane prądy I_{21} i I_{22} , a więc nie wywołujące reakcji wskaźnika prądu. Przy innych położeniach rdzenia różnica prądów jest proporcjonalna do przemieszczenia x . Sensor uzupełnia, podobny do uprzednio omówionego, układ elektroniczny (generator, wzmacniacz, demodulator, filtr).

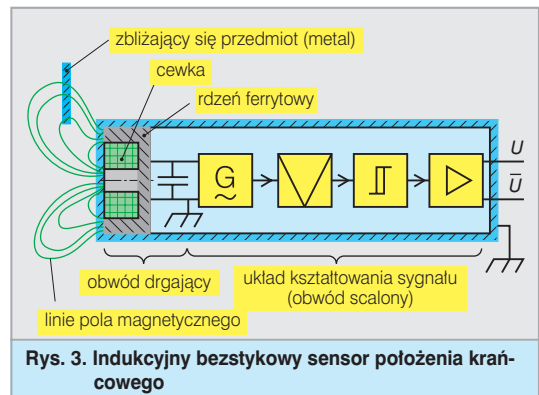
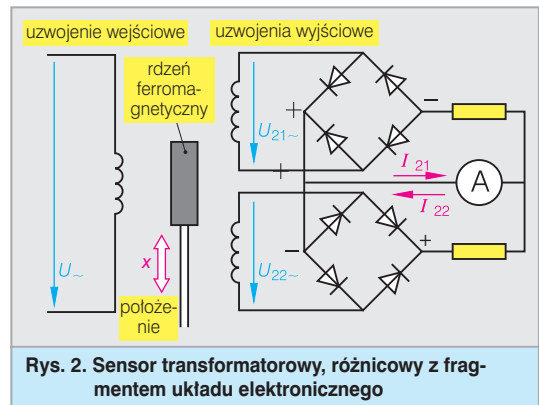
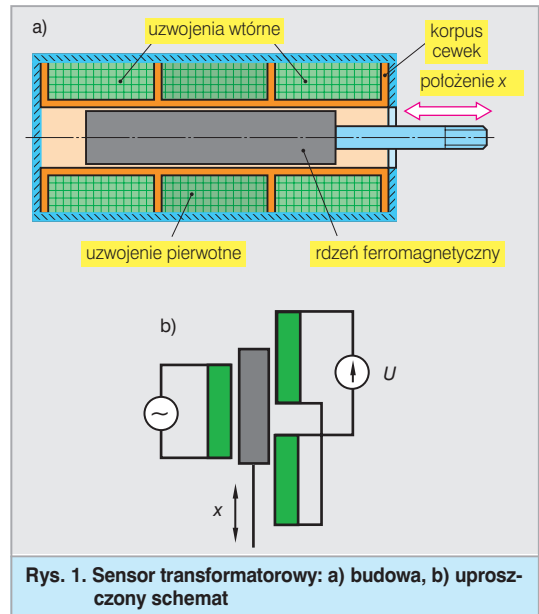
Sensory tego typu mogą być zasilane również napięciem stałym. Ma to często miejsce w silnie zintegrowanych układach pomiarowych.

Po dołączeniu komparatora uzyskuje się, podobnie jak uprzednio, łatwo nastawialny wyłącznik krańcowy.

W **indukcyjnych bezstykowych sensorach binarnych (rys. 3)** wykorzystuje się zmianę tłumienia i impedancji obwodu drgającego spowodowaną zakłóceniem pola magnetycznego przez elektrycznie lub magnetycznie przewodzący przedmiot.

Cewka jest indukcyjną częścią obwodu pobudzonego z generatora do drgań z częstotliwością kilku kHz. Wywołane metalowym przedmiotem prądy wirowe silnie tłumią amplitudę. Zmniejszenie amplitudy poniżej określonego poziomu jest wykrywane przez układ elektroniczny (demodulator, przerzutnik Schmitta działający jak przelaznik progowy) i przetwarzane na dwa wzajemnie zanegowane sygnały dwuwartościowe (U , \bar{U}).

Straty wywołane prądami wirowymi zależą m.in. od oporności właściwej i przenikalności magnetycznej przedmiotu zbliżanego do sensora, jego geometrycznych kształtów oraz częstotliwości drgań generatora. Niezwykle ważną wielkością jest odległość przedmiotu od aktywnej powierzchni sensora (rys. 4).



Orientacyjnie przyjmuje się, że odległość s_a wynosi około połowy średnicy aktywnej powierzchni i że w tym zakresie sensor jest na pewno włączony. Podawana w opisie technicznym sensora znamionowa odległość przełączania s_n jest tylko wartością klasyfikującą dany egzemplarz do pewnej grupy wyrobów, bowiem nie uwzględnia jego indywidualnych właściwości oraz wpływu otoczenia. Wartość realną s_r ustala się przy stałej temperaturze, określonych warunkach zasilania oraz rozrzutu właściwości w danej serii (DIN EN 50010 i 50032). Przyjmuje się orientacyjnie, że

$$0,95 s_n \leq s_r \leq 1,1 s_n.$$

Sensor powinien zapewnić użyteczną odległość przełączania s_u przy zmianach napięcia zasilania $85 \div 110 \%$ oraz temperatury $-25 \div 70^\circ\text{C}$.

Przyjmuje się, że

$$0,81 s_n \leq s_u \leq 1,21 s_n.$$

Wartości wszystkich wymienionych odległości określono dla przedmiotu ze stali St37 o wymiarach według DIN EN 50010. Dla innych przedmiotów trzeba stosować trudne do dokładnego określenia poprawki. Trudności wynikają m.in. z rozrzutu właściwości danego materiału. To jest powodem, że współczynniki korekcyjne zmieniają się w bardzo szerokich granicach (**rys. 1**).

Powyższe uwagi odnoszą się do prostokątnego (wzdłuż osi y) zbliżania przedmiotu do aktywnej powierzchni sensora. Częściej jest on zbliżany równolegle (wzdłuż osi x) i wówczas punkty przełączania wyznacza się z przebiegu krzywych wyznaczonych dla danego typu sensora (**rys. 2**).

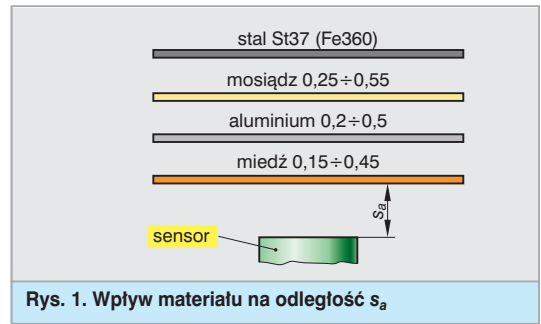
Przy zmianach temperatury $-25 \div 70^\circ\text{C}$ charakterystyczne odległości zmieniają się o ok. $\pm 10\%$, bo np. wzrost temperatury pogarsza dobroć cewki, a tym samym obniża amplitudę drgań obwodu.

Przy montażu sensorów bezstykowych zaleca się, aby:

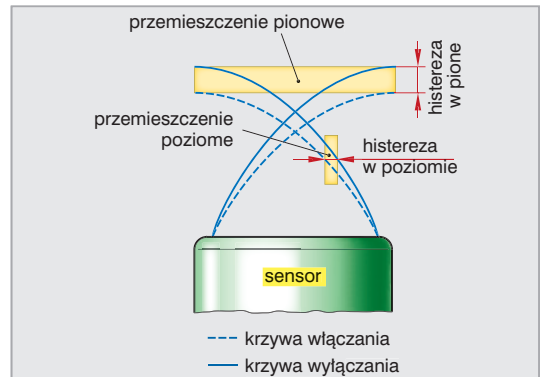
- odległość między sensorem a przedmiotem wynosiła ok. $0,5 s_a$,
- powierzchnia aktywna była na poziomie płaszczyzny mocowania (**rys. 3**),
- zachowane były zalecane odległości między sensorami zabudowanymi (Z) i wolnostojącymi (W) a metalowymi powierzchniami w otoczeniu sensorów,
- przewody łączące nie były „łamane” w trakcie ruch zespołów.

„Wolnostojące” sensory mają większy zakres działania (większe odległości s_a), bowiem brak wstępnego tłumienia spowodowanego wpływem otoczenia powoduje, że do osiągnięcia poziomu przełączania wystarcza mniejszy poziom energii.

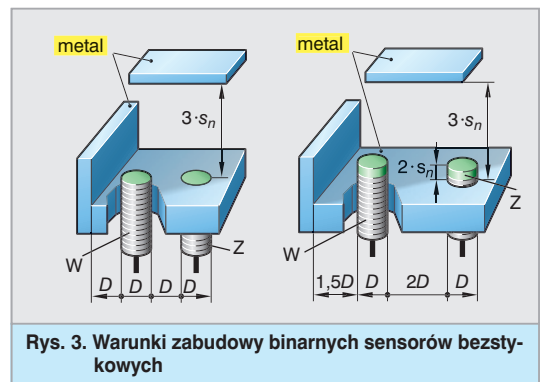
Każdy typ binarnego sensora charakteryzuje się swoją maksymalną częstotliwością przełączania, która wzrasta wraz ze wzrostem częstotliwości generatora i maleje ze wzrostem średnicy sensora.



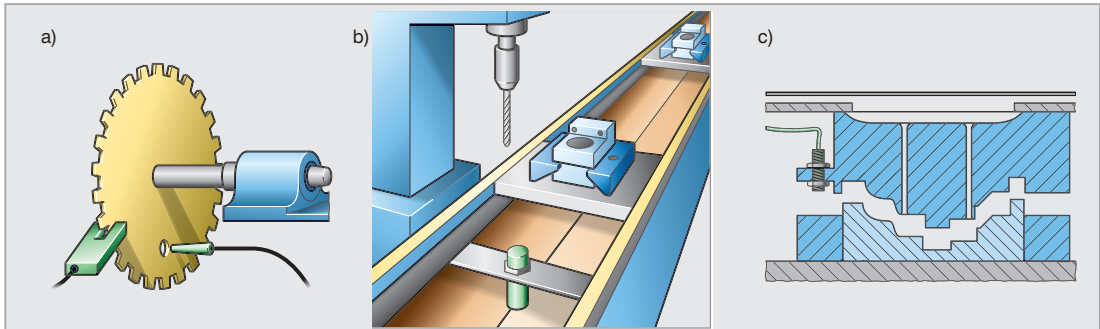
Rys. 1. Wpływ materiału na odległość s_a



Rys. 2. Krzywe przełączania



Rys. 3. Warunki zabudowy binarnych sensorów bezstykowych



Rys. 1. Zastosowanie sensorów binarnych dla: a) określenia prędkości obrotowej, b) zliczania detali, c) pomiaru odległości w strefach zagrożenia

Do zalet indukcyjnych, bezstykowych sensorów binarnych należy:

- duża pewność działania przy sporadycznym lub częstym przełączaniu,
- wysoka częstotliwość działania (do 5 kHz),
- zabrudzenia niemetaliczne lub wilgoć nie wpływają na dokładność przełączenia,
- znikomy pobór energii (technika dwuprzewodowa),
- niski koszt, np. w porównaniu z optycznymi sensorami,
- wysoka dokładność przełączania (poniżej 0,01 mm).

Wady to:

- wykrywane są tylko metale i grafit,
- małe odległości działania.

Sensory binarne są stosowane w wielu procesach technologicznych (rys. 1), na przykład do:

- określania kąta obrotu, ew. prędkości obrotowej (rys. 1a),
- sygnalizacji położenia oraz zliczania obrabianych taśmowo detali (rys. 1b),
- pomiarów w strefach zagrożenia (rys. 1c).

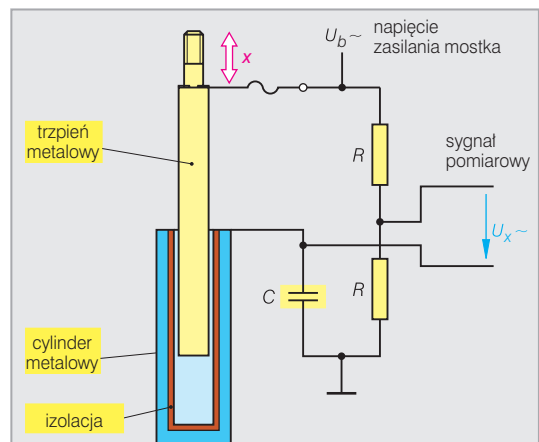
5.3.1.3 Sensory pojemnościowe

Zasada przetwarzania sensorów pojemnościowych została omówiona w rozdz. 5.2.4.

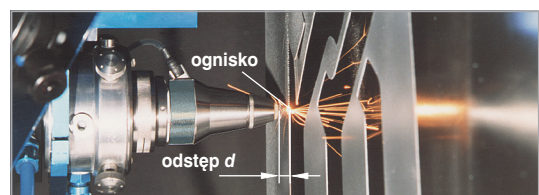
Zaletą tego typu analogowych sensorów jest ich wysoka czułość i przydatność do szybkich pomiarów. Wadą jest to, że nadają się w zasadzie do pomiaru małych przemieszczeń, chociaż używane są też sensory pojemnościowe o znacznych zakresach pomiarowych (rys. 2). W takich sensorach, zwanych rurowymi, elektrody tworzą: rura i trzpień, którego położenie x jest wielkością mierzoną.

Często spotykane są układy, w których jedną z elektrod jest „narzędzie”, a drugą obrabiany, uziemiony detal. Przykładem jest pomiar odległości d podczas cięcia laserowego (rys. 3).

Charakterystyka sensora o „tradycyjnym” działaniu, tj. o prostokątnym zbliżaniu przedmiotu do powierzchni aktywnej, ma przebieg bardzo niekorzystny dla celów praktycznych (rys. 1 na następnej stronie).



Rys. 2. Pojemnościowy, rurowy sensor położenia



Rys. 3. Zastosowanie sensora pojemnościowego w procesie cięcia laserowego