

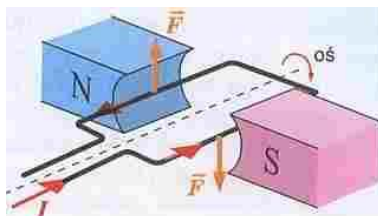
Moduł 1

Budowa i zasada działania urządzeń i systemów mechatronicznych

1. Silniki elektryczne
2. Przetworniki pomiarowe
3. Sensory

1. Silniki elektryczne

Działanie silnika elektrycznego oparte jest na wykorzystaniu prawa fizyki, które mówi, że na przewód, w którym płynie prąd elektryczny umieszczony w polu magnetycznym działa siła elektrodynamiczna mogąca wprowadzić go w ruch.



Rys. 1.1. Powstawanie siły na przewód z prądem
Źródło: www.wikipedia.pl

Wartość siły działającej na przewód obliczamy z zależności:

$$F = B \cdot I \cdot l$$

F - siła działająca na przewód umieszczony w polu magnetycznym w niutonach N

B - indukcja magnetyczna wytworzona przez bieguny N i S stojana w teslach T

I - natężenie prądu elektrycznego płynącego w przewodzie w amperach A

l - długość przewodu objęta polem magnetycznym w metrach m

Silniki składają się z nieruchomego stojana oraz wirnika. Stojan ma za zadanie wytwarzać strumień magnetyczny i dlatego nazywany jest często magneśnicą. W wirniku tworzy się siła elektromotoryczna i dlatego nosi on nazwę twornika. Twornik to uzwojenie silnika elektrycznego lub prądnicy, w którym indukuje się siła elektromotoryczna na skutek względnego ruchu tego uzwojenia i pola magnetycznego wytworzonego przez odrębne uzwojenie wzbudzenia. W tworniku zachodzi przemiana energii elektrycznej na mechaniczną (silnik) lub mechanicznej na elektryczną (prądnica).

1.1. Silnik prądu stałego

Stojan składa się z korpusu, do którego od wewnętrznej strony przymocowany jest zespół elektromagnesów głównych i (w niektórych silnikach) pomocniczych zakończony nabiegunnikami. Nabiegunniki służą do odpowiedniego rozłożenia indukcji magnetycznej. Na rdzeniu biegunów głównych umieszczone są cewki uzwojenia wzbudzenia.

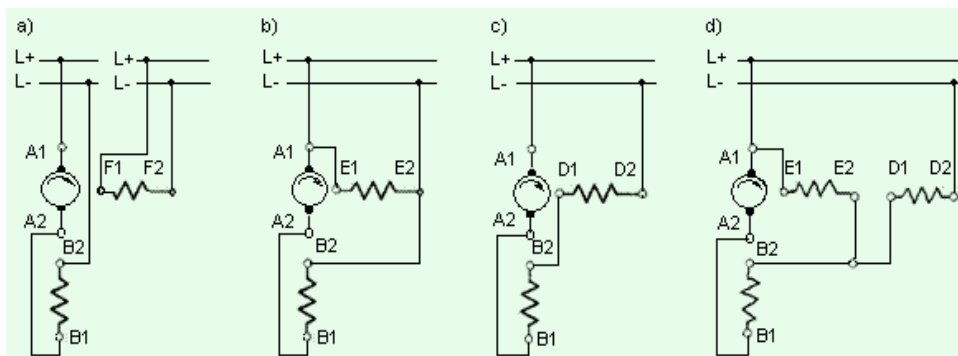
Aby silnik prądu stałego mógł działać należy doprowadzić napięcie do zacisków twornika ze źródła napięcia. Jednocześnie należy zapewnić zasilenie uzwojenia wzbudzenia w celu wytworzenia pola magnetycznego stojana. W wyniku wzajemnego współdziałania prądu płynącego w wirniku oraz pola magnetycznego stojana pojawia się siła działająca na wirnik i wprowadzająca go w ruch obrotowy.

Uzwojenie wzbudzenia może być zasilane z obcego źródła lub też połączone szeregowo albo równoległe z uzwojeniem wirnika.

Ze względu na sposób podłączenia uzwojeń silniki prądu stałego dzielą się na:

- obcowzbudne a),
- szeregowe b),

- bocznikowe c),
- szeregowo-bocznikowe d).



Rys. 1.2. Rodzaje połączeń silników prądu stałego: a) obcowzbudnego, b) bocznikowego, c) szeregowego, d) bocznikowo-szeregowego.

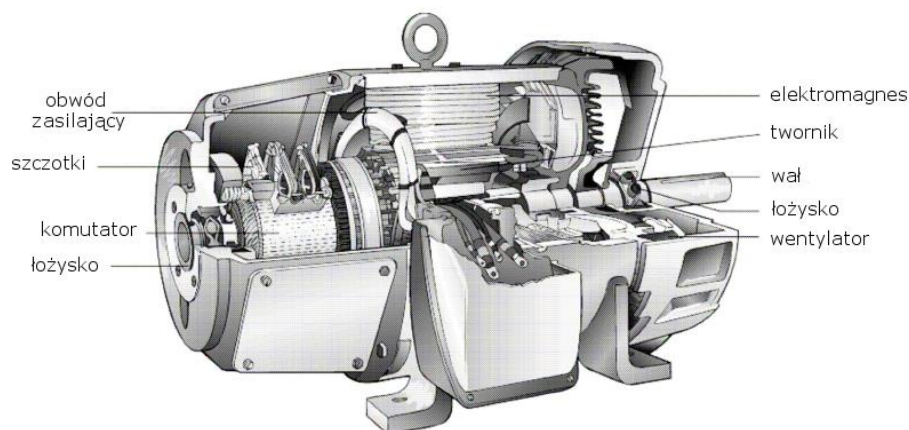
Źródło: <http://www.aguria.pun.pl/viewtopic.php?id=730>

Oznaczenia zacisków i końcówek uzwojeń (początek - koniec):

- uzwojenie twornika - A1 - A2,
- uzwojenie biegunów komutacyjnych - B1 - B2,
- uzwojenie kompensacyjne - C1 - C2,
- uzwojenie wzbudzające szeregowe - D1 - D2,
- uzwojenie wzbudzające bocznikowe - E1 - E2,
- uzwojenie obcowzbudne - F1 - F2,
- uzwojenie pomocnicze w osi podłużnej - H1 - H2,
- uzwojenie pomocnicze w osi poprzecznej - I1 - I2.

Uzwojenie biegunów komutacyjnych (pomocniczych) połączone jest szeregowo na stałe z twornikiem, a punkt połączenia nie jest wyprowadzony na zewnątrz silnika. Po podłączeniu silnika do zasilania, poprzez szczotki i uzwojenie wirnika płynie prąd. Uzwojenie to znajduje się w polu magnetycznym uzwojenia stojana, które oddziałując siłą elektrodynamiczną na pręty uzwojenia twornika powoduje wprowadzenie wirnika w ruch obrotowy.

Jest to oczywiście bardzo uproszczony schemat. Budowę rzeczywistego silnika prądu stałego przedstawia poniższy rysunek.



Rys. 1.3. Budowa silnika prądu stałego

Źródło: <http://www.portal.pemp.pl/efektywnosc-energetyczna/roboczy/silnikdc.jpg>

Wirnik zbudowany jest z rdzenia osadzonego na obrotowej osi zwanej wałem silnika. Rdzeń stanowi zespół izolowanych blach ze stali krzemowej o grubości 0,5 mm. Na zewnętrznej części rdzenia wycięte są żłobki, w których ułożone są uzwojenia twornika. Końce cewek tworzących uzwojenie twornika przyłącza się do odpowiednich wycinków komutatora - zespołu metalowych płytek umieszczonych na wirniku. Do komutatora przylegają (grafitowe lub metalowe) szczotki, za pomocą których odbywa się połączenie między wirującym twornikiem, a nieruchomymi zaciskami silnika. Szczotki umieszczone są w specjalnych trzymaczach szczotkowych i dociskane są do komutatora za pomocą sprężyn.

1.2. Silniki prądu przemiennego

Ze względu na sposób wykonania obwodów elektrycznych wirnika i stojana, liczbę faz sieci zasilającej oraz zakres parametrów znamionowych, silniki indukcyjne można podzielić na:

- silniki synchroniczne,
- silniki indukcyjne (asynchroniczne):
 - a) z wirnikiem klatkowym,
 - a. zwykłym,
 - b. głębokożłobkowym,
 - c. dwuklatkowym,
 - b) z wirnikiem pierścieniowym,
- silniki komutatorowe:
 - a) jednofazowe,
 - b) trójfazowe.

Silniki synchroniczne - są to silniki trójfazowe o mocach od kilku kW do kilku MW i stałej prędkości obrotowej w granicach 500÷1500 obr./min (wyjątkowo 3000 obr./min), niezależnej od obciążenia i napięcia zasilającego. Stosowane są rzadko, głównie w napędach o specjalnej charakterystyce, takich jak: pompy, wentylatory i kompresory. Jako maszyny synchroniczne znajdują głównie zastosowanie jako generatory elektroenergetyczne.

Głównymi elementami silników synchronicznych są:

- stojan z uzwojeniem trójfazowym,
- wirnik jednobiegunowy lub cylindryczny z uzwojeniem wzbudzania oraz z klatką rozruchową.

Silniki indukcyjne (asynchroniczne) są powszechnie stosowane do napędu urządzeń o nieregulowanej prędkości obrotowej. Występują najczęściej jako silniki o wirnikach klatkowych (zwartych), o mocy od kilku watów do kilkuset kilowatów, na napięcie znamionowe od 0,4 do 6 kV.

Zasadniczymi elementami silnika klatkowego są:

- stojan z umieszczonym wewnątrz pakietem blach krzemowych i uzwojeniem usytuowanym w żłobkach,
- wirnik stanowiący pakiet blach, z uzwojeniem w postaci klatki (pręty i pierścienie z aluminium).

Silniki z wirnikami uzwojonymi, zwane silnikami pierścieniowymi, są budowane w zakresie mocy od około 2 kW do kilku MW przy takich samych napięciach zasilania. Silnik pierścieniowy różni się tym od silnika klatkowego, że w żłobkach wirnika posiada trójfazowe uzwojenie, których końce są zwarte, a początki wyprowadzone są do pierścieni ślizgowych. Na pierścieniu umieszczone są szczotki, które umożliwiają połączenie obracającego się uzwojenia wirnika z rozrusznikiem lub regulatorem prędkości obrotowej. W silnikach pierścieniowych, które przeznaczone są do pracy bez regulacji prędkości obrotowej, wbudowane są urządzenia do zwierania pierścieni i unoszenia szczotek.

Silniki indukcyjne trójfazowe

Stojan silnika indukcyjnego składa się z korpusu stanowiącego obudowę maszyny oraz rdzenia umieszczonego wewnątrz korpusu. Korpus może być spawany lub odlewany z żeliwa. Do korpusu przymocowane są boczne tarcze łożyskowe z łożyskami, w których jest osadzony wał wirnika. W rdzeniu stojana, wykonanym z blach żelazo-krzemowych odizolowanych od siebie, znajdują się wycięcia nazywane żłobkami, w których umieszczone są uzwojenia.

Po przyłączeniu silnika do trójfazowej sieci zasilającej, przez poszczególne uzwojenia stojana położone względem siebie o 120° , płyną prądy przemienne przesunięte względem siebie również o 120° . Pod wpływem tych prądów powstaje strumień magnetyczny przechodzący przez uzwojenie wirnika oraz przez szczelinę powietrzną między nimi. Strumień ten ma praktycznie stałą wielkość i wiruje wokół osi silnika ze stałą prędkością obrotową (kątową) nazywaną prędkością synchroniczną.

Przesunięcie pól magnetycznych powoduje oddziaływanie między nimi, a tym samym wirnik silnika zaczyna się obracać.

Synchroniczną prędkość obrotową określa się wzorem:

$$n_1 = \frac{60 \cdot f}{p} \left[\frac{\text{obr}}{\text{min}} \right]$$

f - częstotliwość napięcia zasilającego w hercach Hz

p - ilość par biegunów silnika

Silniki indukcyjne jednofazowe

Silniki jednofazowe składają się ze stojana i wirnika. Zasadniczą różnicą jest sposób działania, a szczególnie rozruchu.

Silnik jednofazowy posiada jedno uzwojenie wzbudzenia i do wprowadzenia w ruch wirnika potrzebne jest dodatkowe uzwojenie rozruchowe. W silnikach z jednym uzwojeniem fazowym pole magnetyczne jest polem przemennym, a nie polem wirującym, które gwarantuje samoczynny rozruch silnika. Z tej przyczyny, aby wytworzyć pole wirujące, w żłobkach stojana umieszcza się dodatkowe uzwojenie, które nazywa się rozruchowym lub pomocniczym. Prąd w fazie rozruchowej musi być przesunięty w fazie względem prądu w uzwojeniu głównym. Celem wprowadzenia silnika w ruch obrotowy należy wymóc przesunięcie tych prądów. Realizuje się to poprzez zastosowanie uzwojenia rozruchowego typu rezystancyjnego lub z kondensatorem w fazie rozruchowej.

2. Przetworniki pomiarowe

W urządzeniach i systemach mechatronicznych mamy cały czas do czynienia z różnego rodzaju wielkościami fizycznymi, które podlegają pomiarom, są w różny sposób przekształcane i wyświetlane. Sygnały przedstawiające te wielkości fizyczne mogą być przedstawiane w sposób ciągły lub dyskretny.

Do wielkości ciągłych należą np. ciśnienie, napięcie elektryczne, natężenie prądu elektrycznego, temperatura czy strumień magnetyczny. Charakteryzują się tym, że w każdym, nawet najmniejszym przedziale czasowym wielkości te przyjmują określoną, skończoną wartość. Mówimy, że mamy do czynienia z wielkościami analogowymi.

W sposób dyskretny przedstawiane są natomiast sygnały cyfrowe. W tym przypadku zmiany wielkości fizycznej zapisywane są w postaci ciągów liczb odnoszących się do skończenia małych jednostek czasu zwanych przedziałami próbkowania.

Przedstawiając obrazowo można posłużyć się przykładem zapisu dźwięku na płytach CD lub w postaci plików MP3. Dźwięk jest falą akustyczną będącą sygnałem analogowym. Możemy w prosty sposób spróbować zobaczyć postać jego przebiegu stosując gitarę z odpowiednim przetwornikiem dźwięku lub najprościej po prostu zwykły mikrofon. Przetwornik podłączamy do oscyloskopu i po uderzeniu w struny na ekranie oscyloskopu pojawia się przebieg będący obrazem sygnału analogowego.

Chcąc zapisać treść utworu muzycznego na płycie CD, trzeba poddać go obróbce w odpowiednim urządzeniu elektronicznym. Należy przekształcić sygnał analogowy na sygnał dyskretny, czyli ciąg zer i jedynek będący cyfrowym odpowiednikiem sygnału analogowego.

Potrzeba konwersji analogowo cyfrowej A/C pojawia się w przypadku potrzeby dopasowania tych sygnałów w układach elektroniki cyfrowej, które operują tylko na sygnałach cyfrowych. Aby tego dokonać należy użyć układów pośredniczących, czyli przetworników pomiarowych.

Przetwornik pomiarowy jest urządzeniem realizującym określony cykl działań w określonej kolejności:

- pomiar wielkości fizycznej dla danego procesu pomiarowego, realizowany poprzez odpowiednio dobrany czujnik przetwornika pomiarowego,
- przekształcenie sygnału w odpowiednie pośrednie sygnały elektryczne przy użyciu różnego rodzaju przekształtniki i wzmacniacze sygnałów,
- zaprezentowanie fizycznego sygnału zmierzonego w takiej postaci, aby był on do zaakceptowania przez człowieka lub następny człon systemu sterowania (np. dopasowany do potrzeb sterowania mikroprocesorowego).

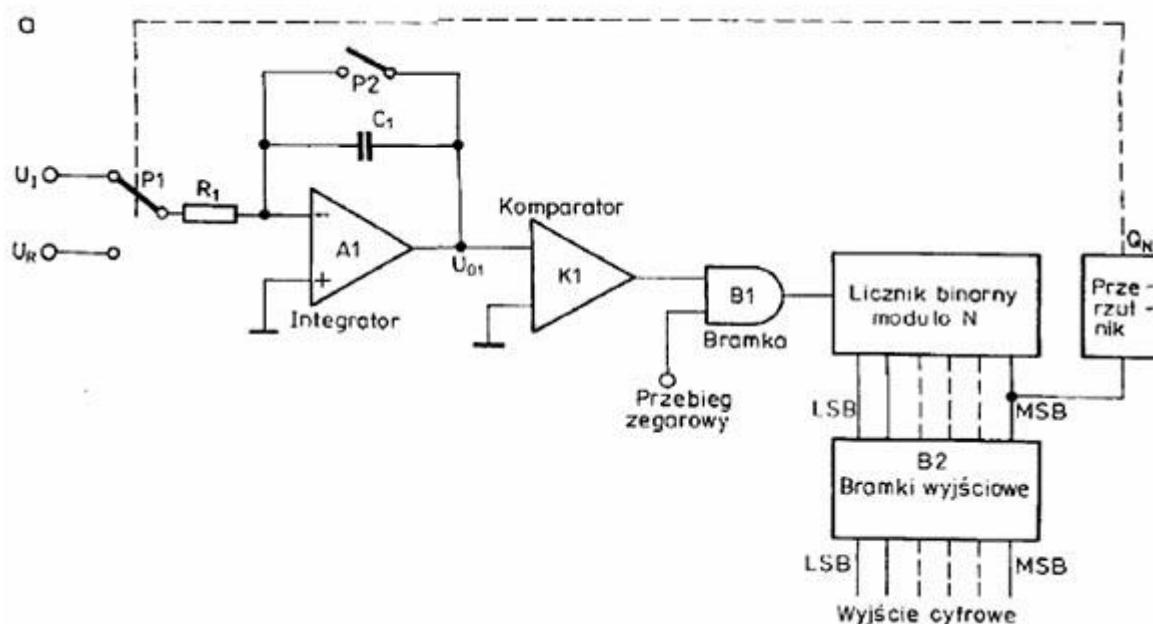
W zależności od postaci sygnałów rozróżniamy kilka rodzajów przetwarzania sygnałów:

- analogowo-analogowe (A/A) — przetwarzające sygnał wejściowy analogowy na sygnał wyjściowy również analogowy (np. przekładnik napięciowy transformujący napięcie wysokie na niskie, przetwornik pomiarowy ciśnienia na prąd elektryczny),
- analogowo-cyfrowe (A/C) — przetwarzające sygnał wejściowy analogowy na sygnał wyjściowy cyfrowy (np. przetwornik pomiarowy prądu elektrycznego na sygnał cyfrowy w kodzie dwójkowym),
- cyfrowo-analogowe (C/A) — przetwornik pomiarowy o działaniu odwrotnym niż przetwornik pomiarowy a/c,

- cyfrowo-cyfrowe (C/C) — przetwarzające sygnał wejściowy cyfrowy na sygnał wyjściowy cyfrowy (np. przetwornik pomiarowy sygnału w kodzie dwójkowym na sygnał w kodzie dziesiętnym).

Większość przetworników pomiarowych stanowią przetworniki pomiarowe elektryczne, czyli takie, w których przynajmniej jeden z sygnałów (wejściowy lub wyjściowy) jest sygnałem elektrycznym. Dzieli się one na przetworniki pomiarowe sygnałów elektrycznych na elektryczne (np. napięcia przemiennego na natężenie prądu stałego) i przetworniki pomiarowe sygnałów nieelektrycznych na elektryczne (np. przetworniki fotoelektryczne, termoelektryczne, rezystancyjne, położenia).

W dużym uproszczeniu budowę przetwornika A/C obrazuje poniższy schemat.



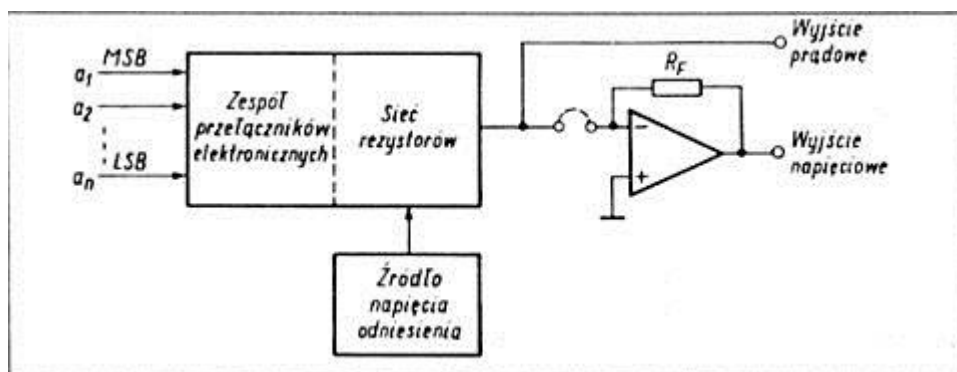
Rys. 1.4. Budowa przetwornika A/C

Źródło: <http://www.heilig.up.krakow.pl/img/cwiczenie1/rys4.jpg>

Proces obróbki sygnału wejściowego przebiega następująco:

- mierzony sygnał analogowy podawany jest na wejście U_R . Integrator to układ dopasowujący parametry sygnałów. Odpowiada za określenie przedziałów pomiarowych sygnałów,
- komparator porównuje wartość sygnału zmierzonego z zakresem wielkości wzorcowych określonych przez integrator,
- bramka B1 i sygnał przebiegu zegarowego przedstawiają blok odpowiedzialny za przeprowadzenie pomiaru w ściśle określonym czasie próbkowania,
- licznik binarny określa ciąg bitów w podanym czasie próbkowania,
- bramki wyjściowe stanowią układ zwiększający obciążalność prądową układu i umożliwiają podłączenie go do dalszych segmentów urządzenia, np. do modułu wyświetlającego wynik pomiaru.

Budowę przetwornika C/A można zilustrować schematycznym rysunkiem poniżej.



Rys. 1.5. Budowa przetwornika C/A

Źródło: <http://img139.imageshack.us/img139/884/przetwornikica1nj6.gif>

Przetwornik C/A działa w sposób następujący:

- sygnał cyfrowy w postaci równoległej podawany jest na wejścia $a_1 \dots a_n$;
- trafia na zespół składający się z szeregowo połączonych rezystorów podłączonych do napięcia odniesienia i przełączników elektronicznych. Układ działa w ten sposób, że w danej chwili zamknięty może być tylko jeden przełącznik. Powoduje to przepływ prądu o ściśle określonej wartości;
- końcowym elementem jest układ umożliwiający otrzymanie sygnału napięciowego z przetwornika.

3. Sensory

Sensory to elementy układów automatyki stanowiące odpowiedniki ludzkich zmysłów. W urządzeniach mechatronicznych są jedynymi instrumentami dostarczającymi informacje do systemu o stanie maszyny lub jej otoczenia. Dlatego w literaturze używa się dla nich zamiennie określenia czujniki. Przetwarzają wielkości fizyczne na sygnały elektryczne „zrozumiałe” dla sterownika, czyli generują takie wartości napięcia lub natężenia prądu, które mogą być podane jako sygnał wejściowy dla mikroprocesora. Sensory mogą mierzyć wielkości sterowane, sterujące lub zakłócenia. Pomiary odbywać się mogą w sposób bezpośredni lub pośredni w oparciu o mniej lub bardziej zaawansowany algorytm pomiarowy. Im układ posiada ich więcej różnego rodzaju czujników, tym dokładniej można nim sterować, ale wiąże się to niestety z większą awaryjnością całego systemu.

Dobrym przykładem jest czujnik położenia wału korbowego w pojeździe samochodowym. Brak sygnału z tego czujnika lub jego uszkodzenie informuje sterownik, że silnik się nie obraca. Mimo, że rozrusznik będzie kręcić wałem korbowym, to nie zadziała pompa paliwa ani cewka zapłonowa nie wygeneruje iskry na świecy zapłonowej. Bez jednego, małego czujnika kierowca nie jest w stanie uruchomić pojazdu. Pozostaje laweta i holowanie do najbliższego warsztatu, który posiada diagnostykę do badania elektroniki pojazdowej.

Sensory można podzielić na kilka grup patrząc na nie pod kątem rodzajów sygnałów elektrycznych, jakie generują. Poziomy napięć i natężenia prądu elektrycznego emitowane przez sensory są znormalizowane i mogą zawierać się w precyzyjnie określonych poziomach.

3.1. Sensory analogowe

Zasada działania sensorów analogowych jest taka, aby dla każdej wartości wielkości mierzonej z zadanego zakresu zmian sensor przyporządkował jednoznacznie jedną wartość sygnału wyjściowego.

Sensory potencjometryczne

Czujniki potencjometryczne zbudowane są w postaci ścieżki oporowej i metalowego ślizgacza, który się po niej przesuwa. Rezystancja czujnika jest proporcjonalna do przesunięcia liniowego lub kąta obrotu elementu.

Wadą tego typu rozwiązania jest fakt, iż w wyniku tarcia elementy współpracujące ścierają się i zmieniają się charakterystyki elementu.

Sensory ultradźwiękowe

Czujniki ultradźwiękowe działają na zasadzie wysyłania fal dźwiękowych od częstotliwości powyżej 20 kHz i pomiaru czasu powrotu echa odbitego od badanego przedmiotu.

Do emitowania fal stosowane są kryształy kwarcu pobudzane do drgań przy pomocy odpowiednich generatorów. Pobudzane częstotliwościami rzędu kilku Mhz zmieniają swoje wymiary i stają się źródłem drgań. W procesie odbierania drgań występuje zjawisko odwrotne, tzn. pod wpływem fali akustycznej kryształy zaczynają zmieniać swoje wymiary i generują ładunek elektryczny, który można mierzyć.

Sensory tensometryczne

W tensometrach wykorzystywane jest zjawisko zmiany rezystancji przewodnika w wyniku zwiększenia jego długości przy jednoczesnym zmniejszeniu przekroju.

Obecnie czujniki tensometryczne buduje się jako foliowe płytki z galwanicznie zanoszonymi wzorami ścieżek. Inny sposób to rozwiązanie półprzewodnikowe. Są ok. 50-krotnie czulsze od klasycznych rozwiązań, ale zwiększenie czułości wiąże się ze spadkiem odporności na zakłócenia. Wadą tensometrów półprzewodnikowych jest również silna zależność rezystancji od temperatury otoczenia pracy elementu.

Sensory indukcyjne

W przetwornikach indukcyjnych wykorzystywane jest zjawisko zmiany indukcyjności własnej lub wzajemnej cewek będących bezpośrednimi elementami reagującymi na zmiany parametrów otoczenia. Oprócz tego realizuje się układy, gdzie ważnym parametrem jest zmiana rezystancji cewek spowodowana zmianami generowanymi przez prądy wirowe.

3.2. Sensory binarne

Sensory binarne są najczęściej stosowanymi czujnikami w układach mechatronicznych i elektrycznych. Działają na zasadzie określenia tylko dwóch wzajemnie wykluczających się stanów „jest sygnał” lub go „nie ma”, analogicznie jak 0 i 1 dla układów cy-

frowych. Sensory te ustawia się w taki sposób, aby określić graniczne wartości mierzonego sygnału. Sensor określa nam spełnienie lub niespełnienie określonego kryterium.

Sensory binarne dzielą się na dwie grupy czujników:

- elementy o charakterystyce statycznej,
- elementy z impulsowym sygnałem wyjściowym.

Przetworniki binarne o charakterystyce statycznej dzielą się na dwie grupy:

- mechaniczne czujniki stykowe,
- czujniki zbliżeniowe:
 - czujniki indukcyjne,
 - czujniki pojemnościowe,
 - czujniki optyczne,
 - czujniki magnetyczne.

Mechaniczne czujniki stykowe realizują przetwarzanie taktylno-stykowe. Elementy takie określają najczęściej działanie krańcowych lub pośrednich położeń poruszających się elementów. Wymagany jest fizyczny dotyk przesuwających się zespołów realizowany poprzez różnego rodzaju rolki, popychacze czy dźwignie. Kontakt mechaniczny działa na zestyki elementu, powodując załączanie lub wyłączanie napięcia w układzie sterowania. Poprzez swoją budowę są to urządzenia tanie, chociaż nie do końca niezawodne. Stosowane są także w maszynach, które wchodzą w drgania lub pracują w obrębie oddziaływań pól magnetycznych, a wyłączanie ma być odporne na tego typu czynniki zewnętrzne.

Czujniki zbliżeniowe mają za zadanie wykrycie i zasygnalizowanie obecności obiektu bez potrzeby fizycznego kontaktu z nim samym. Element sygnalizuje kontakt, gdy obiekt pojawi się w polu jego detekcji. W zależności od rodzaju sensora, strefę czułości można w pewnych granicach regulować. Bezspornie zalety tych elementów to działanie w sposób bezkontaktowy, duża częstotliwość przełączania, odporność na warunki otoczenia, odporność na wibracje.

Czujniki indukcyjne

Czujnik zbliżeniowy indukcyjny składa się z czterech podstawowych zespołów funkcjonalnych: cewki, oscylatora, obwodów detekcji i obwodów wyjściowych. Oscylator generuje prąd przemienny, który przepływając przez cewkę umieszczoną wewnątrz jego obudowy wywołuje zmienne pole magnetyczne. Gdy obiekt metalowy przesuwa się przez to pole, generowane są w nim prądy wirowe. Prądy te oddziałują z kolei na zmianę parametrów drgań oscylatora, zmniejszając w ten sposób amplitudę lub częstotliwość jego drgań. Zmiana ta jest rozpoznawana przez układ detekcji i po przekroczeniu określonego progu aktywowane są obwody wyjściowe. Czujnik taki posiada zazwyczaj pewną niewielką histerezę, która zapobiega szybkim zmianom stanu wyjścia w przypadku pojawienia się obiektu na granicy wykrywalności przez czujnik.

Czujniki indukcyjne charakteryzowane są poprzez dwa parametry techniczne:

- dystans detekcji (zadziałania) – dystans, przy którym następuje wykrycie obiektu i załączenie wyjścia czujnika,

- dystans zwolnienia - dystans, przy którym obwody detekcji czujnika stwierdzają brak obiektu w polu detekcji i nastąpi wyłączenie wyjścia czujnika.

Różnica pomiędzy dystansem detekcji a zwolnienia nazywana jest histerezą czujnika. Standardowo jest to 3..10%. Histereza zapobiega zbyt szybkim przełączaniom wyjść czujnika przy wibracjach obiektu.

Środowisko pracy może wpływać na działanie czujnika. Przykładowo zmiana temperatury (zbyt niska lub zbyt wysoka) powoduje zazwyczaj zmianę zasięgu detekcji. Kolejnym problemem, który może zakłócić pracę czujnika są odpady produkcyjne. Metalowy pył lub wióry mogą gromadzić się na powierzchni czujnika lub blisko niego i wpływać na zmianę zasięgu detekcji lub nawet doprowadzić do załączenia sensora na stałe. Zaawansowane sensory mogą posiadać obwody detekcji takich stanów i odpowiednio zmieniać poziom czułości.

Czujniki pojemnościowe

Czujniki zbliżeniowe pojemnościowe pozwalają na wykrywanie obiektów metalicznych, jak i niemetalicznych. Możliwość detekcji przedmiotów wykonanych z tworzywa sztucznego jest głównym atutem tych czujników, dlatego są chętnie stosowane tam, gdzie obiekt wykrywany jest wykonany z innego materiału niż metal (tworzywo sztuczne, drewno, woda itp.). Zakres detekcji w najczęściej spotykanych czujnikach pojemnościowych wynosi 3...60 mm.

Czujniki pojemnościowe mierzą zmianę pojemności pomiędzy czołem czujnika, a obiektem wykrywanym. Układ czoło czujnika - obiekt tworzy kondensator, którego pojemność zależy przede wszystkim od odległości pomiędzy jego okładzinami. Kondensator ten jest elementem wpływającym na częstotliwość wbudowanego w czujnik oscylatora. Gdy pojawia się obiekt przed czujnikiem, pojemność kondensatora wzrasta, przez co włącza się lub zmienia częstotliwość oscylatora. Zmiany tej częstotliwości są wykrywane przez obwody detekcji i załączają wyjście czujnika.

Możliwość detekcji przedmiotów z tworzywa sztucznego stanowi główną przewagę sensorów pojemnościowych nad np. indukcyjnymi. Podstawową jednak wadą tych czujników jest wrażliwość na takie czynniki jak wilgotność powietrza, zanieczyszczenia, wióry itp., które mocno wpływają na pojemność między czujnikiem, a obiektem kontrolowanym. Ma to miejsce zwłaszcza, gdy obiekt mierzony jest w dużej odległości od czujnika.

Mimo, iż czujniki pojemnościowe pozwalają wykrywać większość materiałów, nie wypierają z wielu zastosowań czujników indukcyjnych. Ich podstawową wadą jest bowiem wrażliwość na właściwości dielektryka - czyli w tym przypadku środowiska (wilgotność powietrza, zanieczyszczenia, wióry itp.).

Czujniki optyczne

Czujniki optyczne charakteryzują się:

- dużą rozdzielczością umożliwiającą detekcję także bardzo małych obiektów i niewielkich przemieszczeń,
- dużym zasięgiem detekcji (od kilku cm do kilkunastu metrów),
- krótkim czasem reakcji.

Podstawową wadą (ale i niekiedy zaletą) jest wrażliwość na kolor powierzchni (także jej zdolność do odbijania/pochłaniania światła) oraz zanieczyszczenia.

Czujnik optyczny odbiciowy

Czujnik optyczny odbiciowy wykorzystuje bezpośrednio, rozproszone odbicie światła od obiektu. Nadajnik i odbiornik zamknięte są w tej samej obudowie. Nadajnik jest wrażliwy na światło odbite bezpośrednio od obiektu. Wiązka promieni emitowana przez nadajnik, napotykając na swojej drodze przeszkodę, odbija się od niej i częściowo powraca do odbiornika. Czujnik reaguje więc na obiekty wprowadzone w strefę jego działania. Zasięg jest głównie zależny od koloru światła emitowanego przez nadajnik. Jeśli jednak oświetlana powierzchnia jest silnie błyszcząca, to może okazać się, że odbicie powodowane przez powierzchnię ma znacznie większy wpływ na funkcjonowanie i zasięg czujnika, niż stosowany kolor światła.

Czujnik optyczny refleksyjny

Czujnik, podobnie jak czujnik odbiciowy, zbudowany jest z nadajnika i odbiornika zamkniętego w jednej obudowie. Nadajnik wysyła wiązkę światła w kierunku elementu odbłaskowego, od którego odbija się i wraca do odbiornika. Przesłonięcie wiązki przez obiekt powoduje przerwanie transmisji i uaktywnienie wyjścia czujnika. Ze względu na zastosowane zwierciadło (element odbłaskowy), czujniki te nie są zależne od koloru obiektu i charakteryzują się bardzo dużym zasięgiem.

Czujnik optyczny typu bariera

Czujnik typu bariera w odróżnieniu od poprzedników posiada nadajnik i odbiornik umieszczone w osobnych obudowach. Przesłonięcie wiązki światła przebiegającej od nadajnika do odbiornika powoduje zadziałanie czujnika. Współczesne bariery często wykorzystują laser, co zapewnia bardzo duży zasięg (nawet do kilkuset metrów) i bardzo dobrą rozdzielczość.

Czujniki optyczne światłowodowe

Producenci oferują także czujniki optyczne, które mogą współpracować ze światłowodami. Czujniki takie stosuje się głównie do wykrywania obiektów w miejscach niedostępnych przez czujniki w standardowych obudowach lub w miejscach narażonych na np. wysokie temperatury. Czujniki te współpracują zarówno z czujnikami światłowodowymi odbiciowymi, jak i typu bariera. Długości światłowodów montowanych do czujników oraz kształt ich końcówki mogą być praktycznie dowolne, co pozwala na wprowadzenie ich w miejsca o ograniczonym dostępie lub ze względu na wysoką temperaturę czy agresywne środowisko.

3.3. Sensory cyfrowe

Sensory cyfrowe mają za zadanie przedstawianie wielkości mierzonej w postaci ustalonego zestawu wielkości sygnałów binarnych.

W praktyce realizuje się to w taki sposób, że poziom amplitudy sygnału dzieli się na stałą i określoną algorytmem ilość poziomów. Każdy taki poziom pośredni ma swoją własną interpretację binarną. Przykładem takiego rozwiązania jest kodowanie Graya. Każdy poziom kodowania przedstawiony jest jako inny ciąg binarny oraz przejście z

jednego poziomu na drugi, realizowany jednoznacznie tzn. dwa sąsiednie poziomy różnią się tylko jednym bitem.

Lp.	Kod binarny	Kod Gray'a
0	0000	0000
1	0001	0001
2	0010	0011
3	0011	0010
4	0100	0110
5	0101	0111
6	0110	0101
7	0111	0100
8	1000	1100
9	1001	1101
10	1010	1111
11	1011	1110
12	1100	1010
13	1101	1011
14	1110	1001
15	1111	1000

Tabela 1.1. Porównanie kodu Gray'a i dwójkowego

Źródło: http://edu.i-lo.tarnow.pl/inf/alg/006_bin/0025.php

Drugim parametrem są przedziały czasowe, w którym dokonuje się obróbki sygnału analogowego.

Poniżej przedstawiono przetwornik tarczowy stosowany w kodowaniu obrotu.



Rys. 1.6. Przetwornik obrotowy z kodowaniem Gray'a

Źródło: http://www.forbot.pl/forum/upload_img/obrazki/IMG_4a524f14f092d2925.gif

Bibliografia:

1. Olszewski M. 2002 *Mechatronika*. Warszawa: REA
2. Olszewski M. 2006 *Podstawy mechatroniki. Podręcznik dla uczniów średnich i zawodowych szkół technicznych*. Warszawa: REA
3. Olszewski M. 2009 *Mechatronika i systemy mechatroniczne. Podręcznik dla uczniów średnich i zawodowych szkół technicznych*. Warszawa: REA
4. Potrykus J., Krzyżanowski J. 2013 *Poradnik mechatronika*. Warszawa: REA

Netografia:

1. <http://www.aguria.pun.pl/viewtopic.php?id=730>
2. http://edu.i-lo.tarnow.pl/inf/alg/006_bin/0025.php
3. <http://www.forbot.pl/forum/topics20/enkodery-precyzyjna-kontrola-ruchu-vt2038.htm>