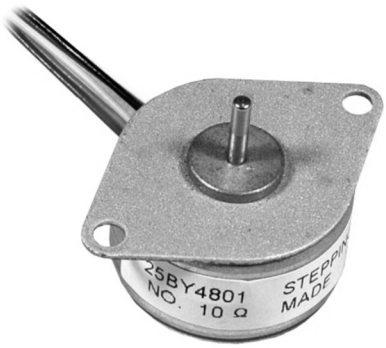
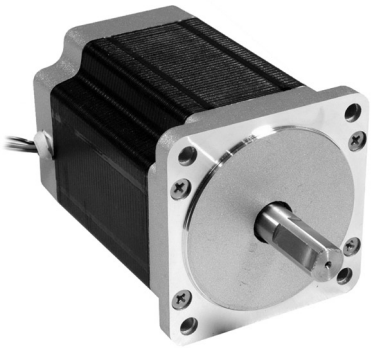
P.P.H. WObit E.K.J. Ober s.c.
Dęborzyce 16, 62-045 Pniewy

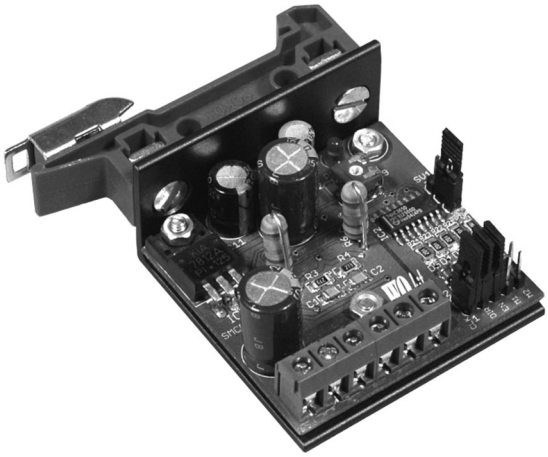
http://www.wobit.com.pl
wobit@wobit.com.pl

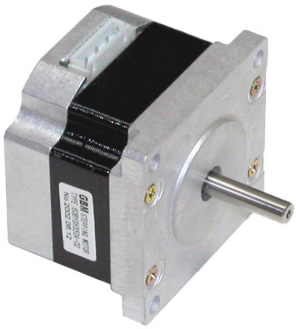
www.wobit.com.pl

TEORIA NAPĘDÓW KROKOWYCH









wyd. 21.06.07

SPIS TREŚCI

www.wobit.com.pl

1. Podstawy

1.1 Co to jest silnik krokowy..... 4
1.2 Budowa..... 4
1.3 Zasada funkcjonowania..... 4
1.4 Odniesienie do innych rodzajów napędów..... 5

2. Specyfika silników krokowych

2.1 Ogólny podział silników krokowych..... 6
2.2 Podstawowe parametry silnika krokowego..... 6
2.3 Charakterystyka dynamiczna..... 7
2.4 Charakterystyka statyczna..... 8
2.5 Drgania..... 9
2.6 Zalety i wady silników krokowych..... 9

3. Sterowanie silnikami krokowymi

3.1 Rodzaje..... 10
3.2 Sterowanie mikrokrokowe..... 11
3.3 Rezonans..... 12

4. Podstawy mechaniczne doboru

4.1 Układy mechaniczne..... 13
4.2 Dobór napędu..... 13
4.3 Nośność promieniowa osi..... 13
4.4 Utrata kroku przez silnik 14
4.5 Tablice z podstawowymi wzorami..... 16
4.6 Wyliczenia..... 16

5. Jednostki

5.1 Nazwy i skala..... 19

6. Podstawowe wiadomości

6.1 Warto wiedzieć..... 20
6.2 Podstawowe zasady projektowania układu z napędem krokowym DC..... 20
6.3 Przekładnie..... 20
6.4 Sprzęgła..... 21
6.5 Sterowniki..... 22
6.6 Generatory i mikroindeksery..... 22
6.7 Zasilacze..... 22

www.wobit.com.pl // www.enkodery.com // www.prowadnice.pl // www.silniki.com

1. Podstawy wiedzy o silnikach krokowych:

1.1 Co to jest silnik krokowy:

Silniki krokowe są cyfrowo sterowanymi napędami stosowanymi do pozycjonowania. Umożliwiają łatwą kontrolę kąta i prędkości obrotowej w zakresie od zera do kilku tysięcy obrotów na sekundę zależnie od parametrów silnika i sterownika. Charakterystyczną cechą silnika krokowego jest utrzymywanie rotora w określonej pozycji z pełnym momentem trzymającym co oznacza stały pobór prądu, dlatego też silniki krokowe mimo postoju są niepokojąco ciepłe. Zaleta łatwego pozycjonowania silnika stwarza wiele możliwości aplikacji od automatyzacji w przemyśle, poprzez urządzenia z zakresu techniki medycznej, zastosowania w przemyśle samochodowym do przemysłu zabawek i reklam.

1.2 Budowa:

Silnik krokowy składa się z rotora i stojana. To właśnie te dwa elementy odpowiedzialne są za jego rotacyjną pracę.

Wyróżniamy kilka rodzajów napędów krokowych prądu stałego:
- o zmiennej reluktancji (VR),
- z magnesem stałym (PM),
- hybrydowy oraz tarczowy.

Silnik o zmiennej reluktancji posiada najprostszą budowę przez co ma wielu zwolenników.

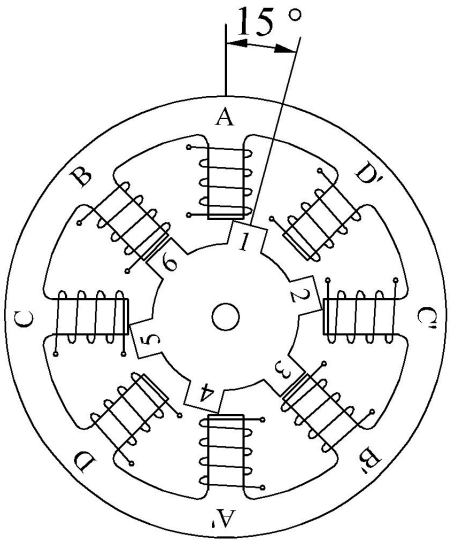
Obecnie prym na rynku wiodą silniki z magnesem stałym oraz hybrydowe. Te pierwsze są tańsze, jednak napędy hybrydowe charakteryzują się wyższą rozdzielczością i prędkością obrotu i dlatego są najpopularniejsze.

Silniki z magnesem stałym mają najczęściej rozdzielczość 24-48 kroków na obrót.
Napędy hybrydowe standardowo dysponują rozdzielczością 100-400 kroków na pełen obrót. Dodatkowo ich zaletą jest osiąganie wyższych momentów trzymających przy zbliżonych parametrach konstrukcyjnych.

1.3 Zasada funkcjonowania:

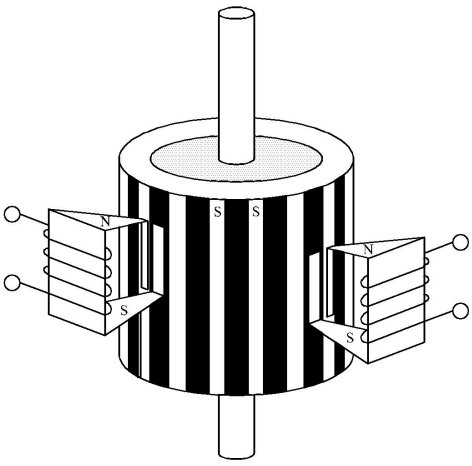
Silniki krokowe działają dzięki odpychaniu i przyciąganiu elektrycznie wytwarzanych biegunów magnetycznych wewnątrz silnika.

W silnikach o zmiennej reluktancji na stojanie znajdują się uzwojenia przez które płynie prąd wywołując powstanie pól magnetycznych. Rotor natomiast wykonany jest ze stali miękkiej magnetycznie. Ruch powstaje gdy zęby rotora przyciągane są przez bieguny stojana.

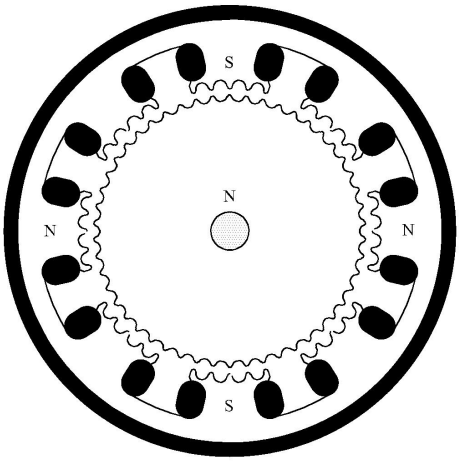


Rys. Silnik o zmiennej reluktancji

www.wobit.com.pl // www.enkodery.com // www.prowadnice.pl // www.silniki.com



Rys. Silnik z magnesem stałym



Rys. Silnik hybrydowy

Silnik ze stałym magnesem zbudowany jest odmiennie. Rotor nie posiada zębów, w zamian ma kształt walca namagnesowanego naprzemiennie wzdłuż osi obrotu. Stojan znajduje się wokół rotora i składa się z elementów posiadających uzwojenia generujące bieguny na przeciwnych końcach elementu. Oba końce zakrzywione są do wewnątrz tak, aby bieguny znajdowały się naprzeciwko biegunów na rotorze. Namagnesowanie rotora pozwala na uzyskanie lepszego momentu. Silniki te są bardzo tanie w produkcji dzięki zastosowaniu ferrytowych magnesów.

1.4 Odniesienie do innych rodzajów napędów:

Wśród napędów prądu stałego wyróżniamy kilka rodzajów, które posiadają indywidualne charakterystyki, zalety i wady ale wyróżniają się łatwą regulacją prędkości. Dzięki takiemu spektrum rodzina ta znajduje szerokie zastosowanie w otaczającym nas świecie. Podstawowe typy to silniki prądu stałego, komutatorowe i bezszczotkowe, krokowe i liniowe oraz planarne.

Silniki komutatorowe i bezszczotkowe charakteryzują się dużą prędkością obrotową. Od napędów krokowych odróżnia je konieczność stosowania enkoderów w celu kontroli pozycji. Podstawowym parametrem przy ich doborze jest moment obrotowy. Przyjmuje się je sześć do dziesięciu razy większe niż wymagany moment, aby punkt pracy leżał jak najbliżej maksymalnego stopnia sprawności. Różnica między nimi polega na konstrukcji. Silniki bezszczotkowe nie posiadają komutatora, dzięki czemu są znacznie trwalsze, a ogranicza je jedynie żywotność łożysk. Są one jednak słabsze od napędów komutatorowych o zbliżonych gabarytach.

Silniki krokowe prądu stałego wykonują skokowy ruch obrotowy. Legitymują się znacznie niższą prędkością obrotową niż silniki komutatorowe i bezszczotkowe. Służą do precyzyjnego pozycjonowania, można zadawać im częstą zmianę kierunku obrotów i dokładnie określić położenie kątowe. Dla silnika krokowego trzymanie pełnym momentem przy zerowej prędkości jest stanem normalnym, a nie zabronionym stanem zwarcia jak dla silników DC.

Silniki liniowe są dokładniejsze niż odpowiednik krokowy z przekładnią na ruch liniowy.

Silniki planarne stanowią zupełnie odmienną kategorię. Są to napędy krokowe o zintegrowanym systemie odmierzania aktualnego położenia suwaka. Ich budowa jest odmienna od poprzednich typów. W tym przypadku mechaniczny suwak porusza się na poduszce powietrznej dzięki polu magnetycznemu wytwarzanemu przez stolik pełniący funkcję stojana. Silnik planarny serii LMPP w ofercie firmy WObit został skonstruowany do określania położenia bez możliwości regulacji. Pracuje wyłącznie w otwartym obwodzie regulacyjnym.

www.wobit.com.pl // www.enkodery.com // www.prowadnice.pl // www.silniki.com

2. Specyfika silników krokowych:

2.1 Ogólny podział silników krokowych:

2.1.1 Podział ze względu na rodzaj ruchu:

Oprócz opisanych szerzej w rozdziale pierwszym silników krokowych obrotowych na rynku występuje również gałąź napędów krokowych liniowych. Tak jak w przypadku silników obrotowych, najczęściej spotykane są liniowe silniki skokowe reluktancyjne i hybrydowe, znacznie rzadziej elektrodynamiczne. Rotacyjny silnik krokowy wykonuje pod wpływem impulsów ruch obrotowy. Rdzeń stojana i nabiegunniki silnika reluktancyjnego są wykonane z blachy elektrotechnicznej. Hybrydowy, liniowy napęd krokowy składa się z ruchomego biegunnika i nieruchomego stojana. Stojan stanowi uzębiona płyta z materiału ferromagnetycznego. Część ruchoma składa się z dwóch rdzeni ferromagnetycznych, pomiędzy którymi znajduje się magnes trwały, a na każdym rdzeniu znajduje się uzwojenie. Zaletą liniowego silnika krokowego jest bezpośrednia zamiana impulsowych sygnałów wejściowych na przemieszczenie liniowe. Liniowe napędy skokowe mają większą dokładność i sprawność oraz lepsze charakterystyki dynamiczne w porównaniu z wirującymi silnikami krokowymi w połączeniu z mechanizmami przetwarzania ruchu obrotowego na postępowy.

2.1.2 Podział ze względu na rodzaje uzwojeń silników krokowych:

Klasyfikacja napędów krokowych rozróżnia ze względu na ilość segmentów silniki jedno- i wielosegmentowe. Zwiększenie ilości segmentów umożliwia uzyskanie, przy odpowiednim zasilaniu impulsami uzwojeń segmentów, dużej liczby skoków na jeden obrót.
Z ilością segmentów związana jest ściśle ilość pasm uzwojeń silnika. Należy zauważyć, że istnieją dwa sposoby ułożenia pasm: symetryczne i niesymetryczne. W konstrukcji symetrycznej uzwojenia dwóch przeciwległych biegunów stojana tworzą pasmo. Rozwiązanie niesymetryczne charakteryzuje się tym, że całe uzwojenie jednego pasma jest umieszczone na jednym biegunie. Silniki krokowe różnią się pod względem liczby pasm uzwojenia. Każde pasmo jest częścią uzwojenia i jest zasilane impulsami. Rozróżnia się jedno-, dwu-, trzy-, cztero- lub pięciopasmowe silniki krokowe. Od liczby pasm zależą w dużej mierze właściwości silnika krokowego. Wraz ze wzrostem liczby pasm, zwiększa się moment obrotowy i liczba skoków na obrót przy malejącej wartości skoku. Zwiększenie liczby pasm powoduje zmniejszenie pulsacji momentu obrotowego w efekcie dobre tłumienie oscylacji i ograniczenie zjawiska rezonansu. Firma WObit posiada w swej ofercie szeroką paletę silników krokowych oraz aktuatorów liniowych, których opis znajduje się w dalszej części katalogu.

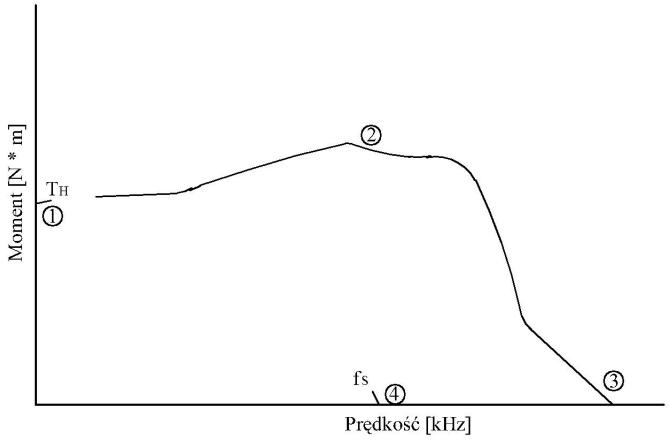
www.wobit.com.pl // www.enkodery.com // www.prowadnice.pl // www.silniki.com

2.2 Podstawowe parametry jakie definiujemy przy określaniu silnika:

- Napięcie znamionowe uzwojeń -
- Napięcie zasilania – napięcie przy którym silnik powinien być eksploatowany, można forsować dla sterowania PWM.
- Prąd – nominalne natężenie prądu jakie należy stosować by nie przeciążać i przegrzewać silnika.
- Rezystancja – rezystancja uzwojenia.
- Moment bezwładności rotora - moment bezwładności samego nieobciążenego rotora.
- Moment trzymania – moment jakim dysponuje silnik, gdy jest zasilany znamionowo, ale nie kręci się.
- Maksymalna moc przy danej prędkości – optymalne zestawienie maksimum momentu i prędkość przy której może być uzyskany.
- Maksymalna prędkość pracy – prędkość krokowa przy malejącym do zera momencie obciążenia.
- Maksymalna częstotliwość początkowa – prędkość krokowa, z którą silnik może zacząć lub przerwać pracę w sposób niezwłoczny. Obliczane dla obciążenia osi tylko momentem bezwładności rotora.
- Masa – waga silnika.
- Wymiar A lub L– długość korpusu silnika, zazwyczaj wzdłuż osi obrotu.

2.3 Charakterystyka dynamiczna:

Prędkość i moment.
Moment określany jest w Niutonometrach [Nm], a prędkość w kiloHercach [kHz].
Te dwa parametry są od siebie zależne. Ogólne założenie jakim można się kierować jest fakt, iż zwiększenie prędkości powoduje spadek możliwego do uzyskania momentu. I odwrotnie wyższy moment można uzyskać przy niskiej prędkości.



Rys. Wykres zależności moment - prędkość

1. Moment trzymający,
2. Maksymalny osiągalny moment dla danej prędkości,
3. Maksymalna częstotliwość kroków pracy przy ociążeniu malejącym do zera,
4. Maksymalna częstotliwość kroków przy starcie/zatrzymaniu bez rozpędzania/hamowania bez obciążenia.

www.wobit.com.pl // www.enkodery.com // www.prowadnice.pl // www.silniki.com

Maksymalna częstotliwość początkowa jest uzależniona od obciążenia osi. Należy określić interesującą nas wartość lub skorzystać z dostępnego wykresu.
Wzór opisujący to równanie:

$$f = \frac{f_S}{\sqrt{1 + J_L / J_R}}$$

f_S – maksymalna częstotliwość początkowa pracy silnika bez obciążenia,
J_L – bezwładność obciążenia,
J_R– bezwładność rotora.

Każdy silnik posiada własną charakterystykę, która tylko z pewną tolerancją jest zbliżona do modelu tej samej serii (o tych samych parametrach uzwojenia). Należy się upewnić w trakcie doboru napędu, czy pożądane parametry znajdują się w granicach jego możliwości dynamicznych.

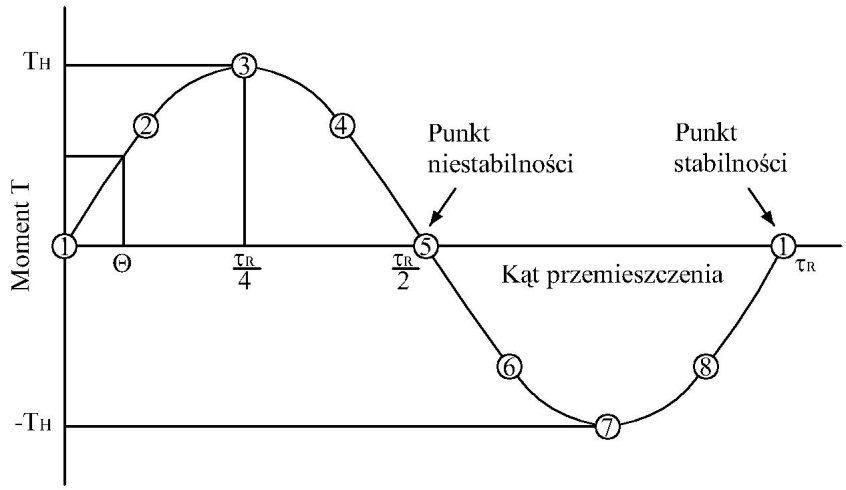
Dokładność pojedynczego kroku wynosi +/-3 minuty, czyli ok. 0.05 stopnia.
Błąd nie sumuje się przy kolejnych krokach.

2.4 Charakterystyka statyczna:

Silniki krokowe w związku ze specyfiką swej pracy posiadają punkty niestabilności. Są to momenty, gdy rotor i stojan znajdują się w położeniu niejednoznacznym. Jeśli opisać jeden krok sinusoidą o długości PI, to owe punkty znajdują się w połowie długości tej sinusoidy, czyli w punkcie 5. Rotor znajdujący się w połowie swojej drogi do kolejnego stabilnego położenia przechodzi przez punkt niestabilności. W tym momencie przyłożenie małej siły może spowodować ruch rotora w nieustalonym kierunku (zgodnym lub przeciwnym do pożądanego).

Możemy na tej sinusoidzie zdefiniować również maksymalny moment, który znajduje się w maksymalnym i minimalnym punkcie wartości funkcji, w punktach 3 i 7.

Położenie 1 to moment w którym zęby rotora są naprzeciw uzwojeniom stojana.
T_H - moment maksymalny.

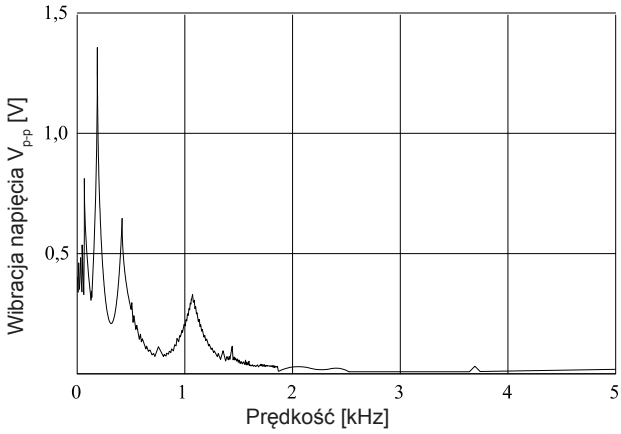


Rys. Wykres sinusoidy kroku silnika

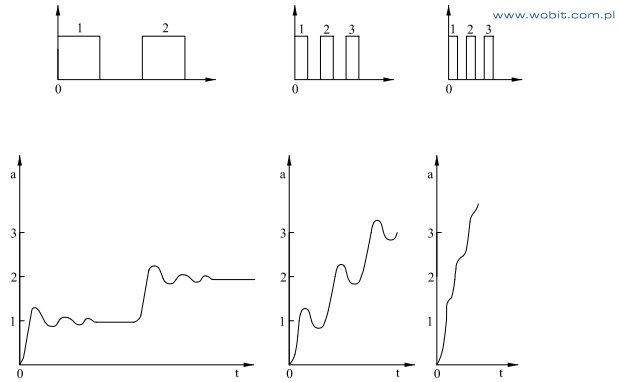
www.wobit.com.pl // www.enkodery.com // www.prowadnice.pl // www.silniki.com

2.5 Drgania:

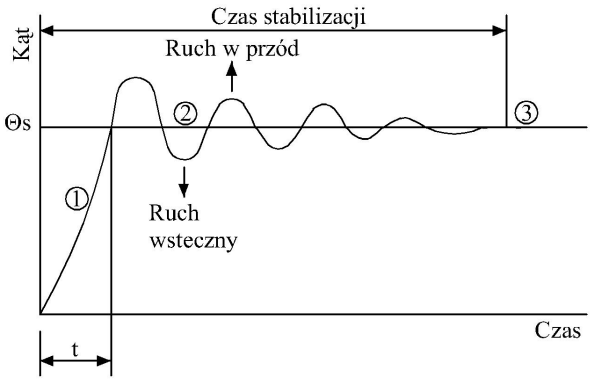
Silnik do którego podany zostanie sygnał kroku wykonuje ruch w kierunku zadanym i zatrzymuje się z maksymalnym momentem trzymania. Kolejne kroki są wykonywane zgodnie z impulsami w kierunku zależnym od sekwencji sygnałów. Przy niskich prędkościach pojawiają się wibracje spowodowane pracą krokową. W związku z bezwładnością rotora i obciążenia osi silnik przekracza zadane położenie i zawraca do pożądanego położenia, ponownie wykonuje czynność aż znajdzie się w zadanym położeniu i zatrzymuje się. Taki rodzaj pracy powoduje drgania. Opisują je widoczne wokół wykresy.



Rys. Wykres drgań podczas kroku



Rys. Wykres wielu kroków dla różnej częstotliwości



Rys. Wykres pojedynczego kroku silnika

1 - rozpędzanie silnika,
2 - stabilizacja w punkcie docelowym,
3 - punkt stabilności.

Silniki krokowe wykazują tendencję do największych drgań dla różnych, charakterystycznych dla siebie częstotliwości. Pracy przy tej częstotliwości należy unikać.

2.6 Zalety i wady silników krokowych:

Do zalet silnika krokowego należą możliwość kontroli kąta obrotu, praca na niskich prędkościach kątowych, zdolność do szybkiej zmiany kierunku ruchu, rozpędzania i hamowania. Silnik krokowy może pracować w układzie pętli otwartej dzięki czemu możliwe jest uproszczenie konstrukcji wielu układów. Błąd pojedynczego kroku waha się w przedziale 3-5% wartości pełnego kąta obrotu i co ważne nie nawarstwia się przy kolejnych krokach. Silniki krokowe są napędami precyzyjnymi o prostej budowie (nie posiadają komutatora). Dzięki czemu są powszechnie stosowane w ploterach, drukarkach, napędach dysków, napędach przemysłowych, czy w urządzeniach medycznych.

Do wad napędów krokowych zaliczyć należy na ogół niewielkie moce jakie uzyskują, małą prędkość maksymalną obrotów oraz rezonanse mechaniczne. Dodatkowo problemów dostarczyć może złożone zasilanie oraz duży poziom hałasu w trakcie pracy z niskimi częstotliwościami.

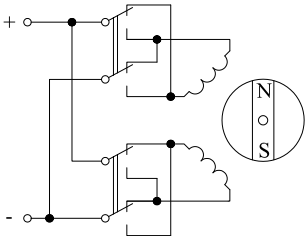
www.wobit.com.pl // www.enkodery.com // www.prowadnice.pl // www.silniki.com

3. Sterowanie silnikami krokowymi:

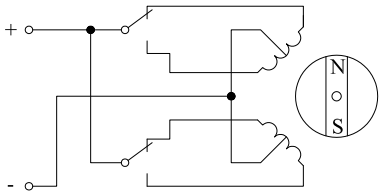
3.1 Rodzaje:

Istnieją przynajmniej cztery rodzaje sterowania silnikami krokowymi:

- Falowe,
- Pełnokrokowe,
- Półkrokowe,
- Mikrokrokowe.



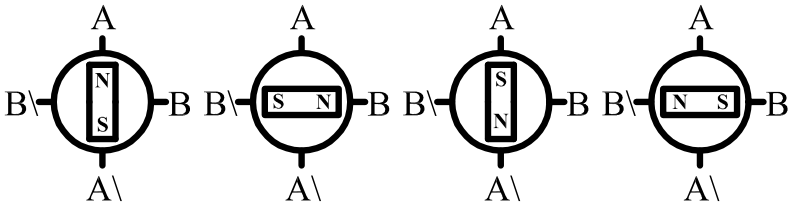
Rys. Schemat silnika bipolarnego



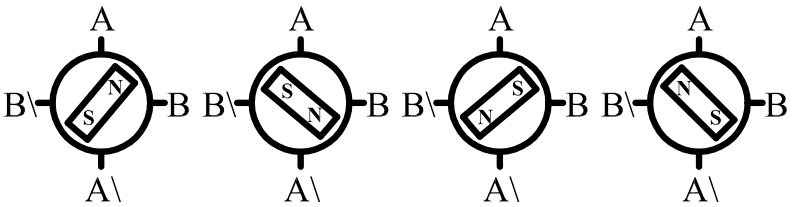
Rys. Schemat silnika unipolarnego

Pierwsze trzy rodzaje nie wymagają stosowania specjalnych układów energoelektrycznych. Najpopularniejsze silniki krokowe są dwufazowe, istnieją jednak silniki trójfazowe i pięciofazowe. Silniki dwufazowe dzielimy na unipolarne i bipolarne. W związku z tym wyróżniamy konstrukcje z dwoma fazami i jednym, wspólnym odczepem po środku dla unipolarnych lub z dwoma uzwojeniami i osobnymi odczepami dla bipolarnych. Unipolarne silniki nazywane są pięcio- lub sześcio-wyprowdzeniowymi. Bipolarne natomiast cztero- i ośmiowyprowadzeniowymi. Fazy opisane są symbolami: A, A\, B, B\.

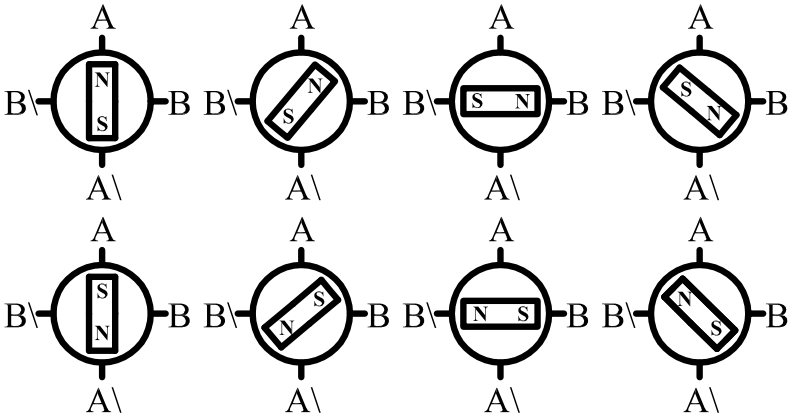
PRACA JEDNOFAZOWA



PRACA DWUFAZOWA



PRACA PÓŁKROKOWA



www.wobit.com.pl // www.enkodery.com // www.prowadnice.pl // www.silniki.com

W zależności od kolejności w jakiej każda z nich pracuje otrzymamy różne rodzaje pracy silników. Sterowanie falowe charakteryzuje się jednocześnie włączoną tylko jedną fazą. Kolejność ich pracy jest następująca A-B-A'-B'. Silniki falowe nazywane są silnikami unipolarnymi, co wynika właśnie z ilości faz silnika wykorzystywanych jednocześnie.

Przy sterowaniu pełnokrokowym ruchy rotora są takie same jak przy falowym, jednak dzięki temu, że jednocześnie pracują dwie fazy silnik uzyskuje dwukrotnie większy moment w porównaniu do sterowania jednofazowego będący odpowiednikiem 50% całkowitego uzwojenia silnika. Kolejność pracy opisuje się jako :
AB-A'B-A'B'-AB'.

Sterowanie półkrokowe jest bardziej złożone od poprzednich dwóch rodzajów. Jest to połączenie tych dwóch typów. Stojan zasilany jest naprzemiennie na jedną, a następnie dwie fazy. Daje to w efekcie dwukrotnie krótszy krok. Pozwala to na wyeliminowanie w dużym stopniu największej słabości pozostałych dwóch rodzajów pracy, drgań mechanicznych silnika w trakcie pracy.
Schemat pracy w trybie półkrokowym opisuje się kolejno:
AB-B-A'B-A'-A'B'-B'-AB'-A.

3.2 Sterowanie mikrokrokowe:

Sterowanie mikrokrokowe różni się od pełnokrokowego tym, że każdy krok podzielony jest na wiele mniejszych mikrokroków. Dzięki temu uzyskuje się przede wszystkim większą rozdzielczość, a co za tym idzie bardziej płynną i cichobieżną pracę.

Powodem rezonansu silnika jest pulsujące dostarczanie energii. Lekarswem na to jmoże być mikrokrok. Przykładowo dzięki zastosowaniu mikrokroku 1/32 energia dostarczana na jeden mikrokrok jest ograniczana tysiąckrotnie w porównaniu do pracy pełnokrokowej i blisko trzystukrotnie w porównaniu z pracą półkrokową.

Płynna praca silnika wywołuje efekt elektrycznej przekładni. Standardowy krok podzielony może być od 2 do ponad 256 razy. W praktyce już przy podziale 8 i 16 uzyskuje się zadowalające rezultaty zmniejszenia wpływu rezonansu silnika.

Silnik krokowy jest silnikiem synchronicznym. Obroty rotora powodowane są rotacją kluczowanego elektronicznie pola magnetycznego. Moment dynamiczny jest zależny od spoczynkowego. Wartość tą opisuje wzór:

$$M = M_S * \sin (Q_S - Q_R)$$

M_S - moment spoczynkowy (moment trzymający)
Q_S - Q_R kątowa odległość stojana i rotora wyrażona w jednostkach elektrycznych. Aby przejść na kąty mechaniczne należy kąt elektryczny pomnożyć przez ułamek 4/n, gdzie n jest liczbą kroków na obrót.

www.wobit.com.pl // www.enkodery.com // www.prowadnice.pl // www.silniki.com

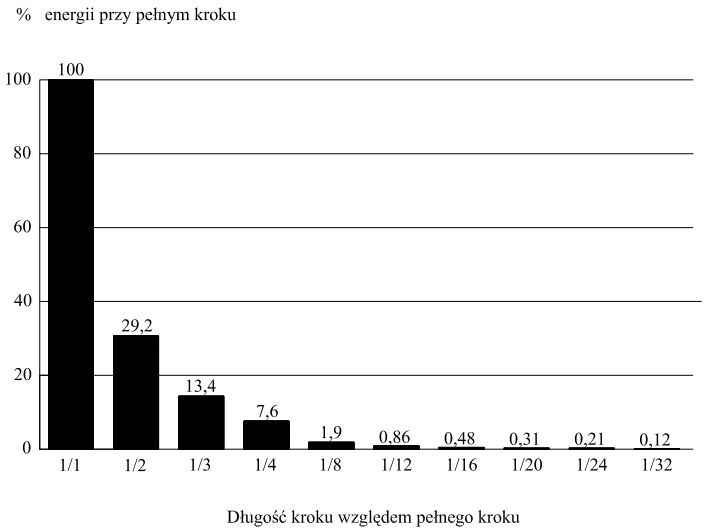
Prąd powodujący rotację w danym kierunku możemy łatwo obliczyć ze wzorów:

$I_A = I_{max} * \sin Q_S$
$I_A = I_{max} * \cos Q_S$

Dla pracy falowej, pełnokrokowej i półkrokowej uzyskujemy ruch dzięki dwóm stanom prądowym. I_{max} i 0. Sterowanie Mikrokrokowe wymaga płynnego sterowania i dlatego sterownik musi generować natężenie prądu o różnych poziomach. Dla ośmiu wartości natężenia i 0 istnieje osiem pozycji rotora. Gdy sterownik jest w stanie wygenerować prąd o wartości maksymalnej równej 141% prądu nominalnego, daje to możliwość osiągnięcia dowolnego kąta elektrycznego.

Stosując sterowanie mikrokrokowe należy pamiętać, że wraz z podziałem kroku spadkowi podlega względna energia wzbudzająca przypadająca na jeden mikrokrok.
W sposób procentowy w odniesieniu do pełnego kroku przedstawia tę zależność rysunek obok.

Już przy 1/8 kroku energia potrzebna do wykonania skoku rotora jest 50 krotnie mniejsza.



3.3 Rezonans mechaniczny w układach sterowanych mikrokrokowo:

Częstotliwość własna każdego układu jest inna. Wynika to z zależności od momentów bezwładności rotora, dla danego modelu silnika przyjmuje się, że jest zawsze taka sama, ale i od momentu bezwładności obciążenia, a to jest za każdym razem inne. Całkowity moment bezwładności opisuje wzór:

$I_C = I_R + I_O$ [kg*m^2]

Opis częstotliwości własnej układu:

$$f_0 = 1/4 * P * \sqrt{n * \frac{M_s}{I_c}}$$

gdzie M_S to moment trzymający,
a n to liczba kroków na obrót.

www.wobit.com.pl // www.enkodery.com // www.prowadnice.pl // www.silniki.com

4. Podstawy mechaniczne doboru:

4.1 Układy mechaniczne:

Dobierając odpowiedni napęd do swojego układu należy wziąć pod uwagę kilka parametrów. Oprócz tych podawanych przez producenta należy pomyśleć o warunkach w jakich ma pracować napęd, obciążeniach jakim będzie poddawany, czy intensywności eksploatacji. Po podjęciu decyzji jaki napęd nas interesuje należy skierować swoją uwagę na sterownik w zależności od tego jaka praca będzie od całego układu wymagana, sprzęgła jakie będzie zastosowane, czy odpowiednia przekładnia w celu uzyskania pożądanej prędkości obrotowej i momentu. Poniższe streszczenie ma na celu wprowadzenie w tę niejednokrotnie zawiłą, a jednocześnie kluczową tematykę.

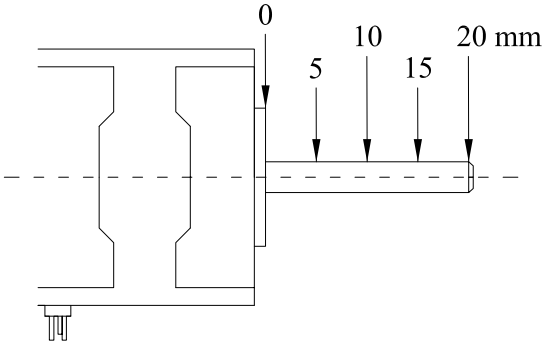
4.2 Dobór napędu:

Dla optymalnego wyboru rozwiązania należy określić rodzaj napędu jaki będzie najlepszy dla danego zadania, jego parametry oraz tryb pracy. Kluczowymi parametrami w dziedzinie napędów krokowych są moment trzymający i prędkość. Mimo, że moment trzymający definiowany jako moment jakim dysponuje silnik podczas postoju jest wygodnym parametrem do porównywania napędów nie jest to parametr kluczowy. Potrzebny moment jest wynikową obciążenia statycznego i dynamicznego silnika, powstałego podczas rozpędzania i hamowania układu. Najczęściej obciążenie powstałe przy maksymalnej prędkości jest krytyczne ze względu na spadek momentu przy wyższych prędkościach. Pamiętać należy o prawidłowym doborze sterownika do napędu by potencjalnie dostępne parametry były praktycznie osiągane. Prędkość pracy silnika jest parametrem łatwym do określenia, moment jakim powinien dysponować napęd nie zawsze. W tym celu należy przyjąć najgorsze warunki pracy układu, takie jak minimalne napięcie i maksymalny prąd zasilania ze sterownika, najwyższa lub najniższa temperatura i maksymalne przewidziane współczynniki tarcia mechaniki. Aby znaleźć się po bezpiecznej stronie tak dobranej granicy warto dodać 10% marginesu bezpieczeństwa co powinno pokryć nieprzewidziane zjawiska.
Aby prawidłowo dopasować silnik do konkretnej aplikacji warto skonsultować się z osobą dysponującą wiedzą na temat charakterystyki danego silnika.

4. 3 Nośność promieniowa osi:

Mocując obciążenia na osi silnika należy pamiętać, że każda oś ma swoją nośność promieniową. Jest to parametr podawany przez producentów, jednak dotyczy on miejsca na osi bezpośrednio przy końcu obudowy. Wraz z oddalaniem się od tego punktu wzdłuż osi silnika wartość tej nośności znacznie maleje. Poniższy rysunek i tabela pokazują ilu krotnie należy pomniejszyć tę wartość aby otrzymać parametr o prawidłowej wielkości.

	Odległość od obudowy [mm]				
Średnica osi [mm]	0	5	10	15	20
5	1	0,63	0,45	0,35	0,26
6,35	1	0,82	0,59	0,44	0,35
9,525	1	0,82	0,59	0,45	0,37
8	1	0,77	0,59	0,51	0,43
14	1	0,82	0,72	0,64	0,58
16	1	0,82	0,70	0,62	0,58



Rys. Odległość na osi silnika

www.wobit.com.pl // www.enkodery.com // www.prowadnice.pl // www.silniki.com

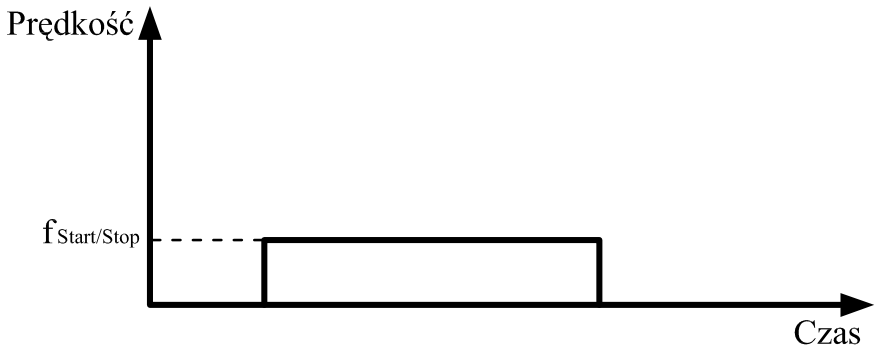
4.4 Utrata kroku:

Silnik krokowy jest bardzo ciekawym napędem posiadającym wiele zalet jeśli tylko pracuje bez utraty kroków w dłuższym okresie czasu. Najlepiej, gdy nie trzeba w tym celu stosować żadnych enkoderów.
Silnik krokowy pracuje w otwartej pętli, więc winy niepoprawnej pracy upatruje się w napędzie.

a) Rozważając prawidłowy dobór należy pamiętać by:
- dobrać napęd do aplikacji pod kątem maksymalizacji wartości momentu i prędkości,
- stosować 30% współczynnik bezpieczeństwa dla parametrów momentu i prędkości,
- zadbać o brak wpływów otoczenia na układ (np. uwzględnić gęstnienie smaru).

b) Ponieważ silniki krokowe nie posiadają sprzężenia zwrotnego testy mogą okazać się problemem bardziej złożonym, poniższa analogia pomoże jednak poprawnie zweryfikować ich wyniki:

Test start - stop:
Aby poprawnie przeprowadzić taki test należy przymocować silnik do obciążenia i zadać na sterowniku określoną częstotliwość. Silnik powinien przyspieszyć ładunek do pożądanej prędkości w pierwszym kroku.



Rys. Wykres prędkość w czasie obrazujący test start - stop

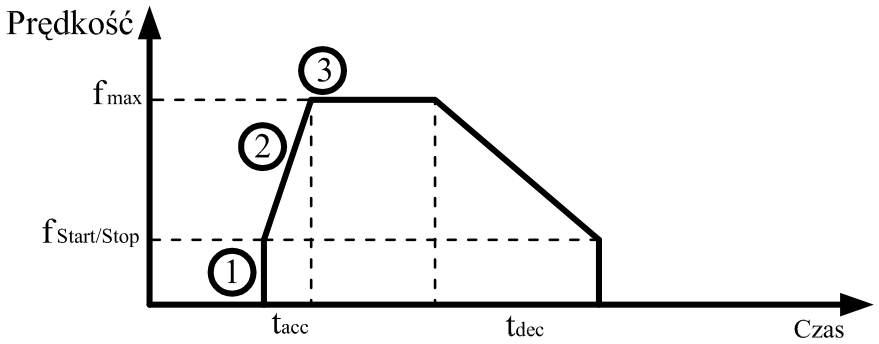
Możliwe przyczyny, jeśli silnik nie przyspieszy do pożądanej prędkości w pierwszym kroku:
- częstotliwość za duża - zmniejszyć częstotliwość na sterowniku,
- silnik za słaby - zmienić silnik.

www.wobit.com.pl // www.enkodery.com // www.prowadnice.pl // www.silniki.com

Test przyspieszania:

Początkowy etap rampy przyspieszenia jest analogiczny do testu start-stop. Jest to ta część przyspieszenia, gdzie prędkość narasta natychmiastowo.
W drugiej części rampy przyspieszenia przyrost prędkości odbywa się w mierzalnym okresie czasu osiągając ostatecznie pożądaną prędkość maksymalną.

Możliwe przyczyny nieprawidłowego przyspieszania:
- rezonans - zwiększyć przyspieszenie, wybrać częstotliwość start - stop powyżej punktu rezonansowego, zastosować pół- lub mikrokrokowe sterowanie,
- zasilanie zbyt niskim napięciem - zwiększyć napięcie zasilania, dobrać napęd o niższej impedancji, zastosować sterownik ze sterowaniem prądowym,
- zmniejszyć prędkość maksymalną.



Rys. Wykres prędkości w czasie obrazujący test przyspieszenia

Trzecim etapem jest praca z maksymalną prędkością, z reguły zależy na pokonaniu większości zadanego odcinka z maksymalną możliwą prędkością.

Jeśli silnik po osiągnięciu maksymalnej prędkości gaśnie lub dławi się:
- wysilenie silnika (silnik pracuje na maksimum swych możliwości i po rozpędzeniu generuje za duży moment co powoduje wibracje i problemy z wygaszeniem) - zmniejszyć przyspieszenie, podzielić przyspieszenie początkowo na większe, w drugiej części rozpędzania na mniejsze.

c) Poruszanie się wstecz:
W wyjątkowych przypadkach zdarzać się może, że pojawią się problemy z ponownym ruszeniem silnika po wyłączeniu zasilania w trakcie postoju lub samoczynna zmiana położenia. Do takiej sytuacji dochodzi w wyniku naprężeń powstałych w przekładni i ich rozprężenia, gdy po wyłączeniu zasilania silnik przestaje dysponować momentem trzymającym. Po takim ruchu i ponownym zasilaniu napędu moment generowany podczas pierwszego kroku jest niewystarczający, by wykonać ruch. Silnik nie ruszy lub ruszy po 4 krokach.

www.wobit.com.pl // www.enkodery.com // www.prowadnice.pl // www.silniki.com

4.5 Tablice z podstawowymi wzorami:

Prędkość rotacji silnika względem częstotliwości:

1Hz = 0,12 obr/min
8,(3) Hz = 1 obr/min
500Hz = 60 obr/min
2000Hz = 240 obr/min
3000Hz = 360 obr/min
5000 Hz = 600 obr/min

Stopień obrotu względem impulsu:

1 impuls = 0,72 stopnia
125 impulsów = 90 stopni
250 impulsów = 180 stopni
500 impulsów = 360 stopni

Ogólny wzór przeliczeniowy:

X Hz = L_{obr} / 0,12 - częstotliwość
L_{obr} = X Hz * 0,12 – liczba obrotów

minimalna rozdzielczość silnika przy zastosowaniu śruby kulowej:

$$\theta = \frac{\Delta L}{S_P} * 360^0$$

ΔL – pożądana długość na kroku [mm]
S_P – skok śruby [mm]

Czas przyspieszania i hamowania:

$t_1 = 0{,}25 * t_0$

t_0 – czas pozycjonowania

Nacisk główny:

$$F_0 = \frac{F}{3}$$

Ciężar:

F = M * g

4.6 Wyliczenia:

4.6.1 Obroty:

Ilość obrotów na minutę, czyli prędkość, oraz rozdzielczość mikrokroku.

Jeśli X określi liczbę kroków na obrót, dodając przekładnię n:1 otrzymujemy X*n mikrokoków na obrót.

4.6.2 Prędkość operacyjna [pulsy]:

$$A = \frac{L}{L_{rot}}$$

Gdzie:
L - kątowy dystans ruchu, L_{rot} - dystans względem obrotu silnika,

4.6.3 Częstotliwość pulsów [Hz]:

a) gdy nie przekraczamy maksymalnej prędkości początkowej
(nie ma rozpędzania i hamowania):

$$f_2 = \frac{A}{t_0}$$

gdzie:
A - prędkość operacyjna,
t_0 – czas pozycjonowania.

b) gdy silnik musi się rozpędzać i hamować:

$$f_2 = \frac{(A - f_1 * t_1)}{(t_0 - t_1)}$$

gdzie:
A – prędkość operacyjna,
f_1 – częstotliwość początkowa,
t_1 – czas przyspieszania,
t_0 – czas pozycjonowania.

www.wobit.com.pl // www.enkodery.com // www.prowadnice.pl // www.silniki.com

4.6.4 Moment [N*m]:

Całkowity moment niezbędny do pracy układu opisuje wzór:

$$T_M = (T_a + T_L) * 2$$

Gdzie:
2 jest współczynnikiem bezpieczeństwa,
T_L - moment pracy układu generowany przez tarcie elementów mechanicznych, pięć najpowszechniejszych układów opisanych jest w kolejnym dziale.

a)
Moment przyspieszenia T_a przy starcie i zatrzymaniu:

$$T_a = \frac{(J_R + J_C) * (f_2)^2 * \pi * \Theta}{n * 180 * g}$$

Moment przyspieszenia T_a przy rozpędzaniu i hamowaniu:

$$T_a = \frac{(J_R + J_C) * (f_2 - f_1) * \pi * \Theta}{t_1 * 180 * g}$$

Gdzie:

J_R – bezwładność rotora,
J_C – bezwładność układu,
f_2 – częstotliwość pulsów,
n – $3{,}6^0/\Theta$,
f_1– częstotliwość początkowa,
Θ – kąt kroku,
t_1– czas przyspieszania,
g – przyciąganie grawitacyjne.

b) Moment pracy T_L :

Moment ten zależny jest od rodzaju przeniesienia napędu, dlatego przedstawionych zostało tu pięć najpopularniejszych przypadków.

- śruba kulowa i równia pochyła:

$$T_L = \frac{F * S_P}{2 * \pi * \eta} + \frac{\mu_0 * F_0 * S_P}{2 * P} * \frac{1}{i} * 0.1$$

$F = F_A + m (\sin\alpha + \mu\cos\alpha) * 10^{-7}$

- krążek

$$T_L = \frac{\mu * (F_a + m) * D}{2 * i} * 10^{-7}$$

- napęd pasowy i śruba zębata:

$$T_L = \frac{F * D}{2 * i * \eta} * 10^{-7}$$

$F = F_A + m * (\sin\alpha + \mu\cos\alpha) * 10$

Gdzie:

F – nacisk w osi i kierunku ruchu,
F_0 – nacisk główny,
F_A – siła zewnętrzna,
F_B – siła obrotu głównego wału,
S_P – skok śruby,
μ_0 – współczynnik tarcia dla F_0
μ – współczynnik tarcia,
η – skuteczność,
i – przełożenie przekładni,
m – masa obiektu i wózka,
α – kąt nachylenia równi,
D – średnica krążka.

Podstawowe gęstości [kg/m³]:

Żelazo – $7.9 * 10^3$
Aluminium – $2.8 * 10^3$
Brąz – $8.5 * 10^3$
Nylon – $1.1 * 10^3$

www.wobit.com.pl // www.enkodery.com // www.prowadnice.pl // www.silniki.com

4.6.5 siła bezwładności [kg*m²]:

a) cylinder (zakładając, że stoi):
- w osi x:

$$J_x = \frac{1}{8} * m * D_1^2 \ * 10^{-4}$$

- w osi y:

$$J_Y = \frac{1}{4} * m * (\frac{D_1^2}{4} + \frac{L^2}{3}) \ * 10^{-4}$$

b) cylinder wydrążony wewnątrz wzdłużnie (zakładając, że stoi)
- w osi x:

$$J_x = \frac{1}{8} * m * (D_1^2 + D_2^2) \ * 10^{-4}$$

- w osi y:

$$J_Y = \frac{1}{4} * m * (\frac{D_1^2 + D_2^2}{4} + \frac{L^2}{3}) \ * 10^{-4}$$

c) oś nie przechodząca przez środek ciężkości prostopadłościanu płaskiego:

$$J_x = J_{x_0} + m * l^2 \ * 10^{-4}$$

$$J_x = \frac{1}{12} * m * \left(A^2 + B^2 + 12 * l^2\right) \ * 10^{-4}$$

d) bryły przestrzennej
- w osi x:

$$J_x = \frac{1}{12} * m * (A^2 + B^2) \ * 10^{-4}$$

$$J_x = \frac{1}{12} * \rho * A * B * C * (A^2 + B^2) \ * 10^{-10}$$

- w osi y:

$$J_Y = \frac{1}{12} * m * (B^2 + C^2) \ * 10^{-4}$$

$$J_Y = \frac{1}{12} * \rho * A * B * C * (B^2 + C^2) \ * 10^{-10}$$

J_X - bezwładność wzdłuż osi x,
J_Y - bezwładność wzdłuż osi y,
J_0 - bezwładność na osi środka ciężkości,
m - masa,
D_1 - Wymiar zewnętrzny,
D_2 - Wymiar wewnętrzny,
ρ - gęstość,
L - długość.

Bezwładność śruby:

$$J_S = \frac{\pi}{32} * \rho * L_B * D_B^4 \ [kg*m^2]$$

ρ - gęstość,
L_B – długość śruby,
D_B – średnica śruby.

Bezwładność wózka na śrubie:

$$J_W = m * (\frac{S_P}{2} * \pi)^2 \ [kg*m^2]$$

Bezwładność stołu obrotowego:

$$J_T = \frac{\pi}{32} * \rho * L_T * D_T^4 \ [kg*m^2]$$

L_S – grubość stołu,
D_S – średnica stołu.

Bezwładność całego układu:

$J_L = J_O + J_S + J_W + J_R * 10^{-4}$ [kg*m²]

$J_L = J_O + J_S + J_T + J_R * 10^{-4}$ [kg*m²]

J_O – bezwładność obiektu podlegającego obróbce.

Dystans dla jednego kroku:

$\Delta L = \Theta * S_P$ [cm]

Θ – rozdzielczość silnika,
S_P – skok śruby.

Rozmiar krążka w przekładni:

$$D = \frac{360^0 + \Delta L * i}{\pi * ?} \ [cm]$$

i – przełożenie.

www.wobit.com.pl // www.enkodery.com // www.prowadnice.pl // www.silniki.com

Skok śruby:

$$S_P = \frac{360^0 + \Delta L * i}{\Theta} \text{ [cm/obr]}$$

Czas trwania jednego obrotu:

$$t_{obr} = \frac{360^0}{f * \Theta} \text{ [s]}$$

f – częstotliwość impulsów

Prędkość liniowa:

$$V = \frac{P * D * \Theta * f}{360^0 * i}$$

$$V = \frac{S_P * \Theta * f}{360^0 * i}$$

5. Jednostki:

5.1 Nazwy i skala:

Czas – sekunda [s],
Częstotliwość – Herc [Hz],
Napięcie – Volt [V],
Prąd – Amper [A],
Moc – Wat [W],
Siła – Niuton [N],
Moment – Niuton * metr [N * m],
Bezwładność – Niuton * metr^2 [N * m^2],
Długość – metr [m],
Masa – kilogramy [kg],
Kąt obrotu – stopień [_^{o}],
Gęstość – kilogram/metr [kg/m^3],
Rozdzielczość – milimetr/krok [mm/krok].

1 metr = 100 centymetrów
1 cm = 10 milimetrów
1mm = 10 mikrometrów

1 kg = 1000 gram

10^{-3} = 0.001
10^{-2} = 0.01
10^{-1} = 0.1
10^0 = 1
10^1 = 10
10^2 = 100
10^3 = 1000

Standard	Przeliczniki					
1 N	0,1020 kp	102 p	100,4*10^{-4} tonf	02248 lbf	3,597 ozf	-
1 km/h	16,667 m/ min	0,2778 m/s	0,6214 mile/h	54,68 ft/min	0,9113 ft/s	10,936 in/s
1 Nm	100 Ncm	0,10197 kgfm	0,73756 lbf.ft	8,8507 lbf.in	141,61 ozf.in	-
1 kW	1,360 PS	1,341 hp	102 kgfm/s	737,6 ft.lbf/s	-	-
1 kgm^2	4 kgfm^2	23,73 lb.ft^2	0,102 kpms^2	0,7376 ft lbf s^2	-	-
1 mm	0,001 m	0,3937 in	0,0033 ft	0,00109 yds	-	-

kp - kilopond,
tonf - tona siła,
lbf - funt,
ozf - uncja siła,
ft - stopa,
kgfm - kilogram*siła*metr,
in - inch,
PS - koń mechaniczny,
hp - koń parowy,
yds - jardy.

www.wobit.com.pl // www.enkodery.com // www.prowadnice.pl // www.silniki.com

6. Wiadomości dodatkowe:

6.1 Warto wiedzieć:

Każde urządzenie elektryczne podczas pracy generuje ciepło. Należy pamiętać, aby warunki pracy pozwalały na odpowiednie chłodzenie, zarówno silnika, jak i sterownika. Temperatura pracy silnika najczęściej mieści się w granicach 0..60^{0}C. Podczas eksploatacji przy wykorzystaniu maksymalnych parametrów może osiągnąć nawet 80^{0}C. Temperatura w żadnym wypadku nie powinna przekraczać 130^{0}C.

6.2 Podstawowe zasady projektowania układu z napędem krokowym:

W interesie użytkownika jest aby maksymalnie redukować bezwładność poruszających się części układu. Można to osiągnąć stosując elementy z materiałów lekkich oraz ograniczając średnicę elementów obrotowych lub np. stosując konstrukcje ażurowe, kółka nie z pełnego metalu a odwiercone. Dodatkowo warto zadbać by układ miał nie więcej niż jeden krok luzu, a całość charakteryzowała się możliwie dużą sztywnością. Projektując sterowanie powinno się zwrócić uwagę, by układ płynnie hamował i przyspieszał, tylko wtedy będzie możliwe korzystanie z pracy synchronicznej. Zgubienie synchronizmu oznacza zgubienie pozycji.

6.3 Przekładnie:

Przekładnie pozwalają na uzyskanie większej rozdzielczości oraz znacznie wyższego momentu dzięki czemu można poruszać większym obciążeniem przy użyciu tego samego silnika. Odbywa się to jednak kosztem prędkości tego ruchu. Wzrost momentu zależny jest od sprawności przekładni. W uproszczeniu krotność przełożenia pomnożona przez sprawność przekładni daje przybliżony wzrost momentu.

Przekładnia zębata przeznaczona jest do prostych instalacji w połączeniu z silnikami krokowymi NANOTEC z helikalnie zfrezowaną osią. W efekcie praca przekładni jest cichsza o 7dB. Przekładnie zębate mają takie same wymiary jak silniki, dzięki temu montaż nie nastręcza żadnych trudności. Oś wyjściowa przekładni może przyjmować wysokie siły osiowe i promieniowe dzięki zastosowanym przez producenta solidnym łożyskom. Dzięki tym właściwościom przekładnie GN są przekładniami wytrzymałymi, a za razem tanimi. Przełożenia: 3:1..180:1, maksymalne obciążenia wynoszą dla oferowanej serii 2GN ok. 250Ncm. Należy pamiętać, że przekładnie zębate posiadają znaczące dla układów precyzyjnych luzy.

Przekładnie planetarne serii PLE oferowane przez firmę WObit są ekonomicznym rozwiązaniem wszędzie tam gdzie wymagane są małe luzy i duży moment. Przekładnia ta jest ekonomiczną wersją najwyższej jakości przekładni produkowanej przez firmę Neugart GmbH z Niemiec. Przekładnia dostarczana przez naszą firmę ma przygotowane mocowanie do wybranego silnika krokowego. Przy zamawianiu należy wskazać z jakim silnikiem przekładnia ma współpracować. Przekładnie te osiągają wydajność na poziomie 0.97-0.91, 0.81, 0,73 dla kolejno jednego, dwóch i trzech stopni. Liczba stopni w pewien sposób determinuje granice redukcji. Standardowo waha się to w granicach:

Jeden stopień – 1: 4 do 8
Dwa stopnie – 1: 12 do 64
Trzy stopnie – 1: 91.12 do 512

www.wobit.com.pl // www.enkodery.com // www.prowadnice.pl // www.silniki.com

Przekładnie ślimakowe charakteryzuje się podobnie jak planetarne. Różnią się one jednak przede wszystkim konstrukcją. Ich budowa oparta jest na układzie koło zębate i ślimak: Przekładnia ślimakowa jest korzystniejsza, gdy trzeba zmienić kierunek osi pod kątem 90^0 Kolejną kwestią jest różnica osiąganych parametrów. Wydajność waha się od 0.7 do 0.25, a przełożenia od 1:8 do 1:72. przy czym im wyższe przełożenie tym niższa wydajność.

Przekładnie planetarne i ślimakowe można stosować w kombinacji. Dzięki takiemu zestawieniu można osiągnąć przełożenie rzędu 1:30000.

6.4 Sprzęgła:

Sprzęgła są istotnym elementem układu mechanicznego. To one pochłaniają nieprawidłowości osiowania i bicia osi elementów obrotowych. Stosuje się je łącząc ze sobą dwa wały, których osie urojone niekoniecznie znajdują się w jednej linii. Funkcją sprzęgła jest redukowanie przesunięć liniowych, kątowych, ewentualnie promieniowych lub ich kombinacji.

Rozróżniamy kilka rodzajów sprzęgieł z uwagi na rodzaj zastosowanego elementu podatnego:

- mieszkowe,
- plastikowe dociskowe,
- helikalne aluminiowe,
- nacinane plastikowe,
- nacinane aluminiowe,
- membranowe,
- kłowe,
- unilat,
- oldham.

Również metody ich montażu na osi są różne:

- dociskowe – wkręcana śruba imbusowa zapiera się o oś dociskając ją do przeciwległej ściany otworu sprzęgła.
- zaciskowe – śruba imbusowa podczas wkręcania zbliża do siebie dwie połówki odpowiednio naciętego pierścienia sprzęgła obejmując oś wokół, zakleszczając ją na całym obwodzie. Ten typ jest doskonalszą formą mocowania ponieważ nie uszkadza osi i zapewnia centryczny chwyt osi.

Znajdujące się w naszej ofercie sprzęgła najwyższej jakości firm Huco, ASA, ZEEWOTECH, Socham Engeneer zapewniają bardzo wysoką precyzję.
Mieszkowe sprzęgła firmy Huco legitymują się wysoką podatnością liniową i na zginanie. Jednocześnie są sztywne skrętnie co pozwala stosować je w precyzyjnym pozycjonowaniu. Popularnym zastosowaniem tych sprzęgieł jest łączenie osi enkodera i obiektu.

Sprzęgła typu Oldham mają przewagę nad innymi dzięki trzyczęściowej konstrukcji ułatwiającej montaż. Doskonale nadają się do przekazywania napędu w małych układach. W przypadku silników krokowych korzystać można z wkładek sprzęgieł Oldham wykonanych z nylonu, które charakteryzuje większa elastyczność niż wkładek wykonanych z acetatu, co pozytywnie wpływa na zmniejszenie drgań napędu. Dodatkowo zaciskowe mocowanie pozwala nie kaleczyć osi i jest samocentrujące. Po zużyciu wkładki jako tanie elementy z tworzywa łatwo jest wymienić na nowe
Firma HUCO legitymuje się zachowaniem zgodności z certyfikatem ISO 9002.

www.wobit.com.pl // www.enkodery.com // www.prowadnice.pl // www.silniki.com

6.5 Sterowniki:

Sterownik mocy to integralna część układu napędowego, w którym pracuje silnik krokowy, gdyż dostarcza w odpowiedni sposób energię do pasm uzwojeń silnika krokowego. Bez niego silnik krokowy nie będzie funkcjonował, dlatego odpowiedni dobór sterownika do silnika krokowego jest niezwykle ważny. Poszukując odpowiedniego sterownika należy zwrócić uwagę ilu fazowym silnikiem chce się kierować. Oraz wypełniania jakich zadań oczekuje. Ograniczeniami sterowników mogą być częstotliwość generowanych impulsów, rozdzielczość kroku, parametry elektryczne, poziom zabezpieczeń, rodzaj przyłączy, czy nawet metoda montażu.
Podział kroku przez sterownik powoduje spadek wartości momentu trzymającego przypadającego na pojedynczy mikrokrok. Wynika to z faktu, iż sterownik nie podnosi wartości prądu w celu uzyskania momentu równego temu jakim dysponuje silnik przy pracy pełnokrokowej.
Niektóre sterowniki dają możliwość ustawiania prądu dla postoju, normalnej pracy i dużego przyspieszania. Dla postoju należy wybrać wartość prądu możliwie małą tak by silnik nie pobierał dużej mocy gdy nie jest to potrzebne, ale jednocześnie dysponował momentem uniemożliwiających utratę pozycji. Normalna praca odbywać się powinna przy nominalnym dla danego napędu prądzie co zabezpieczy go przed przegrzewaniem. Aby osiągnąć możliwie duże przyspieszenie można chwilowo podnieść wartość prądu co spowoduje wzrost momentu, jednak ponoszenie wartości prądu nie tylko nie jest bezkarne (przegrzewanie uzwojeń), ale bezcelowe powyżej pewnej wartości w skutek nasycania okładek

6.6 Generatory i mikroindeksery:

Urządzenia te służą do generowania impulsów dla końcówki mocy. Podstawową różnicą jest fakt, iż generator może generować impulsy o określonej częstotliwości regulowanej płynnie potencjometrem lub skokowo sygnałem zewnętrznym. Mikroindekser natomiast to urządzenie programowalne realizujące określoną trajektorię ruchu. Oznacza to, że poprzez łącze RS232 komunikuje się z komputerem PC i przy użyciu odpowiedniego oprogramowania daje możliwość zadania nie tylko określonej częstotliwości, ale prędkości rozpędzania, hamowania, kontroluje długość ruchu, prędkość maksymalną, a nawet cale sekwencje zadań wraz z wykorzystaniem zależności warunkowych pomiędzy poszczególnymi etapami pracy. Dlatego warto rozpoznać złożoność zadań jakie zostaną postawione przed naszym układem, tak aby dobrać urządzenie mogące sprostać im wszystkim.

6.7 Zasilacze:

Zasilacze silników krokowych dostarczają energii do układów sterujących silnikami krokowymi. Typowo używa się zasilaczy niestabilizowanych o dużej obciążalności chwilowej. Zasilacze posiadają wbudowane kondensatory elektrolityczne o dużej pojemności zdolne do gromadzenia sporej energii, dzięki którym możliwe jest odbierane energii oddawanej przez silnik podczas hamowania. Duże pojemności pozwalają też na redukcję tętnień napięcia. Dostępne są w dwóch podstawowych wersjach:

- 30VDC – niskonapięciowej,
- 70VDC – wysokonapięciowej.

www.wobit.com.pl // www.enkodery.com // www.prowadnice.pl // www.silniki.com