



Wprowadzenie do mechatroniki

Urządzenia nastawcze – aktuatory elektro-mechaniczne

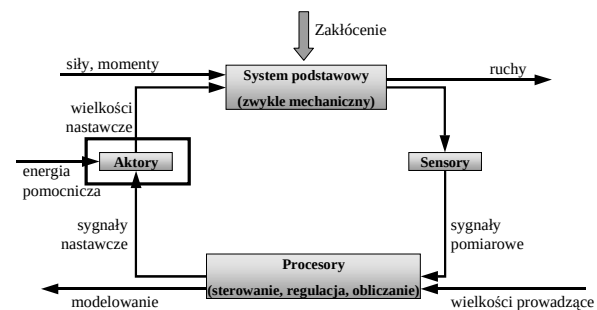
dr inż. Roland PAWLICZEK

Człony wykonawcze

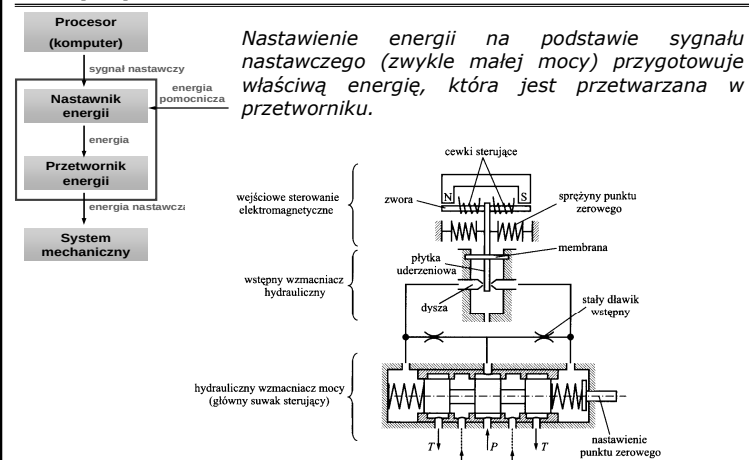
Urządzenia nastawcze - wykorzystywane do wykonywania ruchów lub przykładania sił.

Do sterowania aktorami wymagany jest procesor i dodatkowa energia pomocnicza.

Aktory umieszczone są pomiędzy urządzeniem sterującym, a systemem, na który wpływają.



Człony wykonawcze



Wprowadzenie do Aktoryki

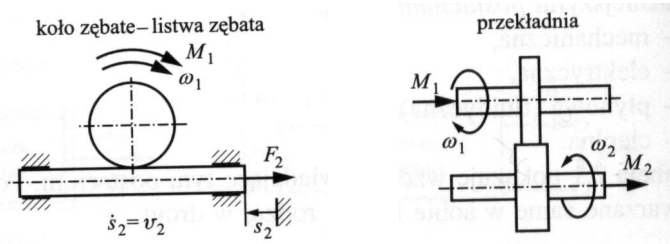
Postacie mocy:

Postać mocy	Uogólniona wielkość potencjalowa p	Uogólniona wielkość przepływowa f	Moc $P = pf$
mechaniczna translacyjna mechaniczna rotacyjna	prędkość v prędkość kątowa ω	siła F moment M	$P_{tr} = Fv$ $P_{rot} = M\omega$
elektryczna	napięcie U	prąd I	$P_{el} = UI$
plynowa	ciśnienie p	przepływ objętości $\dot{V}$	$P_p = p\dot{V}$
ciepłota	różnica temperatur ΔT	przepływ ciepła $\dot{Q}$	$P_{th} = \Delta T \dot{Q}$

Przetworniki energii – przykłady

Przetwornik energii pozwalają na zmianę postaci mocy wejściowej na inny rodzaj. np. moc prądu elektrycznego w obwodach elektrycznych silnika jest zamieniana na ruch obrotowy wału silnika.

Przetwornik energii mechanicznej na inną postać energii mechanicznej (przekładnie mechaniczne): zmieniają jeden rodzaj ruchu na inny lub zmieniają parametry ruchu i obciążenia.



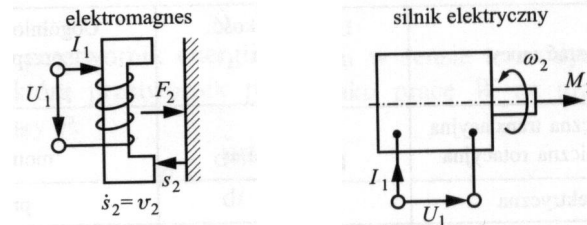
II MTR

Wprowadzenie do mechatroniki

5

Przetworniki energii – przykłady

Przetwornik energii elektrycznej na mechaniczną: zmieniają moc prądu elektrycznego na ruch posuwisty (tzw. magnesy ciągnące lub silniki liniowe) lub obrotowy (silniki elektryczne).



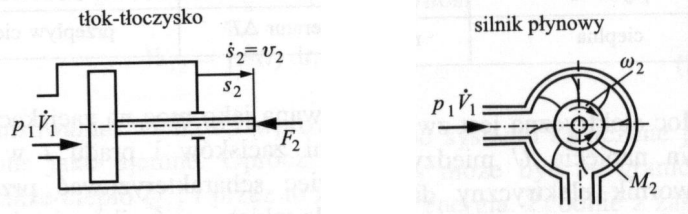
II MTR

Wprowadzenie do mechatroniki

6

Przetworniki energii – przykłady

Przetwornik energii płynu pod ciśnieniem na mechaniczną: zmieniają moc prądu elektrycznego na ruch posuwisty (tzw. magnesy ciągnące lub silniki liniowe) lub obrotowy (silniki elektryczne).



UWAGA: poszczególne rodzaje przetworników różnią się mocą i parametrami pracy (szybkość reakcji, uzyskiwane siły, przemieszczenia elementu roboczego...)

II MTR

Wprowadzenie do mechatroniki

7

Wprowadzenie do Aktoryki

Analogie w systemach mechatronicznych:

Właściwość elementu	Bezwładność	Zasobnik	Opór
System			
mechaniczny posuwisty	masa $\delta = \dot{v}$	sprężyna $s = \int \dot{v} dt$	tłumik $\delta = \dot{v}$
mechaniczny obrotowy	masa obrotowa $\dot{\phi} = \omega$	sprężyna obrotowa $\phi = \int \omega dt$	tłumik obrotowy $\dot{\phi} = \omega$

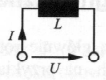
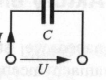
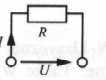
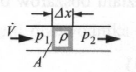
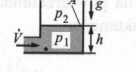
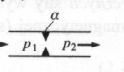
II MTR

Wprowadzenie do mechatroniki

8

Wprowadzenie do Aktoryki

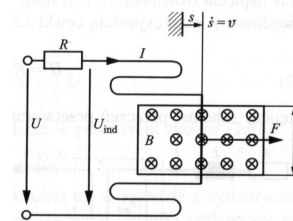
Analogie w systemach mechatronicznych:

elektryczny	indukcyjność  $U = L \frac{dI}{dt}$	pojemność  $U = \frac{1}{C} \int I dt$	oporność  $U = RI$
	masa płynu  $\Delta p = p_1 - p_2 = \frac{\rho \Delta x}{A} \dot{V}$	zbiornik  $\Delta p = p_1 - p_2 = \rho gh$ $h = \frac{1}{A} \int \dot{V} dt$	tarcie w rurach, kryza, dławik  $\Delta p = p_1 - p_2 = a \dot{V}$

Przetwornik elektrodynamiczny – silnik elektryczny

Przetwornik elektrodynamiczny do zamiany energii elektrycznej na mechaniczne wykorzystuje się oddziaływanie pól magnetycznych.

Gdy przewodnik z prądem porusza się w polu magnetycznym powstaje tzw. siła Lorentza.



B – strumień magnetyczny
 $[B] = [\text{Tesla}] = [\text{V} \cdot \text{s} / \text{m}^2]$

$F = BIl$
 niezależna od prędkości v

Napięcie indukowane (na skutek ruchu przewodnika z prędkością v):

$$U_{ind} = Blv$$

$P_{el} =$ - skuteczna moc elektryczna

Uzyskiwana moc mechaniczna:

$$P_{wyj} = Fv = U_{ind}I = P_{el}$$

Przetwornik elektrodynamiczny – silnik elektryczny

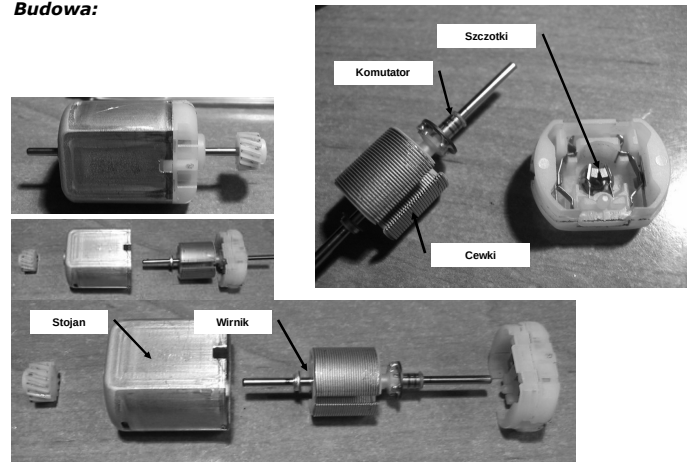


Przetwornik elektrodynamiczny – silnik elektryczny



Przetwornik elektrodynamiczny – silnik elektryczny

Budowa:



II MTR

Wprowadzenie do mechatroniki

13

Przetwornik elektrodynamiczny – silnik elektryczny



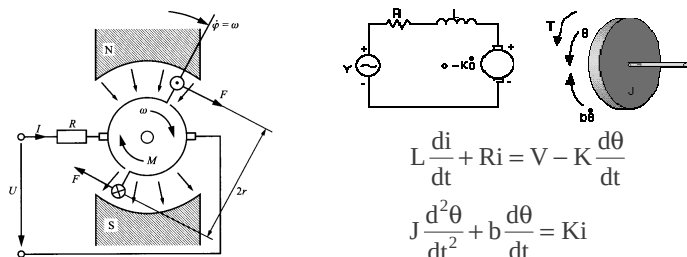
II MTR

Wprowadzenie do mechatroniki

14

Przetwornik elektrodynamiczny – silnik elektryczny

Przetwornik obrotowy: Prostokątna ramka z przewodników osadzona na wirniku obraca się w stałym polu magnetycznym. Ze wzrostem kąta obrotu ϕ do wartości $\frac{1}{2}\pi$ (położenie poziome) nie zmienia się kierunek działania siły, trzeba zmienić kierunek pola magnetycznego lub kierunek prądu w przewodniku. Dokonuje się zmiany kierunku przepływu prądu za pomocą **komutatora**. Bezwładność wirnika jest tutaj elementem zapewniającym płynny ruch obrotowy.

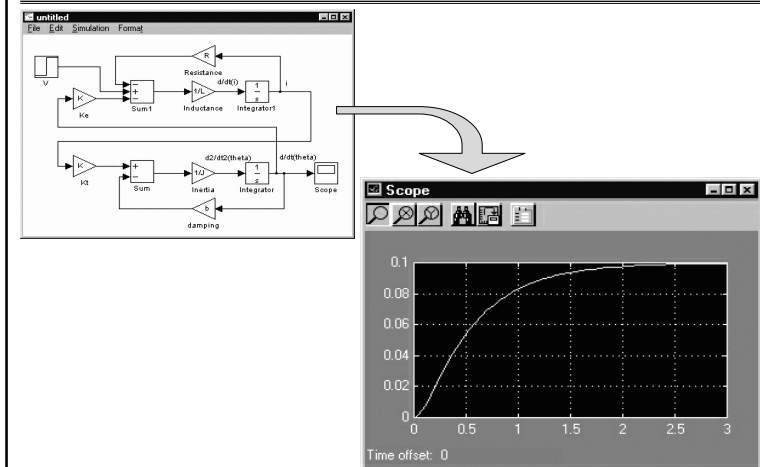


II MTR

Wprowadzenie do mechatroniki

15

Silnik elektryczny – symulacja pracy



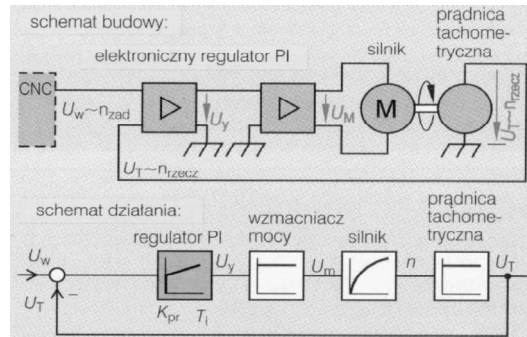
II MTR

Wprowadzenie do mechatroniki

16

Silnik elektryczny – symulacja pracy

Kontrolowanie prędkości obrotowej silnika z układem sprzężenia zwrotnego:



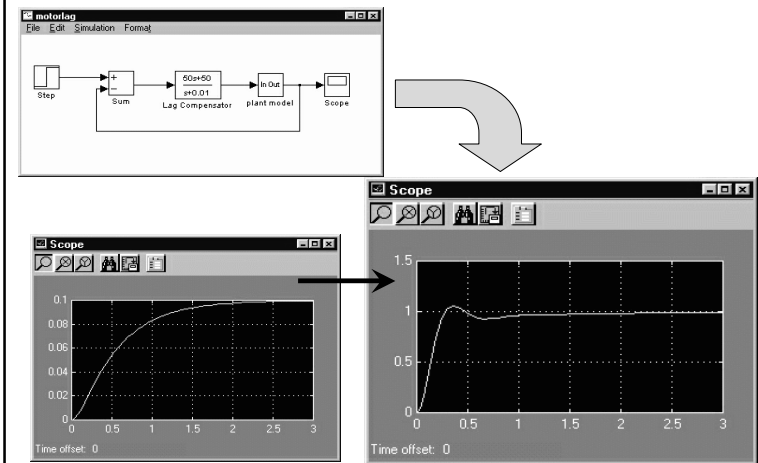
$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt$$

II MTR

Wprowadzenie do mechatroniki

17

Silnik elektryczny – symulacja pracy



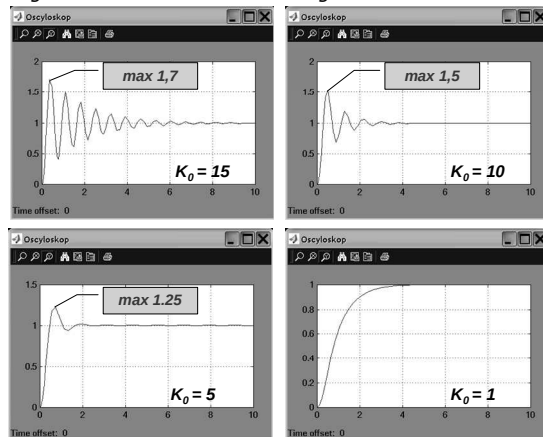
II MTR

Wprowadzenie do mechatroniki

18

Silnik elektryczny – symulacja pracy

Problem polega na doborze tzw. nastaw regulatora.



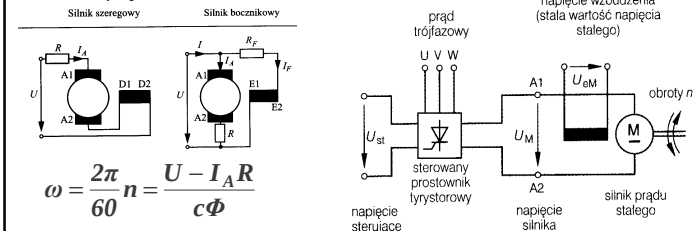
II MTR

Wprowadzenie do mechatroniki

19

Silnik prądu stałego – regulacja prędkości obrotowej

W układach rzeczywistych zwykle stojan i twornik zasilane są z jednego źródła napięcia:



$$\omega = \frac{2\pi}{60} n = \frac{U - I_A R}{c\Phi}$$

Regulacja obrotów:

regulacja pola: zmiana prądu stojana wpływa na strumień magnetyczny i przez to na prędkość obrotową,

regulacja oporności: zmiana oporności R za pomocą oporności wstępnej powoduje zmianę prędkości obrotowej (ale pociąga za sobą straty),

regulacja napięcia: zmiana napięcia U na zaciskach daje zmianę prędkości obrotowej bez strat.

II MTR

Wprowadzenie do mechatroniki

20

Silnik prądu stałego – regulacja prędkości obrotowej

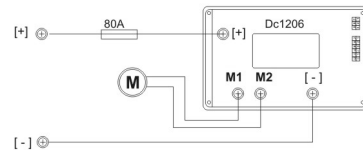


<http://www.napedy.net.pl>

Sterownik prądu stałego DC1206 12V/20A

Napięcie zasilające	12 V DC
Tolerancja U zasilania	10 - 18 V DC
Prąd znamionowy	20 A
Przebieżenie 1 min.	100%
Programowanie	DC-TDA1
Temperatura pracy	-20 st. C do + 40 st. C

Ogólny schemat połączenia obwodów mocy



Możliwości sterowania układem :

praca - obroty prawo
praca - obroty lewe
regulacja prędkości wejściem analogowym
rampa rozruchowa zakres regulacji 0,5 do 4 s
rampa hamowania zakres regulacji 0,5 do 4 s
max prędkość obroty w prawo - zakres 50 - 100 %
max prędkość obroty w lewo - zakres 50 - 100 %
druga rampa rozruchowa zakres regulacji 0,5 do 4 s
druga rampa hamowania zakres regulacji 0,5 do 4 s

II MTR

Wprowadzenie do mechatroniki

21

Silnik prądu stałego – regulacja prędkości obrotowej



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

- 4 tryby pracy: regulacja położenia, regulacja prędkości, regulacja prędkości z prędkością zadawaną potencjometrem, regulacja prędkości do wartości wybranej trzema wejściami cyfrowymi
- cyfrowy regulator IPD (regulacja pozycji, prędkości i przyspieszenia)
- obciążalność prądowa do 6 A
- napięcie zasilania 10 – 24 VDC
- napięcie znamionowe silnika 6 – 24 VDC
- łącze RS232 do sterowania pracą regulatora
- wejście analogowe 0 – 5 V do zadawania prędkości
- współpraca z programem SDC106E-PC umożliwiającym konfigurowanie parametrów regulacyjnych sterownika, oraz tworzenie listy instrukcji do wykonania (typu jedź na pozycję pierwszą, jedź na pozycję drugą, czekaj na sygnał, powtórz cykl itp.

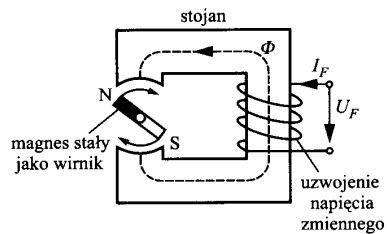
II MTR

Wprowadzenie do mechatroniki

22

Silnik prądu zmiennego – regulacja prędkości obrotowej

Silnik **synchroniczny** – wirnik wiruje proporcjonalnie do wirowania pola stojana. Ze względu na brak konieczności zasilania wirnika konstrukcja jest prosta i solidna.



$$n_0 = 60 \frac{f}{p} \left[\frac{\text{obr}}{\text{min}} \right]$$

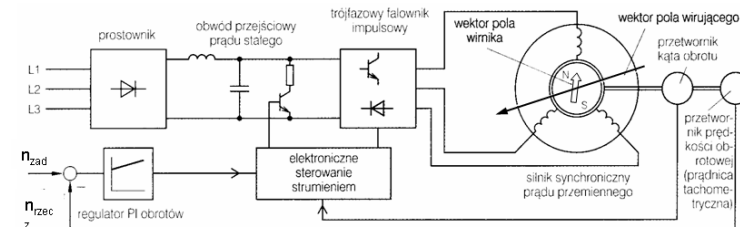
Zastosowanie: napędy posuwu, napędy ruchu obrotowego

II MTR

Wprowadzenie do mechatroniki

23

Silnik prądu zmiennego – regulacja prędkości obrotowej



Regulacja obrotów:

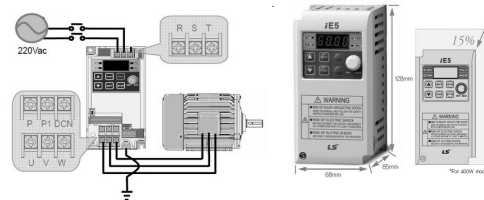
- zasilanie prądem trójfazowym z sieci;
- falownik przetwarza prąd z sieci na prąd stały, a następnie na prąd trójfazowy zależnie od nastaw z układu sterowania;
- kontrolowany jest kąt obrotu i odpowiednio do niego jest sterowane wirowanie strumienia (regulator PI).

II MTR

Wprowadzenie do mechatroniki

24

Silnik prądu zmiennego – regulacja prędkości obrotowej



Właściwości standardowe

- Znamionowe zakresy mocy - 0,1 ; 0,2 i 0,4kW
- Zasilanie 1-fazowe
- Obudowa : IP20
- Metoda sterowania: U/f
- Częstotliwość max do 200Hz
- Komunikacja RS485 (opcja)
- Wbudowany regulator PID
- Autorestart po ustąpieniu awarii
- 5 wejść wielofunkcyjnych
- Wielofunkcyjne wyjście przekaźnikowe
- Wyjście analogowe (0 – 10V)

Zastosowanie:

- Wentylatory
- Pompy
- Suszarnice
- Szlifierki
- Transportery
- Wirówki
- Maszyny do obróbki materiałów
- Maszyny przemysłowe

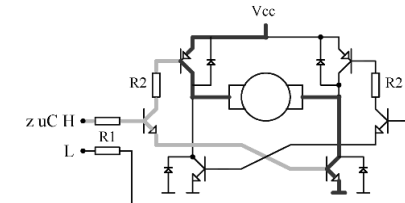
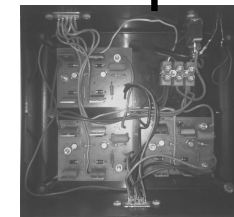
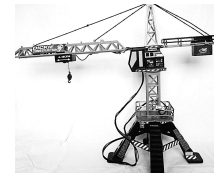
<http://www.akcesoria.cnc.info.pl>

II MTR

Wprowadzenie do mechatroniki

25

Silnik prądu zmiennego – regulacja kierunku obrotu



II MTR

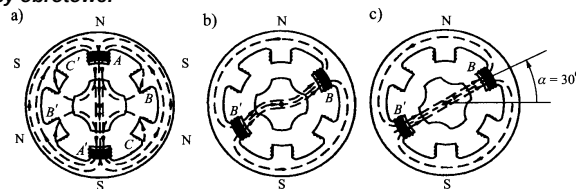
Wprowadzenie do mechatroniki

26

Przetwornik elektromagnetyczny – magnes obrotowy

Wykorzystują siłę **reluktancji** (oporności magnetycznej) – układ dąży do położenia, w którym reluktancja jest najmniejsza.

Magnesy obrotowe:



- trzy pary biegunów N-S (sterowalne)
- włączenie fazy BB' - wirnik dopasowuje się tak, aby opór magnetyczny dla przepływu strumienia magnetycznego był jak najmniejszy.

$$\text{kąt obrotu } \alpha = \frac{360^\circ}{p z_w}$$

p – liczba faz, z_w – liczba zębów wirnika

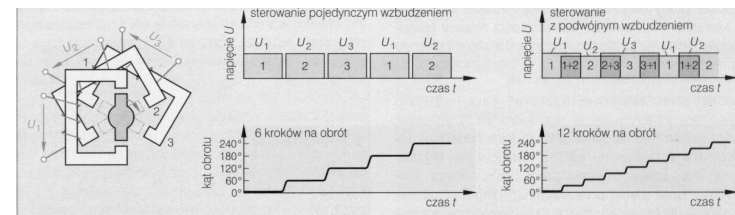
II MTR

Wprowadzenie do mechatroniki

27

Silniki krokowe

- zbudowane są jak magnesy obrotowe
- wystawianie elektronicznie przez impulsowe sygnały prądowe
- każdy impuls prądowy = krok kątowy wirnika
- jednostkowy kąt obrotu $\alpha = 15^\circ$ do $\alpha = 0,36^\circ$



- 1) kroki 1, 2, 3 – obrót o 180° , kąt obrotu pełny obrót = 6 kroków
- 2) kroki 1, 1+2, 2, 2+3, 3, 3+1, ...
pełny obrót = 12 kroków
- 1) Zwykle liczba kroków na jeden obrót wynosi 80!

II MTR

Wprowadzenie do mechatroniki

28

Silniki krokowe

- Silnik krokowy jest silnikiem synchronicznym. Oznacza to, że stabilne położenie zatrzymania rotora jest zsynchronizowane z polem magnetycznym stojana. Obroty rotora uzyskuje się przez obracanie pola - rotor podąża do nowego położenia stabilnego.
- Kąt obrotu silnika jest proporcjonalny do ilości impulsów wejściowych.
- Silnik pracuje z pełnym momentem w stanie spoczynku (o ile uzwojenia są zasilane).
- Precyzyjne pozycjonowanie i powtarzalność ruchu - dobre silniki krokowe mają dokładność ok. 3 - 5% kroku i błąd ten nie kumuluje się z kroku na krok.
- Możliwość bardzo szybkiego rozbiegu, hamowania i zmiany kierunku.
- Niezawodne - ze względu na brak szczotek. Żywotność silnika zależy zatem tylko od żywotności łożysk.
- Zależność obrotów silnika od dyskretnych impulsów umożliwia sterowanie w pętli otwartej, przez co silnik krokowy jest łatwiejszy i tańszy w sterowaniu.
- Szeroki zakres prędkości obrotowych uzyskiwany dzięki temu, że prędkość jest proporcjonalna do częstotliwości impulsów wejściowych.

II MTR

Wprowadzenie do mechatroniki

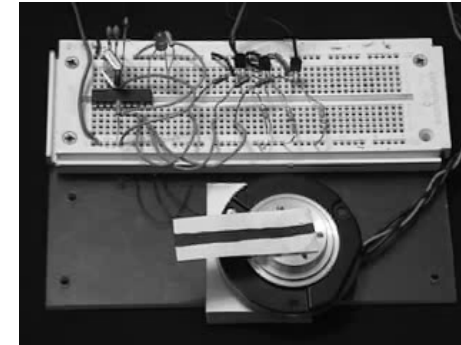
29

Silniki krokowe

- Rezonans przy niewłaściwym sterowaniu

$$\tau_0 = \frac{1}{4\pi} \sqrt{\frac{nM_s}{J_C}}$$

M_s – moment statyczny (trzymania),
 n – liczba par biegunów,
 $J_C = J_R + J_O$ – moment bezwładności wirnika i obciążenia



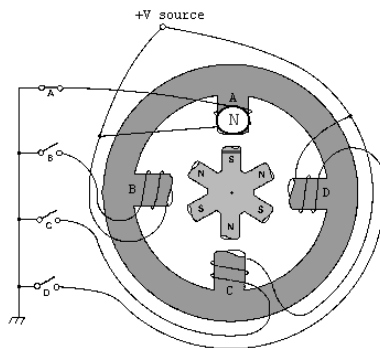
II MTR

Wprowadzenie do mechatroniki

30

Silniki krokowe

Układ sterowania wymaga jedynie sekwencyjnego przełączania zasilania na poszczególne elektromagnesy stojana silnika krokowego:



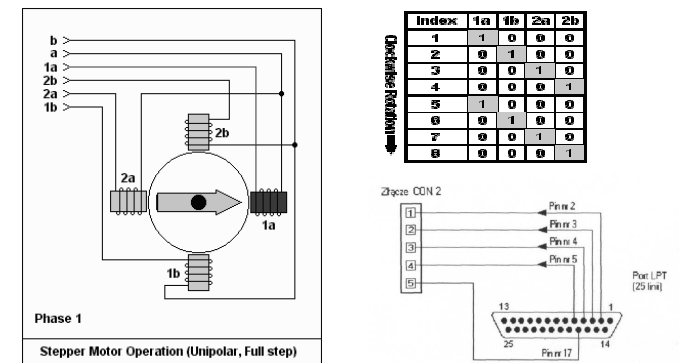
II MTR

Wprowadzenie do mechatroniki

31

Silniki krokowe

Układ sterowania wymaga jedynie sekwencyjnego przełączania zasilania na poszczególne elektromagnesy stojana silnika krokowego:

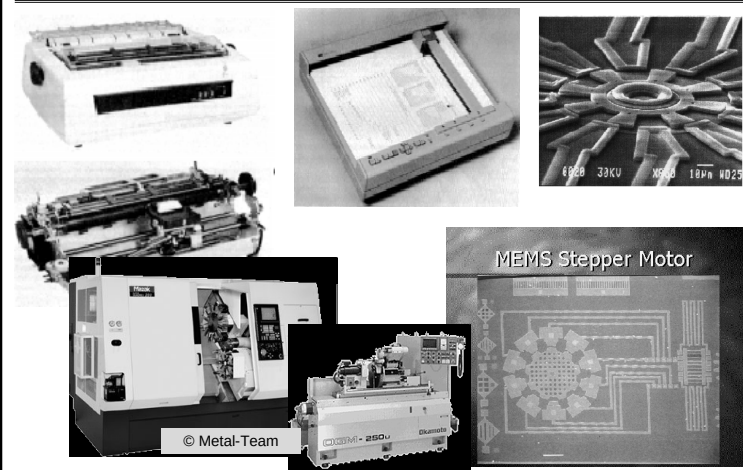


II MTR

Wprowadzenie do mechatroniki

32

Silniki krokowe - zastosowania



II MTR

Wprowadzenie do mechatroniki

33