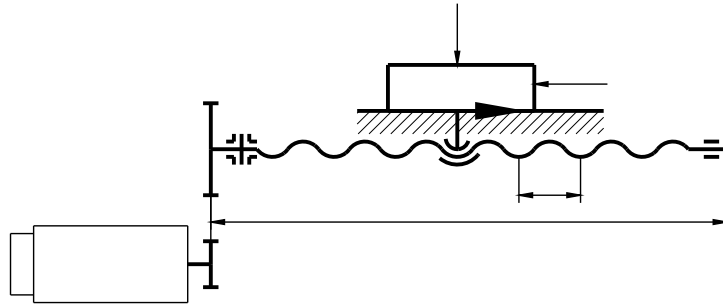


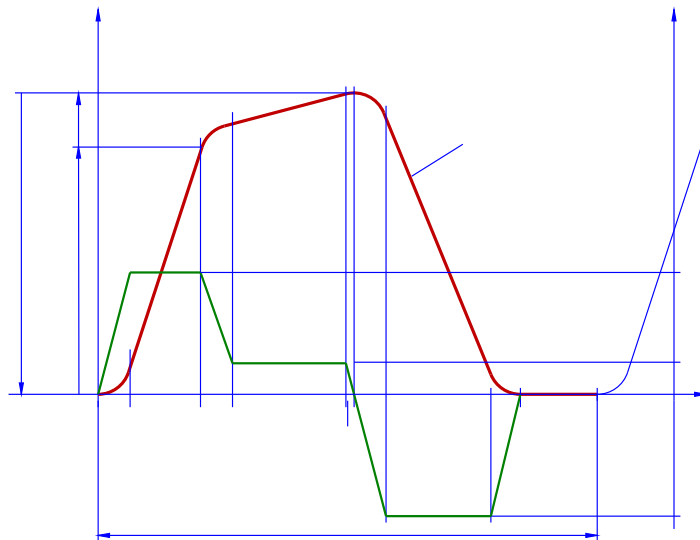
DOBÓR SERWOSILNIKA POSUWU

Rysunek 1 przedstawia schemat kinematyczny napędu jednej osi urządzenia.



Rys. 1. Schemat kinematyczny serwonapędu: i – przełożenie przekładni pasowej, S_p – skok śruby pociągowej, F_p – siła poprzeczna, F_w – siła wzdłużna, T – siła tarcia w prowadnicach, m_c – masa całkowita stołu

Schemat ruchu (przemieszczenia i prędkości w czasie) przedstawia na rys. 2.



Rys. 2. Schemat ruchu

1. WSTĘPNY DOBÓR SILNIKA POSUWU

1.1. Prędkość maksymalna silnika musi spełniać warunek:

$$n_{\max} \geq \frac{v_{sz}}{i \cdot S_p}$$

gdzie: v_{sz} – prędkość przesuwu szybkiego [m/min],
 S_p – skok śruby tocznej [m],
 i – przełożenie przekładni mechanicznej silnik – śruba.

1.2. Wstępnie dobrany silnik z katalogu musi umożliwiać rozwijanie momentu napędowego znamionowego spełniającego warunek:

$$M_n \geq M_{op}$$

gdzie: M_{op} – moment obciążenia zredukowany na wał silnika [Nm],

M_n – moment znamionowy silnika [Nm]

1.3. Moment obciążenia

Moment obciążenia M_{op} musi uwzględniać zarówno obciążenie wynikające z ekstremalnych warunków skrawania, tarcia w prowadnicach i łożyskach itp., jak i obciążenia od sił ciężkości przesuwanych mas (np. dla serwonapędów pionowych - przesuw wrzeciennika o masie m po pionowym stojaku wiertarko-frezarki)

$$M_{op} = \frac{F \cdot i \cdot S_p}{2 \cdot \pi \cdot \eta} + M_T$$

gdzie: F - składowa siły zgodna z kierunkiem ruchu posuwu

S_p – skok śruby pociągowej [m],

η - sprawność łańcucha kinematycznego (możemy przyjąć 0.80),

i – przełożenie przekładni silnik-śruba,

M_T - moment oporów tarcia (przekładni śrubowej tocznej, łożyskach oraz przekładni mechanicznej) zredukowany na wał silnika, który nie jest uwzględniony we współczynniku sprawności η (możemy przyjąć 1 Nm).

Ogólnie siłę F , jako sumę sił wzdłużnych (wzdłuż kierunku ruchu) dla suportu poziomego, możemy obliczyć ze wzorów:

$$F = F_w + T = F_w + (m_c \cdot g + F_p) \cdot \mu$$

gdzie: m_c – masa całkowita stołu z obciążeniem [kg],

g – przyspieszenie ziemskie [m/s^2],

F_p – siła poprzeczna [N],

F_w - siła wzdłużna [N]

μ – współczynnik tarcia (dla prowadnic ślizgowych możemy przyjąć $\mu = 0.1$ dla prowadnic tocznych $\mu = 0.05$).

Obliczając sumę sił wzdłużnych F dla kolejnych faz ruchu należy uwzględnić tylko te parametry, które w dane fazie występują. Siły F_w i F_p występują tylko w fazach wykonywania procesu (obróbki).

Dla wstępnego doboru silnika przyjmujemy siłę F z uwzględnieniem sił F_w i F_p .

Na podstawie Momentu oporów M_{op} oraz wymaganej maksymalnej prędkości silnika n_{max} należy dobrać silnik. W katalogu Siemens poszczególne (istotne) parametry oznaczają:

- Rated speed - prędkość obrotowa nominalna,

- Rated torque - moment znamionowy silnika M_n ,

- Rotor moment of inertia - moment bezwładności wirnika silnika.

W katalogu Siemens-a moment maksymalny silnika należy proszę przyjąć $M_{max} = 4 \times M_z$

2. OBCIĄŻENIE SILNIKA W CZASIE PRACY

Przy ruchu dynamicznym napędu (przy rozpędzaniu i hamowaniu) musimy uwzględnić moment dynamiczny. Moment dynamiczny silnika M_D (w czasie przyspieszania i hamowania) można obliczyć z zależności:

$$M_D = (I_s + I_{zr}) \cdot \varepsilon$$

Gdzie: I_s – moment bezwładności silnika (z katalogu) [$\text{kg} \cdot \text{m}^2$],
 I_{zr} – moment bezwładności napędzanych mas zredukowany na wał silnika [$\text{kg} \cdot \text{m}^2$],
 ε – przyspieszenie kątowe [$1/\text{s}^2$]

Przyspieszenie kątowe ε możemy wyznaczyć z zależności:

$$\varepsilon = \frac{2 \cdot \pi \cdot a}{i \cdot S_p}$$

Gdzie: a – przyspieszenie liniowe stołu [m/s^2]
 i – przełożenie przekładni pasowej
 S_p – skok śruby pociągowej [m]

Masowy moment bezwładności zredukowany na wał silnika możemy obliczyć z zależności:

$$I_{zr} = \sum \left(m_i \cdot \frac{(i \cdot S_p)^2}{4\pi^2} \right) + \sum (I_i \cdot i^2)$$

gdzie: $\sum m_i$ - suma mas wykonujących ruch postępowy np. stół obrabiarki, wrzeciennik, suport (w naszym przypadku m_c),
 $\sum I_i$ - suma masowych momentów bezwładności elementów wykonujących ruch obrotowy np. śruba toczna, tarcze przekładni mechanicznej itp. (w naszym przypadku uwzględnimy tylko śrubę pociągową.).

Masowy moment bezwładności śruby pociągowej możemy obliczyć z zależności:

$$I_{sp} = \frac{d^4 \cdot l \cdot \rho \cdot \pi}{32}$$

gdzie: d – średnica podziałowa gwintu śruby kulowej [m]
 l – długość śruby [m],
 ρ – masa właściwa materiału śruby [kg/m^3] (dla stali $7800 \text{ kg}/\text{m}^3$).

W naszym przypadku proszę przyjąć $l=L_{\text{max}}+0.15$ [m]

W czasie pracy silnik jest obciążany różnymi momentami zależnie od fazy przyjętego schematu ruchu. Dla naszego przypadku ruchu występuję 9 chwilowych obciążeń silnika, na wartość, których mają wpływ następujące obciążenia:

$M_1 = M_D + M_{Ft}$	- rozpędzanie silnika - moment dynamiczny oraz opory tarcia
$M_2 = M_{Ft}$	- tylko opory tarcia
$M_3 = -M_D + M_{Ft}$	- hamowanie silnika - moment dynamiczny oraz opory tarcia
$M_4 = M_{Fw} + M_{Ft}$	- wykonywanie określonej pracy - siły wzdłużne i opory tarcia,
$M_5 = M_{Fw} - M_D + M_{Ft}$	- wykonywanie określonej pracy z wyhamowaniem - siły wzdłużne, moment dynamiczny oraz siły tarcia
$M_6 = M_D + M_{Ft}$	- rozpędzanie silnika - moment dynamiczny oraz opory tarcia
$M_7 = M_{Ft}$	- tylko opory tarcia
$M_8 = -M_D + M_{Ft}$	- hamowanie silnika - moment dynamiczny oraz opory tarcia
$M_9 = 0$	- przerwa w działaniu.

Gdzie: M_{Ft} – moment obciążenia silnika wynikający tylko z oporów tarcia.

M_{Fw} - moment obciążenia silnika wynikający z oporów wykonywania określonej pracy (tarcie i siły od procesu).

3. WERYFIKACJA DOBORU SILNIKA

3.1. Kryterium prędkości ruchu szybkiego:

To kryterium jest spełnione, jeśli spełniony jest warunek:

$$n_{\max} \cdot i \cdot S_p \geq v_{sz}$$

Gdzie: n_{\max} – maksymalna prędkość obrotowa silnika [obr/min]

i – przełożenie przekładni pasowej,

S_p – skok śruby pociągowej [m],

v_{sz} – prędkość ruchu szybkiego [m/min]

3.2. Kryterium masowego momentu bezwładności:

Masowy moment bezwładności zredukowany na wał silnika i moment bezwładności wirnika silnika powinny być w przybliżeniu równe. Nie jest jednak kryterium decydujące.

$$I_s \approx I_{zr}$$

gdzie: I_{zr} – masowy moment bezwładności zredukowany na wał silnika [$\text{kg} \cdot \text{m}^2$],

I_s – moment bezwładności wirnika silnika (z katalogu silnika) [$\text{kg} \cdot \text{m}^2$].

3.3. Kryterium momentu maksymalnego

To kryterium jest spełnione, jeśli żaden z momentów obciążenia silnika (od M_1 do M_9) nie przekracza momentu maksymalnego silnika.

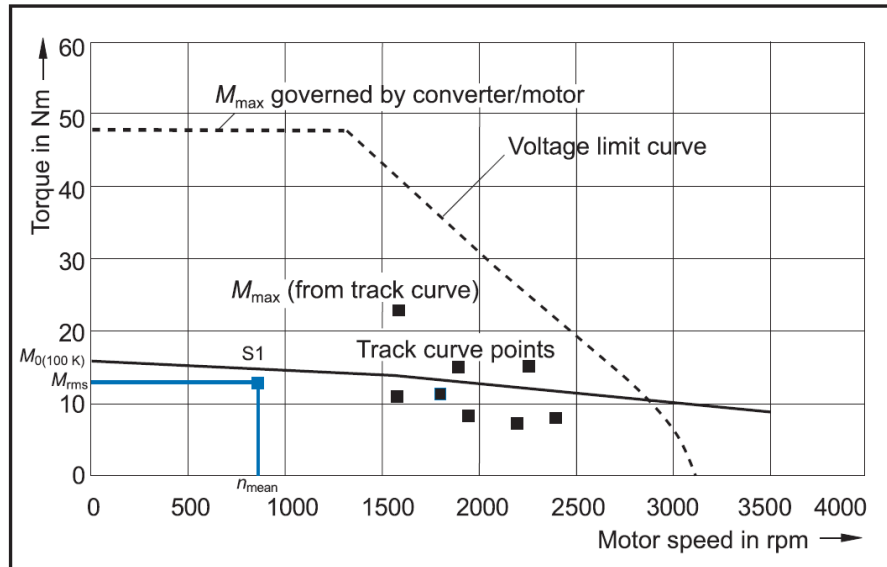
$$M_{\max} > |M_i|$$

Gdzie: M_i – chwilowy moment obciążenia [Nm],

M_{\max} – maksymalny moment silnika z katalogu [Nm]

3.4. Kryterium możliwości silnika (obciążenie w charakterystyce mechanicznej)

Należy nanieść na charakterystykę mechaniczną wybranego silnika miejsca jego pracy w charakterystyce a więc moment obciążenia (momenty od M_1 do M_8 przy danych prędkościach obrotowych silnika n_1 do n_8).



Rys. 3. Przykład charakterystyki mechanicznej silnika z naniesionymi punktami pracy

3.5. Kryterium nieprzegrzewania się silnika

Wartość średniokwadratowa momentu napędowego (momentu zastępczego M_z) silnika nie może przekroczyć wartości momentu długotrwałego (znamionowego M_n). Spełnienie tego warunku jest równoznaczne z tym, że silnik nie przekroczy dopuszczalnej dla niego temperatury, określonej w katalogu.

$$M_z < M_n$$

Gdzie: M_z – moment zastępczy obciążenia silnika,
 M_n – moment znamionowy silnika.

Moment zastępczy silnika możemy obliczyć z zależności

$$M_z = \sqrt{\frac{\sum (M_i^2 \cdot t_i)}{T}}$$

Gdzie: M_i – chwilowy moment obciążenia silnika (od M_1 do M_9 obliczone w punkcie 2),
 t_i – czas działania poszczególnych momentów (z tabeli) ,
 T – całkowity czas cyklu pracy (suma od t_1 do t_9).