

**Politechnika
Warszawska**

Zakład Podstaw Konstrukcji

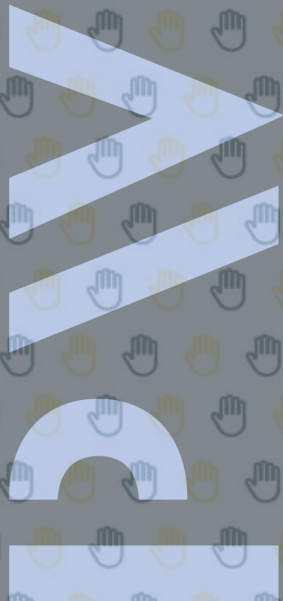
Projektowanie

mgr inż. Grzegorz Kamiński

grzegorz.kaminski@pw.edu.pl

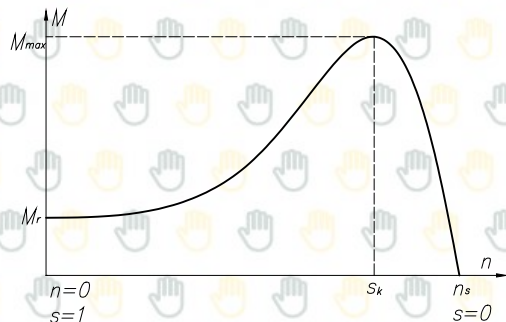
1 marca 2023

Wersja 1.22



Charakterystyka silników elektrycznych

- * silniki prądu stałego (regulacja liczby obrotów),
- * silniki prądu zmiennego:
 - ** synchroniczne (częstotliwość obrotowania jest sztywno powiązana z częstotliwością prądu); zalety: duża sprawność, niewrażliwość na zmiany napięcia w sieci; zastosowanie: napędy o dużych mocach,
 - ** asynchroniczne (częstotliwość obrotowania spada wraz ze wzrostem obciążenia); zalety: prosta konstrukcja, tanie, wysoka sprawność.



Dobór mocy silnika przy pracy ciągłej

Obciążenie silnika jest stałe
w czasie M_0 i znana jest prędkość
obrotowa ϖ_N

$$P_N = M_0 \cdot \varpi_N$$

Uwzględniając istnienie przekładni
oraz strat

$$P_N = \frac{M_0 \cdot \varpi_N}{i \cdot \eta_N}$$

Z katalogu dobiera się silnik o najbliższy spełniający powyższe
równanie. Następnie sprawdza się pozostałe warunki na M_{max} i M_r .

Współczynnik sprawności

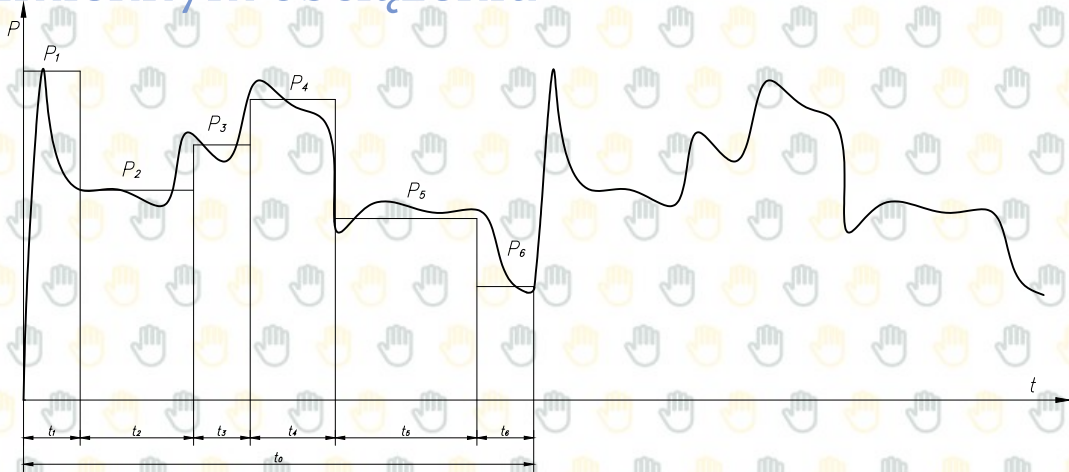
$$\eta_N = \prod_{i=1}^n \eta_i$$

rodzaj przekładni	zamknięta	otwarta
walcowa przekładnia zębata	$0,95 \div 0,98$	$0,92 \div 0,94$
stożkowa przekładnia zębata	$0,94 \div 0,97$	$0,91 \div 0,93$
przekładnia ślimakowa niesamohamowana dla liczby zwojów ślimaka $z_1 = 1$	$0,68 \div 0,72$	$0,52 \div 0,62$
przekładnia ślimakowa niesamohamowana dla liczby zwojów ślimaka $z_1 = 2$	$0,73 \div 0,78$	$0,60 \div 0,70$
przekładnia ślimakowa samohamowana dla liczby zwojów ślimaka $z_1 = 4$	$0,78 \div 0,85$	
przekładnia ślimakowa samohamowana dla liczby zwojów ślimaka $z_1 = 1$	0,45	0,4
przekładnia łańcuchowa	$0,94 \div 0,96$	$0,90 \div 0,93$
przekładnia cierna	$0,88 \div 0,94$	$0,70 \div 0,85$
przekładnia pasowa o pasie klinowym, zębatym	$0,93 \div 0,95$	
przekładnia pasowa o pasie płaskim	$0,94 \div 0,96$	
łożyska toczne (jedna para)	$0,99 \div 0,995$	
łożyska ślizgowe o tarcu płynnym (jedna para)	$0,99 \div 0,995$	
łożyska ślizgowe o tarcu mieszanym (jedna para)	$0,975 \div 0,985$	
sprzęgła	$0,97 \div 0,98$	

Zalecane przełożenia

Rodzaj przekładni	Przełożenie	
	zalecane	graniczne
zamknięta walcowa szybkobieżna	$3,1 \div 5,0$	8
zamknięta walcowa wolnobieżna	$2,5 \div 4,0$	6,3
zamknięta walcowa o zębach daszkowych	$3,0 \div 5,0$	6,3
zamknięta stożkowa o zębach prostych	$2,0 \div 3,0$	5
zamknięta stożkowa o zębach skośnych	$4,0 \div 6,0$	7
otwarta walcowa	$4,0 \div 7,0$	12
otwarta stożkowa	$3,0 \div 5,0$	7
ślimakowa dla liczby zwojów ślimaka $z_1 = 1$	$28 \div 50$	80
ślimakowa dla liczby zwojów ślimaka $z_1 = 2$	$14 \div 40$	60
ślimakowa dla liczby zwojów ślimaka $z_1 = 4$	$8 \div 30$	40
pasowa o pasie klinowym, zębatym	$2 \div 5$	7
pasowa o pasie płaskim	$2 \div 4$	6
łańcuchowa	$2 \div 5$	7

Dobór mocy silnika przy pracy ciągłej i zmiennym obciążeniu



Metody postępowania

- * strat średnich,
- * prądu zastępczego,
- * momentu zastępczego,
- * mocy zastępczej,

Metoda strat średnich

Każdej wartości obciążenia P_i odpowiadają straty ΔP_z , prąd I_i oraz ciepło wydzielane w maszynie Q_i .

W czasie t_0 wydzielili się ciepło $Q = \sum_n^{i=1} Q_i$ straty zastępcze będą wynosić

$$\Delta P_z = \frac{\sum_{i=1}^{i=1} \Delta P_i \cdot t_i}{t_0}$$

Moc silnika dobiera się tak, by spełniony był warunek:

$$\Delta P_N = P_N \cdot \frac{1 - \eta_N}{\eta_N} \geq \Delta P_z$$

Metoda strat średnich

Metoda jest iteracyjna:

- * wyznaczyć orientacyjną moc silnika $P = 1,1 \div 1,3 \frac{\sum_{i=1}^n \Delta P_i \cdot t_i}{t_0}$,
- * na podstawie wykresu $\eta = f(P)$ wyznacza się straty $\Delta P_i = P_i \cdot \frac{1-\eta_i}{\eta_i}$,
- * oblicza się ΔP_N .

Metoda strat średnich

Gdy okres t_0 zawiera czas postępu t_s lub okres hamowania t_h i rozruchu t_r to przy przewietrzaniu własnym silnika straty własne pogarszają się;

$$\Delta P_z = \frac{\Delta P_r \cdot t_r + \sum_{i=1}^n \Delta P_i \cdot t_i + \Delta P_h \cdot t_h}{\alpha \cdot (t_r + t_h) + \sum_{i=1}^n t_i + \beta \cdot t_s}$$

Współczynnik β przyjmuje się dla silników:

* zamkniętych bez przewietrzania $\beta = 0,9 \div 0,95$,

* zamkniętych z przewietrzaniem $\beta = 0,4 \div 0,6$,

* półotwartych z przewietrzaniem $\beta = 0,25 \div 0,35$.

$$\alpha = \frac{1+\beta}{2}$$

Metoda momentu zastępczego

Stosowana gdy dany jest $M_0 = f(t)$ i moment obrotowy silnika jest funkcją liniową prądu (silniki obcozbudne, bocznikowe prądu stałego i indukcyjne bez fazy rozruchu i hamowania).

$$M_z = \sqrt{\frac{1}{t_0} \int_{i=1}^{t_0} M^2 dt} = \sqrt{\frac{M_r^2 \cdot t_r + \sum_{i=1}^n M_i^2 \cdot t_i + M_h^2 \cdot t_h}{\alpha \cdot (t_r + t_h) + \sum_n^{i=1} t_i + \beta \cdot t_s}}$$

Moment znamionowy musi spełniać warunek $M_N \geq M_z$ oraz musi być spełniony warunek przeciążalności $\frac{M_{max}}{M_n} \leq p_m$

Katalogi



DRIVESYSTEMS

SEW
EURODRIVE

Przykład

Dobrać napęd elektryczny dla
znanych:

$$F_{wyj} = 340 \text{ N}$$

$$v_{wyj} = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$D_{wyj} = 300 \text{ mm}$$

Oznaczenia:

A — silnik,

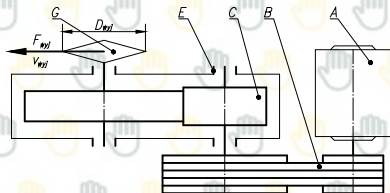
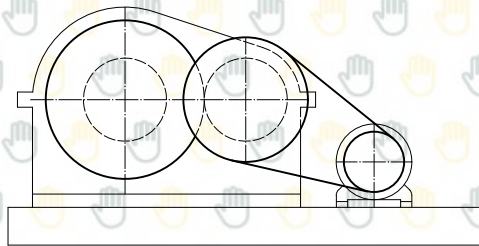
B — przekładnia pasowa o pasie
klinowym,

C — przekładnia walcowa,

E — węzeł łożyskowy,

G — koło przekładni łańcuchowej.

Politechnika
Warszawska



Przykład

Moc na wałku wyjściowym:

$$P = F_{wyj} \cdot v_{wyj} = 3,4 kW$$

Współczynnik sprawności napędu:

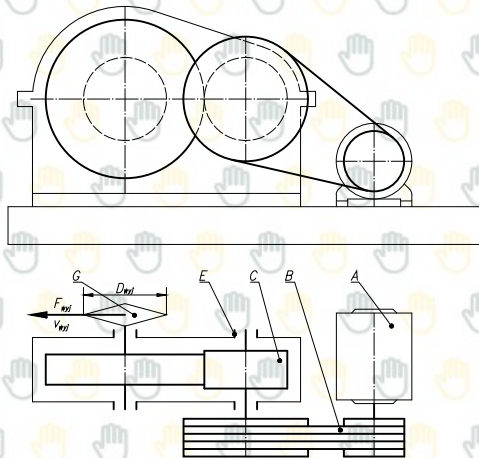
$$\eta = \eta_{PP} \cdot \eta_L \cdot \eta_{PW} \cdot \eta_L = 0,894$$

Moc obliczeniowa silnika wynosi:

$$P_o = \frac{P}{\eta} = 3,804 kW$$

Częstotliwość obracania wałka
wyjściowego:

$$n_{wyj} = \frac{v_{wyj}}{\pi \cdot D_{wyj}} = 63,662 \text{ min}^{-1}$$



Przykład

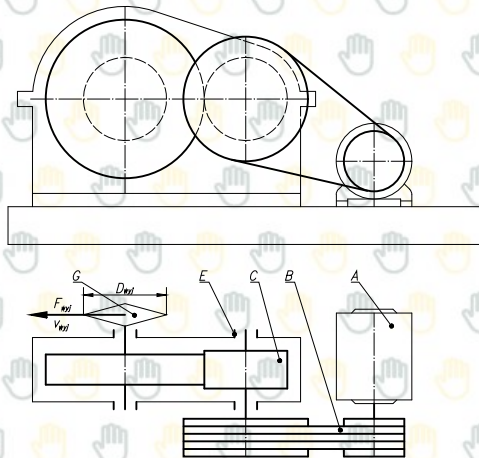
Zalecane przełożenie powinno znajdować się między $i_{min} = 6$ a $i_{max} = 24$, zatem częstotliwość obrotów wałka wyjściowego mieści się w przedziale:

$$n_{min} = i_{min} \cdot n_{wyj} = 382 \text{ min}^{-1}$$

$$n_{max} = i_{max} \cdot n_{wyj} = 1528 \text{ min}^{-1}$$

Z katalogu dobrano silnik elektryczny o mocy $P_s = 4 \text{ kW}$ ($P_s > P_o$) oraz $n_s = 950 \text{ min}^{-1}$.

Rzeczywiste przełożenie w układzie wynosi $i_{rzecz} = \frac{n_s}{n_{wyj}} = 14,92$



Bibliografia



A. Dziurski, E. Mazanek, and L. Kania. *Przykłady obliczeń z podstaw konstrukcji maszyn: Łożyska, sprzęgła i hamulce, przekładnie mechaniczne. tom 2.* WNT, 2015. isbn: 9788393491360.



L. W. Kurmaz and O. L. Kurmaz. *Podstawy konstruowania węzłów i części maszyn: podręcznik konstruowania.* Samodzielna Sekcja "Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej", 2011. isbn: 9788388906343.



E. Mazanek, A. Dziurski, and L. Kania. *Przykłady obliczeń z podstaw konstrukcji maszyn: Połączenia, sprężyny, zawory, wały maszynowe. tom 1.* WNT, 2005. isbn: 9788320435528.



W. Starego. *Poradnik konstruktora przekładni pasowych.*

GRACIAS
ARIGATO
SHUKURIA
JUSPAXAR
DANKSCHEEN
TASHAKKUR ATU
YAQHANYELAY
SUKSAMA
EKHMET
GRAZIE
MEHRBANI
PALDIES
YOU
BOLZİN
MERCI
THANK
BI'YAN
SHUKRIA
TINGKI
SPASIBO
SNACHALMUYA
MURUM
CHALTU
WABEELA
MAYTEKA
YUSPISAGATAN
HUI
UNALCHEEN
ATTO
MAAKE
LEH
KOMAPSUMNIDA
SAWCO
HERASTAWHY
GAEJTHO
GOZAIMASHITA
EFCHARISTO
ACAYJE
FAKAAUE
BAKKA
TAVYAPUCH
MEDAWAGSE
SHOMMO
MAKETAU
HEBMONK HAR
NATUR
CUH
EXOU