



POLITECHNIKA POZNAŃSKA

Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania
Instytut Technologii Mechanicznej

Maszyny i urządzenia technologiczne

laboratorium

Badanie sprawności przekładni mechanicznej

Cykl I
Ćwiczenie 1

Opracował: dr hab. inż. Piotr Fraćkowiak

1. CEL ĆWICZENIA

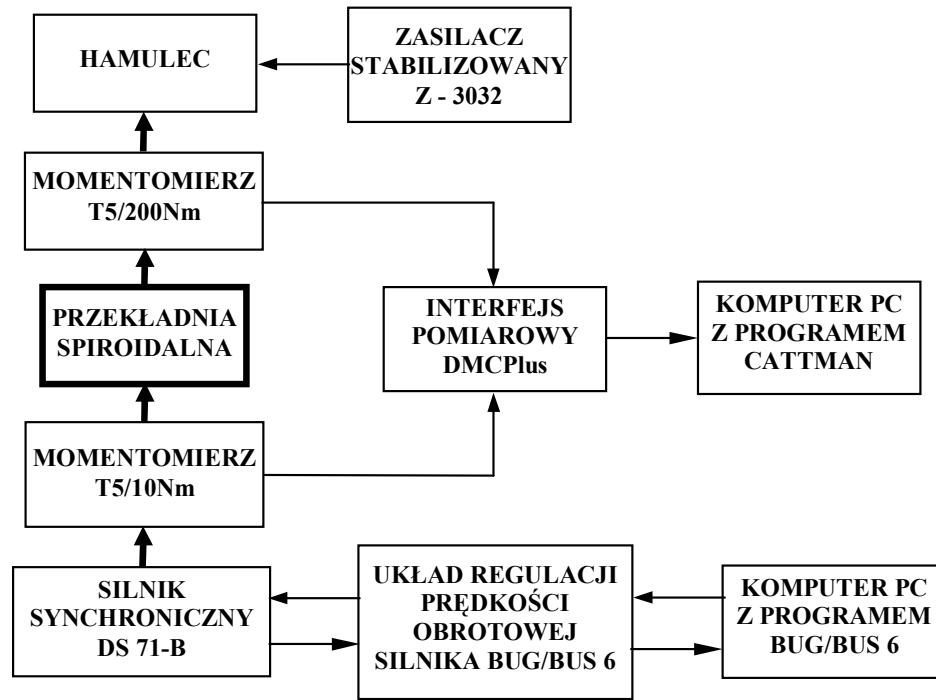
Celem ćwiczenia jest zapoznanie z wpływem obciążenia przekładni spiroidalnej na jej sprawność oraz określenie sprawności nominalnej.

1. WPROWADZENIE

Sprawność przekładni można określić różnymi metodami, w zależności od wyposażenia laboratorium badawczego (posiadanej aparatury badawczej). Jeden ze sposobów określania sprawności przekładni polega na pomiarze momentów przed i za przekładnią, za pomocą momentomierzy. Istotną zaletą tego sposobu badań jest wyeliminowanie konieczności pomiaru prędkości obrotowych silnika, (w przypadku zastosowania silnika asynchronicznego), którego prędkość obrotowa zmienia się w zależności od obciążenia.

Rysunek 1 przedstawia schemat stanowiska badawczego. Do napędu przekładni wykorzystano napęd firmy BAUMULLER składający się z cyfrowego układu napędowego serii BUG/BUS 6 oraz silnika synchronicznego typu DS71-B. Obroty silnika nastawiane są przez zmianę parametrów napędów z oprogramowanego komputera, przez złącze RS-232.

W torze pomiarowym stanowiska badawczego znajdują się czujniki pomiaru momentu firmy HMB, na wejściu przekładni typu T5/10, o zakresie pomiarowym 0÷10 Nm, na wyjściu przekładni T5/200 o zakresie pomiarowym 0÷200 Nm. Dokładność czujników 0,02 Nm, rozdzielczość 0,01 Nm. Na wyjściu toru pomiarowego zamontowano hamulec zasilany regulowanym prądem stałym. Rejestracje sygnałów z obu czujników przeprowadza się za pomocą interfejsu pomiarowy DMCPlus, sprzężonego przez złącze RS-232 z komputerem oprogramowanym pakietem narzędziowym Catman. Oprogramowanie Catman umożliwia wizualizację przebiegu zmian badanych momentów.



Rys.1. Schemat blokowy stanowiska badawczego

Sprawność przekładni, w której uzębienie czołowe lub stożkowe współpracuje ze ślimakiem walcowym lub stożkowym, oblicza się jako stosunek pracy użytecznej do pracy włożonej. Przekładnie te znalazły zastosowania jako elementy automatyki, charakteryzują się one samohamownością. Samohamowność przekładni jest zapewniona, gdy kąt wzniosu linii śrubowej ślimaka $\gamma < 5^\circ$ (sprawność wtedy wynosi poniżej 50% , $\eta < 0,5$). Przy wzroście prędkości obrotowej współpracujących kół zębatach przekładni zmniejsza się równocześnie współczynnik tarcia międzyrębego (a tym samym także kąt tarcia) co wpływa na zwiększenie sprawności przekładni mechanicznych.

Sprawność ogólną przekładni można wyrazić jako iloczyn sprawności jej poszczególnych elementów.

$$\eta_c = \eta_1 \eta_2 \eta_o \eta$$

- η_1 - zależy od rodzaju łożyskowania ślimaka;
- η_2 - zależy od rodzaju łożyskowania uzębienia czołowego lub stożkowego (dla jednej pary łożysk tocznych współczynniki te przyjmują wartości około $\eta_{1,2} = 0,99$, a dla jednej pary łożysk ślizgowych $\eta_{1,2} = 0,97$);
- η_o - strata mocy wywołana mieszaniem i rozbryzgiwaniem oleju; zależy od sposobu olejowania, od kształtu i wymiarów przestrzeni olejowej, od kształtu i wymiarów elementów wirujących przekładni, od lepkości oleju oraz od prędkości przekładni;

wyznacza się ją na drodze doświadczalnej, w przekładniach zębatych wolnobieżnych straty te można pominąć, natomiast w szybkobieżnych należy je uwzględnić;

- η - stosunek pracy odebranej od elementu napędzanego przekładni do pracy doprowadzonej w tym samym czasie do elementu napędzającego; jeżeli elementem napędzającym jest ślimak, to stosunek pracy odebranej do pracy włożonej w czasie obrotu uzębienia czołowego o jedną podziałkę wyraża się wzorem.

$$\eta_{ps} = \left(\frac{M_{obc}}{1/i \cdot M_{wej}} \right) \cdot 100 \quad [\%] \quad (1)$$

gdzie

M_{obc} - moment obciążający przekładnie [Nm],

M_{wej} - moment napędowy przekładni [Nm],

i - przełożenie przekładni $\frac{z_s}{z_k}$ (z_s – liczba zębów ślimaka, z_k – liczba zębów koła zębatego).

2. STANOWISKO BADAWCZE I BADANIA DOŚWIADCZALNE

Badania doświadczalne sprawności i momentu znamionowego przekładni mechanicznej polegają na określeniu mocy pobieranej na wejściu - przez silnik oraz pomiarze jego prędkości obrotowej (silnik asynchroniczny). Moc na wyjściu przekładni określana przez nastawienie obciążenia na hamulcu.

Pomiar mocy pobieranej przez silnik trójfazowy, jakim jest zasilany silnik napędzający przekładnie, można zmierzyć na kilka sposobów:

- a) za pomocą trzech watomierzy, mierząc moc pobieraną przez silnik w każdej fazie;
- b) za pomocą jednego watomierza, mierząc moc pobieraną z jednej fazy (tylko w przypadku równomiernego poboru prądu przez wszystkie 3 fazy);
- c) za pomocą dwóch watomierzy, połączonych w układ Arona.

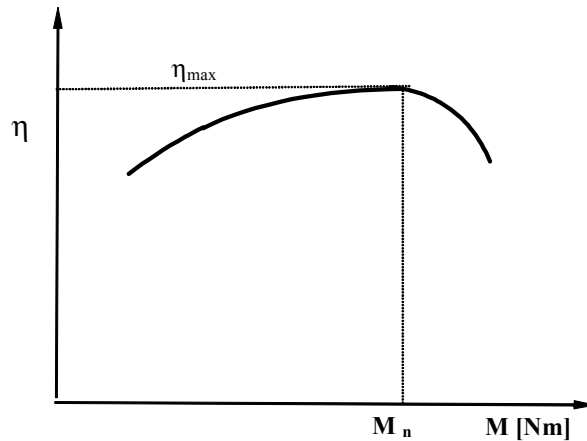
W przypadku a i c całkowita moc pobierana przez silnik jest sumą wskazań watomierzy, a w przypadku b całkowita moc pobierana przez silnik równa jest trzykrotności wskazania watomierza.

W ćwiczeniu obciążenie przekładni jest nastawiane za pomocą hamulca. W wyniku zmiany obciążenia przekładni zmienia się również prędkość obrotowa silnika napędzającego (silnik asynchroniczny). W celu prawidłowego określenia sprawności przekładni należy zmierzyć jednocześnie moc pobieraną przez silnik oraz obroty silnika (obr/min) dla

nastawionego obciążenia. Moc pobierana przez silnik napędzający przekładnię jest sumą wskazań dwóch watomierzy połączonych w układ Arona.

W zależności od obciążenia przekładnia wykazuje różny poziom sprawności. W początkowej fazie wraz ze wzrostem obciążenia sprawność wzrasta.

Największą sprawność przekładnia uzyskuje podczas obciążenia nominalnego (rys 2), poczym sprawność zaczyna ponownie maleć.



Rys. 2. Wykres sprawności przekładni spiroidalnej w zależności od obciążenia

Sprawność przekładni można obliczyć na podstawie wzoru 2.

$$\eta_{ps} = \left[\frac{1}{\eta_s} \cdot \left(\frac{M_{obc}}{1/i \cdot M_{wej}} \right) \right] \cdot 100 \quad [\%] \quad (2)$$

gdzie:

η_{ps} - sprawność przekładni spiroidalnej,

η_s - sprawność silnika napędzającego wg katalogu GETRIEBEMOTOREN firmy SEW - 0,75,

M_{obc} - moment obciążający przekładnię [Nm],

M_{wej} - moment napędowy przekładni [Nm],

i - przełożenie przekładni (np.: $i = 1/100$),

Moment M_{wej} obliczony na podstawie mocy pobieranej przez silnik i jego obrotów,

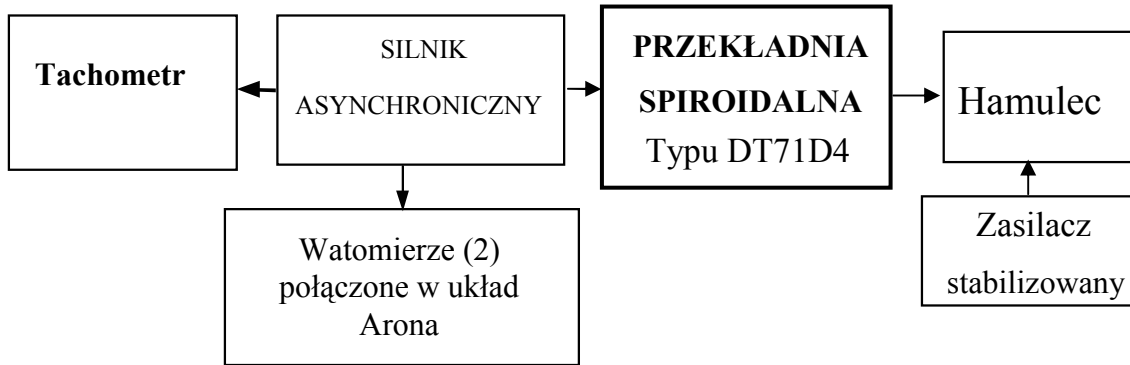
$$M_{wej} = 9550 \cdot \frac{P}{n} \quad [\text{Nm}] \quad (3)$$

gdzie:

P - moc pobierana przez silnik [kW],

n - obroty silnika [obr/min].

Rysunek 3 przedstawia schemat stanowiska badawczego. Przekładnia napędzana jest silnikiem asynchronicznym. Obroty silnika, które zmieniają się pod wpływem zmiany obciążenia, mierzone są za pomocą tachometru. Wartość obciążenia (hamowania) nastawiana jest za pomocą stabilizowanego zasilacza. Cechy badanej przekładni przedstawiono w tabelicy 1.



Rys.3. Schemat blokowy stanowiska badawczego

Tablica 1. Cechy charakterystyczne badanej przekładni

Cecha konstrukcyjna	Przekładnia DT71D6
Przełożenie	1/75
Materiał ślimaka	stal
Materiał koła płaskiego	stal
Smarowanie	zanurzeniowe (olej)
Łożyskowanie ślimaka	jednostronne
Pochylenia linii zębów uzębienia czołowego	prawy
Uzwojenie ślimaka	prawe
Średnica zewnętrzna ślimaka [mm]	25

3. PRZEBIEG ĆWICZENIA

Na omówionym powyżej stanowisku badawczym przeprowadzić badania sprawności modelu przekładni spiroidalnej oraz określić jej sprawność.

W tym celu:

1. Nastawić obciążenie i je zanotować,
2. Dokonać odczytu wartości wskazywane przez watomierze (połączone w układ Arona),

3. Zmierzyć prędkość obrotową silnika za pomocą tachometru (przykładając jego końcówkę równoległe do osi wirnika silnika pomiar wykonywać przez ok. 5 sekund), pomiar powtórzyć trzykrotnie.

Uwaga

Przekładnie obciążać stopniowo, co 10 Nm do wartości 100 Nm.

Wartość obciążenia na stabilizatorze 0,1 odpowiada 2 Nm.

Parametry badanego przekładni i ślinka podano w tabeli 1.

Badania prowadzone są w stanach nieustalonych i dlatego ich wyniki mogą służyć jedynie do przybliżonego określenia sprawności. W czasie badań nie uwzględnia się zmiany sprawności silnika, która zmienia się pod wpływem obciążenia, moc pobierana przez silnik określana jest w stanie nie ustalonym (stan ustalony następuje po 3 stałych czasowych silnika, stała czasowa silnika wynosi około 15 minut po każdym nastawieniu obciążenia).

4. SPRAWOZDANIE

Sprawozdanie powinno zawierać:

- temat oraz datę wykonania ćwiczenia, oznaczenie grupy;
- nazwisko osoby wykonującej ćwiczenie;
- cel ćwiczenia;
- schemat stanowiska badawczego (poglądowy widok 3D);
- opis wykonywanych czynności;
- tabela z wynikami pomiarów;
- przykład obliczeń z wykorzystaniem wzorów 2 i 3 (inny dla każdej osoby z grupy);
- opracowanie graficzne otrzymanych wyników;
- wnioski.

Przykładowe pytania kontrolne:

1. Od czego zależy sprawność przekładni spiroidalnej?
2. Co to jest moment nominalny?
3. W jaki sposób można badać sprawność przekładni?
4. Jak wpływa prędkość obrotowa przekładni na jej sprawność?
5. Jakie są sposoby pomiaru mocy pobieranej przez silnik (z wykorzystaniem watomierzy)?
6. Co to jest sprawność przekładni mechanicznej

Literatura

1. **Frąckowiak P.**, Budowa i badania przekładni spiroidalnej. Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej, Mechanik KZ 2002.
2. **Kosmol J.**, Serwonapędy obrabiarek sterowanych numerycznie, WNT, Warszawa 1998.
3. **Mierzejewski J.**, Serwomechanizmy obrabiarek sterowanych numerycznie, WNT, Warszawa 1977.

Tabela pomiarów

Napięcie prądu na zasilaczu [V]	Moment wyjściowy (obciążający) M_{wyj} [N·m]	Moc pobierana z sieci przez silnik trójfazowy		Prędkość obrotowa silnika trójfazowego n [obr/min]	Sprawność badanej przekładni η_{ps} [%]
		Watomierz 1 P_1 [W]	Watomierz 2 P_2 [W]		
0,5					
1,0					
1,5					
2,0					
2,5					
3,0					
3,1					
3,2					
3,3					
3,4					
3,5					
3,6					
3,7					
3,8					
3,9					
4,0					
4,1					
4,2					
4,3					
4,4					
4,5					
4,6					
4,7					
4,8					
4,9					
5,0					
5,1					
5,2					
5,3					
5,4					
5,5					
5,6					
5,7					
5,8					
5,9					
6,0					

0,1 V na zasilaczu odpowiada 2 N·m - moment obciążający generowany przez hamulec