

Piotr FOŁĘGA¹

DOBÓR ZĘBATYCH PRZEKŁADNI FALOWYCH

Streszczenie. Różnorodność typów oraz rozmiarów obecnie produkowanych zębatych przekładni falowych stwarza problemy w racjonalnym ich doborze. Prawidłowo dobrana przekładnia falowa powinna spełnić określone wymagania podczas pracy oraz osiągnąć zakładaną trwałość. W artykule omówiono problemy związane z doбором przekładni falowej. Przedstawiono również algorytm prawidłowego wyboru przekładni. Głównym celem pracy było opracowanie programu komputerowego, który umożliwi prawidłowy wybór przekładni falowej według opracowanego algorytmu.

Słowa kluczowe: przekładnia falowa, dobór przekładni, program komputerowy

HARMONIC DRIVE SELECTION

Summary. The variety of types and sizes currently in production harmonic drive is a problem in their rational choice. Properly selected harmonic drive must meet certain requirements during operation, and achieve the anticipated service life. The paper discusses the problems associated with the selection of the harmonic drive. It also presents the algorithm correct choice of harmonic drive. The main objective of this study was to develop a computer program that allows the correct choice of harmonic drive by developed algorithm.

Keywords: harmonic drive, gear selection, computer program

1. WPROWADZENIE

Dla zapewnienia bezawaryjnej pracy maszyny lub urządzenia oraz uzyskania założonej trwałości, podstawowym czynnikiem wpływającym na prawidłową pracę układu przeniesienia napędu (silnik-przekładnia-maszyna) jest dobór przekładni falowej. Poprawny dobór przekładni umożliwia racjonalne wykorzystanie parametrów technicznych oraz cech konstrukcyjnych całego układu napędowego.

W ramach pracy powstał program komputerowy, za pomocą którego możliwy jest prawidłowy dobór zębatej przekładni falowej [1]. Aplikacja pozwala również na przeprowadzenie obliczeń geometrycznych oraz wytrzymałościowych kół podatnych. Algorytm obliczeń wytrzymałościowych prowadzi do wyznaczenia optymalnej grubości ścianki koła podatnego oraz pomaga przy doborze racjonalnej szerokości zazębienia wieńca zębatego i długości koła. Wstępne obliczenia geometryczne zaczynają się od podania danych wejściowych: przenoszonego momentu obrotowego, przełożenia przekładni, prędkości obrotowej, założonej sprawności. Dane do obliczeń można także pobrać z katalogu przekładni falowych.

¹ Faculty of Transport, The Silesian University of Technology, Gliwice, Poland, e-mail: piotr.folega@polsl.pl.

Obliczenia geometryczne dla wybranej konstrukcji koła podatnego przeprowadzane są według algorytmu podanego w pracy [2]. Wynikami obliczeń wytrzymałościowych są wykresy współczynników bezpieczeństwa zmęczeniowego i na utratę stateczności w funkcji grubości koła podatnego. Na dodatkowych wykresach przedstawione są również zmiany naprężeń normalnych i stycznych w dnie wrębu zęba wieńca zębatego koła podatnego. Obliczenia wytrzymałościowe przeprowadzane w programie są zgodne z zależnościami podanymi w pracy [3]. Zakres programu obejmuje dwufalowe, zębate przekładnie falowe ogólnego stosowania, z wieńcami zębatymi o ewolwentowym zarysie zębów, odkształcane mechanicznym generatorem krzywkowym [4].

2. DOBÓR PRZEKŁADNI FALOWEJ

Różnorodność typów oraz rozmiarów obecnie produkowanych zębatych przekładni falowych stwarza problem racjonalnego doboru przekładni, która spełni określone wymagania podczas pracy oraz osiągnie zakładaną trwałość [5-6]. Na rys. 1 przedstawiono algorytm wyboru przekładni falowej [1]. W pierwszej kolejności należy określić dane opisujące pracę przekładni falowej, tzw. histogram obciążenia (przenoszone momenty obrotowe, prędkości obrotowe dla wartości tych momentów oraz czasy ich działania). Następnie wstępnie wybieramy przekładnię z katalogu i obliczamy ją według wzorów podanych w algorytmie. Do sprawdzenia przydatności przekładni falowej dla zadanych warunków katalog powinien zawierać następujące dane, które są niezbędne do prawidłowego doboru [1]:

T_A – wartość graniczna momentu średniego,

T_N – moment nominalny,

T_R – wartość graniczna powtarzającego się momentu szczytowego,

T_M – wartość graniczna chwilowej wartości szczytowej momentu,

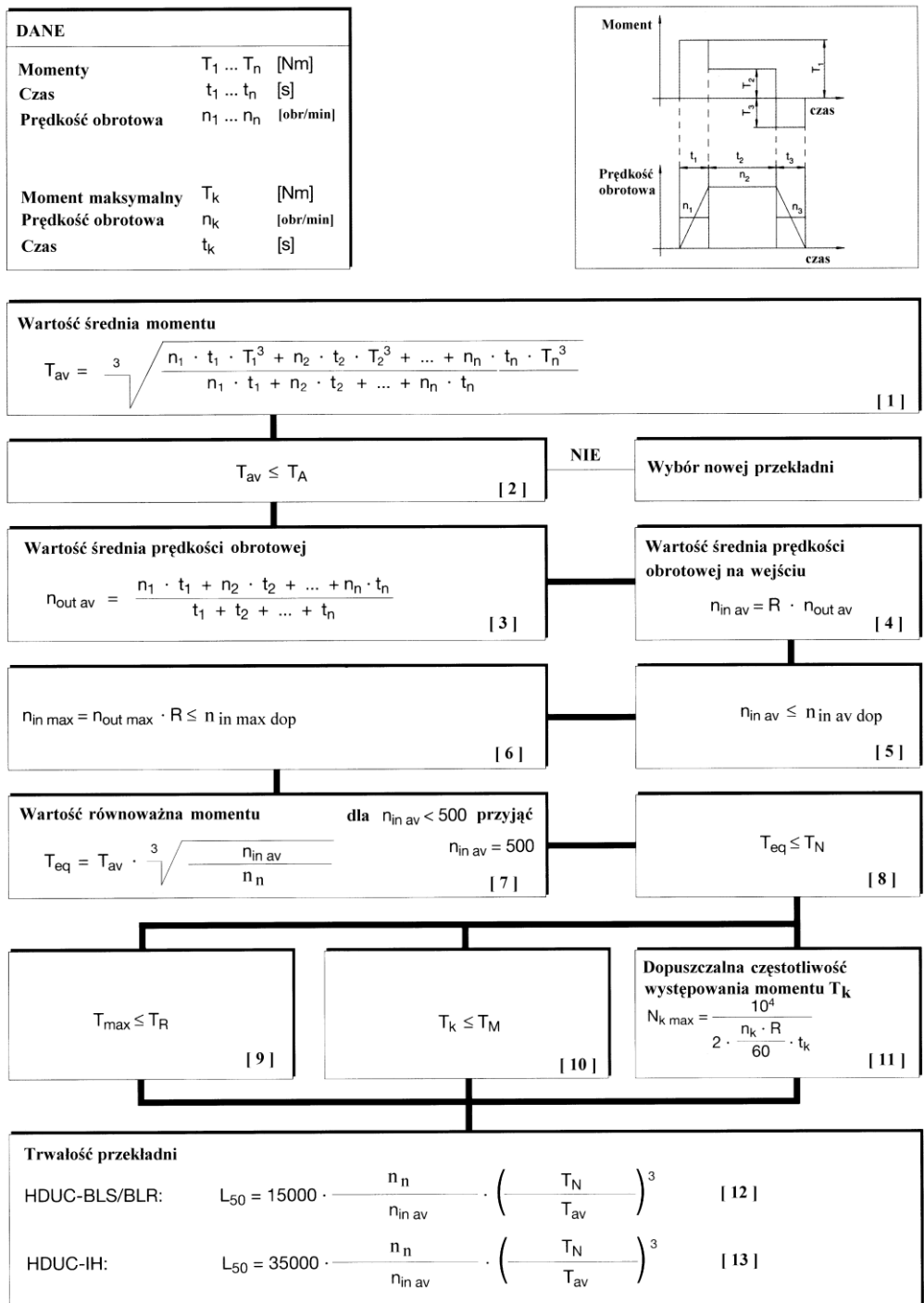
R – przełożenie przekładni falowej,

n_n – prędkość obrotowa momentu nominalnego,

$n_{in\ av\ dop}$ – wartość graniczna średniej wejściowej prędkości obrotowej,

$n_{in\ max\ dop}$ – wartość graniczna maksymalnej wejściowej prędkości obrotowej.

Następnie, po wyznaczeniu wszystkich wartości według zależności podanych w algorytmie doboru przekładni (rys. 1), należy obliczyć wartość trwałość przekładni falowej, która powinna być większa bądź równa trwałości wymaganej.



Rys. 1. Algorytm doboru przekładni falowej [1]

Fig. 1. Harmonic drive selection algorithm [1]

Opracowana aplikacja zawiera katalog ogólnodostępnych zębatych przekładni falowych (rys. 2), które można wyszukiwać zależnie od typu przekładni, jej rozmiaru oraz przełożenia. Z katalogu można również pobrać dane do obliczeń geometrycznych, klikając lewym przyciskiem myszki w wybraną przekładnię. W aplikacji umieszczono także wyjaśnienie produkowanych oznaczeń przekładni falowych (rys. 3). Klikając w pola wyboru wybiera się typ przekładni, której rysunek, opis oraz zdjęcie zmieniają się zależnie od oznaczenia.

Wyszukaj przekładnię falową

Typ: wszystkie Rozmiar: wszystkie Przełożenie: wszystkie

Wyszukaj

Pokaż wszystko

Nr	Typ przekładni	Rozmiar	Przełożenie	T_N [N]	T_Δ [N]	T_R [N]	T_M [N]	Moment bezwładności	Masa [kg]	Dokładność
1	HDUC	20	80	34	47	47	83	2,05E-5 [kgm ²]	0,4	BLS
Max. obr. wejściowe - smarowanie		Max. obr. wejściowe - smarowanie		Srednie obr. wejściowe - smarowanie		Srednie obr. wejściowe - smarowanie				
10000 [obr/min] olej		4000 [obr/min] olej		6500 [obr/min] olej		3500 [obr/min] olej				
2	HDUC	20	100	40	49	59	108	2,05E-5 [kgm ²]	0,4	BLS
Max. obr. wejściowe - smarowanie		Max. obr. wejściowe - smarowanie		Srednie obr. wejściowe - smarowanie		Srednie obr. wejściowe - smarowanie				
10000 [obr/min] olej		4000 [obr/min] olej		6500 [obr/min] olej		3500 [obr/min] olej				
3	HDUC	20	128	40	49	78	102	2,05E-5 [kgm ²]	0,4	BLS
Max. obr. wejściowe - smarowanie		Max. obr. wejściowe - smarowanie		Srednie obr. wejściowe - smarowanie		Srednie obr. wejściowe - smarowanie				
10000 [obr/min] olej		4000 [obr/min] olej		6500 [obr/min] olej		3500 [obr/min] olej				
4	HDUC	20	160	40	49	78	86	2,05E-5 [kgm ²]	0,4	BLS
Max. obr. wejściowe - smarowanie		Max. obr. wejściowe - smarowanie		Srednie obr. wejściowe - smarowanie		Srednie obr. wejściowe - smarowanie				
10000 [obr/min] olej		4000 [obr/min] olej		6500 [obr/min] olej		3500 [obr/min] olej				

Rys. 2. Okno z katalogiem przekładni falowych
 Fig. 2. The window with a catalog of harmonic drive

Oznaczenie przekładni falowych

typ przekładni: HDUC - przełożenie: 100 - 120 - BLS

rozmiar: 20 - klasa dokładności: BLS

HDUC - 100 - 120 - BLS

Przekładnia falowa o:

- tulei podatnej z dnem oraz standardowej długości
- rozmiarze: 100
- przełożeniu: 120
- uzębieniu o zarysie ewolwentowym i standardowej klasie dokładności

Przekładnia typu HDUC

Rys. 3. Okno z wyjaśnieniem oznaczeń przekładni falowych
 Fig. 3. Window with an explanation of the signs of harmonic drive

W opracowanym programie do wyboru zębatach przekładni falowych zastosowano algorytm przedstawiony na rys. 1. Dane oraz założenia potrzebne do obliczeń pokazano na rys. 4. Po określeniu rodzaju smarowania, rodzaju zarysu zębów, określeniu wymaganej trwałości oraz podaniu momentów, prędkości obrotowych oraz czasów, zostają wstępnie dobrane przekładnie falowe. Na podstawie wprowadzonych danych wyznaczana jest wartość trwałości, a program proponuje przekładnie, które spełniają wymaganą trwałość (rys. 5). Jeżeli trwałość przekładni jest większa od wymaganej, pojawia się komunikat, że wybrana przekładnia falowa jest dobrana prawidłowo.

Dobór przekładni falowej

Dane do obliczeń

Podaj wartość momentu rozruchowego ... T_1 Nm
 Podaj prędkość obrotową dla momentu rozruchowego ... n_1 obr/min
 Podaj czas rozruchu ... t_1 s

Podaj wartość momentu podczas pracy przekładni ... T_2 Nm
 Podaj prędkość obrotową podczas pracy przekładni ... n_2 obr/min
 Podaj czas pracy przekładni ... t_2 s

Podaj wartość momentu zatrzymania ... T_3 Nm
 Podaj prędkość obrotową podczas zatrzymania przekładni ... n_3 obr/min
 Podaj czas zatrzymania ... t_3 s

Podaj wartość maksymalnego momentu przeciężenia ... T_k Nm
 Podaj prędkość obrotową maksymalnego momentu przeciężenia ... n_k obr/min
 Podaj czas maksymalnego momentu przeciężenia ... t_k s

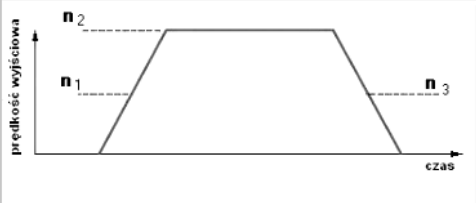
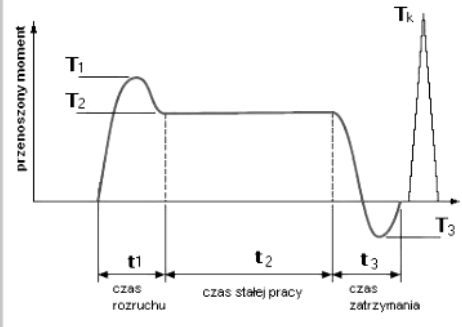
Założenia do obliczeń

Wybierz przełożenie przekładni falowej ... u

Wymagany czas bezawaryjnej pracy
 $L =$ godz

Zarys uzębienia
 ewolwentowy R
 specjalny IH

Smarowanie
 olejem
 smarem

Rys. 4. Okno wprowadzenia danych i założeń
 Fig. 4. Window data entry and assumptions

Wstępnie dobrano przekładnię: **HFUS - 45 - 50 - BLS** Wymagana trwałość: 30000 godz

dla której:

$T_N = 176$ Nm	$T_R = 500$ Nm
$T_A = 265$ Nm	$T_M = 950$ Nm

HFUS - 50 - 50 - BLS dla której:

$T_N = 245$ Nm	$T_R = 715$ Nm
$T_A = 350$ Nm	$T_M = 1430$ Nm

HFUS - 58 - 50 - BLS dla której:

$T_N = 353$ Nm	$T_R = 1020$ Nm
$T_A = 520$ Nm	$T_M = 1960$ Nm

HFUC - 45 - 50 - BLS dla której:

$T_N = 176$ Nm	$T_R = 500$ Nm
$T_A = 265$ Nm	$T_M = 950$ Nm

Trwałość doranej przekładni falowej wynosi $L = 54051$ godz

Trwałość wybranej przekładni jest większa od wymaganej

Rys. 5. Okno doboru przekładni falowych
 Fig. 5. Window selection of harmonic drive

3. PODSUMOWANIE

Opracowana aplikacja zawiera niezbędną wiedzę teoretyczną z zakresu budowy, zasady działania, montażu, smarowania, zastosowania, oznaczeń, obliczeń geometrycznych i wytrzymałościowych zębatych przekładni falowych, odkształcanych mechanicznie, dwufalowym generatorem krzywkowym. Program stanowi pomoc dydaktyczną wspomagającą dobór oraz projektowanie zębatych przekładni falowych.

Bibliografia

1. Katalog Harmonic Drive AG, 2011.
2. Nalepa A.: Zasady konstruowania tulei podatnych zębatych przekładni falowych. Przegląd Mechaniczny, nr 21, 1970.
3. Nalepa A.: Stan naprężeń w tulejach podatnych zębatych przekładni falowych. Przegląd Mechaniczny, nr 11, 1976.
4. Fołęga P.: Wspomagane komputerowo obliczenia zębatych przekładni falowych. Materiały XXII Sympozjonu PKM, Gdynia-Jurata, Tom 2, wrzesień 2005, s. 409-414.
5. Mijał M.: Synteza zębatych przekładni falowych – zagadnienia konstrukcyjno-technologiczne. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 1999, s. 274.
6. Ostapski W.: Przekładnie falowe. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2011, s. 240.