

Piotr FOŁĘGA

MODELOWANIE WYBRANYCH ELEMENTÓW KONSTRUKCYJNYCH PRZEKŁADNI FALOWYCH

Streszczenie. W pracy na podstawie rzeczywistych geometrii elementów konstrukcyjnych opracowano modele numeryczne całych przekładni falowych. Przeprowadzono również analizę wpływu wybranych cech konstrukcyjnych krzywek generatora fali: średnicy zewnętrznej i szerokości na postacie i wartości częstości drgań własnych. W obliczeniach numerycznych wykorzystano metodę elementów skończonych (MES).

THE MODELLING OF CONSTRUCTIONAL ELEMENTS OF HARMONIC DRIVE

Summary. Application of the finite elements method (FEM) in the numerical analysis of the harmonic drive wave generator has been presented in the paper. The influence of the construction features the cam of wave generator: external diameter and width on the shape and natural frequency has also been presented.

1. WPROWADZENIE

Przekładnia falowa [1] składa się z trzech elementów konstrukcyjnych:

- koła sztywnego o wewnętrznym uzębieniu,
- koła podatnego z wieńcem zębatym o zewnętrznym uzębieniu,
- generatora fali wywołującego odkształcenia koła podatnego.

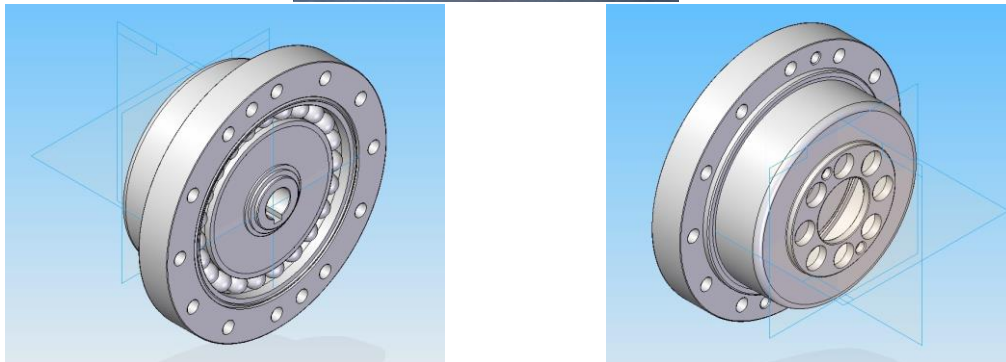
Specyfika pracy tych przekładni polega na tym, że ruch względny współpracujących kół jest wynikiem odkształceń sprężystych koła podatnego. Sprężyste fale koła podatnego są wytwarzane przez generator fali, który obracając się powoduje przemieszczanie fal odkształceń po obwodzie koła. W zależności od liczby fal wyróżnia się przekładnie jedno-, dwu- lub trójfalowe. Obecnie najczęściej stosowane są przekładnie dwufalowe.

W pracy za pomocą oprogramowania MSC Patran/Nastran opracowano na podstawie rzeczywistych geometrii elementów konstrukcyjnych modele numeryczne całych przekładni falowych (rys. 1). Przeprowadzono również z wykorzystaniem metody elementów skończonych (MES) analizę wpływu wybranych cech konstrukcyjnych krzywek generatora fali: średnicy zewnętrznej i szerokości na postacie i wartości częstości drgań własnych. Obliczenia dotyczyły różnych generatorów stosowanych w kilku wybranych rozwiązaniach konstrukcyjnych przekładni falowych.

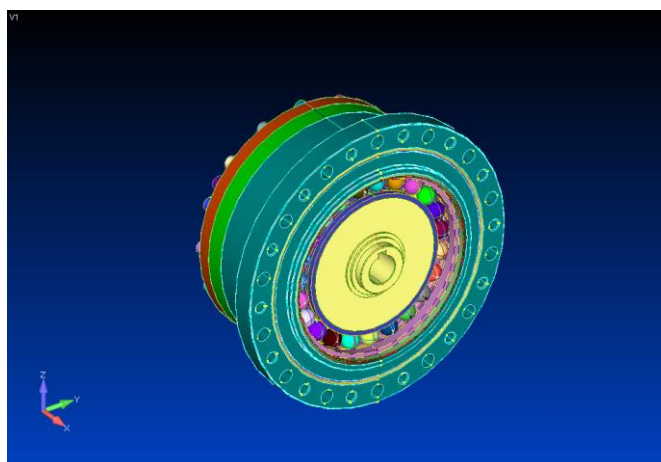
a)



b)



c)



Rys. 1. a) Przekładnia falowa [2], b) model geometryczny przekładni, c) model numeryczny przekładni
 Fig. 1. a) Harmonic drive, b) geometric model of gear, c) numerical model of gear

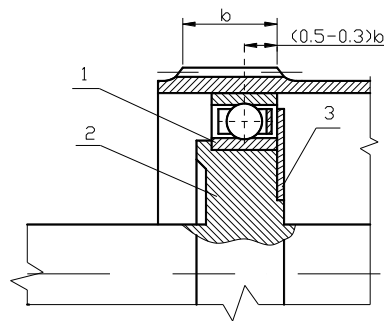
2. GENERATORY FALI

Generator fali [3,4] w przekładni falowej jest elementem konstrukcyjnym, który służy do odkształcenia wieńca zębatego koła podatnego. Podstawowym zadaniem generatora jest zapewnienie żądanej liczby fal odkształceń koła podatnego. Ze względu na liczbę wytworzonych fal generatory dzielimy na: jedno-, dwu- i trójfalowe. Generator może być mechaniczny, hydrauliczny lub elektryczny. Najczęściej w przekładniach falowych są stosowane generatory mechaniczne. Ze względu na cechy konstrukcyjne generatory fali możemy podzielić na rolkowe, krzywkowe i tarczowe. Zastosowanie określonego typu generatora uzależnione jest od przeznaczenia przekładni oraz jej wykorzystania.

Generator krzywkowy [3,4], w odróżnieniu od generatorów rolkowych i tarczowych, posiada łożysko podatne wciśnięte na korpus generatora będącego najczęściej krzywką o zarysie eliptycznym. Generatory tego typu umożliwiają odkształcanie zarówno łożyska

podatnego, jak i warstwy obojętnej koła podatnego do dowolnej postaci opisanej kształtem krzywki generatora.

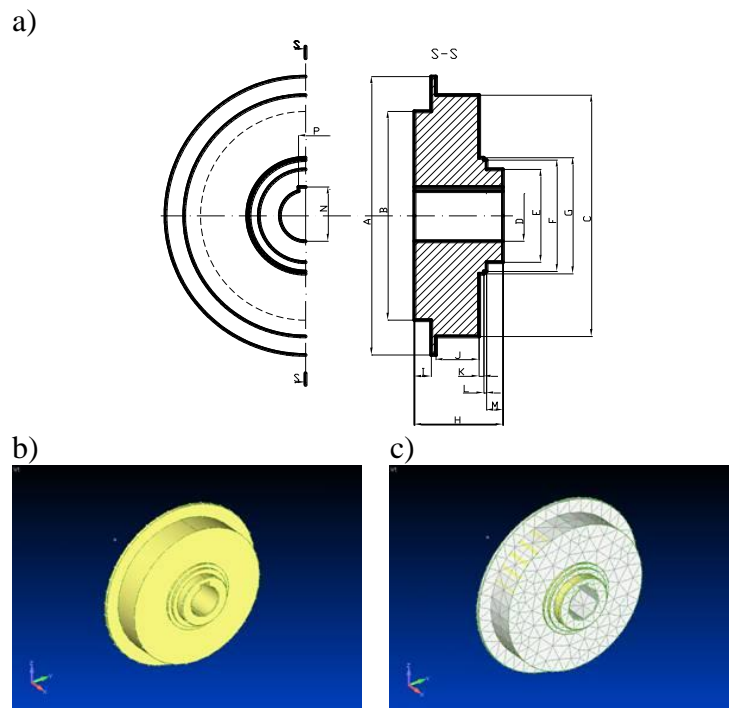
Na rysunku 2 przedstawiono generator krzywkowy oraz jego usytuowanie względem wieńca zębatego koła podatnego. Profil krzywki generatora powinien zapewniać uzyskanie żądanej postaci odkształcenia warstwy obojętnej korpusu koła podatnego. Łożyska podatne stosowane w generatorach krzywkowych mają cieńsze pierścienie zewnętrzne i wewnętrzne niż typowe łożyska, co umożliwi ich odkształcenie w czasie osadzania łożyska na krzywce generatora.



Rys. 2. Generator krzywkowy: 1 - łożysko podatne, 2 - krzywka generatora fali, 3 - podkładka
Fig. 2. Wave generator: 1- flexible bearing, 2 - the cam of wave generator, 3 - washer

3. MODELOWANIE KRZYWKI GENERATORA FALI

W pracy opracowano modele geometryczne i numeryczne krzywek mechanicznego generatora fali stosowanego w przekładniach typu CSG, HFUC i HFUS [2]. Na rysunku 3 pokazano przykładową analizowaną krzywkę generatora z przekładni CSG.

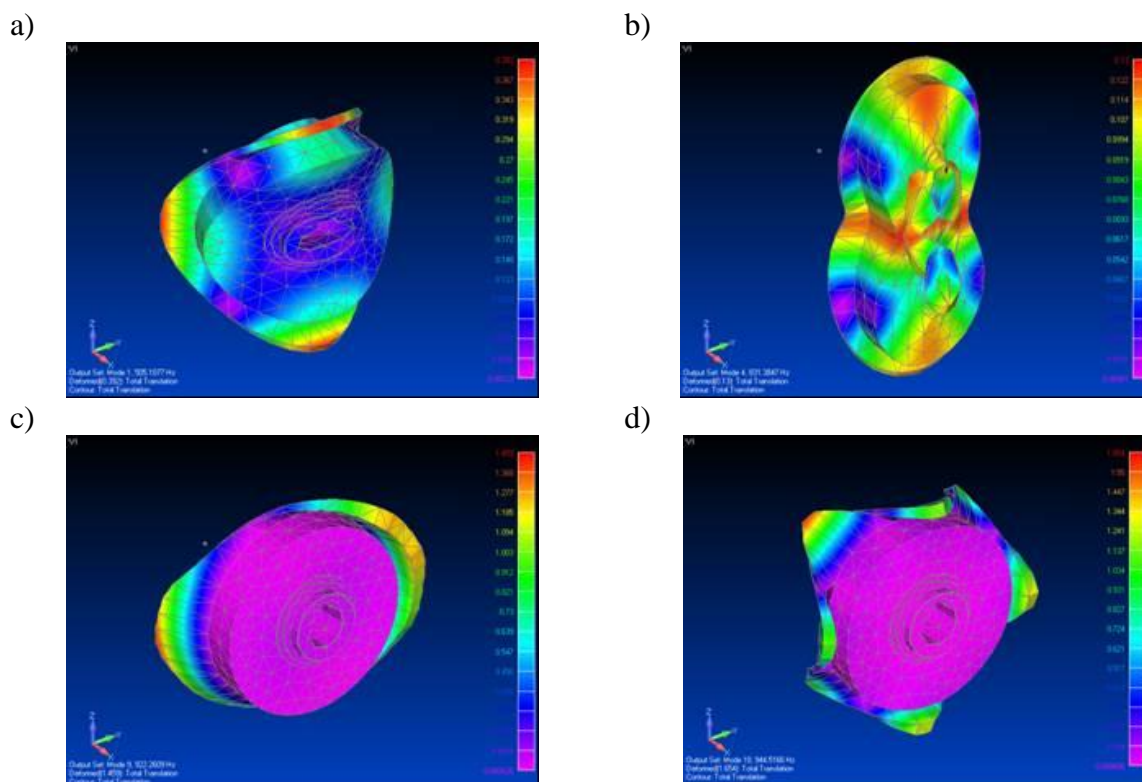


Rys. 3. Krzywka generatora: a) kształt, b) model geometryczny, c) model numeryczny
Fig. 3. Wave generator: a) shape, b) geometric model, c) numerical model

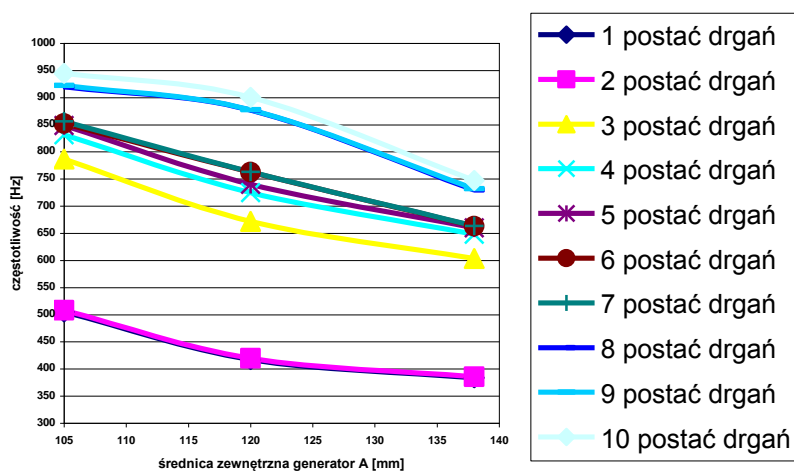
Krzywki generatorów stosowanych w przekładniach typu CSG, HFUC, HFUS mają kształt tarczy. Różnice pomiędzy nimi wynikają jedynie z innej szerokości krzywki generatora oraz dodatkowych podtoczeń.

4. WYNIKI OBLICZEŃ

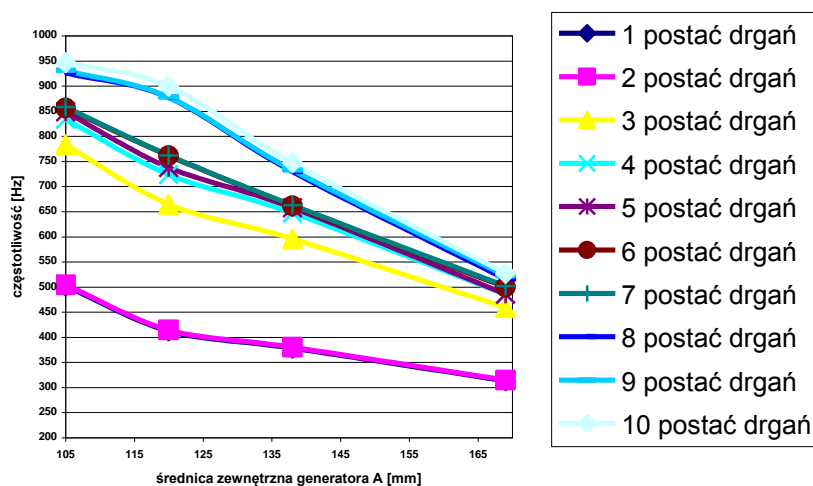
Dla opracowanych modeli numerycznych krzywek generatorów fali różnych typów przekładni falowych przeprowadzono analizę wpływu dwóch wybranych cech konstrukcyjnych: średnicy zewnętrznej i szerokości krzywki na postacie i wartości częstotliwości drgań własnych. Otrzymaną przykładową pierwszą, czwartą, dziewiątą i dziesiątą postać drgań dla przekładni CSG pokazano na rysunku 4. Przykładowe wyniki obliczeń przedstawiono na rysunkach od 5 do 7. Analizując otrzymane wyniki można stwierdzić, że zwiększenie średnicy zewnętrznej krzywki generatora powoduje znaczne zmniejszenie wartości częstotliwości drgań własnych, a zwiększenie szerokości krzywki nieznaczne zwiększenie wartości częstotliwości drgań. Otrzymane postacie drgań dla analizowanych przypadków były takie same.



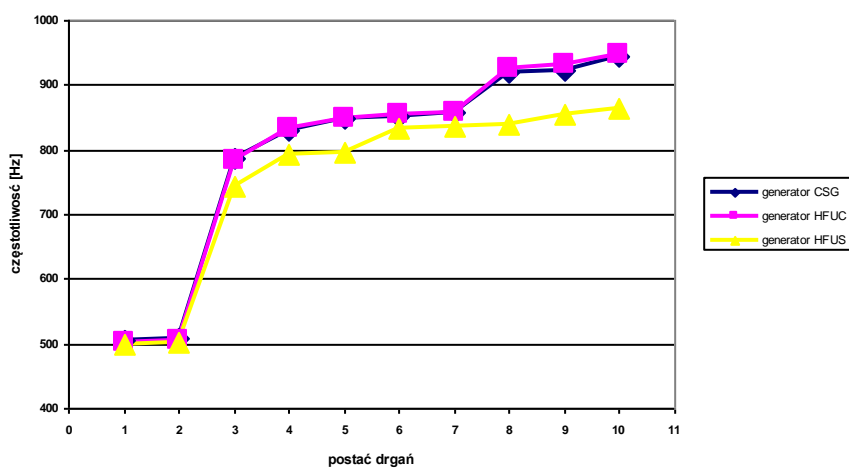
Rys. 4. Postacie drgań: a) pierwsza, b) czwarta, c) dziewiąta, d) dziesiąta
 Fig. 4. Shape of wave generator: a) first, b) fourth, c) ninth, d) tenth



Rys. 5. Wpływ średnicy zewnętrznej krzywki generatora na częstotliwości drgań własnych (CSG)
 Fig. 5. The influence of wave generator external diameter on natural frequency (CSG)



Rys. 6. Wpływ średnicy zewnętrznej krzywki generatora na częstotliwości drgań własnych (HFUC)
 Fig. 6. The influence of wave generator external diameter on natural frequency (HFUC)



Rys. 7. Częstotliwości drgań własnych krzywek generatorów dla średnicy zewnętrznej 105 mm
 Fig. 7. The natural frequency of wave generator for value external diameter 105 mm

5. PODSUMOWANIE

Na podstawie rzeczywistych geometrii elementów konstrukcyjnych opracowano modele numeryczne przekładni falowych typu CSG, HFUS i HFUC. Przeprowadzono również analizę wpływu wybranych cech konstrukcyjnych krzywek generatora fali: średnicy zewnętrznej i szerokości na postacie i wartości częstości drgań własnych. Analizując wyniki obliczeń numerycznych można stwierdzić, że zwiększenie średnicy zewnętrznej krzywki generatora powoduje znaczne zmniejszenie wartości częstotliwości drgań własnych (rys. 5 i 6), a zwiększenie szerokości krzywki – nieznaczne zwiększenie wartości częstości drgań (rys. 7).

Bibliografia

1. Musser C. W.: The Harmonic Drive. Machine Design rd 32, No. 8, 1960.
2. Katalog firmy Harmonic Drive Systems.
3. Mijał M.: Synteza falowych przekładni zębatych. Zagadnienia konstrukcyjno-technologiczne. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 1999.
4. Nalepa A.: Badania wytrzymałościowe zębatej przekładni falowej. Praca doktorska, Pol. Śl. Gliwice 1974.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Zbigniew Dąbrowski

Praca wykonana w ramach BW-511/RT2/2008