

Radosław Pakowski
Mirosław Trzpił
Politechnika Warszawska

WYKRYWANIE USZKODZEŃ W LITYCH ELEMENTACH ŁĄCZĄCYCH WAŁY

STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono analizę wyników badań laboratoryjnych mających na celu wypracowanie algorytmu postępowania podczas wykrywania uszkodzeń w litych elementach połączeń wałów.

Słowa kluczowe:

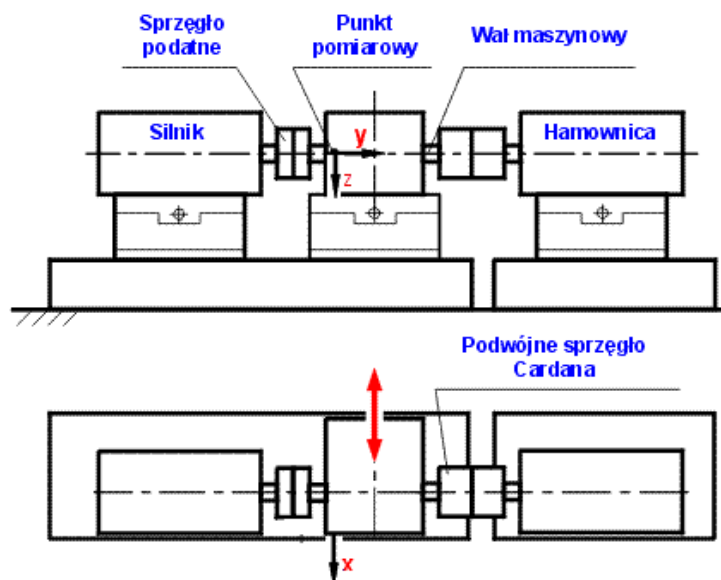
układy wirujące, sprzęgła, pomiar i analiza przyspieszeń drgań, diagnostyka wibroakustyczna.

WSTĘP

Sprzęgła podatne są nieodzownym elementem wykorzystywanym we współczesnych układach napędowych. Służą do zapewnienia przejęcia części nadwyżek dynamicznych lub do izolacji wzajemnie połączonych ze sobą elementów układu o stosunkowo dużej bezwładności. Jednocześnie połączenie dwóch elementów z wykorzystaniem sprzęgła podatnego nie powinno reagować na niewielkie błędy montażowe oraz błędy powstałe podczas normalnej pracy układu. Sprzęgła podatne mogą być wykorzystywane do optymalizacji obciążeń w układach poddanych działaniu zmiennych momentów skręcających. Optymalizacja taka polega między innymi na minimalizacji dodatkowych periodycznych nadwyżek momentu obrotowego o charakterze udarowym, które są szczególnie niebezpieczne dla układów napędowych. W trakcie pracy układów sprzęgła ulegają jednak uszkodzeniu wynikającemu zarówno z typowej eksploatacji, jak i przeciążeń czy starzenia się elementów. Praca układu z uszkodzonym łącznikiem może powodować obciążenia wałów oraz łożysk układu dodatkowymi siłami poprzecznymi lub momentami niewystępującymi w normalnej pracy, a ponadto może wprowadzić zaburzenia kinematyczne. W celu jej przeanalizowania przeprowadzono eksperyment badawczy.

OPIS EKSPERYMENTU

Celem badań było wykonanie pomiarów, na podstawie których podjęto próbę określenia, w jakim zakresie uszkodzenie elementu gumowego sprzęgieł podatnych o konstrukcji litej wpływa na sygnał drganiowy. Obiektem badań był element gumowy o konstrukcji litej stosowany w sprzęgłach seryjnie montowanych (np. w pojazdach samochodowych). Do eksperymentu wykorzystano stanowisko badawcze przedstawione na rysunku 1.



Rys. 1. Schemat stanowiska badawczego

Eksperyment został przeprowadzony dla sprzęgła bez uszkodzeń oraz dla tego samego sprzęgła z różnymi uszkodzeniami w różnych warunkach pracy ustalanych na początku każdej serii pomiarów:

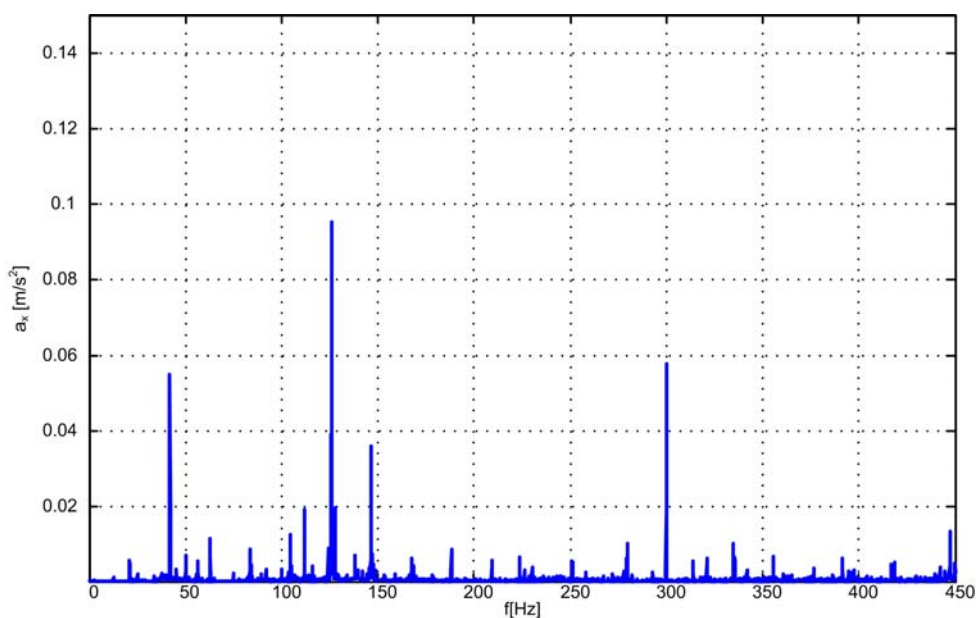
- obciążenia momentem obrotowym [Nm]: 20, 30, 40;
- prędkości obrotowej [obr/min]: 800, 950, 1100, 1250, 1400;
- odchyłki współosiowości [mm]: 0–0,8 co 0,2.

W pierwszej serii pomiarów wykorzystane zostało sprzęgło podatne o konstrukcji litej bez uszkodzeń. Następnie przeprowadzono badania układu, w którym zasymulowano uszkodzenia elementu litego sprzęgła — w sposób sztuczny wprowadzono pęknięcia przekroju: pęknięcie $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$ oraz całkowite pęknięcie.

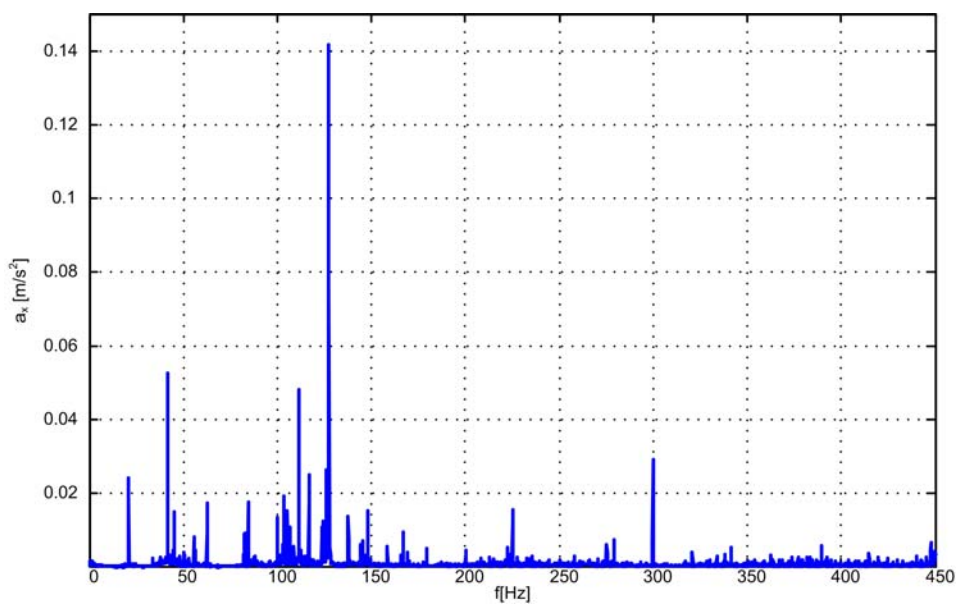
Podczas badań eksperymentalnych prowadzona była rejestracja sygnałów przyspieszeń drgań obudowy nad łożyskiem położonym najbliżej sprzęgła w dwóch kierunkach (przyspieszenia drgań w kierunku poziomym poprzecznie do osi wału oraz przyspieszenia drgań w kierunku pionowym). W związku z podjęto próbę zdiagnozowania uszkodzeń sprzęgieł podatnych metodami wibroakustycznymi. Wprowadzono kolejne typy i wielkości uszkodzeń, powtarzając przy tym pełne serie pomiarów dla każdego rodzaju uszkodzenia. Uzyskano bazę wyników, które pozwoliły na podjęcie próby określenia postępowania umożliwiającego wykrywanie uszkodzeń sprzęgieł podatnych.

WYNIKI BADAŃ

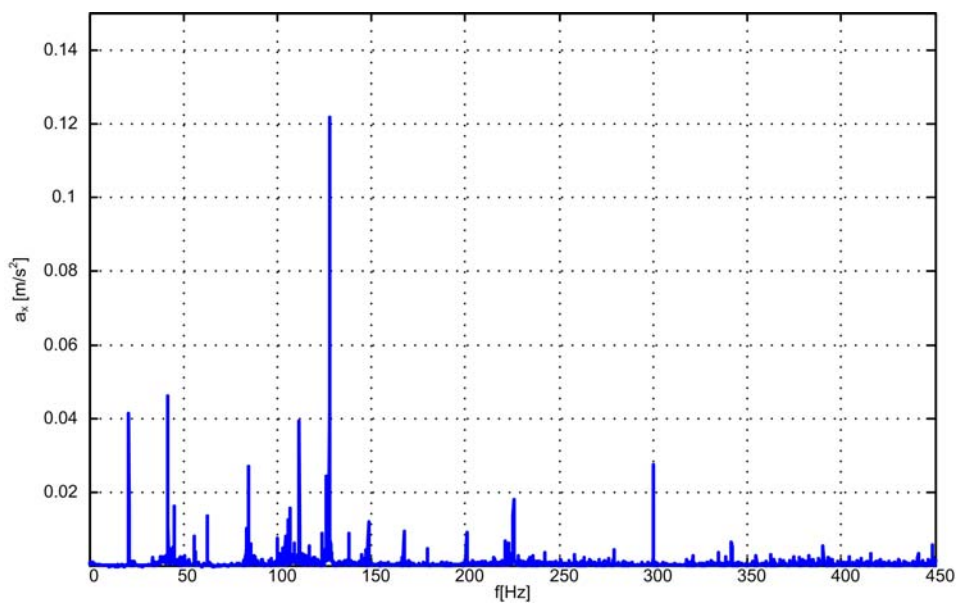
Poniżej przedstawiono przykładowe wyniki badań: widma przyspieszeń drgań w funkcji częstotliwości (rys. 2–4) oraz zależności ogólnego poziomu przyspieszeń drgań w funkcji zmian prędkości obrotowej (rys. 5.).



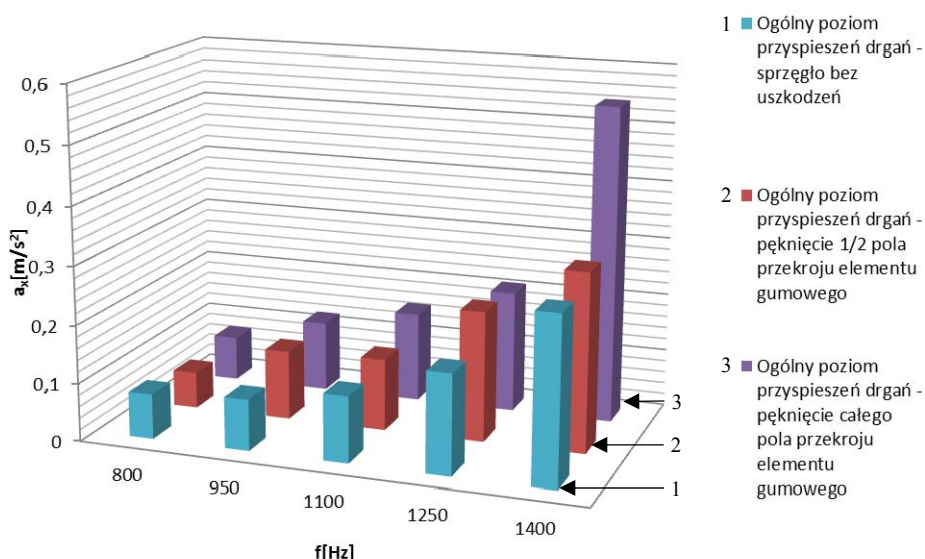
Rys. 2. Widmo przyspieszeń drgań przy błędzie osiowania 0,4 mm i momencie obrotowym 30 Nm dla sprzęgła z uszkodzonym elementem gumowym — sprzęgło bez uszkodzeń



Rys. 3. Widmo przyspieszeń drgań przy błędzie osiowania 0,4 mm i momencie obrotowym 30 Nm dla sprzęgła z uszkodzonym elementem gumowym — pęknięcie $\frac{1}{2}$ pola przekroju



Rys. 4. Widmo przyspieszeń drgań przy błędzie osiowania 0,4 mm i momencie obrotowym 30 Nm dla sprzęgła z uszkodzonym elementem gumowym — pęknięcie całego pola przekroju



Rys. 5. Zależność ogólnego poziomu przyspieszeń drgań (pasmo 0–400 Hz) w funkcji prędkości obrotowej dla sprzęgła o twardości gumy równej 80° Shore'a: błąd osiowania 0,4 mm, moment obrotowy 30 Nm (różne wielkości uszkodzeń)

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Analizując wyniki przedstawione na rysunkach od 2. do 4. można stwierdzić, że uszkodzenia elementu gumowego sprzęgieł o konstrukcji litej mające niewątpliwą wpływ na pracę sprzęgła powodują zmianę odpowiedzi dynamicznej całego układu, szczególnie zmiany typowych dla pracy sprzęgieł podstawowych harmonicznych prędkości obrotowej (tu 1., 2. i 6.). Można zatem wnioskować, że diagnozowanie uszkodzeń sprzęgieł podatnych jest możliwe zarówno dla układów, w których występują małe wartości błędów osiowania oraz obciążeń (określenie amplitud 1. harmonicznej), jak i dla dużych wartości błędów osiowania oraz obciążeń (określenie amplitud 2. i 6. harmonicznej). Niestety analiza zmian ogólnego poziomu przyspieszeń drgań w funkcji prędkości obrotowej (dla badanego zakresu prędkości) nie daje jednoznacznej informacji o uszkodzeniu elementu gumowego. Wynika to z faktu, że przy zwiększonych błędach osiowania oraz przy zwiększaniu prędkości obrotowych na skutek wzrostu naprężeń wewnętrznych elementu gumowego wpływ uszkodzenia zostaje skompensowany i nie przekłada się na zmiany ogólnego poziomu przyspieszeń drgań, co można potraktować jako zaletę stosowania tego typu sprzęgieł.

Wyniki omówionych badań posłużyły między innymi do testowania modelu matematycznego wykonanego w środowisku Matlab-Simulink (praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2009–2011 jako projekt badawczy).

BIBLIOGRAFIA

- [1] Dąbrowski Z., Trzpil M., *Badanie wpływu niewspółosiowości na odpowiedź dynamiczną sprzęgieł podatnych o konstrukcji litej*, XXII Sympozjum Podstaw Konstrukcji Maszyn, Gdynia — Jurata 2005.
- [2] Pakowski R., *Badania wpływu charakterystyk sprzęgieł podatnych na odpowiedź dynamiczną układu napędowego w warunkach zmiennych w czasie odchyłek współosiowości*, rozprawa doktorska, Politechnika Warszawska, Warszawa 2005.
- [3] Pakowski R., Trzpil M., *Odpowiedź dynamiczna sprzęgła podatnego n-elementowego jako miara zmiennych w czasie błędów osiowania*, XXI Sympozjum Podstaw Konstrukcji Maszyn, Ustroń 2003.
- [4] Trzpil M., *Badania diagnostyczne układów łączonych sprzęgłami podatnymi o konstrukcji litej*, XI Konferencja Naukowa Wibroakustyki i Wibrotechniki WibroTech '2005, Warszawa 2005.

DETECTION OF DAMAGE IN SOLID CONSTRUCTIONS COUPLING SHAFTS

ABSTRACT

The paper analyzes the results of laboratory tests done to develop a procedure algorithm to be followed in detecting damage in solid constructions coupling shafts.

Keywords:

rotating systems, coupling, vibration measurement and analysis, vibroacoustic diagnosis.

Recenzent kmdr dr hab. inż. Andrzej Grządziela, prof. AMW