

## WPLYW DEFEKTU W POSTACI ZUKOSOWANIA PANWI NA WŁASNOŚCI DYNAMICZNE DUŻEJ MASZYNY ENERGETYCZNEJ

Marcin ŁUCZAK

Instytut Maszyn Przepływowych  
Polskiej Akademii Nauk w Gdańsku  
Zakład Dynamiki Wirników i Łożysk Ślizgowych  
ul. Fiszer 14, 80-952 Gdańsk  
tel. (48)(58)3460881, [marc@imp.gda.pl](mailto:marc@imp.gda.pl)

### Streszczenie

W referacie przedstawiono przebieg i wyniki prac mających na celu zbadanie wpływu jaki wywiera defekt łożyska ślizgowego w postaci nierównoległego ułożenia osi czopa względem osi panwi na własności dynamiczne turbosespołu 13K215 o mocy 200 MW. Badania były prowadzone na drodze symulacji komputerowej. Defekt w postaci zukosowania był modelowany w poziomej i pionowej płaszczyźnie czopa. Wyznaczono maksymalne wartości zukosowania w obu płaszczyznach dla każdego łożyska indywidualnie oraz dla przypadku dwóch sąsiadujących łożysk zukosowanych jednocześnie. W dalszej części referatu przedstawiono wpływ jaki defekt wywiera na własności dynamiczne badanego turbosespołu.

Słowa kluczowe: łożyska ślizgowe, diagnostyka techniczna, przekoszenie (zukosowanie) panwi.

### INFLUENCE OF BEARING BUSH SKEWNESS ON THE PROPERTIES OF LARGE POWER ENGINEERING OBJECT

#### Summary

In the paper presented are course and results of investigations of the influence of slide bearing bush and shaft mutual skewness on the dynamic properties of the 200 MW 13K215 turboset. The defect was simulated by means of numerical model of the turboset. Simulation was performed for each bearing individually in both, horizontal and vertical planes. Maximum values of the skewness angle were calculated for each bearing at both planes. Also the case of simultaneous defect of two adjacent bearings was simulated. The influence of the defect on dynamic properties of turboset was presented.

Keywords: slide bearings, technical diagnostics, bush skewness.

## 1. WSTĘP

Turbosespoły dużej mocy są maszynami „krytycznymi” – wymaga się od nich stabilnej, niezawodnej pracy oraz pewności ruchowej. Wymóg bezawaryjnej pracy stał się przyczyną opracowania, wdrożenia i doskonalenia zaawansowanych systemów diagnostycznych.

Najważniejszym elementem nowoczesnego systemu diagnostycznego jest baza wiedzy. Jest to, ogólnie rzecz ujmując, zbiór zależności typu defekt-symptom zwanych relacjami diagnostycznymi. Jednym ze źródeł informacji w bazie wiedzy stanowią wyniki badań symulacyjnych i modelowych oraz wyniki eksperymentów numerycznych. Eksperyment numeryczny jest bardzo ważnym i często jedynym źródłem relacji diagnostycznych, gdyż badania modelowe na obiekcie rzeczywistym są często niemożliwe do przeprowadzenia ze względu na ich olbrzymi koszt. Pozyskiwanie relacji diagnostycznych w drodze obliczeń określa się jako diagnostykę według

modelu. W IMP PAN od wielu lat rozwijana jest seria programów komputerowych o nazwie KINWIR i NLDW służących do obliczeń hydrodynamicznych łożysk poprzecznych oraz wzajemnych relacji wirnik – łożyska [1].

Programy te są wykorzystywane głównie w tzw. diagnostyce wg modelu – służą do generowania relacji typu defekt-symptom. W pracy przedstawiono wyniki badań symulacyjnych wpływu zukosowania panwi na parametry dynamiczne turbosespołu energetycznego 200 MW [2] przeprowadzonych przy pomocy programów serii KINWIR i NLDW [3] oraz budowy relacji diagnostycznych typu defekt-symptom.

## 2. CEL I ZAKRES BADAŃ

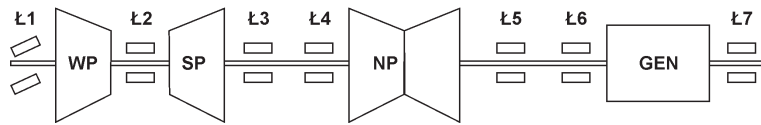
Doświadczenia z praktyki eksploatacyjnej wskazują na istnienie niedoskonałości geometrii układu czop - panew. Pojawiają się tzw. zatarcia krawędziowe które są skutkiem fizycznego kontaktu

czopa z materiałem panwi. Programy serii KINWIR i NLDW umożliwiają między innymi modelowanie defektu w postaci nierównoległego położenia osi czopa względem osi panwi. Zukosowanie można przeprowadzać w dowolnej płaszczyźnie, której położenie jest określone kątami  $\alpha$  i  $\beta$ , które w sposób jednoznaczny determinują kształt szczeliny smarnej. Szczegółowy opis zmodyfikowanej geometrii szczeliny smarnej znajduje się w [4]. Celem prowadzonych badań symulacyjnych jest poznanie wpływu przekoszenia panwi na własności dynamiczne turbosespołu energetycznego 200 MW.

Badania wykonano dla prędkości obrotowej wirnika odpowiadającej pracy nominalnej 3000 [obr/min]. Defekt w postaci zukosowania

przyjmowano w płaszczyźnie poziomej ( $\beta = 0^\circ$ ) i pionowej ( $\beta = 90^\circ$ ) dla każdego z siedmiu łożysk. Dla każdego łożyska obliczono maksymalną i minimalną wartość zukosowania (kąt  $\alpha$ ) w płaszczyźnie poziomej i pionowej w kierunku dodatnim i ujemnym przy której nie następuje fizyczny kontakt materiału panwi i czopa (grubość filmu smarnego osiąga wartość minimalną równą 5 mikrometrów). Oznacza to wyznaczenie 4 wartości defektu dla każdego łożyska -  $\alpha_{\max} \beta = 0^\circ$ ,  $\alpha_{\min} \beta = 0^\circ$ ,  $\alpha_{\max} \beta = 90^\circ$  i  $\alpha_{\min} \beta = 90^\circ$ .

Przykład modelowania defektu dla łożyska numer 1 przedstawiono na rys. 2.1.



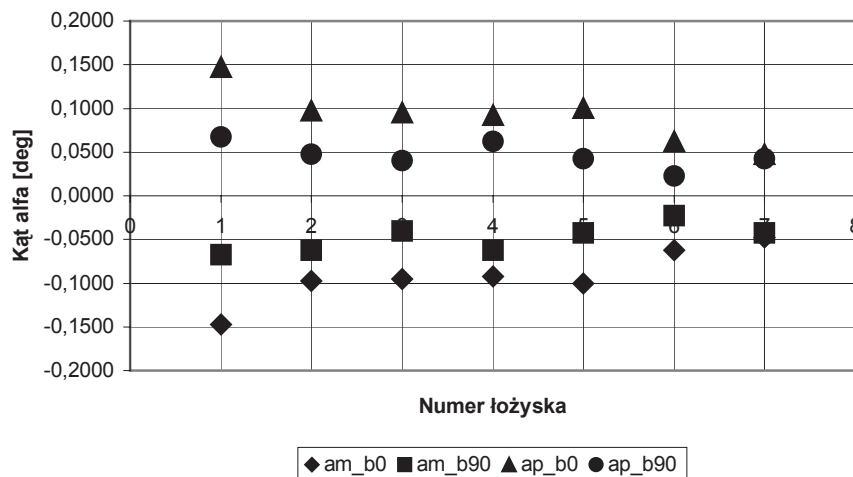
Rys. 2.1 Objaśnienie analizowanych przypadków przekoszenia panwi w płaszczyźnie poziomej i pionowej. Przekoszenie łożyska 1

Aby określić wpływ defektu na własności dynamiczne turbosespołu wyniki symulacji porównywano do wyników obliczeń tzw przypadku bazowego. Przypadek bazowy reprezentuje stan idealny tj. zakłada równoległe położenie osi czopa i panwi w każdym z łożysk (kąt  $\alpha = 0^\circ$ ). Obliczenia wykonano na komputerach Centrum Informatycznego Trójmiejskiej Akademickiej Sieci Komputerowej na komputerze typu klaster

wposażonych w 256 procesorów Intel Ithanium 2. ([www.task.gda.pl](http://www.task.gda.pl))

### 3. WYNIKI OBLICZEŃ

Zgodnie z zaproponowaną metodologią wyznaczono 28 wartości defektu w postaci zukosowania panwi – rys. 3.1.



Rys. 3.1 Wartości maksymalne i minimalne kątów alfa dla płaszczyzny poziomej i pionowej  
Oznaczenia na rys. 3.1:

am\_b0 – alfa minimalne płaszczyzna pozioma  
ap\_b0 – alfa minimalne płaszczyzna pozioma

am\_b90 - alfa minimalne płaszczyzna pionowa  
ap\_b90 - alfa maksymalne płaszczyzna pionowa

Na uwagę zwraca symetryczny rozkład wartości defektu. Dla poziomej płaszczyzny wartości bezwzględne kąta zukosowania są sobie równe,

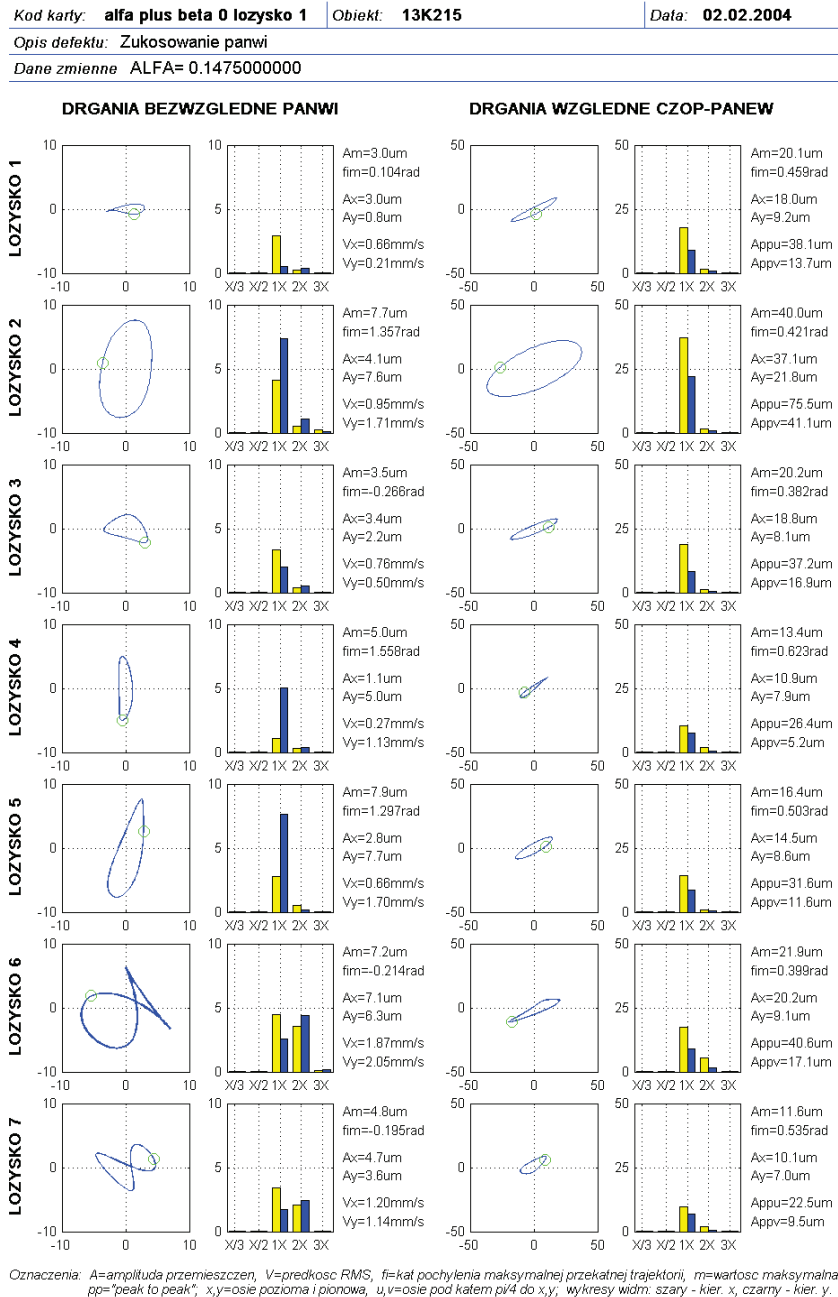
podobnie w płaszczyźnie pionowej. Kolejną istotną informacją jest to, iż większe możliwe do uzyskania wartości zukosowania w łożyskach 1÷6 są dla

płaszczyzny poziomej. Ma to bezpośredni związek z soczewkowanym luzem tych łożysk. W łożysku 7 posiadającym luz kołowo cylindryczny wartości maksymalne i minimalne dla obu płaszczyzn są niemalże identyczne.

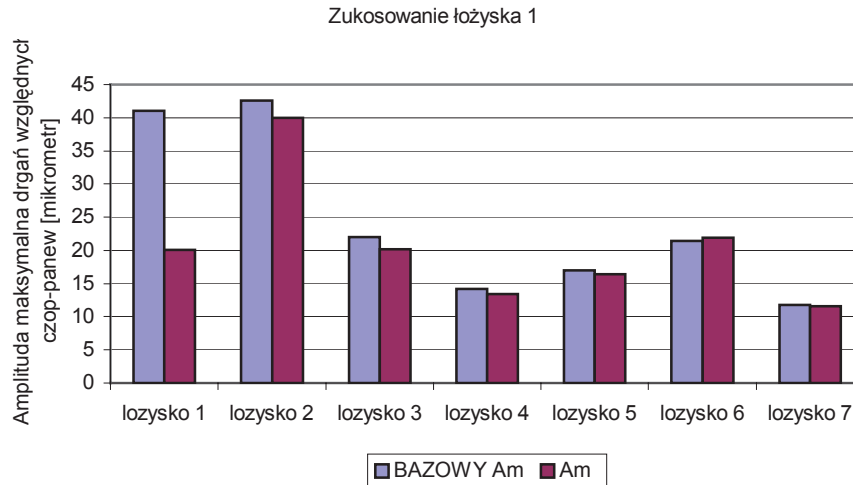
Dla tak wyznaczonych dopuszczalnych wartości kąta alfa wygenerowano 14 relacji diagnostycznych typu defek-symptom. Zostały one zobrazowane przy pomocy kart diagnostycznych. Ze względu na ograniczoną objętość niniejszego referatu

przedstawiono tylko pojedyncze przykłady - rys. 3.2. Pełen komplet przytaczanych przykładów znajduje się w [5].

Na podstawie danych zawartych na kartach diagnostycznych sporządzono wykresy wpływu defektu  $\alpha$  max w płaszczyźnie poziomej na wartości maksymalnych amplitud drgań względnych czop – panew - rys. 3.3



Rys. 3.2 Przykładowa karta diagnostyczna dla defektu w łożysku 1 w płaszczyźnie poziomej.



Rys. 3.3 Przykład porównania amplitud maksymalnych drgań względnych dla przypadku bazowego (BAZOWY) oraz przypadku z defektem w łożysku 1

#### 4. WNIOSKI Z BADAŃ

Na podstawie analizy sporządzonych wykresów można sformułować następujące spostrzeżenia:

- dla znakomitej większości modelowanych przypadków otrzymano podobne wartości obliczanych parametrów dla obu kierunków (alfa dodatnie i ujemne) w obu badanych płaszczyznach (poziomej ( $\beta=0$ , i pionowej  $\beta=90$ ) oznacza to że przypadki odpowiadające oznaczeniom  $\beta=0$  są niemalże identyczne dla alfa minus i alfa plus) (rys 3.1)
- wpływ zukosowania panwi jest mocno zróżnicowany dla poszczególnych łożysk (rys 3.1),
- większe możliwe do uzyskania wartości zukosowania są dla płaszczyzny poziomej
- wpływ defektu jest najbardziej widoczny w zmianie obrazu drgań względnych czop – panew (rys. 3.3)
- zukosowanie panwi łożyska 1 ma wpływ na obraz drgań w łożysku 1 i nie zmienia poziomu drgań w łożyskach sąsiednich – rys 3.3. Powoduje ono prawie dwukrotny spadek wartości amplitudy drgań względnych. Fakt obniżenia poziomu drgań względnych pod wpływem zukosowania należy tłumaczyć silnie nieliniowymi własnościami łożysk ślizgowych których przyczyną jest anizotropia skośnych współczynników sztywności i tłumienia. Jednocześnie należy mieć na uwadze geometrię szczeliny smarnej o soczewkowatym kształcie a co za tym idzie silnych własnościach antywibracyjnych łożysk soczewkowych.

#### LITERATURA

- [1] Kiciński J. Teoria i badania hydrodynamicznych poprzecznych łożysk ślizgowych. Zakład Narodowy im. Ossolińskich Wydawnictwo Polskiej Akademii Nauk Wrocław Warszawa Kraków 1994
- [2] Kiciński J., Rybczyński J., Łuczak M., Banaszek S.: Baza danych turbiny 13K215, Opracowanie wewnętrzne IMP PAN w Gdańsku nr arch. 361/98
- [3] Kiciński J. Krawczuk M. Nowak G. : Algorytm i system programów komputerowych MESWIR do analizy drgań giętych swobodnych i wymuszonych ułożyskowanych wirników turbozespołów energetycznych. Zesz. Nauk. IMP PAN nr 326/1277/91
- [4] Łuczak M. Identyfikacja modeli defektów. Badanie wpływu zukosowania panwi dla wirnika 2- podporowego i turbozespołu 200 MW Opracowanie wewnętrzne IMP PAN w Gdańsku 2001
- [5] Łuczak M. BADANIA SYMULACYJNE WPLYWU DEFektu W POSTACI PRZEKOSZENIA PANWI NA WŁASNOŚCI DYNAMICZNE TURBOZESPOŁU 200 MW Opracowanie wewnętrzne IMP PAN w Gdańsku 2004