

MATEUSZ KOZIOŁ

Sterowanie tłumieniem wewnętrznym wirnika o piezoelektrycznie aktywowanej strukturze

Streszczenie

Praca przedstawia koncepcję sterowania układem wirnikowym, którego wał ma w swojej strukturze elementy aktywne. Jako elementy wykonawcze wykorzystano ceramikę piezoelektryczną, którą umieszczono na powierzchni wału wirnika. Ideą stosowanego sterowania jest aktywne modyfikowanie efektywnego tłumienia wewnętrznego. Analizowany jest wpływ zaproponowanych algorytmów sterowania na dynamikę oraz stabilność układu. Dla nadkrytycznych prędkości wirowania tłumienie wewnętrzne wykazuje działanie destabilizujące i jego aktywne zmniejszanie poprawia własności dynamiczne wirnika.

Zaproponowana koncepcja sterowania w układzie wirnikowym z aktywnym wałem została wyjaśniona za pomocą możliwie prostego modelu, który opisuje podstawowe własności takich układów, tj. modelu Jeffcotta. Umożliwia on m.in. uwzględnienie wpływu tłumienia w układzie wirnikowym łącznie z powodowanym przez nie zjawiskiem drgań samowzbudnych. Oprócz modelu analitycznego utworzono model MES wirnika z aktywnym wałem, który powstał z wykorzystaniem autorskiej metody. Na jego podstawie zaproponowano trzy algorytmy sterowania, które umożliwiają aktywne wpływanie na efektywne tłumienie wewnętrzne w układzie. Wykonano szereg badań symulacyjnych, analizując wpływ zaproponowanego rozwiązania na stabilność pierwszych trzech postaci drgań.

Wyniki symulacji zostały potwierdzone w badaniach eksperymentalnych, przeprowadzonych na zbudowanym stanowisku laboratoryjnym. Wykonano serię pomiarów szybkości zaniku drgań, przy różnych parametrach algorytmu sterowania. Dla nadkrytycznych prędkości wirowania uzyskano znaczące oddziaływanie układu sterowania na odpowiedź wirnika.

Uzyskane wyniki potwierdzają korzystny wpływ aktywnego zmniejszania tłumienia wewnętrznego na stabilność pierwszej postaci drgań w warunkach, gdy układ wiruje z nadkrytyczną prędkością obrotową. Uzyskano szybszy zanik wzbudzonych drgań w warunkach, gdy efektywne tłumienie wewnętrzne zostało zmniejszone. Działanie przeciwne, tj. zwiększanie tego tłumienia, potwierdziło możliwość aktywnej destabilizacji układu wirnikowego.

MATEUSZ KOZIOŁ

Control of the internal damping of a rotor with a piezoelectrically activated structure

Summary

This work presents a concept of the control of a rotor whose shaft has active elements in its structure. Piezoelectric ceramics are used as actuators placed on the surface of the shaft. The idea of control is to actively modify the effective internal damping of the rotor. The effects of the proposed control algorithms on the dynamics and stability of the system have been studied. For supercritical rotational speeds, the internal damping has a destabilising effect, therefore its active reduction improves the operating properties of the rotor.

The proposed concept of the control of a rotor with an active shaft is explained using the simplest model that describes the salient properties of such systems, i.e., the Jeffcott model. This model, among other things, allows for the accounting of damping's effect and the phenomenon of self-excited vibrations caused by it. Besides the analytical model, a finite element model of the active rotor has been created using the author's own approach. Based on the FE model, three control algorithms were proposed that actively influence the effective internal damping of the system. A number of simulation studies were performed with a view to studying the influence of the proposed solution on the stability of the three lowest vibration modes.

Next, the simulation results have been confirmed by experiments done on a test stand built for this purpose. A series of measurements of decay rates were carried out for different parameters of the control algorithm. For supercritical rotation speeds, there was a significant influence of the control system on the rotor response.

The results obtained confirm the positive effect of the active reduction of internal damping on the stability of the first mode of vibration for operation at supercritical rotational speeds. A faster decay of vibrations was obtained when the effective internal damping was reduced. On the contrary, by increasing internal damping, the possibility of actively destabilising the rotor has been demonstrated.