ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1995
Seria: MECHANIKA z.122 Nr kol.1267

Władysław KALIŃSKI, Wojciech PILLICH
Katedra Mechaniki Robotów i Maszyn
Politechnika Śląska

UDAROWE TESTOWANIE KOLUMNY UKŁADNICY MAGAZYNOWEJ

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań udarowych układnicy magazynowej. Badania wykonano przy pomocy młotka udarowego w celu wyznaczenia naturalnych częstości drgań roboczego członu układnicy. Przedstawiono ocenę możliwości zastosowania młotka udarowego do badania suwnic pomostowych.

IMPACT TESTING OF THE COLUMN OF STACKER CRANE

Summary. Results of an impact excitation of the mast of a stacker crane are presented in the paper. The test - made with an impact hammer - was carried out in order to find eigenfrequencies of the working element of the crane. An assessment of the possibility to apply the hammer for the testing of bridge cranes concludes the work.

УДАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОЛОННЫ МАГАЗИННОГО КРАНОВОГО УКЛАДЧИКА

Резюме. В работе представлено результаты ударных исследований кранового укладчика. Поднято попытку проведения исследований собственных частот колебаний рабочего органа укладчика при помощи измерительного ударного молотка - импактора. Представлено оценку возможностей применения ударного молотка для исследований мостовых кранов.

1. WSTĘP

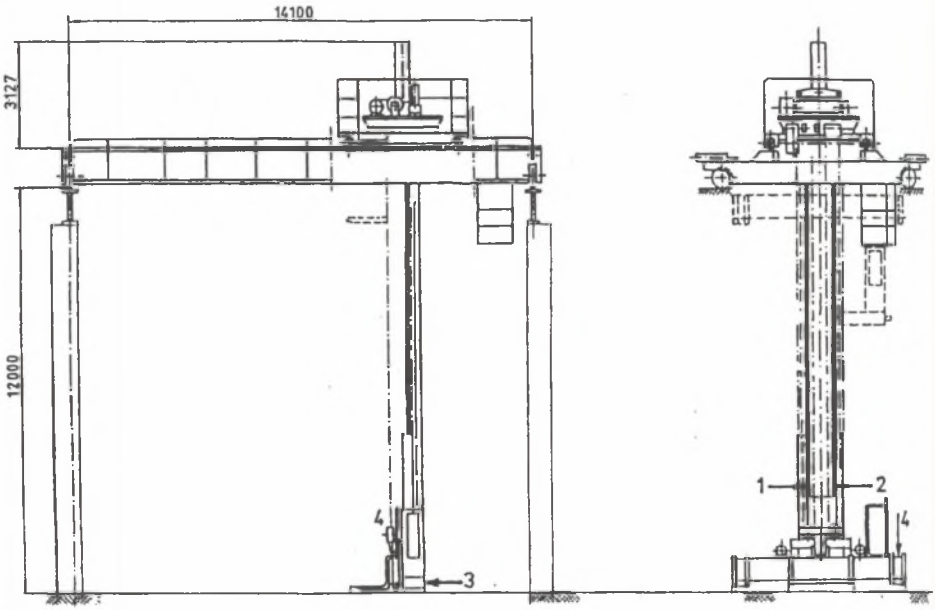
W procesach technologicznych często stosuje się maszyny transportowe, które wymagają pozycjonowania organu wykonawczego z określoną dokładnością. Uzyskanie założonej dokładności pozycjonowania związane jest między innymi ze sztywnością elementów tworzących

łańcuch kinematyczny maszyny w różnych konfiguracjach, występującymi luzami oraz szybkością tłumienia drgań pozycjonowanego przedmiotu. Powstające w ostatniej fazie pozycjonowania drgania związane są ze zmianą prędkości członu roboczego i wydłużają czas operacji pozycjonowania.

Do wzmiankowanej grupy maszyn zaliczyć można suwnicową kolumnową układnicę magazynową, pokazaną na rys.1.

Układnica ta ma złożoną strukturę co wynika z przyjętego sposobu pozycjonowania usytuowanych na widłach trawersy ładunków oraz przedłużania ruchu wideł przez przemieszczanie trawersy po kolumnie za pomoca członu zwanego teleskopem.

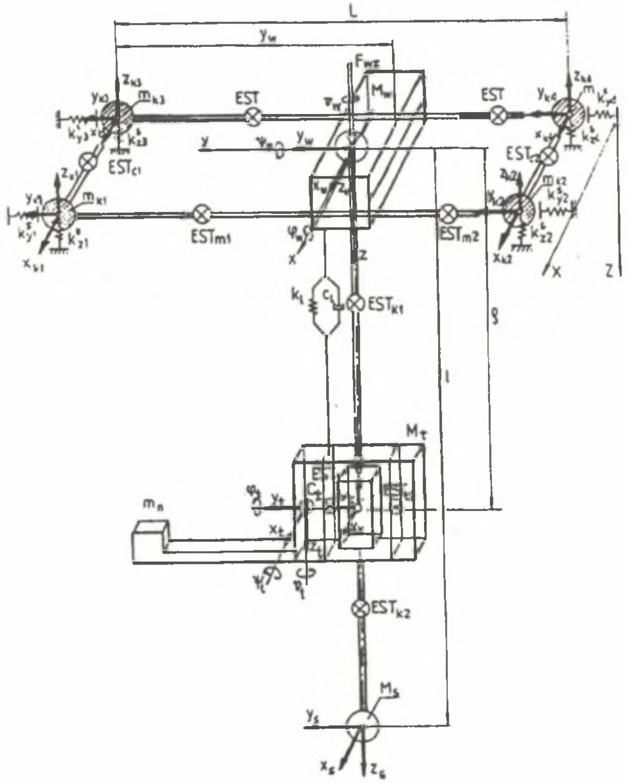
Dla zbadania ruchu pozycjonowanego przedmiotu oraz wybranych członów układnicy można przeprowadzić symulację komputerową. Ze względu na złożoność struktury układnicy symulacja



Rys.1. Schemat kolumnowej układnicy magazynowej
Fig.1. Scheme of the overhead stacker crane

taka winna być poprzedzona badaniami układu rzeczywistego, które powinny potwierdzić słuszność przyjętych parametrów modelowych.

Przyjęty w badaniach komputerowych model drganiowy układnicy przedstawiono na rys.2.



Rys.2. Model drganiowy układnicy
Fig.2. The vibrations model of a stacker crane

Różniczkowe równania ruchu drgającego układnicy w zapisie macierzowym, przy parametrach opisanych na rys.2, mają postać:

- dla mostu

$$\boldsymbol{M}_m\ddot{\boldsymbol{q}}_m+\boldsymbol{B}_m\dot{\boldsymbol{q}}_m+\boldsymbol{C}_m\boldsymbol{q}_m=\boldsymbol{F}_w(t)+\boldsymbol{R}_{mk}(t)+\boldsymbol{S}_{1t}(t)\,, \tag{1}$$

- dla kolumny

$$\boldsymbol{M}_k\ddot{\boldsymbol{q}}_k+\boldsymbol{B}_k\dot{\boldsymbol{q}}_k+\boldsymbol{C}_k\boldsymbol{q}_k=\boldsymbol{R}_{km}(t)+\boldsymbol{R}_{kt}(t)\,, \tag{2}$$

- dla trawersy z teleskopem i widłami

$$\boldsymbol{M}_t\ddot{\boldsymbol{q}}_t+\boldsymbol{B}_t\dot{\boldsymbol{q}}_t+\boldsymbol{C}_t\boldsymbol{q}_t=\boldsymbol{S}_{t1}(t)+\boldsymbol{R}_{tk}(t)\,, \tag{3}$$

gdzie:

$$\boldsymbol{R}_{km}=-\boldsymbol{R}_{mk}, \qquad \boldsymbol{R}_{kt}=-\boldsymbol{R}_{tk},$$

stanowią reakcje więzów pomiędzy podukładami, S_{tt} jest macierzą kolumnową reakcji w linie, realizującej ruch trawersy z teleskopem i widłami, z uwzględnieniem siły napędowej; $S_{tl} = -S_{lt}$.

W celu weryfikacji przyjętego modelu i jego parametrów częstości drgań własnych układnicy wyznaczono z równania:

$$\boldsymbol{M}_k\ddot{\boldsymbol{q}}_k+\boldsymbol{C}_k\boldsymbol{q}_k=\boldsymbol{0}\,. \tag{4}$$

W dynamicznej analizie maszyn dla optymalizacji ich konstrukcji rosnące zastosowanie znajduje analiza modalna. Umożliwia ona zbadanie dynamicznej podatności maszyn, pomocnej w projektowaniu systemów sterujących ich pracą oraz ograniczenie wpływu stanów przejściowych [1,5,6]. Badania wykonuje się np. z użyciem pomiarowego młotka udarowego.

Wykonywane jest modelowanie symulacyjne ruchu układnicy w celu zbadania wpływu sztywności jej elementów na dokładność pozycjonowania. Wymaga to przeprowadzenia eksperymentów na układnicy w celu wyznaczenia współczynnika tłumienia [4], oraz układu stref rezonansowych.

Badania stref rezonansowych wykonano przy pomocy półtorafuntowego (~ 1,4 kg) młotka udarowego do badań strukturalnych firmy PCB.

2. OPIS OBIEKTU BADAŃ

Badana układnica wykonana jest w postaci dwubelkowej suwnicy pomostowej, po której porusza się wózek wyposażony w obrotnicę umożliwiającą obrót kolumny podwieszonej pod wózkiem. Po kolumnie przesuwany jest teleskop. Teleskop pełni rolę elementu umożliwiającego opuszczenie do poziomu podłogi hali trawersy wraz z widłami. Ze względu na wymagania techniczne kolumna kończy się ponad 2 metry nad podłogą hali.

Trawersa wraz z widłami i kabiną operatora podnoszona jest linami za pomocą wciągarki umieszczonej na wózku układnicy. Teleskop wyważony jest za pomocą przeciwciężaru, który zmniejsza część obciążenia lin nośnych, na których zawieszona jest kabina z trawesą i widłami.

3. EKSPERYMENT

Wykonano badania stref rezonansowych przy pomocy 3 funtowego młotka udarowego wyposażonego w czujnik siły oraz dwukanałowego dynamicznego analizatora sygnałów HP 3560A. Zastosowany do pomiaru przyspieszenia czujnik przyspieszenia miał dużą czułość, równą 1 V/g [2,3]. Przy doborze aparatury pomiarowej brano pod uwagę wielkość masy młotka oraz pobudzanej do drgań masy układnicy. Teoretycznie na masę układnicy składają się masy kolumny z teleskopem oraz masy trawersy z widłami i kabiną. W praktyce ze względu na stosunkowo małe impulsy wywołane posiadanym młotkiem, do drgań o mierzalnych parametrach można pobudzić jedynie kolumnę.

Istotne z punktu widzenia badań były drgania o najniższych częstotliwościach. Związane jest to z badaniem szybkości tłumienia drgań wzbudzanych zwłaszcza w ostatniej fazie pozycjonowania oraz z badaniem zagadnień wibroizolacji. Dlatego też do wzbudzania drgań użyto młotka z zainstalowaną końcówką o najmniejszej twardości. Pozwala to uzyskać w badanym zakresie częstości, prawie stałą wartość widma wzbudzenia drgań.

Aby wzbudzić w układnicy drgania różnych postaci, impulsowe wymuszenie drgań przykładano wzdłuż kierunków głównych przekroju poprzecznego kolumny, rys.1.

Dla wyznaczenia funkcji inertancji zastosowano uśrednianie typu RMS oraz siłowo-eksponencjalną funkcję okna. Wielkości opóźnienia i wartości parametrów funkcji okna dobrano na podstawie wyników eksperymentów wstępnych [7].

4. WYNIKI BADAŃ

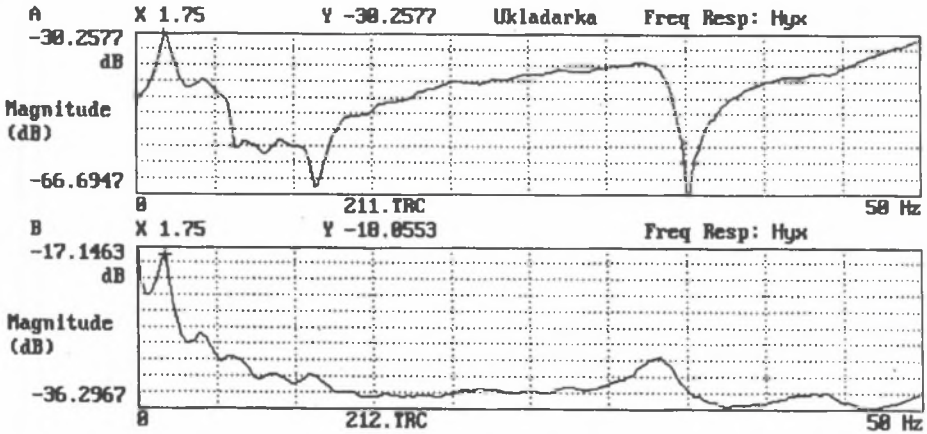
Drgania kolumny o przekroju zamkniętym, skrzynkowym były mierzone przy dwóch sposobach przykładania impulsów : blisko czujnika drgań oraz po przeciwnej stronie kolumny (punkty pomiarowe 1 i 2 na rys.1). Rezultat pomiarów przedstawia rys.3. Widoczne są pasma częstotliwości drgań podstawowych 1,75 Hz oraz 33 Hz. W oddaleniu od miejsca wywoływania impulsów nie obserwuje się tak wyraźnego występowania drgań elementów składowych kolumny.

Rezultaty analizy poziomych drgań trawersy na której umocowana jest kabina operatora przedstawia rys.4 (pkt. pomiarowy 3 na rys.1).

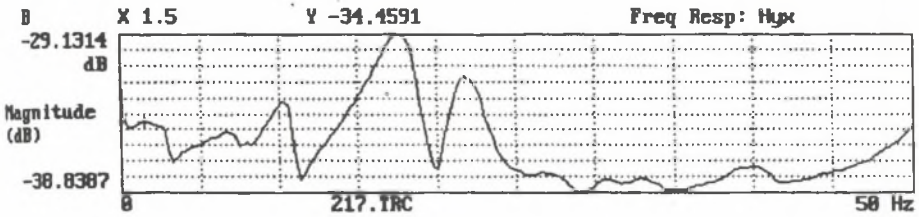
Trawersa zawieszona jest na linach mechanizmu podnoszenia, a na niej znajduje się obejma z widłami i mechanizmy wychylania wideł. Na rysunku obserwuje się wiele częstotliwości, które są związane z drganiami poszczególnych zespołów.

Drgania pionowe obejmy wideł przedstawione na rys.5 związane są z występowaniem niektórych częstotliwości wzbudzanych podczas badania funkcji inertancji trawersy (pkt. pomiarowy 4 na rys.1).

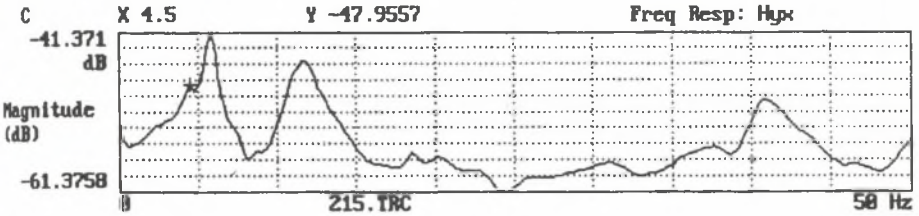
Wzbudzenie impulsowe drgań odpowiadające funkcjom inertancji z rys. 4 i 5 następowało w pobliżu akcelerometru.



Rys.3. Funkcja inertancji dla końca kolumny
Fig.3. Frequency response function for end of the mast



Rys.4. Funkcja inertancji dla trawersy
Fig.4. Frequency response function for the traverse



Rys.5. Funkcja inertancji obejmy wideł
Fig.5 Frequency response function of the fork frame

5. WNIOSKI

Metoda wzbudzania drgań za pomocą młotka jest wygodna w stosowaniu. Stwierdzono przydatność metody badań dla pomiarów częstości własnych złożonych elementów ustroju nośnego. Zależnie od sposobu wywoływania impulsów uderzeniowych można wyzwalać drgania podstawowe złożonego zespołu jak również elementów składowych.

Dokładność metody zależy od stosunku masy zespołu badanego i młotka oraz czułości akcelerometru. Położenie czujnika drgań i miejsca wywołania impulsu wpływa na skuteczność identyfikacji elementu drgającego.

LITERATURA

[1] Skorodzka E., Hojan E.: Initial Modal Testing of a Cantilever Beam. W: II Szkoła Metody Energetyczne w Wibroakustyce. AGH. Krynica 1993, s. 87-94.

[2] Uhl T., Lisowski W., Miękina L.: Wprowadzenie do analizy modalnej, cz. I, Podstawy teoretyczne. W: II Szkoła Metody Energetyczne w Wibroakustyce. AGH. Krynica 1993, s. 87-94.

[3] Uhl T., Lisowski W., Miękina L.: Wprowadzenie do analizy modalnej, cz. II, Eksperyment i estymacja parametrów. W: II Szkoła Metody Energetyczne w Wibroakustyce. AGH. Krynica 1993, s.95-114.

[4] Wojnarowski J., Kaliński W., Pillich W.: Analiza tłumienia drgań w ocenie ruchu organu roboczego dźwignicy. W: Materiały VI Konferencji Problemy Rozwoju Maszyn Roboczych, cz. II, Wyd. Międzyresortowego Centrum Naukowego Eksploatacji Majątku Trwałego. Warszawa-Wroclaw-Stalowa Wola, 1994, s. 283-288.

[5] Zaveri K., Phil M.: Modal Analysis of Large Structures - Multiple Exciter Systems. Brüel&Kjær, 1985. BT 0001-12.

[6] Døssing O.: Structural Testing, cz. I - II. Brüel&Kjær, 1988.

[7] The Fundamentals of Modal Testing. Application Note 243-3. Hewlett Packard, 1986.

Pracę wykonano w ramach projektu badawczego KBN nr 305669101

Recenzent: prof.dr hab.inż. Karol Reich

Wpłynęło do Redakcji w grudniu 1994 r.