

Ludwik MAJEWSKI, Jarosław JANUSZ

AKADEMIA TECHNICZNO - HUMANISTYCZNA WYDZIAŁ BUDOWY MASZYN I INFORMATYKI, KATEDRA PODSTAW BUDOWY MASZYN

Analiza drgań podłogi w miejscu posadowienia maszyny pomiarowej**Dr inż. Ludwik MAJEWSKI**

Ukończył studia na Wydziale Mechanicznym - Technologicznym Politechniki Warszawskiej. Obronił pracę doktorską na Wydziale Mechanicznym Politechnice Łódzkiej. W swej pracy zajmuje się zagadnieniami dynamiki maszyn wraz z napędami. Interesuje się również modelowaniem i symulacją mechanizmów i maszyn z luzami w parach kinematycznych.



e-mail: lmajewski@ath.bielsko.pl

Mgr inż. Jarosław JANUSZ

Ukończył studia na Wydziale Budowy Maszyn Politechniki Łódzkiej Filii w Bielsku-Białej. W swej pracy zajmuje się zagadnieniami związanymi z dynamiką i sterowaniem maszyn roboczych. Obecnie kończy pracę doktorską.

**Streszczenie**

W pracy opisano wstępne badania eksperymentalne poziomu drgań, mierzonych wartościami przyspieszeń, w określonych punktach podłogi w wydzielonym z hali produkcyjnej pomieszczeniu, w którym ma być zainstalowana maszyna pomiarowa. Praca obejmuje: studium literatury, przygotowanie aparatury do badania drgań, badania doświadczalne drgań podłogi w miejscu, w którym ma stanąć maszyna pomiarowa oraz analizę otrzymanych wyników.

Abstract

In the paper the preliminary experimental investigations of level of vibrations, measured by the values of the vibration accelerations in the selected points of floor are described. The measurements had been carried out in the factory hall when the measuring machine will be installed. Paper contains: the study of literature, preparation of apparatus to investigation of the vibrations, the results of the experimental investigations of floor vibrations and analysis of received the results.

Słowa kluczowe: aparatura pomiarowa, badania drgań

Keywords: measuring equipment, investigation of vibrations

1. Wstęp

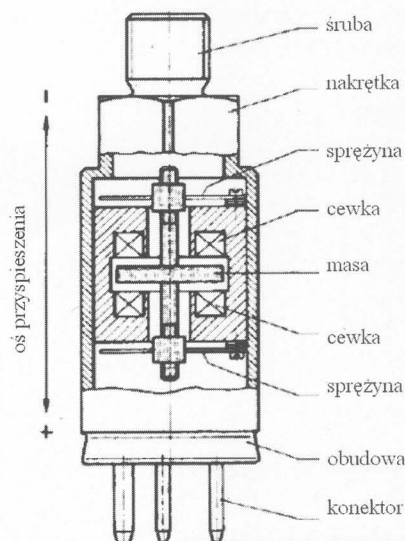
Zakład produkujący wyłóczki dla przemysłu motoryzacyjnego zdecydował się na zakup i instalację maszyny pomiarowej w pomieszczeniu przylegającym bezpośrednio do hali produkcyjnej, w której pracują prasy mechaniczne wyłaczające elementy z blach. Stąd na podłożu w tej hali fabrycznej stale występują wibracje spowodowane działaniem pras. Udarowy charakter pracy prasy, wynikający z oddziaływania narzędzi na wyłaczane blachy jest głównym źródłem wymuszenia drgań korpusu prasy, które przenoszone są dalej na fundament i podłoże.

Pomiary drgań

Zwykle drgania obserwowane są w dziedzinie czasu lub w dziedzinie częstotliwości.

Opisy drgań w dziedzinie czasu i częstotliwości są powiązane matematycznie transformacją Fouriera [2]. Do pomiaru przyspieszeń drgań, czyli do szybkości zmiany prędkości, z jaką porusza się mierzony punkt badanego obiektu stosuje się wiele różnych typów przetworników, które dobiera się według określonych zasad. W naszym przypadku ważnym kryterium doboru przetwornika stanowił oszacowany zakres częstotliwości występujących drgań podłogi, bowiem powinien on leżeć wewnątrz użytecznego zakresu częstotliwości przetwornika przeznaczonego do pomiaru drgań. Oprócz tego układ pomiarowy drgań składa się z części składowych, które powinny spełniać wymagania zgodności. Przykładowo wybrany przetwornik drgań powinien być zgodny z resztą układu pomiarowego w takich kwestiach jak poziom drgań, zakres dynamiczny. Warunkiem uzyskania dokładnych wyników pomiarów drgań jest jednocześnie zastosowanie w torze pomiarowym nowoczesnego (technicznie zaawansowanego) wyposażenia [1].

Wymienionym wyżej najważniejszym kryterium doboru przetworników odpowiada przetwornik typu B12/500 firmy Hottinger Baldwin Messtechnik (rys.1), który wraz z systemem Spider 8 tworzy nowoczesny zintegrowany system pomiarowy drgań. Uzyskane z niego sygnały w miejscu pomiaru powinny właściwie opisywać występujący proces mechaniczny w hali tłoczni.



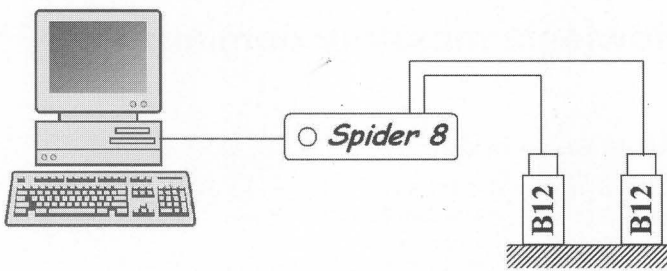
Rys. 1. Budowa czujnika przyspieszeń

Przed rozpoczęciem pomiarów drgań podłogi przeprowadzono kalibrowanie toru pomiarowego. W skład toru wchodzi dwa przetworniki B12/500, system pomiarowy Spider 8 oraz kable łączące przetworniki z analizatorem drgań.

System pomiarowy Spider 8 jest mikroprocesorowym systemem pomiarowym, zapewniającym możliwość akwizycji danych jednocześnie na ośmiu kanałach. Każdy kanał jest wyposażony w przetwornik analogowo cyfrowy (A/C), wzmacniacz, filtr i zasilacz przetwornika pomiarowego. Praca wszystkich przetworników A/C jest zsynchronizowana.

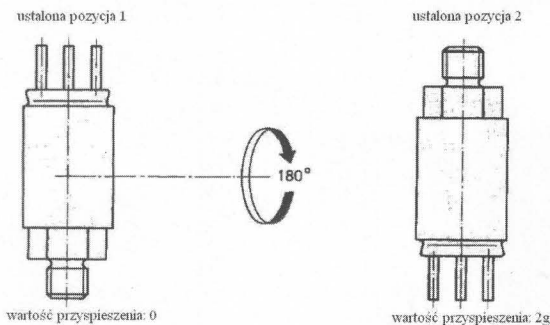
System Spider 8 umożliwia współpracę z przetwornikami: tensometrycznymi, indukcyjnymi oraz inkrementalnymi (do pomiaru częstotliwości). W skład systemu wchodzi również oprogramowanie Catman® v2.1, które pozwala na łatwe tworzenie modułów pomiarowych i dostosowanie istniejących modułów do własnych potrzeb. Oprogramowanie umożliwia również konfigurację kanałów analizatora, obróbkę pomiarów online i offline oraz eksport danych do różnych formatów wraz z wizualizacją i analizą graficzną danych pomiarowych.

Ponieważ w torze pomiarowym zastosowano wysokiej klasy aparaturę i przetworniki, to kalibrowanie toru ograniczono do kalibrowania tylko dwóch, wykorzystywanych w pomiarach drgań



Rys. 2. Schemat układu pomiarowego

podłogi, czujników B12/500 firmy HBM. Kalibrowanie to przeprowadzono w prosty sposób, mianowicie czujniki podłączano za pomocą przewodów do analizatora drgań układu pomiarowego systemu Spider 8 i następnie ustawiano je w pozycjach przedstawionych na rysunku 3 (zgodnie z zaleceniami producenta czujników). Po ustawieniu czujnika w położeniu pomiarowym (rysunek 2 pozycja 1) wartość przyspieszenia wyniosła 0 m/s^2 . Natomiast ustawienie czujnika w położeniu obróconym o kąt 180° w stosunku do pozycji poprzedniej (rysunek 2 pozycja 2) wywołało wartość przyspieszenia $2g$, czyli $19,62 \text{ m/s}^2$. Powyższe wartości odczytano na ekranie monitora komputera przenośnego, w którym zainstalowano oprogramowanie Catman® v2.1. Otrzymane wartości były zgodne z wartościami podanymi przez producenta czujników [3], [4].

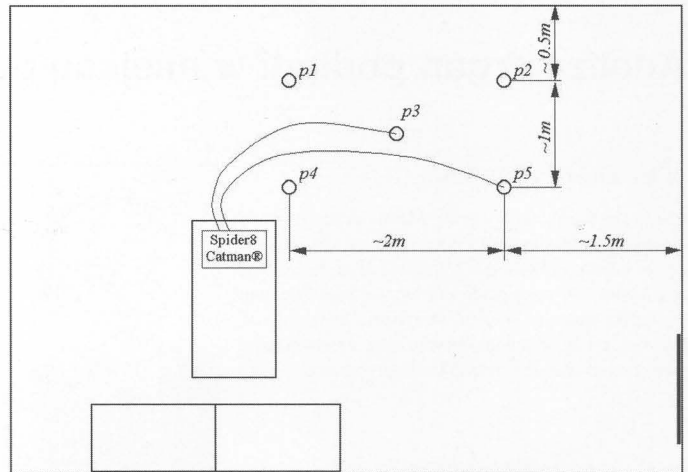


Rys. 3. Kalibrowanie toru pomiarowego

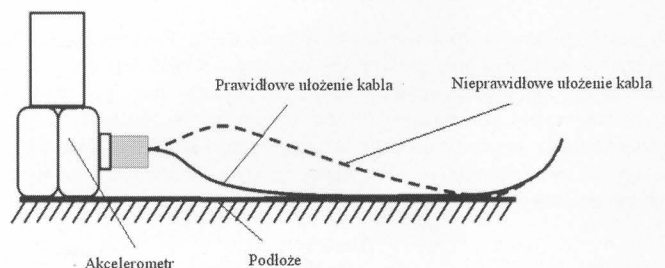
Pomiary drgań podłogi

Wyskalowane czujniki przymocowano do podłogi w punktach oznaczonych symbolami $p3$ i $p5$ określonych przez zleceniodawcę pomiarów (rys. 4). Sztynne mocowanie akcelerometru B12/500 do drgającej podłogi ma duże znaczenie przy pomiarach, bowiem charakterystyka częstotliwościowa podawana na metryczce dostarczanej z akcelerometrem jest uzyskiwana dla najsztynniejszego zamocowania (akcelerometr przykręcony śrubą do gładkiej powierzchni metalowej – taki sposób mocowania jest najlepszym rozwiązaniem). W naszych badaniach takiego sposobu nie można było zastosować, ponieważ podłoga była wyłożona płytkami ceramicznymi. Przytwierdzono więc akcelerometry za pomocą cienkiej warstwy kleju (wosku pszczelego). Jak zapewnia producent przetworników klej dostarczony z akcelerometrem ma szerokie pasmo przenoszenia drgań dzięki swej sztywności, jaką posiada po wyschnięciu.

Aby pozbyć się szumów wywołanych efektami tryboelektrycznymi w wyniku mechanicznych ruchów kabli (mogą wystąpić wzrosty lokalnych zmian pojemności) przytwierdzono przewody tak, aby uniemożliwić ich ruchy (rys. 5). Zwrócono też uwagę na solidne mocowanie kabli w okolicach gniazdek, gdyż ich ruchy mogą wprowadzać zniekształcenia sygnałów biegnących z akcelerometrów. Daje się to wyraźnie zauważyć przy drganiach o niskiej częstotliwości i stosunkowo dużej amplitudzie.



Rys. 4. Szkic pomieszczenia i orientacyjne rozmieszczenie punktów pomiarowych

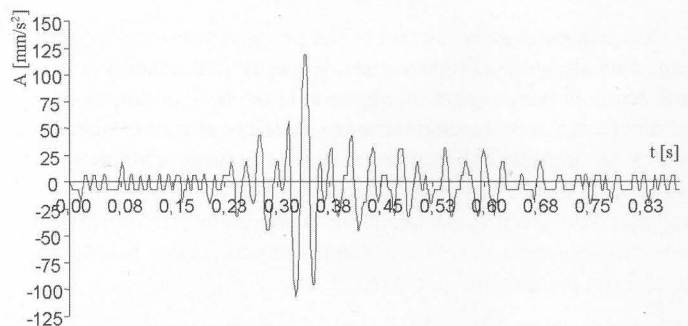
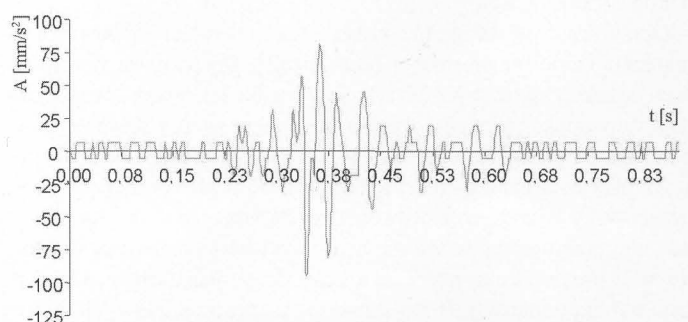


Rys. 5. Mocowanie kabla w pobliżu gniazdka akcelerometru

Dodać należy, że podczas przeprowadzania badań obok w hali produkcyjnej pracowała większość pras, w tym również prasy o największym nacisku (o nacisku 400T).

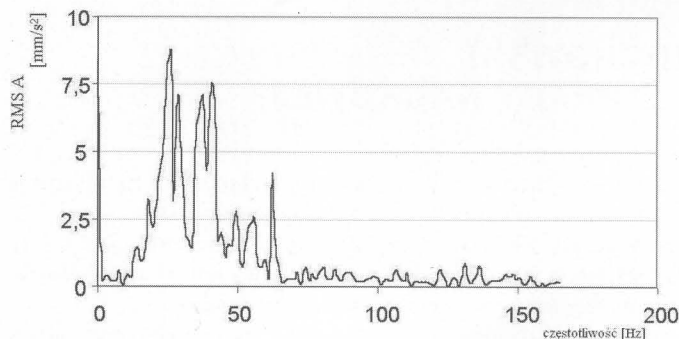
Wyniki badań

Na rysunkach 6 oraz 7 przedstawiono, uzyskane z pomiarów, dwa wybrane przebiegi chwilowych wartości przyspieszeń w punktach $p3$ i $p5$.

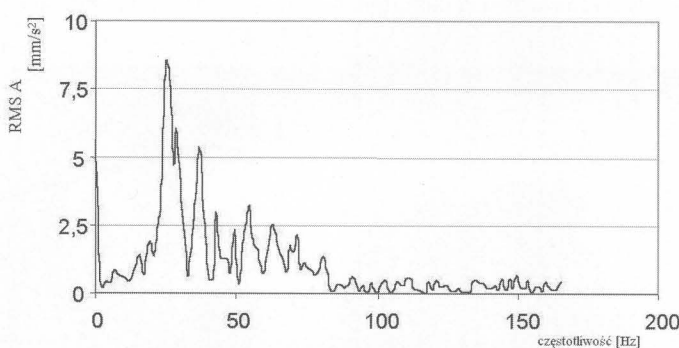
Rys. 6. Przebieg czasowy przyspieszenia podłogi w punkcie $p3$ Rys. 7. Przebieg czasowy przyspieszenia podłogi w punkcie $p5$

Na rysunkach 8 i 9 zilustrowano widma przyspieszeń podłogi w punkcie $p3$ zdjęte z dwóch pomiarów. Z rysunków wynika, że w granicach częstotliwości 1 - 20 Hz maksymalna skuteczna wartość przy-

spieszenia nie przekracza wartości 5mm/s^2 . W granicach częstotliwości 20 – 50 Hz wartość przyspieszenia nie przekracza wartości $8,5\text{mm/s}^2$. Dla częstotliwości większej od 50 Hz wartości są mniejsze od 5mm/s^2 .



Rys. 8. Wartości skuteczne przyspieszeń punktu p3 – pomiar 1



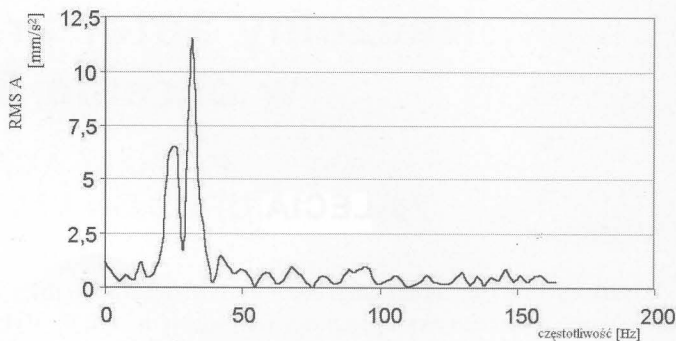
Rys. 9. Wartości skuteczne przyspieszeń punktu p3 – pomiar 2

Na rysunkach 10 i 11 przedstawiono widma przyspieszeń podłogi w punkcie p5 określone z dwóch pomiarów. Z rysunków wynika, że w granicach częstotliwości 1 - 20 Hz maksymalna skuteczna wartość przyspieszenia nie przekracza $2,5\text{mm/s}^2$. W granicach częstotliwości 20 – 50 Hz wartość przyspieszenia nie przekracza wartości $12,5\text{mm/s}^2$. Dla częstotliwości większej od 50 Hz wartości są mniejsze od wartości $2,5\text{mm/s}^2$.

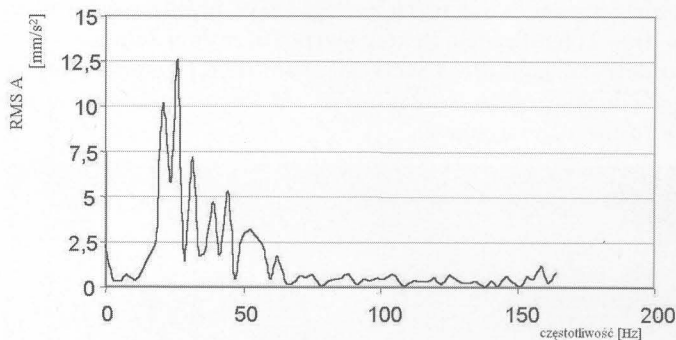
4. Podsumowanie

Zleceniodawca z zaproponowanych dwóch wersji badań (badania wstępne - dwa punkty pomiarowe, badania poszerzone – pięć punktów pomiarowych) wybrał wersję badań wstępnych. Wstępne pomiary są nie rzadko stosowane, bowiem są tańsze, są również źródłem danych umożliwiających podjęcie trafnej decyzji.

Na podstawie badań zleceniodawca podjął decyzję o instalacji w wybranym przez siebie, miejscu maszyny pomiarowej.



Rys. 10. Wartości skuteczne przyspieszeń punktu p5 – pomiar 1



Rys. 11. Wartości skuteczne przyspieszeń punktu p5 – pomiar 2

Przeprowadzone badania i analiza wyników otrzymanych z pomiarów pozwoliła na zidentyfikowanie własności drgań w dwu punktach pomiarowych. Na podstawie pomiarów można stwierdzić, że poziom przyspieszeń drgań w tych punktach jest niski. Zakres częstotliwości wymuszeń najbardziej niebezpiecznych zawiera się w granicach 24 - 45 Hz, lecz amplitudy przyspieszeń są mniejsze od wartości $12,5\text{mm/s}^2$.

5. Literatura

- [1] Kucharski T.: System pomiaru drgań mechanicznych, WNT Warszawa 2002.
- [2] Praca zbiorowa pod redakcją Sylwestra Kaliskiego: Drgania i fale w ciałach stałych, PWN Warszawa 1966.
- [3] Hottinger Baldwin Messtechnik, Catman® 2.1 for Windows® 95, Operating Manual.
- [4] Hottinger Baldwin Messtechnik, Bedienungsleitung PC Meßelektronik Spider 8.

Title: The Analysis of Vibrations in Place the Floor the Instalated of Measuring Machine

Artykuł recenzowany

IMPREZY NAUKOWO-TECHNICZNE

KONGRESY ☆ KONFERENCJE ☆ SYMPOZJA ☆ TARGI ☆ WYSTAWY

NAUKA

17-19 października 2005, Rzeszów, POLSKA
**MSM'2005, XIII Międzynarodowe Seminarium Metrologów
 Metody i Technika Przetwarzania Sygnałów w Pomiarach Fizycznych**
 Organizator: Zakład Metrologii i Systemów Pomiarowych,
 Wydział Elektrotechniki i Informatyki, Politechnika Rzeszowska,
 ul. W. Pola 2, 35-959 Rzeszów
 tel. (0-17) 865 14 38, tel./fax: (0-17) 865 15 75
 e-mail: zmisp@prz.rzeszow.pl
 www.prz.edu.pl/msm05

NAUKA

7-8 listopada 2005, Szczyrk, POLSKA
PD 2005, V Sympozjum nt. Pomiarów Dynamicznych
 Organizator: Instytut Metrologii i Automatyki Elektrotechnicznej
 Wydział Elektryczny Politechniki Śląskiej
 Ul. Akademicka 10, 44-100 Gliwice
 tel. (0-32) 237 12 41, fax: 0-32 237 20 34
 Sekretarz Sympozjum: dr inż. Henryk Urzędniczok, tel. (0-32) 237 20 68,
 e-mail: Henryk.Urzedniczok@polsl.pl
 www.wega.elekt.polsl.gliwice.pl/pd