

Tomasz KAŃTOCH¹, Jan WARCZEK²

MODUŁOWY SYSTEM POMIAROWO-DIAGNOSTYCZNY NA BAZIE PLATFORMY LABVIEW

Streszczenie. W artykule przedstawiono przykład wykorzystania środowiska LabView do opracowania systemu umożliwiającego wstępną diagnozę węzłów łożyskowych. Podstawą procedury oceny stanu technicznego są sygnały drganiowe, rejestrowane na obudowie łożyska. Spośród dostępnych parametrów diagnostycznych wybrano współczynnik szczytu, który jest powszechnie stosowaną miarą stopnia degradacji geometrycznej łożyska tocznego. Opracowany program ma modułową strukturę umożliwiającą jego dostosowywanie do potrzeb użytkownika (eksploatatora). Zaprezentowana metoda tworzenia aplikacji użytkowych została zweryfikowana w czasie czynnego eksperymentu na rzeczywistym obiekcie.

Słowa kluczowe. Systemy pomiarowo-diagnostyczne, metody drganiowe, LabView

THE MODULAR SYSTEM FOR MEASUREMENTS AND DIAGNOSES, BASED ON LABVIEW PLATFORM

Summary. The article presents an example of using the LabView environment to develop an application that allows a preliminary diagnosis of bearing assembly. The basis of the technical evaluation procedures are vibration signals, which are recorded on the bearing housing. Among the available diagnostic parameters a crest factor has been selected. It is a commonly used measure of the geometric degradation of the rolling bearing. The developed application has a modular structure, allowing its customization according to the user's (explorer) needs. The presented method of creating software applications, has been verified during an active experiment on a real object.

Keywords. Measurement and diagnostic systems, vibration methods, LabView

1. WPROWADZENIE

Ciągły rozwój metod cyfrowego przetwarzania sygnałów zaowocował powstaniem wielu różnorodnych narzędzi, które są powszechnie wykorzystywane w opracowywaniu metod diagnostyki technicznej maszyn i urządzeń. W przeciwieństwie do tradycyjnych (tekstowych) języków programowania, programowanie graficzne zakłada wykorzystanie gotowych podprogramów, reprezentowanych przez ikony. Pisanie czy bardziej trafnie rysowanie

¹ Faculty of Transport, The Silesian University of Technology, Katowice, Poland

² Faculty of Transport, University of Silesia, Katowice, Poland, e-mail: jan.warczek@polsl.pl

nowego programu polega (w uproszczeniu) na łączeniu ze sobą wybranych funkcji za pomocą przewodów. Ze względu na specyficzny sposób rozwiązywania postawionego zadania programistycznego (krok po kroku) użytkownikami graficznych środowisk programistycznych są osoby niezwiązane wprost z programowaniem, a gotowy program może (w dużym uproszczeniu) przypominać schemat blokowy.

Najbardziej popularnym środowiskiem programistycznym tego typu jest LabView. Ta platforma programowo-sprzętowa pozwala projektować programy lub całe systemy, modelować procesy, zbierać dane i przeprowadzać ich szczegółową analizę. Największą zaletą tego rozwiązania jest to, że wszystkie te czynności można wykonać wirtualnie. Znacznie skraca to czas wdrożenia nowego rozwiązania i pozwala ograniczyć nakłady finansowe, ponoszone przy budowie systemów diagnostycznych w odniesieniu do rozwiązań projektowanych w klasyczny sposób.

2. ZASTOSOWANIE GRAFICZNEGO ŚRODOWISKA PROGRAMOWANIA W SYSTEMIE DIAGNOSTYKI

Obszar zastosowań diagnostyki technicznej jest bardzo szeroki i wykazuje tendencję wzrostową. Systemy diagnostyczne, które są wykorzystywane w praktyce zawsze bazują na określonych metodach. Rodzaj obiektu technicznego podlegającego ocenie stanu determinuje zakres informacji diagnostycznej, który można interpretować jako wektor stanu, odwzorowany w postaci zbioru symptomów. Z tego względu opracowany przez autorów w graficznym środowisku programowania system diagnostyczny ma strukturę modułową, umożliwiającą jego rozbudowę lub modyfikację w razie zmiany zakresu danych wejściowych [4, 8]. Walidacja przyjętych założeń funkcjonowania systemu została przeprowadzona na przykładzie łożysk tocznych, dla których znany jest wiele miar diagnostycznych. Kolejnym argumentem przemawiającym za przyjęciem takiego obiektu jest powszechność jego stosowania w budowie maszyn i urządzeń. Ruch obrotowy, który jest wykonywany przez elementy maszyn roboczych i pojazdów jest możliwy poprzez zastosowanie łożysk. Zaprojektowanie i wykonanie węzła łożyskowego w sposób praktyczny jest najczęściej realizowane poprzez zastosowanie różnych rozwiązań konstrukcyjnych łożysk. W obszarze praktycznych zastosowań dominującą grupę stanowią łożyska toczne, które w większości przypadków składają się z następujących elementów:

- pierścienia wewnętrznego wraz z bieżnią,
- elementów tocznych,
- koszyka,
- pierścienia zewnętrznego wraz z bieżnią.

Pierścienie zapewniają prawidłowe ułożenie łożyska na czopie łożyskowym oraz w gnieździe. Zadaniem bieżni jest przeniesienie obciążenia w głównym kierunku działania łożyska. Koszyk odpowiada za oddzielenie elementów tocznych od siebie i ich równomierne rozmieszczenie wzdłuż bieżni. Kontaktowa współpraca pomiędzy elementami tocznymi a bieżniami (zewnętrzną, wewnętrzną) w czasie ruchu powoduje powstawanie drgań, których postać jest silnie uzależniona od stanu technicznego współpracujących elementów [5, 9]. Norma ISO 15243:2004 zawiera ogólnie przyjętą klasyfikację uszkodzeń łożysk tocznych, zgodnie z którą wyróżnia sześć głównych grup uszkodzeń oraz szesnaście podgrup:

1. erozja elektryczna,
 - 1.1. nadmierne napięcie,
 - 1.2. wpływ prądu,

2. korozja,
 - 2.1. korozja od wilgoci,
 - 2.2. korozja w wyniku tarcia,
 - 2.3. korozja cierna,
 - 2.4. fałszywe odciski Brinella,
3. odkształcenie plastyczne,
 - 3.1. przeciążenie,
 - 3.2. wgniecenie cząstek zanieczyszczeń,
 - 3.3. wgniecenie w wyniku nieprawidłowej obsługi,
4. pęknięcie,
 - 4.1. pęknięcie wymuszone,
 - 4.2. pęknięcie zmęczeniowe,
 - 4.3. pęknięcie termiczne,
5. zmęczenie materiału,
 - 5.1. zmęczenie materiału zapoczątkowane pod powierzchnią,
 - 5.2. zmęczenie materiału zapoczątkowane na powierzchni,
6. zużycie,
 - 6.1. zużycie ściernie,
 - 6.2. zużycie przyłgowe.

Rodzaje uszkodzeń można podzielić także ze względu na moment powstania uszkodzenia: przedeksploatacyjne i eksploatacyjne. W procesie monitorowania stanu technicznego węzłów łożyskowych (z oczywistych względów) szczególny nacisk kładzie się na uszkodzenia powstające w czasie eksploatacji.

W okresie eksploatacji łożysk ich elementy toczne pokonują po powierzchniach bieżni dziesiątki tysięcy kilometrów obracając się przy tym setki tysięcy razy. W zależności od miejsca pracy, elementy te są narażone na:

- zanieczyszczenia,
- nadmierne obciążenie,
- siły działające wzdłużnie i poprzecznie,
- niedostateczne smarowanie,
- wysoką temperaturę lub jej gwałtowne wahania,
- drgania pochodzące od elementów współpracujących.

Jeżeli dodać do tego nieustanne dążenie do redukcji masy i kosztów produkcji elementów składowych przy zachowaniu lub polepszeniu dotychczasowych parametrów konstrukcyjnych, może to prowadzić do obniżania wartości funkcji niezawodności łożyska. Co więcej, te elementy są bardzo wrażliwe na poprawność montażu.

Wraz z postępowaniem technologicznym rozwinęły się metody diagnostyki i badań węzłów łożyskowych, mające na celu wczesne wykrycie wad i uszkodzeń. Przekłada się to z kolei na redukcję kosztownych przestojów lub całkowite ich wyeliminowanie [6].

Przykładowy zbiór danych wejściowych, wykorzystywanych w procesie monitoringu drganiowego łożyska tocznego, może zawierać następujące miary [1]:

- wartość międzyszczytowa (peak to peak amplitude),
- wartość skuteczna (RMS - root mean square),
- współczynnik szczytu (crest factor),
- kurtoza (kurtosis).

Celem badań było opracowanie programu w środowisku LabView do diagnostyki łożysk tocznych. Podstawowym założeniem było przyjęcie modułowej struktury, która umożliwia modyfikację zbioru narzędzi diagnostycznych, wykorzystywanych do określenia stopnia zużycia łożysk. W celach testowych jako pierwszy parametr stanu technicznego wykorzystano współczynnik szczytu (WS) przyspieszeń drgań obudowy łożyska, definiowany jako:

$$WS = \frac{X_{\max}}{a_{sk}} [b.w.], \quad (1)$$

gdzie:

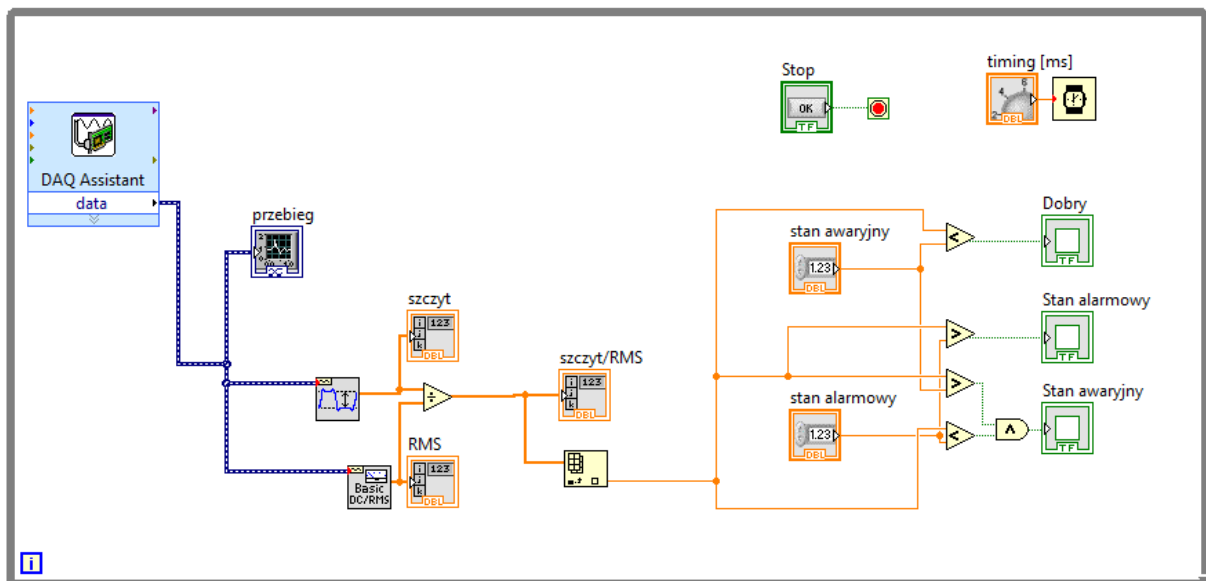
$$X_{\max} = \max |x(t)|$$

jest wartością maksymalną wyznaczoną w zbiorze obserwacji sygnału drganiowego,

$$a_{sk} = \sqrt{\frac{a_1^2 + a_2^2 + \dots + a_n^2}{n}}$$

jest wartością skuteczną analizowanego sygnału.

Wartość współczynnika szczytu jest wyznaczana w określonym przedziale częstotliwości. Ten parametr drganiowy nie wskazuje uszkodzonego elementu, lecz informuje o stopniu zużycia łożyska. W miarę rozwoju uszkodzenia łożyska jego wartości rosną [2, 7]. Na rys. 1 przedstawiono strukturę opracowanego programu.



Rys. 1. Schemat blokowy opracowanego programu

Fig. 1. Block diagram of developed program

Środowisko LabView jest domyślnie wyposażone w wiele „skrótów”, jakimi są gotowe podprogramy (sub-VI). Istnieje więc możliwość skorzystania z gotowych podprogramów, które są w pełni edytowalne i można je dostosować do indywidualnych potrzeb. Jednocześnie do budowanej struktury blokowej programu w automatyczny sposób jest tworzony interfejs użytkownika, który pozwala w czasie analiz na bieżąco obserwować ich wyniki. Jeżeli

w budowanym układzie zachodzi potrzeba zastosowania analogowych rozwiązań typu: suwak, wskaźnik, pokrętło, kontrolka pomiarowa itp., to istnieje możliwość zastosowania ich wirtualnych odpowiedników i połączenia poprzez przewody z właściwym programem, bez konieczności zakupu rzeczywistego sprzętu i jego montażu.

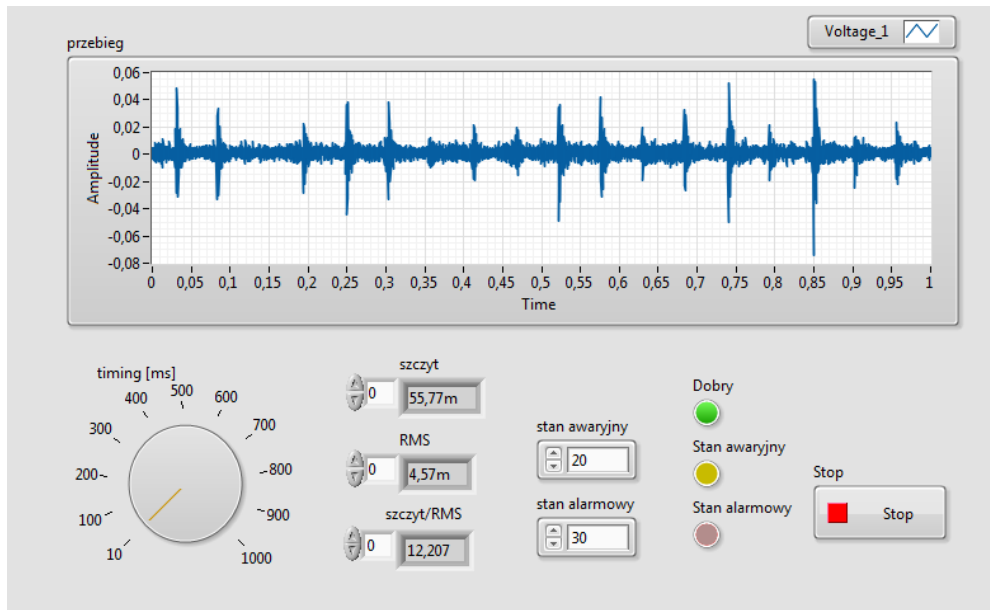
Obiektem rzeczywistym wykorzystanym do praktycznego potwierdzenia możliwości badawczych opracowanego, modułowego systemu pomiarowo-kontrolnego było stanowisko badawcze VibStand, którego widok ogólny przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Stanowisko pomiarowe VibStand
Fig. 2. VibStand measuring stand

W jego strukturze kinematycznej można wyróżnić kilka węzłów łożyskowych, w których istnieje możliwość modelowania uszkodzeń odpowiadających rzeczywistym przypadkom eksploatacyjnym.

Niepodważalnym atutem środowiska LabView jest współpraca z wieloma rozwiązaniami sprzętowymi. Opracowany program przetestowano przy wykorzystaniu dwóch urządzeń: NI USB 9162 oraz NI USB 6008. W zależności od rodzaju stosowanej karty akwizycji wykorzystywano różne przetworniki przyspieszeń drgań. Przykładowy widok interfejsu użytkownika opracowanego programu w czasie prowadzenia badań przedstawia rys. 3.



Rys. 3. Widok panelu użytkownika programu do diagnostyki łożysk tocznych - wynik pomiaru współczynnika szczytu dla sprawnego łożyska

Fig. 3. The view of a user panel of a program, used for diagnosis of rolling bearings - results of measurement of the crest factor of a smooth bearing

3. PODSUMOWANIE

Rozwój postępu technicznego oraz wymagania odbiorców ukierunkowane na dostarczanie nowych produktów i rozwiązań w coraz krótszym czasie oraz ograniczenie przestoju i kosztów w procesach produkcyjnych wymuszają zastosowanie odpowiednich rozwiązań. Naprzeciw tym oczekiwaniom wychodzą platformy systemowe, takie jak LabView, które są przyjaznym dla użytkownika językiem programowania wysokiego poziomu. Dzięki nim proces technicznego przygotowania produkcji i późniejsza eksploatacja obiektów technicznych stały się prostsze, łatwiejsze, bardziej powszechne w porównaniu do tradycyjnego projektowania obiektów technicznych (tworzenia prototypów, ich testowania i wdrażania gotowych modeli do produkcji). Przedstawiony przykład programu do diagnozowania łożysk tocznych potwierdza zakres możliwości oferowanych przez tego typu rozwiązania systemowe. Wobec powyższego, uzasadnione wydaje się stwierdzenie, że oprogramowanie typu LabView w najbliższym czasie odegra kluczową rolę w nadzorowaniu procesów produkcji i eksploatacji urządzeń technicznych.

Bibliografia

1. Akturk N., Karacay T.: Experimental diagnostics of ball bearings using statistical and spectral methods, *Tribology International* 42, 2009, s. 837-841.
2. Dwojak J., Rzepiela M.: Diagnostyka i obsługa techniczna łożysk tocznych, Biuro Gamma, Warszawa 2003, s. 76-77.
3. Chruściel M.: LabVIEW w praktyce. Wydawnictwo BTC, 2008.

4. Warczek J., Konieczny Ł., Burdzik R.: Koncepcja wieloparametrycznego modelu diagnostycznego amortyzatora samochodowego. XXXVII Ogólnopolskie Sympozjum DIAGNOSTYKA MASZYN, Wisła 2010.
5. Praca zbiorowa (pod redakcją Z. Osińskiego: Podstawy Konstrukcji Maszyn, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2003, s. 208-211.
6. Uszkodzenia łożysk i ich przyczyny, Mechanik, nr 11, 2011, s. 884-886.
7. Madej H., Stanik Z., Warczek J.: The vibroacoustic methods and their application in the diagnostics of the combustion engine's roller-bearing fittings. JOURNAL OF KONES. POWERTRAIN AND TRANSPORT, Warszawa 2010, Vol. 17, No. 2, pp. 293-297.
8. Burdzik R., Konieczny Ł., Warczek J.: Nowoczesne metody pomiarów i oceny skuteczności tłumienia drgań pojazdów samochodowych. Aparatura Badawcza i Dydaktyczna – COBRABiD, Warszawa 1/2011.
9. Stanik Z., Łazarz B., Warczek J.: The assessment of wear and tear of bearings wheels of a passenger car based on vibration analysis of changes in emissions, The 19th International Congress on Sound and Vibration ICSV19, Vilnius, Lithuania, July 8-12, 2012.