

PIOTR SEMERJAK¹PRAKTYCZNE ZASTOSOWANIE SYSTEMÓW ONLINE
W KONTROLI WIBRACJI MASZYN DRUKARSKICHVIBRATION DIAGNOSTIC ONLINE SYSTEM PRACTICAL
IMPLEMENTATION IN PRINTING MACHINES

Streszczenie

Artykuł przedstawia praktyczne aspekty wykorzystania systemów *online* do nadzoru diagnostycznego maszyn w drukarniach RR Donnelley w Polsce. Przedstawia wybrane metody analizy danych oraz wskazuje korzyści z zastosowania w/w systemów.

Słowa kluczowe: diagnostyka wibracji, maszyny drukarskie, systemy online, łożyska, analiza rzędów

Abstract

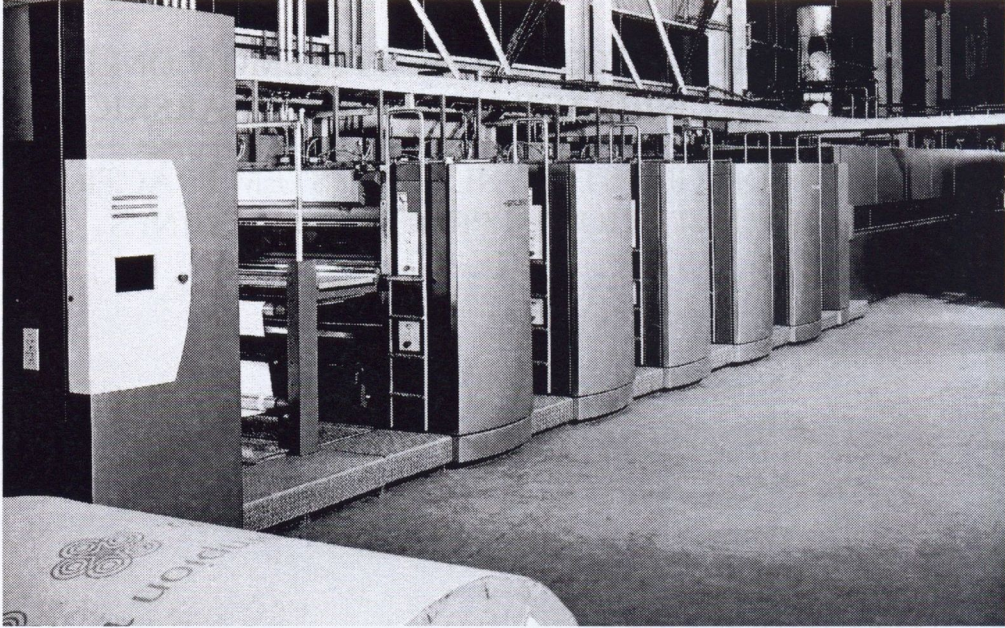
Practical aspects review of vibro-acoustic diagnostic online system used in RR Donnelley print facilities in Poland. Review of diagnostics methods regarding printing industry requirements. General profits evaluation based on user experience.

Keywords: vibration diagnostic, printing web presses, vibration diagnostic online systems, bearings, vibration spectrum analysis

¹ Piotr Semerjak, Specjalista Utrzymania Ruchu, RR Donnelley Europe, sp. z o.o., Kraków.

1. Diagnostyka wibracji maszyn drukarskich

Duża zmienność produkcji w przemyśle poligraficznym nie pozwala na uzyskanie powtarzalnych warunków do przeprowadzenia precyzyjnych pomiarów wibracji maszyn. Okresowe pomiary przenośnymi analizatorami nie dają pożądanych rezultatów. Dopiero wprowadzenie systemów *online* pozwala na pełną diagnostykę maszyn poligraficznych. Dane uzyskiwane w czasie rzeczywistym pozwalają na szybką reakcję służb utrzymania ruchu i nie dopuszczają do poważnych awarii.

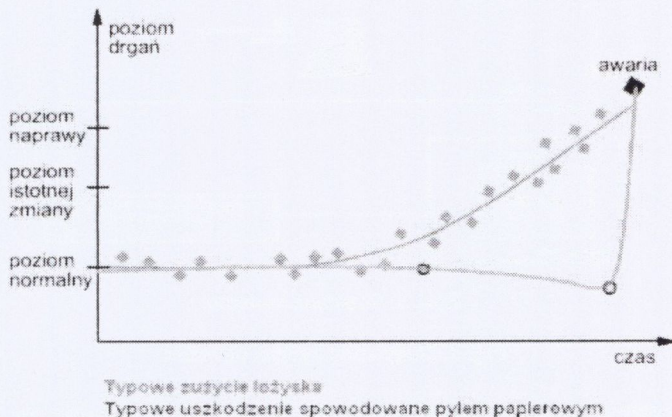


Rys. 1. Zespół drukujący maszyny offsetowej

Fig. 1. Offset press printing unit

W wielu przypadkach czas upływający od wykrycia uszkodzenia do zatrzymania maszyny odgrywa kluczową rolę. Niekorzystnym czynnikiem wpływającym na poziom wibracji jest pył papierowy, który dostaje się do wnętrza łożyska tocznego. (rys. 3). Podczas eksploatacji łożyska poziom wibracji utrzymuje na niskim poziomie. W wielu przypadkach nawet obniża się. Oderwanie się fragmentu sprasowanego pyłu powoduje zniszczenie łożyska w ciągu kilkadziesiąt minut.

W drukarniach RR Donnelley w Polsce pracuje ponad 10 systemów diagnostyki *online*, obsługujących łącznie 115 kanałów pomiaru wibracji. Systemy te wykonują równocześnie 4727 analiz.



Rys. 2. Czas pracy łożyska

Fig. 2. Bearing lifetime cycle

2. System pomiarowy

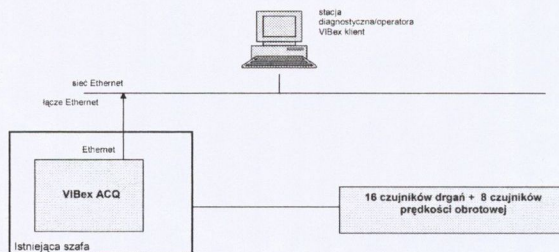
W skrzynce obiektowej znajdują się moduły kondycjonowania i akwizycji danych VIBex ACQ, zasilacz oraz dodatkowy osprzęt wraz z listwami przyłączeniowymi. Serwer systemu jest podłączony osobnym łączem sieciowym do sieci zakładowej TPC/IP. Stacja diagnostyczna komunikuje się z serwerem poprzez istniejącą sieć zakładową. Moduły VIBex ACQ zawierają kondycjonowanie sygnałów oraz specjalistyczne szybkie karty do pomiarów drgań oraz moduły pomiarów wolnozmiennych (procesowych).

Jako czujniki drgań bezwzględnych zastosowano czujniki w standardzie ICP. Czujniki zainstalowane są bezpośrednio wewnątrz maszyny, skąd przemysłowymi kablami sygnały doprowadzone są do skrzynki obiektowej, zamontowanej w bezpośredniej bliskości monitorowanej maszyny.

Pomiar znacznika fazy (i jednocześnie prędkości obrotowej) realizowany jest za pomocą czujników wiropędowych. Czujniki te, po 2 na każdy agregat drukujący, mierzą prędkość pracy oraz fazę pracy rozcieraków. Pomiar dla każdego z agregatów jest realizowany niezależnie. Sygnały dynamiczne drgań są próbkowane z częstotliwością, co najmniej 24 kHz na kanał.

Zebrane przebiegi czasowe dzielone są na paczki o długości minimum 1 sekundy, z których wyliczane są wartości charakterystyczne, takie jak np.:

- wartość skuteczna drgań (RMS),
- amplituda międzyszczytowa (PP),
- amplitudy i fazy wybranych składowych harmonicznych prędkości obrotowej wałów, częstotliwości zazębienia przekładni lub innych charakterystycznych częstotliwości maszyny,
- energie bądź wartości szczytowe drgań w dowolnie wybranym zakresie widma.



Rys. 3. Struktura systemu

Fig. 3. Diagnostic system structure

W bazie systemu rejestrowane są wartości wyliczonych estymat ze skonfigurowaną rozdzielczością czasową. Okresowo zapisywane są pełne przebiegi czasowe, umożliwiające uzyskanie widm o wysokiej rozdzielczości. Sygnały procesowe próbkowane są z okresem 1 s. Ponadto system VIBex posiada tzw. zdarzeniowy sposób zapisu danych. W trybie tym jest zdefiniowany zapis określonych danych przy zajściu określonych warunków, np. zmiany prędkości obrotowej. Dodatkową zaletą systemu jest możliwość wykrycia alarmu. W takiej przypadkowi zapisywane są wszystkie dane z maszyny tak, aby możliwa była pełna i kompleksowa diagnoza problemu. Wszystkie opisane powyżej parametry próbkowania i rejestracji są konfigurowalne i mogą być zmodyfikowane przez administratora systemu.

System podczas konfiguracji umożliwia automatyczne wyznaczanie częstotliwości charakterystycznych maszyn. Jako parametry podaje się parametry mechaniczne, takie jak: układ wałów, ilości zębów przekładni, typy łożysk (ew. wymiary łożysk dla łożysk tocznych). Na podstawie tych danych wyliczane są częstotliwości charakterystyczne, np. częstotliwości zazębienia, prędkości obrotowe poszczególnych wałków, oraz ich harmoniczne. Częstotliwości są wyznaczane w odniesieniu do prędkości obrotowej wału, dzięki czemu jest możliwy nadzór diagnostyczny nad maszynami o zmiennej prędkości obrotowej. Wyznaczanie wartości składowych w takim przypadku realizowane jest przez tzw. analizę rzędów (ang. order tracking).

Do celów analizy diagnostycznej definiowane są stany, w których może znajdować się maszyna. Dla każdej mierzonej i wyliczanej wartości i dla każdego stanu można zdefiniować dwa progi alarmowe (ostrzeżenie i alarm). Przekroczenie wartości progu powoduje zapisanie informacji o zdarzeniu do bazy danych. Dodatkowo system może wysłać powiadomienie do zdefiniowanych użytkowników o zaistniałych zdarzeniach. Dane są następnie zapisywane do bazy. System przechowuje kilka oddzielnych baz danych:

- dane bieżące – dane ostatnio pobrane (wartości chwilowe),
- dane historyczne – dane zapisywane co ustalony okres (np. co kilka godzin),
- dane alarmowe – dane zapisywane przy wykryciu przekroczenia progu alarmu/ostrzeżenia
- dane referencyjne – dane odniesienia, zapisywane przy uruchomieniu systemu i co kilka miesięcy.

Dostęp do systemu odbywa się poprzez przeglądarkę systemu – VIBex Browser – zainstalowaną na stacji lub stacjach diagnostycznych, podłączonych do zakładowej sieci komputerowej, do której podłączone są również serwery systemu VIBex – VIBex SERVER. Przeglądarka VIBex Browser pozwala na wizualizację wszystkich danych z systemu. Dostępne są następujące wykresy:

- wykresy synoptyczne (definiowane przez użytkownika obrazy procesu z naniesionymi wybranymi przez administratora wielkościami pomiarowymi),
- trend,
- przebieg czasowy drgań (obraz oscyloskopowy),
- widmo drgań,
- tabela alarmów,
- tabela danych.

VIBex Browser umożliwia również konfigurację systemu. Do konfiguracji systemu konieczne jest zalogowanie się jako Administrator systemu. Normalnym poziomem dostępu jest Operator. Przeglądarka jest podłączona do kilku jednostek centralnych. Jednostka centralna udostępnia również dane o alarmach do zakładowego systemu akwizycji danych SAD, poprzez interfejs OPC 2.0.

2.1. Analiza przekroczeń progów alarmowych

Date/Time	Ack/Act	Event name	Event Type	Info	Source	Description
2012.04.19 19:28:57		VibrationStart	Warning	info	3704.A230V01.Cy.falowy 6200.2MS C3_Rolipan	State RPH0_A3_3704, area 018, limit 0.015
2012.04.19 19:23:13		VibrationStop	Warning	info	3704.A240V01.F3-04_1x	State RPH0_A4_3704, area 014, limit 0.015
2012.04.19 21:14:27		VibrationStop	Warning	info	3704.A240V01.Cy.falowy 6200.2MS C3_Rolipan	State RPH0_A3_3704, area 011, limit 0.015
2012.04.19 21:08:07		VibrationStop	Warning	info	3704.PLR02W 0 Intera_1x	State RPH0_A3_3704, area 017, limit 0.2
2012.04.19 21:08:29		VibrationStart	Warning	info	3704.A240V01.Sprzezy V 803.801H_Cage	State RPH0_A3_3704, area 012, limit 0.015
2012.04.19 21:28:25		VibrationStart	Warning	info	3704.A240V01.Sprzezy V 803.801H_Cage	State RPH0_A3_3704, area 015, limit 0.015
2012.04.19 21:32:41		VibrationStop	Warning	info	3704.A240V01.Sprzezy V 803.801H_Cage	State RPH0_A3_3704, area 011, limit 0.2
2012.04.19 21:48:45		VibrationStart	Warning	info	3704.A240V01.Sprzezy V 803.801H_Cage	State RPH0_A3_3704, area 012, limit 0.015
2012.04.19 22:08:15		VibrationStart	Warning	info	3704.A240V01.Cy.falowy 6200.2MS C3_Rolipan	State RPH0_A3_3704, area 014, limit 0.015
2012.04.19 22:14:47		VibrationStart	Warning	info	3704.PLR02W 0 Intera_1x	State RPH0_A3_3704, area 018, limit 0.2
2012.04.19 22:11:50		VibrationStop	Warning	info	3704.PLR02W 0 Intera_1x	State RPH0_A3_3704, area 017, limit 0.2
2012.04.19 22:04:06		VibrationStop	Warning	info	3704.PLR02W 0 Intera_1x	State RPH0_A3_3704, area 015, limit 0.2
2012.04.19 22:08:01		VibrationStop	Warning	info	3704.A230V01.V 803.801H_Cage	State RPH0_A3_3704, area 018, limit 0.06
2012.04.19 21:00:37		VibrationStop	Warning	info	3704.A230V01.Sprzezy V 803.801H_Cage	State RPH0_A3_3704, area 014, limit 0.015
2012.04.19 21:04:24		VibrationStop	Warning	info	3704.A240V01.F3-04_1x	State RPH0_A4_3704, area 011, limit 0.015
2012.04.19 21:03:24		VibrationStop	Warning	info	3704.A240V01.Cy.falowy 6200.2MS C3_Rolipan	State RPH0_A3_3704, area 011, limit 0.015
2012.04.19 09:05:48		VibrationStart	Warning	info	3704.A240V01.F3-04_1x	State RPH0_A4_3704, area 015, limit 0.015
2012.04.19 09:09:04		VibrationStart	Warning	info	3704.PLR02W 0 Intera_1x	State RPH0_A3_3704, area 012, limit 0.2
2012.04.19 09:15:52		VibrationStop	Warning	info	3704.A240V01.F3-04_1x	State RPH0_A4_3704, area 015, limit 0.015
2012.04.19 09:38:07		VibrationStart	Warning	info	3704.PLR02W 0 Intera_1x	State RPH0_A3_3704, area 021, limit 0.2
2012.04.19 09:00:22		VibrationStart	Warning	info	3704.A240V01.Sprzezy V 803.801H_Cage	State RPH0_A3_3704, area 013, limit 0.06
2012.04.19 09:04:00		VibrationStart	Warning	info	3704.A240V01.F3-04_1x	State RPH0_A3_3704, area 018, limit 0.015

Rys 4. Okno Alarm View

Fig. 4. Alarm view window

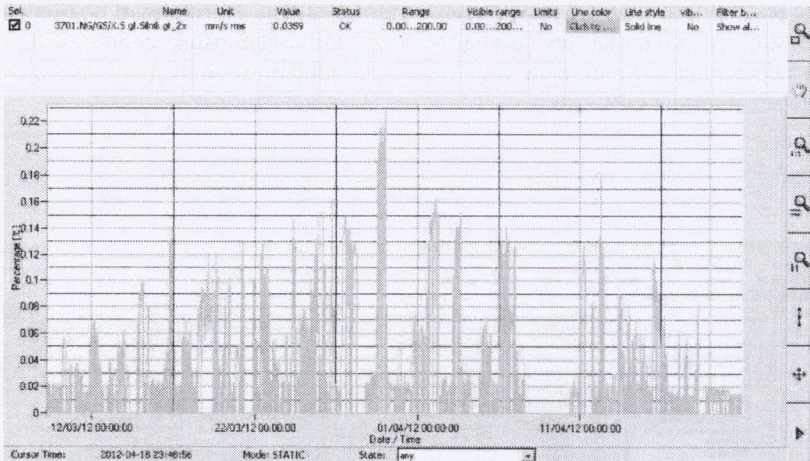
Zarejestrowane przekroczenia progów alarmowych w widoku alarmów pozwalają na szybką ocenę stanu diagnozowanej maszyny (rys. 4). Widoczna jest data i czas, w którym nastąpiło przekroczenie progów alarmowych, zarejestrowana wartość oraz wielkość limitu. W tabeli podany jest również zakres prędkości, w którym pracowała maszyna. Z okna

„Alarm View” można przejść do widoku zarejestrowanego przebiegu czasowego, trendu danej analizy oraz do analizy widmowej.

2.2. Analiza trendów

Śledzenie trendu umożliwia wykrycie i obserwację uszkodzenia. Przy zmiennych prędkościach, obciążeniu i zasilaniu silników z falowników, analiza jest trudna, ale pozwala na wykrycie nietypowych uszkodzeń.

Na rys. 5 widoczny jest dwukrotny wzrost wibracji na obrót silnika 190 kW, w porównaniu z wartościami z 10-03-2012. Poziom pozostałych analiz nie zmienił się. W czasie planowego postoju 10-04-2012 skontrolowano silnik i stwierdzono niewyważenie, luzu itp. przyczyny, które mogłyby powodować takie objawy. Ponowna kontrola 20-04-2012 wykazała początki uszkodzenia sprzęgiełka enkodera silnika. Po naprawie silnik zaczął pracować poprawnie.

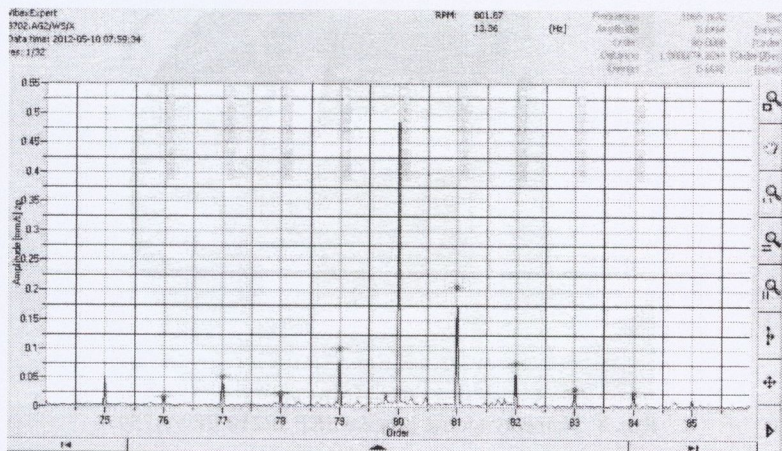


Rys. 5. Rozwój uszkodzenia

Fig. 5. Failure vibrations cycle

2.3. Analiza widmowa

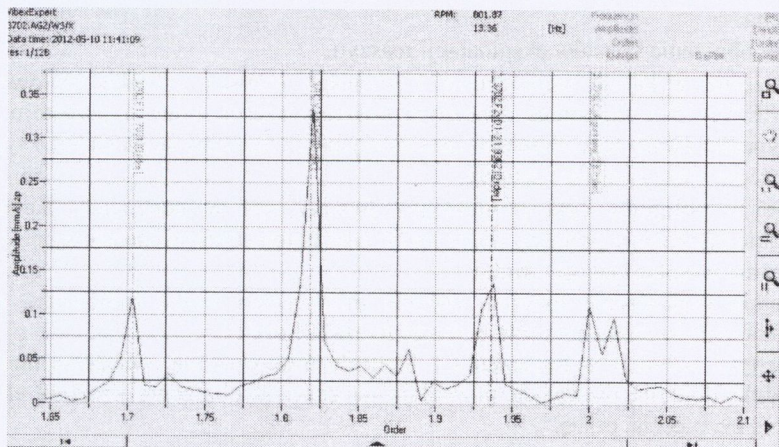
Analiza rzędów pozwala na kontrolę poziomu danej analizy mimo zmiennych prędkości obrotowych. Na rys. 6 widoczna jest częstotliwość ząbienia przekładni wraz z wstęgami bocznymi. Obserwując poziom częstotliwości głównej oraz odległości wstęg bocznych można dokładnie zlokalizować wieniec zębaty z początkami uszkodzenia. Możliwe jest to w bardzo rozbudowanych przekładniach o kilkudziesięciu kołach zębatych. W przedstawionym przypadku zostały wykryte początki zużycia sprężyn do kasacji luzu międzyzębnego na kole sprzęgła zespołu farbowego. Usterka została wykryta przed uszkodzeniem powierzchni zębów.



Rys. 6. Analiza widmowa przekładni

Fig. 6. Gearbox spectrum analysis

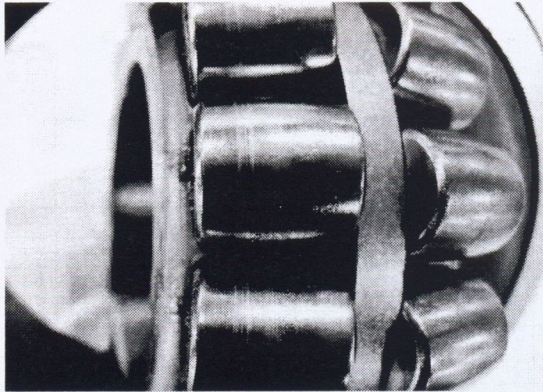
W celu uzyskania optymalnej jakości druku, bardzo ważna jest regulacja i stan powierzchni wałków przekazujących farbę. Przy bardzo zbliżonych obrotach poszczególnych wałków, możliwa jest ich identyfikacja i ocena stanu (rys. 7).



Rys. 7. Analiza widmowa wałków

Fig. 7. Rollers spectrum analysis

Na jakość druku wpływa stan łożysk tocznych. Nawet niewielkie zużycie jest powodem wycofania łożyska z eksploatacji. Na rys. 8 przedstawiono widok zużytych elementów tocznych łożyska SKF 22210 EKVA759.



Rys. 8. Elementy toczne łożyska SKF 22210 EKVA759

Fig. 8. Used bearing components

3. Wnioski

Właściwie dobrany i skonfigurowany system *online* pozwala na prawidłową diagnostykę wibracji maszyn drukarskich. Informacje uzyskiwane w czasie rzeczywistym umożliwiają uniknięcie nieplanowanych przestoju. Odpowiednio wcześnie wykryte zakłócenia pozwalają na:

- znaczne obniżenie kosztów eksploatacji maszyn,
- np. wczesne wykrycie uszkodzenia i wymiana łożyska cylindra płytowego (SKF 22311EK/VA751) zapobiega znacznym kosztom części, pracy i przestoju maszyny. W przypadku awarii tego elementu czas zatrzymania maszyny sięga nawet 4 tygodni,
- zwiększenie niezawodności maszyn,
- obecnie w poligrafii cykl produkcyjny liczony jest w godzinach. Każde, nawet niewielkie opóźnienie procesu, wiąże się ze znacznymi stratami finansowymi,
- utrzymanie wysokiej jakości druku.

Niewielkie uszkodzenie łożyska, zużycie powierzchni wałka farbowego, nierównomierna praca napędu mogą znacznie wpłynąć na jakość druku.

Diagnostyka wibracji w połączeniu z kontrolą termowizyjną, okresową analizą oleju i odpowiednio dobraną prewencją pozwalają na znaczne obniżenie kosztów eksploatacji maszyn i ich bezpieczną pracę.

Literatura

- [1] EC News , 27/2009, wyd. EC Grupa.
- [2] EC News , 33/2011, wyd. EC Grupa.
- [3] www.ec-grupa.pl.