

Dariusz MIKA^{1*}, Arkadiusz TOFIL¹, Jerzy JÓZWIK¹, Paweł PIOŚ¹, Jarosław PYTKA¹

¹ Państwowa Akademia Nauk Stosowanych w Chełmie, INTiL, ul. Pocztowa 54, 22-100 Chełm

* Adres do korespondencji: dmika@panschelm.edu.pl;

ALGORYTMY ŚLEPEGO PRZETWARZANIA SYGNAŁÓW OPARTE NA GEOMETRYCZNEJ STRUKTURZE INFORMACJI JAKO NARZĘDZIA WSPARCIA W DIAGNOSTYCE MASZYN

Streszczenie. W artykule przedstawiono zastosowanie analizy składowych niezależnych (ICA) — techniki ślepej separacji źródła (ang. BSS) — do diagnostyki uszkodzeń łożysk tocznych na podstawie sygnałów drgań. Zastosowano geodezyjny algorytm ICA oparty na optymalizacji na grupie Liego $SO(n)$, zapewniający stabilną zbieżność i dokładną separację sygnału. Proponowane podejście pozwala na ekstrakcję i wzmocnienie składowych sygnału związanych z defektem, poprawiając wykrywalność charakterystycznych częstotliwości defektów, takich jak BPFI i BPFO. Wprowadzono nowy wskaźnik diagnostyczny, lokalnie znormalizowaną amplitudę częstotliwości defektu (LNFFA), w celu oceny obecności określonych defektów łożysk w zlokalizowanych pasmach częstotliwości. Wyniki eksperymentalne uzyskane z urządzenia testowego wirnik-łożysko z symulowanymi defektami wykazały wyraźne wzmocnienie i separację wskaźników diagnostycznych po przetworzeniu ICA w porównaniu z sygnałami oryginalnymi. Odkrycia potwierdzają, że dekompozycja sygnału oparta na ICA może zwiększyć czułość i niezawodność diagnostyki łożysk na podstawie drgań, szczególnie w zastosowaniach przemysłowych, w których współistnieje wiele źródeł defektów.

Słowa kluczowe: diagnostyka łożysk, ślepa separacja źródeł, metoda składowych niezależnych

BLIND SIGNAL PROCESSING ALGORITHMS BASED ON THE GEOMETRIC STRUCTURE OF INFORMATION AS SUPPORT TOOLS IN MACHINE DIAGNOSTICS

Abstract. The paper presents the application of Independent Component Analysis (ICA) — a Blind Source Separation (BSS) technique — for the vibration-based fault diagnosis of rolling element bearings. A geodesic ICA algorithm based on Lie group optimization was implemented, ensuring stable convergence and accurate signal separation. The proposed approach allows for the extraction and enhancement of fault-related signal components, improving the detectability of characteristic defect frequencies such as BPFI and BPFO. A new diagnostic indicator, the Locally Normalized Fault Frequency Amplitude (LNFFA), was introduced to assess the presence of specific bearing faults in localized frequency bands. Experimental results obtained from a rotor-bearing test rig with simulated defects demonstrated a clear enhancement and separation of diagnostic indicators after ICA processing compared to original signals. The findings confirm that ICA-based signal decomposition can increase the sensitivity and reliability of vibration-based bearing diagnostics, particularly in industrial applications where multiple fault sources coexist.

Keywords: bearing diagnostics, blind source separation, independent component analysis