

Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym

Modern material technologies in aerospace industry

Modelowanie, konstruowanie i kontrolowanie procesu HSM przy uwzględnieniu skonfigurowanego układu maszyna-przyrząd-detale

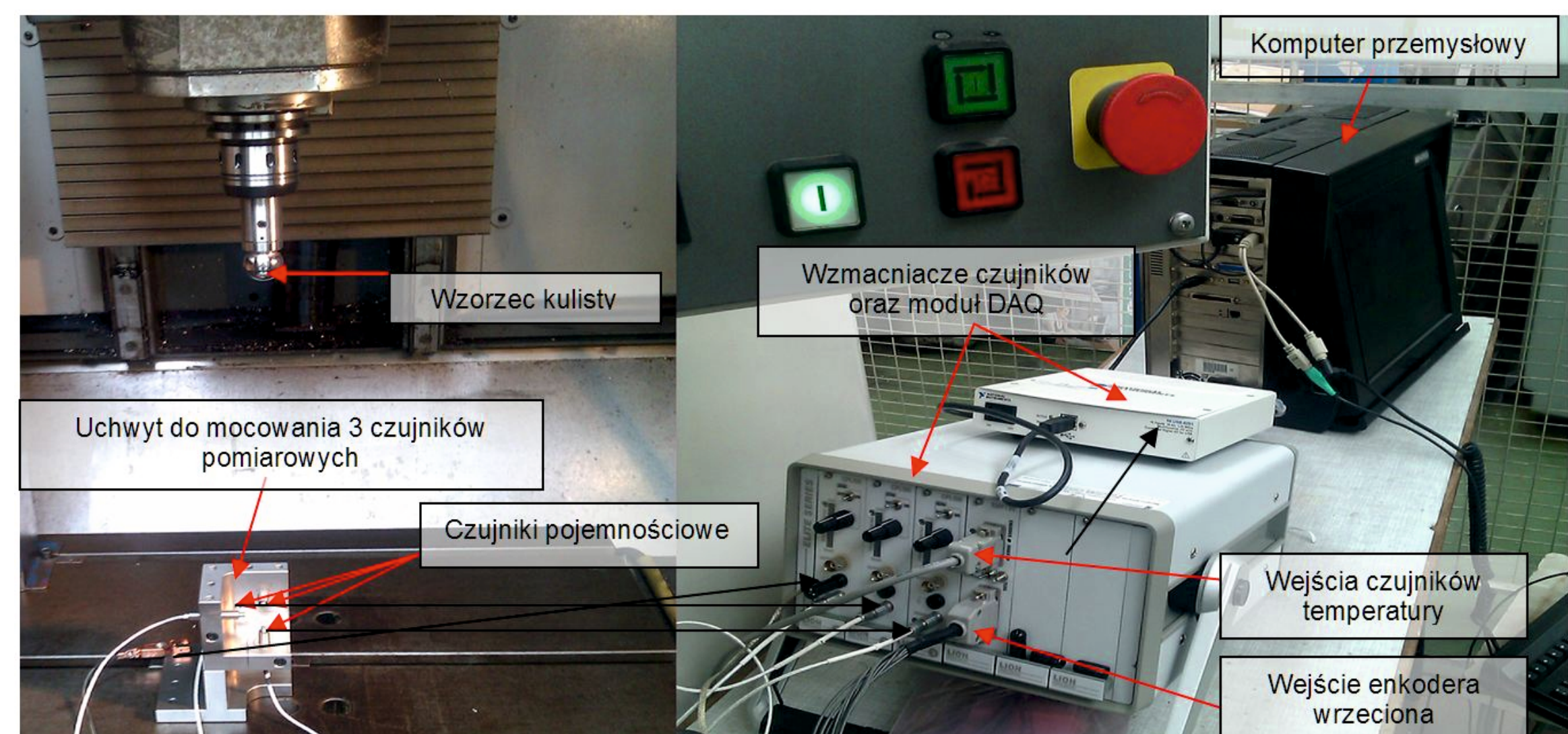
Modeling, construction and control of the HSM process taking into consideration the configured machine-instrument-detail system

Politechnika Warszawska, Politechnika Rzeszowska

Wyniki badań Results

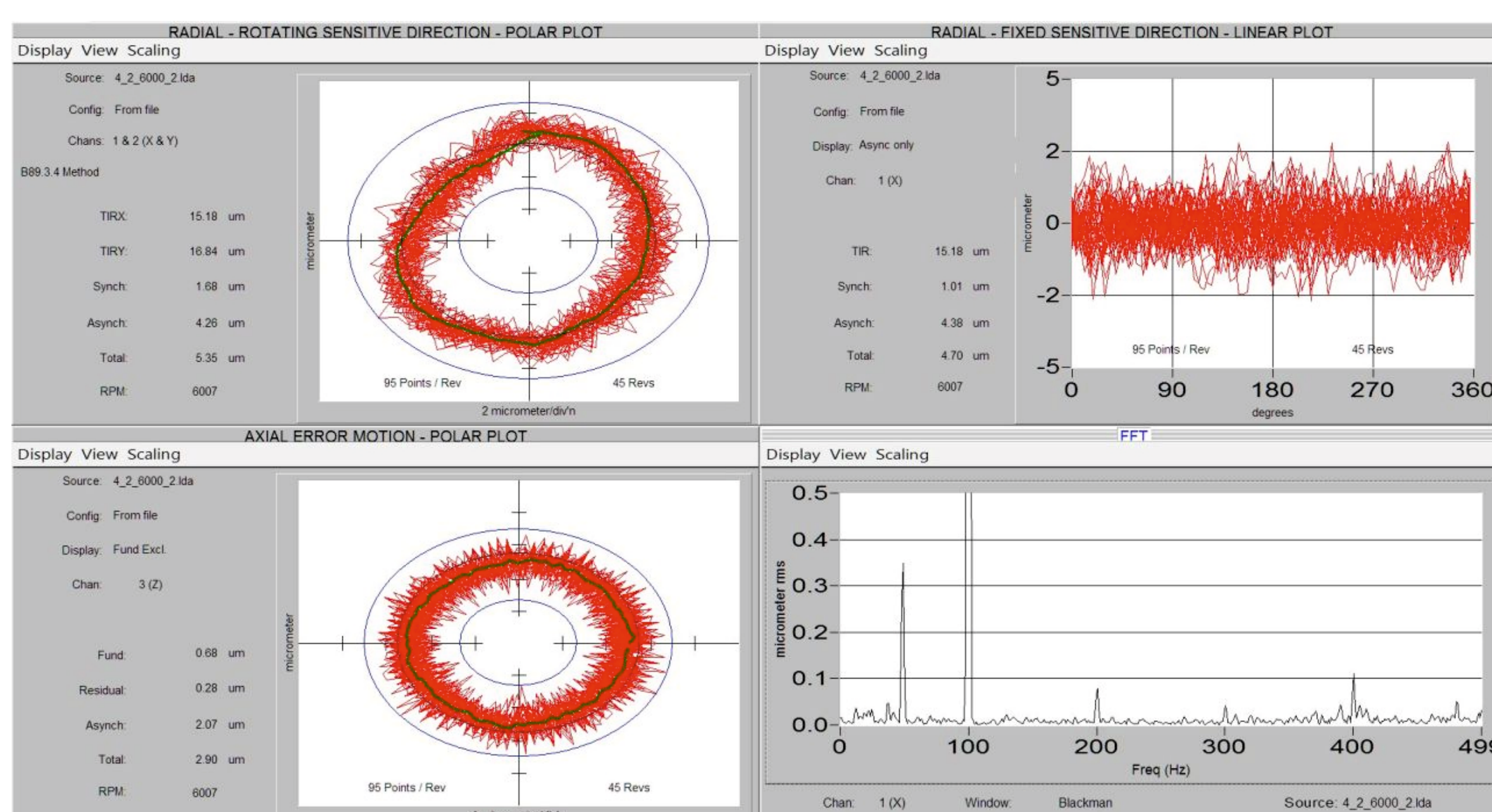
Badania błędnych ruchów wrzecion szybkoobrotowych.

Uaktualniono światowy stan wiedzy w zakresie wiedzy i badań błędnych ruchów wrzecion. Przeprowadzono badania przy wykorzystaniu komercyjnego systemu, określono metodykę prowadzenia pomiarów oraz przeprowadzono analizę dostarczonego oprogramowania.



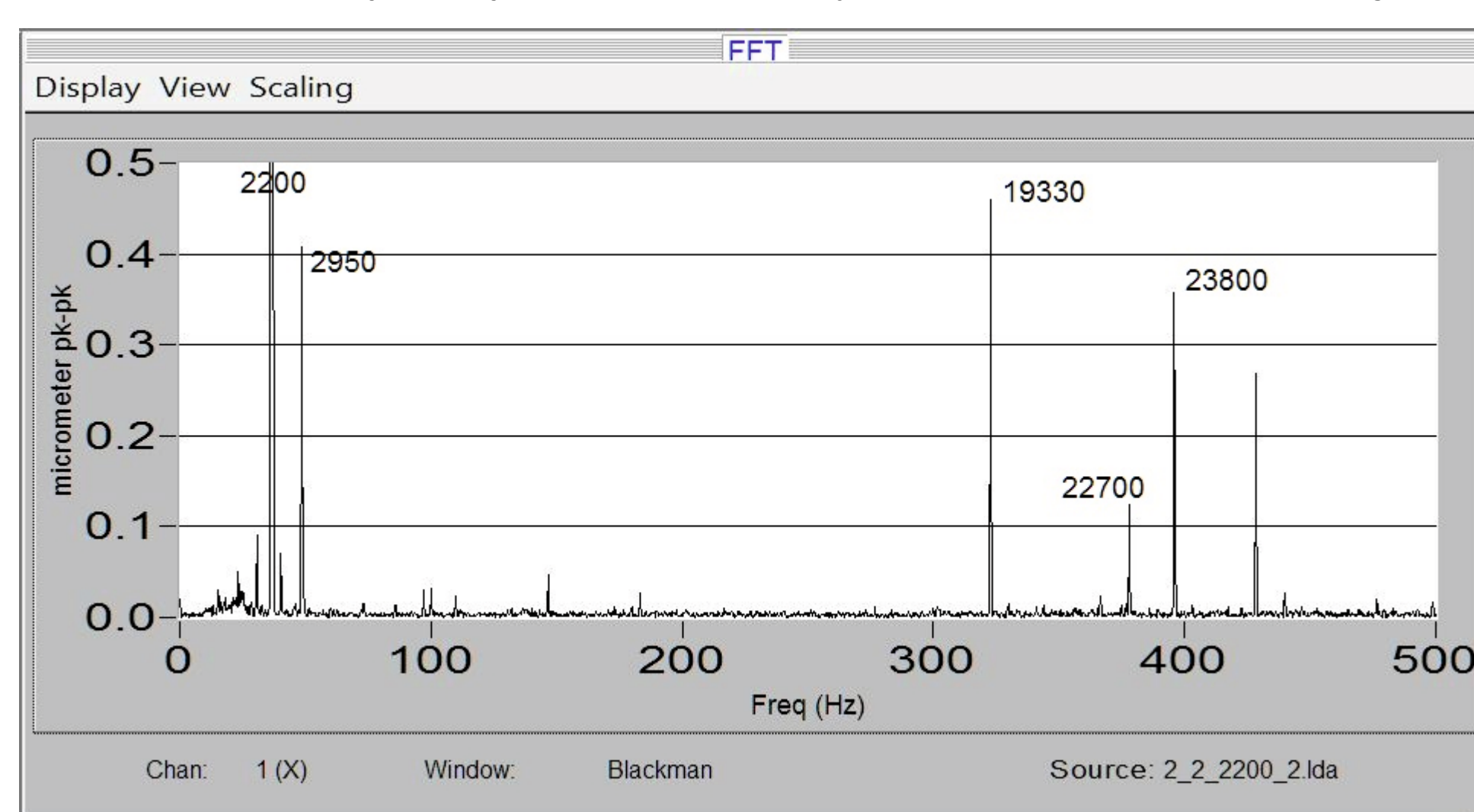
Rys. 1 Komercyjny system pomiarów błędnych ruchów wrzecion
Fig. 1 The commercial system of measurement spindle error motions

Podczas badań zebrano dane z pomiarów wrzecion czterech podobnych obrabiarek pracujących w linii produkcyjnej. Przeprowadzono analizę danych wykorzystując komercyjnie oprogramowanie. Określono wartości ruchów błędnych synchronicznych i asynchronicznych.

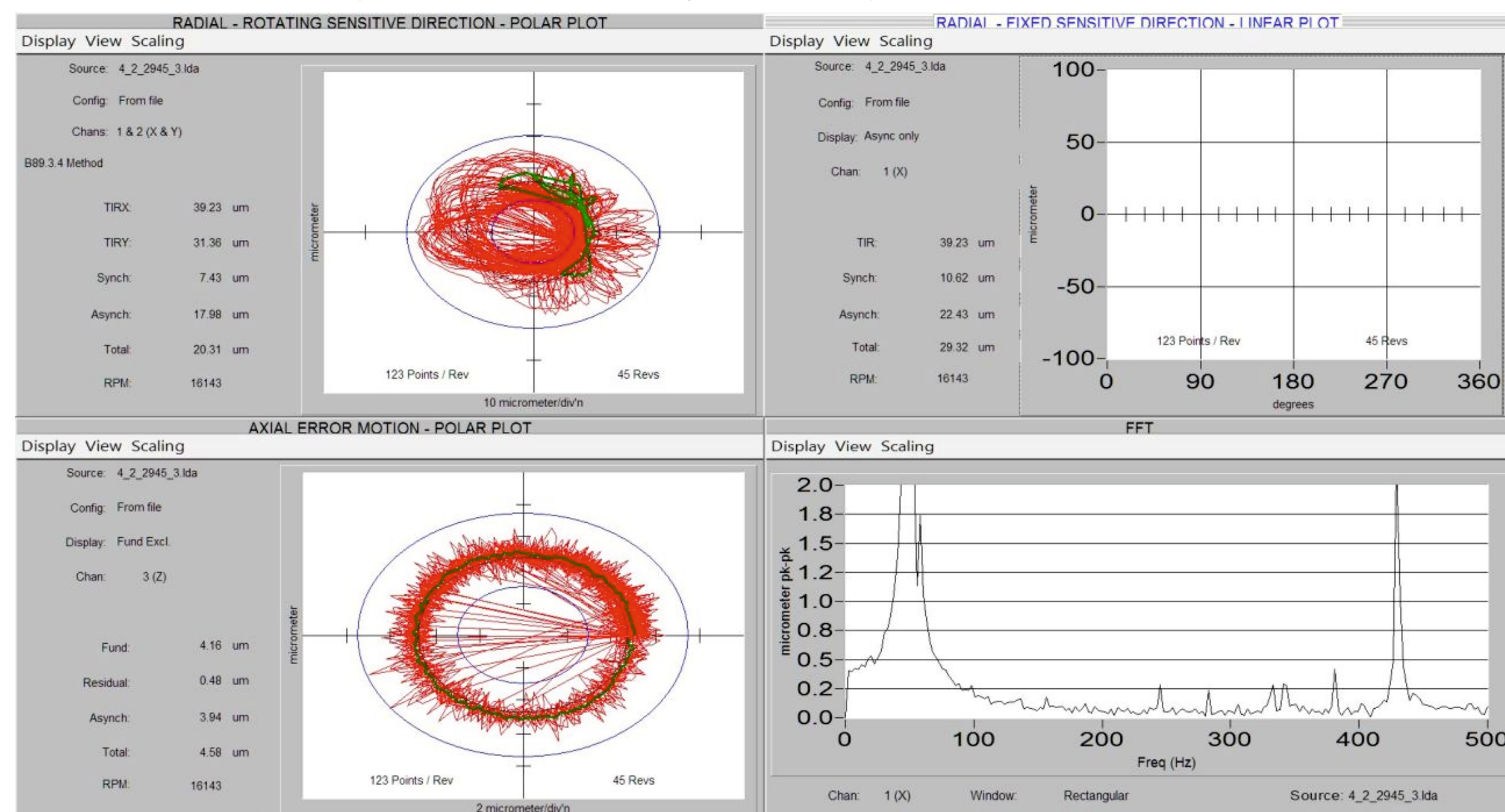


Rys. 2 Widok ekranu z wynikami analizy zebranych danych.
Fig. 2 A screenshot of data analysis result

Sprawdzono poprawność przeprowadzonych obliczeń szybkiej transformacji Fouriera. Określono prędkości obrotowe przy jakich wrzeciono będzie podatne na drgania rezonansowe (informacja szczególnie ważna z punktu widzenia operatorów). Przeprowadzono badania w wybranym zakresie częstotliwości rezonansowej.



Rys. 3 Analiza FFT i określenie częstotliwości rezonansowych wrzeciona.
Fig. 3 FFT results and identify the bottling frequencies of the spindle



Rys. 4 Zarejestrowane drgania rezonansowe wrzeciona w przy prędkości 2945 obr/min
Fig. 4 Recorded resonance vibrations in the spindle at a 2945 rpm

Dla wszystkich wrzecion sporządzono tabelę wyników wartości błędów dla wybranych wartości prędkości z całego zakresu prędkości wrzeciona.

RPM	TIR	Total	Sync	Async	AsyncTC	Std Dev
3000	25.187463	7.759676	1.712882	7.888742	7.390444	1.345863
5000	25.983203	9.698151	0.858166	9.674421	8.975833	1.661552
6992	23.924734	5.293969	0.85822	5.774374	4.499003	0.904801
8990	18.767424	6.621012	2.459118	5.674596	5.711879	0.93453
10973	17.042182	5.01018	0.606762	5.258049	4.518033	0.758575
12960	17.605959	5.336759	0.769064	6.007936	5.032676	0.910086
14997	19.366073	5.418252	0.892232	5.175718	4.725057	0.905839
16951	13.897812	6.005776	0.992674	5.415949	5.30979	0.953328
18996	13.579113	6.449012	1.422326	6.018472	5.42982	0.874358
20967	17.423847	5.777603	0.94872	5.973915	5.158472	0.904869
Averages	19.277781	6.337039	1.152016	0	5.675101	1.01538
Std Devs	4.176102	1.361254	0.533571	0	1.35412	0.258941

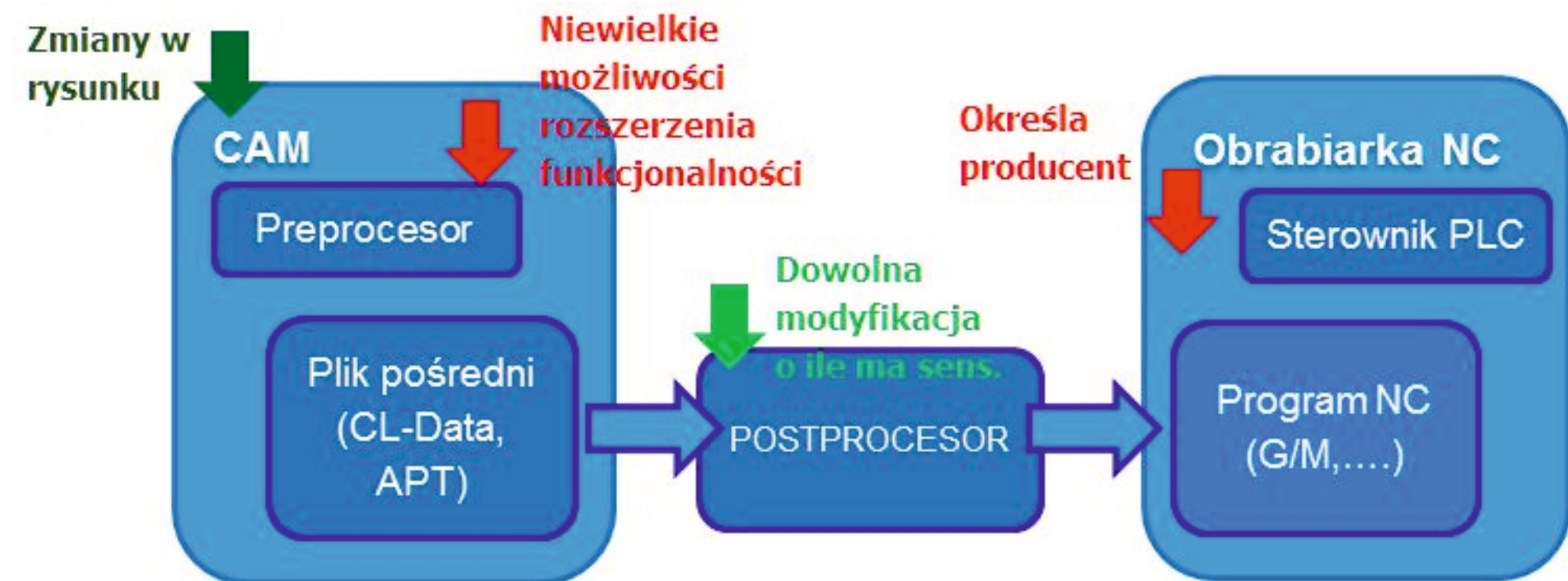
Rys. 5 Dane z pomiarów w zakresie prędkości 3000-21000 obr/min z krokiem 2000
Fig. 5 Data from measurements from 3000 to 21000 rpm with step of 2000 rpm

Podsumowanie wyników prac z zestawem badania błędnych ruchów wrzecion

Zakupione oprogramowanie w wersji komercyjnej, wg zespołu badawczego ma szereg błędów związanych z zastosowanymi metodami obliczeniowymi. Są to między innymi różne wyniki obliczeń dla tych samych danych przy różnej wielkości pliku wejściowego jak również błędne wykresy biegunowe niezgodne z obowiązującymi normami.
Ponieważ zebrane podczas pomiarów dane są zapisywane w formacie tekstowym, możemy analizować je nie tylko programem producenta sytemu pomiarowego ale również importować dane do programów takich jak LabView lub arkusz kalkulacyjny w celu porównania lub wykonania obliczeń metodami, których nie przewiduje firma Lion Precision.
Kolejnym krokiem prac jest napisanie autorskiego oprogramowania współpracującego z zakupionym zestawem pomiarowym a następnie wymiana czujników na optyczne (dokładniejsze)

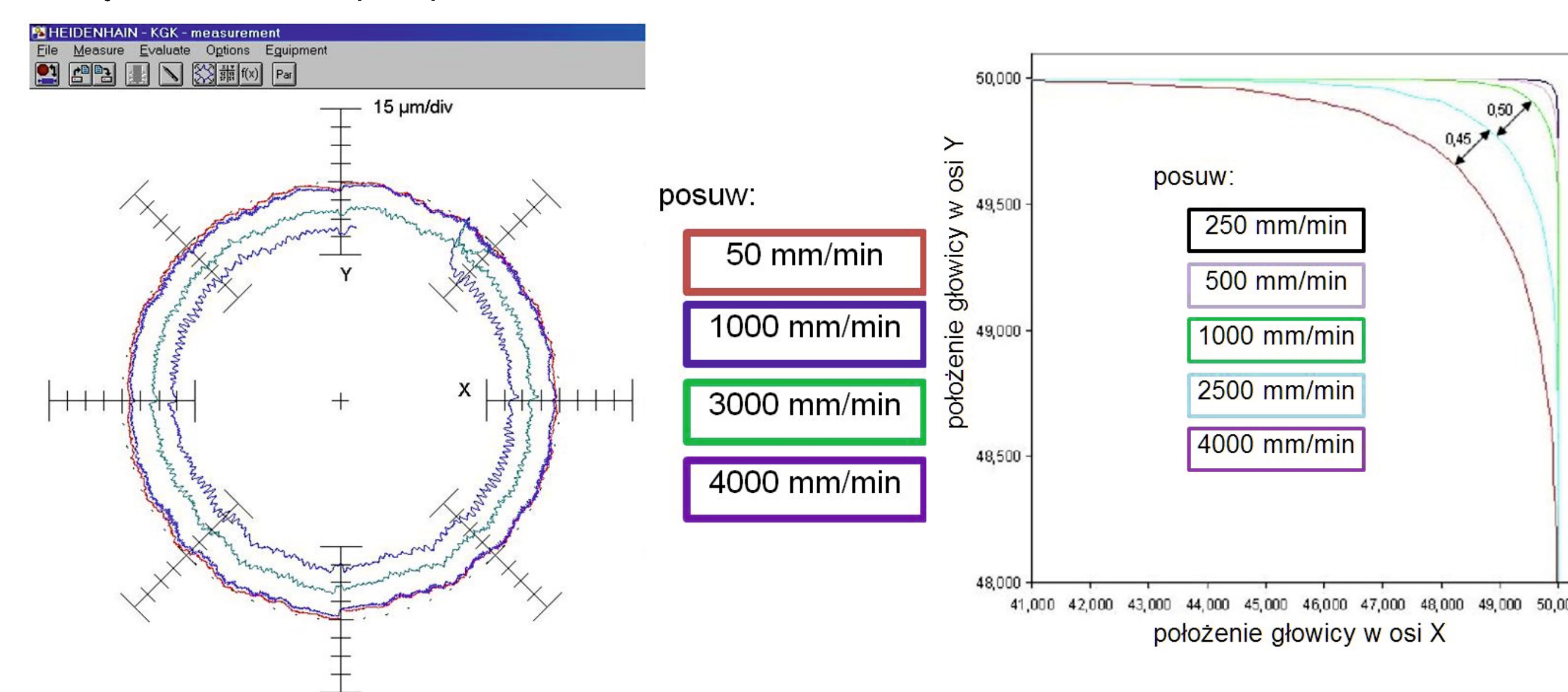
Poprawa dokładności wymiarowej przedmiotu obrabianego.

Przez modyfikację programową, można na obrabiarkę sterowanej numerycznie, która teoretycznie nie spełnia wymagań stawianych w normach dotyczących badania dokładności obrabiarek, uzyskać przedmiot o dokładności wymaganej przez konstruktora, określonej na rysunku wykonawczym. Znajac wartości błędów systematycznych możemy je skompensować programowo. Na schemacie typowego przebiegu procesu komputerowego wspomaganego programowania obrabiarek NC zaznaczono możliwe miejsca wprowadzenia programowej modyfikacji wpływających na dokładność przedmiotu wytwarzanego.



Rys. 6 Proces CAX z zaznaczonymi miejscami wprowadzenia modyfikacji wpływających na dokładność PO
Fig. 6 The CAX diagram with marked modifications spots that affect the accuracy of the workpiece

W Zakładzie Automatyki, Obrabiarek i Obróbki Skrawaniem PW przeprowadzono badania wpływu dokładności dynamicznej na zniekształcenie zaprogramowanej drogi przejścia narzędzia. Badania przeprowadzono na centrum frezarskim Cincinnati Arrow 500.

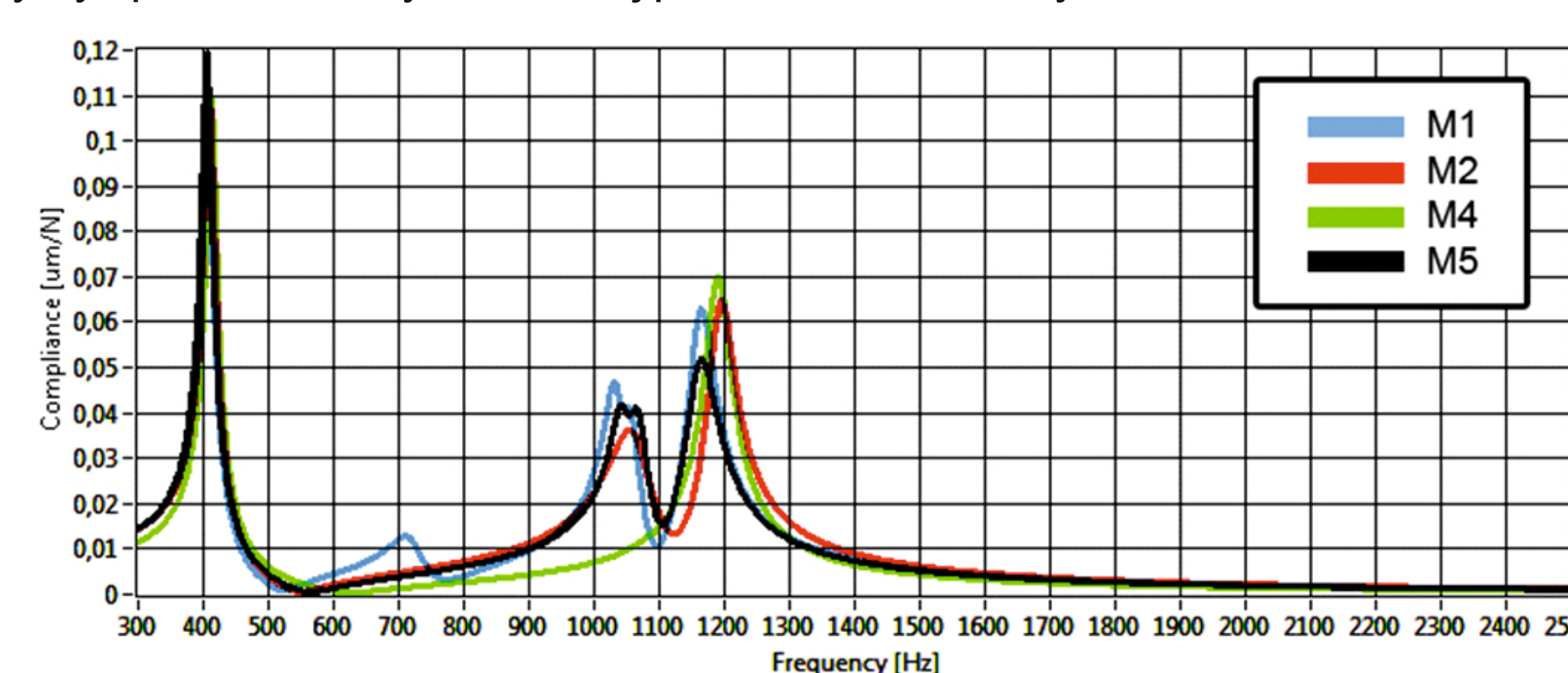


Rys. 7 Wyniki testu okrągłości przy różnej prędkości posuwu
Fig. 7 Results of the roundness at different feed-rates

Koncepcja wypracowana przez zespół polega na pomiarach dokładności dynamicznej danej obrabiarki, przy wykorzystaniu interferometru laserowego, DBB oraz KGM 101. Na podstawie danych z pomiarów zostaną opracowane algorytmy wyliczające wartości korekcyj toru, które następnie będą zapisane w oddzielnym pliku przeznaczonym dla danej obrabiarki. Dane z pliku pobierane będą przez postprocesor podczas konwersji CL-data no kody sterujące obrabiarką. Ta unikalna metoda, jest obiecująca i może stanowić istotny etap w podwyższaniu dokładności wykonania przedmiotów na obrabiarkach NC.

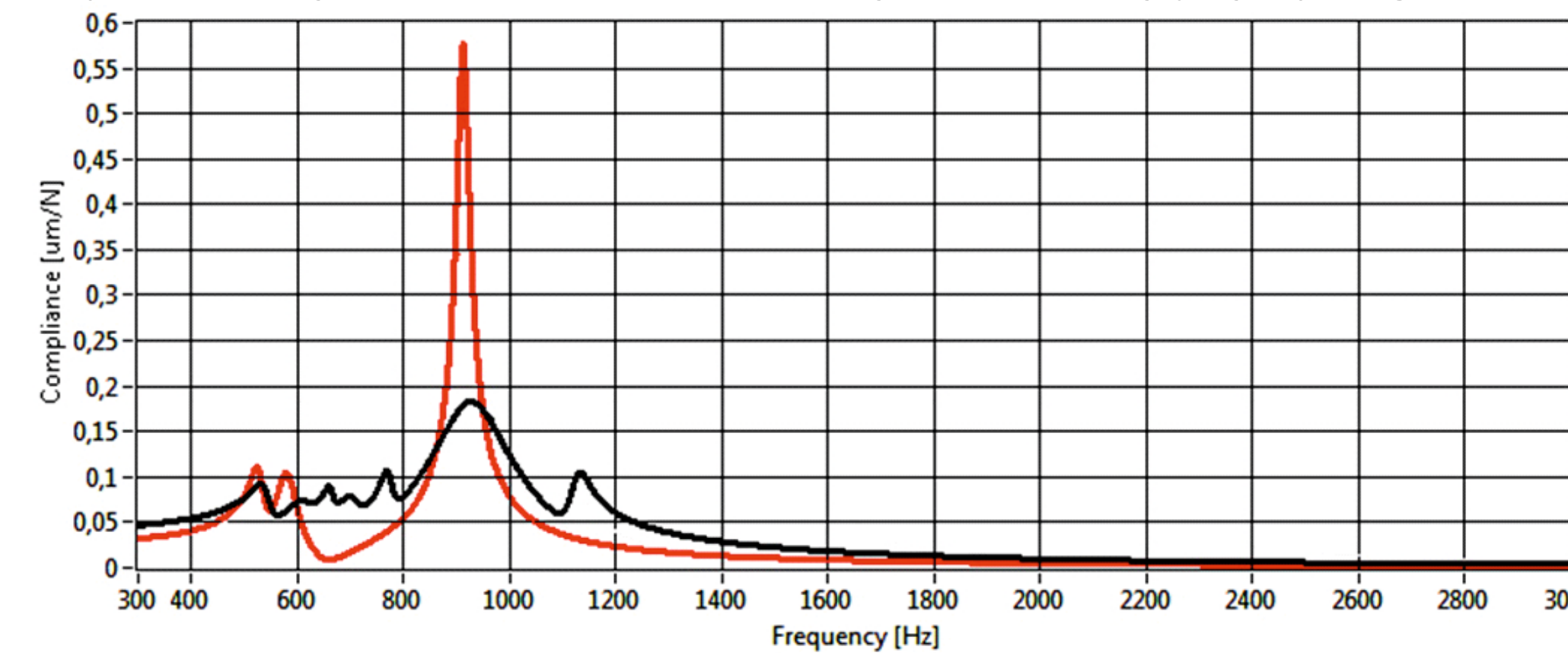
Badanie charakterystyki modalnej i podatności dynamicznej w warunkach przemysłowych

Przeprowadzono badania analizy modalnej w zakładach przemysłu lotniczego Hispano-Suiza Polska, które dotyczyły oceny podatności dynamicznej obrabiarek. Uzyskane wyniki w postaci charakterystyk podatności dynamicznej przedstawiono na rys. 1.



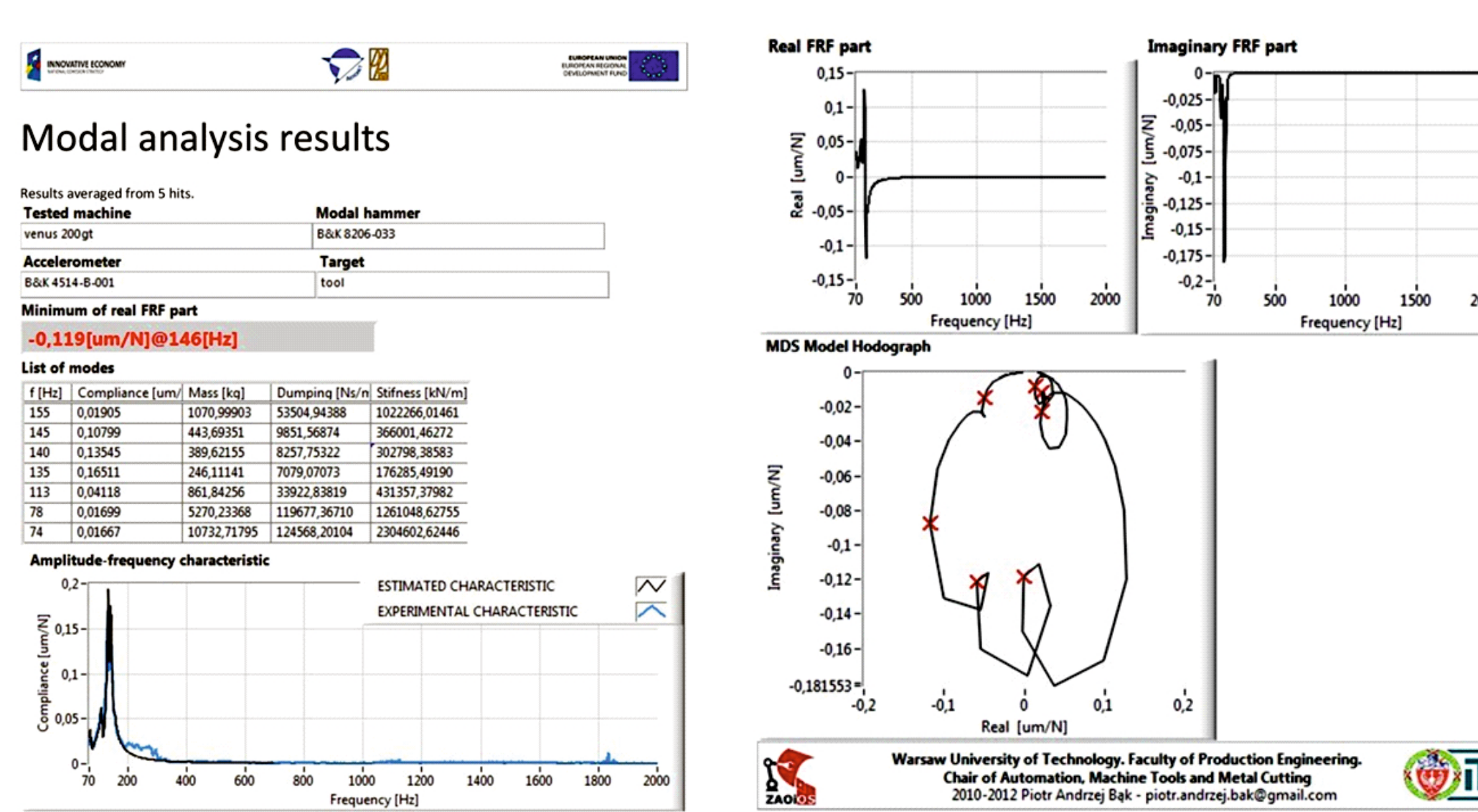
Rys. 9 Porównanie charakterystyk uzyskanych dla pięciu różnych obrabiarek
Fig. 9 Comparison of the characteristics obtained for five different machines

Dla porównania przebadana została także maszyna oczekująca na serwis, tym samym nie spełniająca wymogów produkcyjnych. Z punktu widzenia prowadzonych badań analizy modalnej jest wartym uwagi przypadkiem. Poniżej przedstawiono porównanie charakterystyk podatności dynamicznej dwóch obrabiarek, dobrej i niespełniającej wymogów.



Rys. 10 Porównanie charakterystyk podatności dynamicznej obrabiarki dobrej (kolor czarny) i niespełniającej wymogów (kolor czerwony)
Fig. 10 Comparison of the characteristics of machine dynamic compliance in working order (black) and out of order (red)

Największy wpływ na niezgodność obrabiarki do spełnienia kryteriów poprawnej pracy mają pojawiające się drgania o częstotliwości ok 900Hz, co ma znaczący wpływ na końcową jakość wytwarzanych wyrobów.
Dla maszyny spełniającej wymagania: min Re FRF wynosi -0,0829 [um/N]
Dla maszyny niespełniającej wymagań: min Re FRF wynosi -0,2900 [um/N]



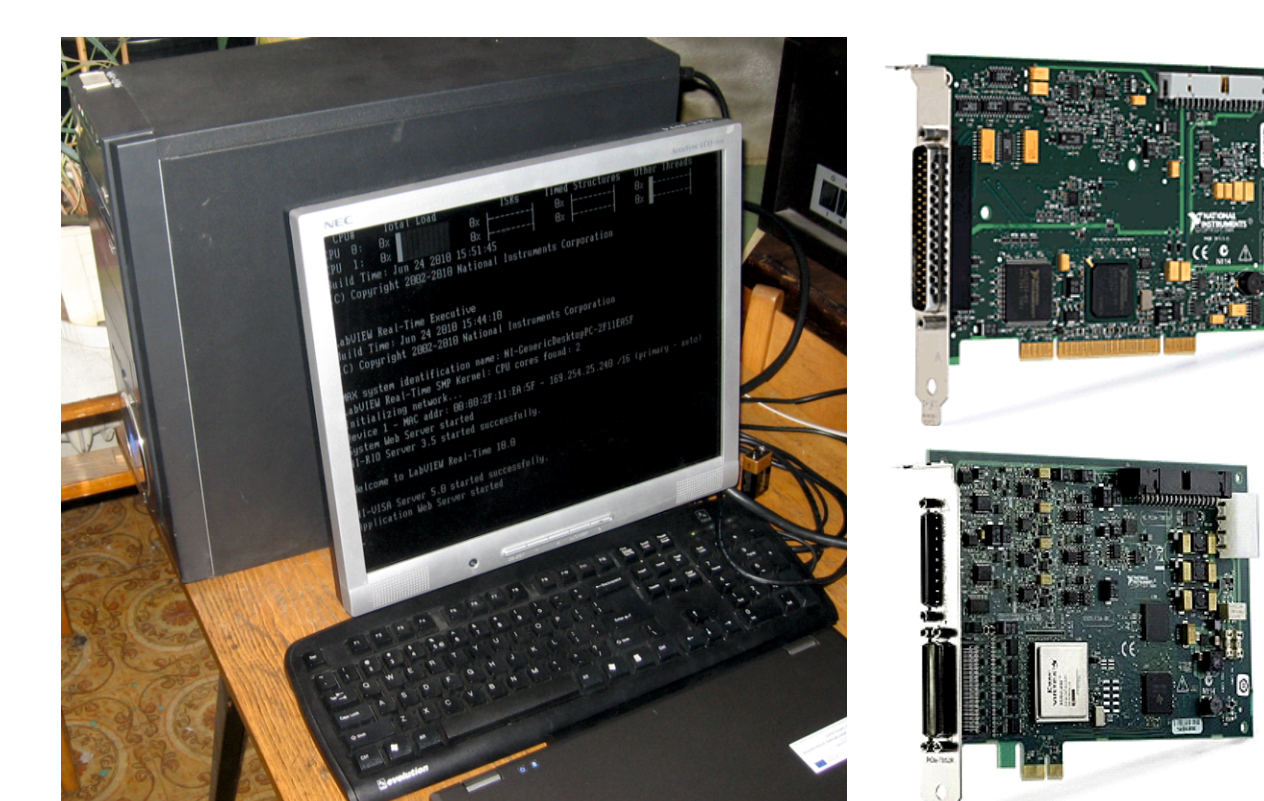
Rys. 11 Przykładowy raport z programu ASISOMA
Fig. 11 Sample report from the ASISOMA software

Automatyczne raportowanie

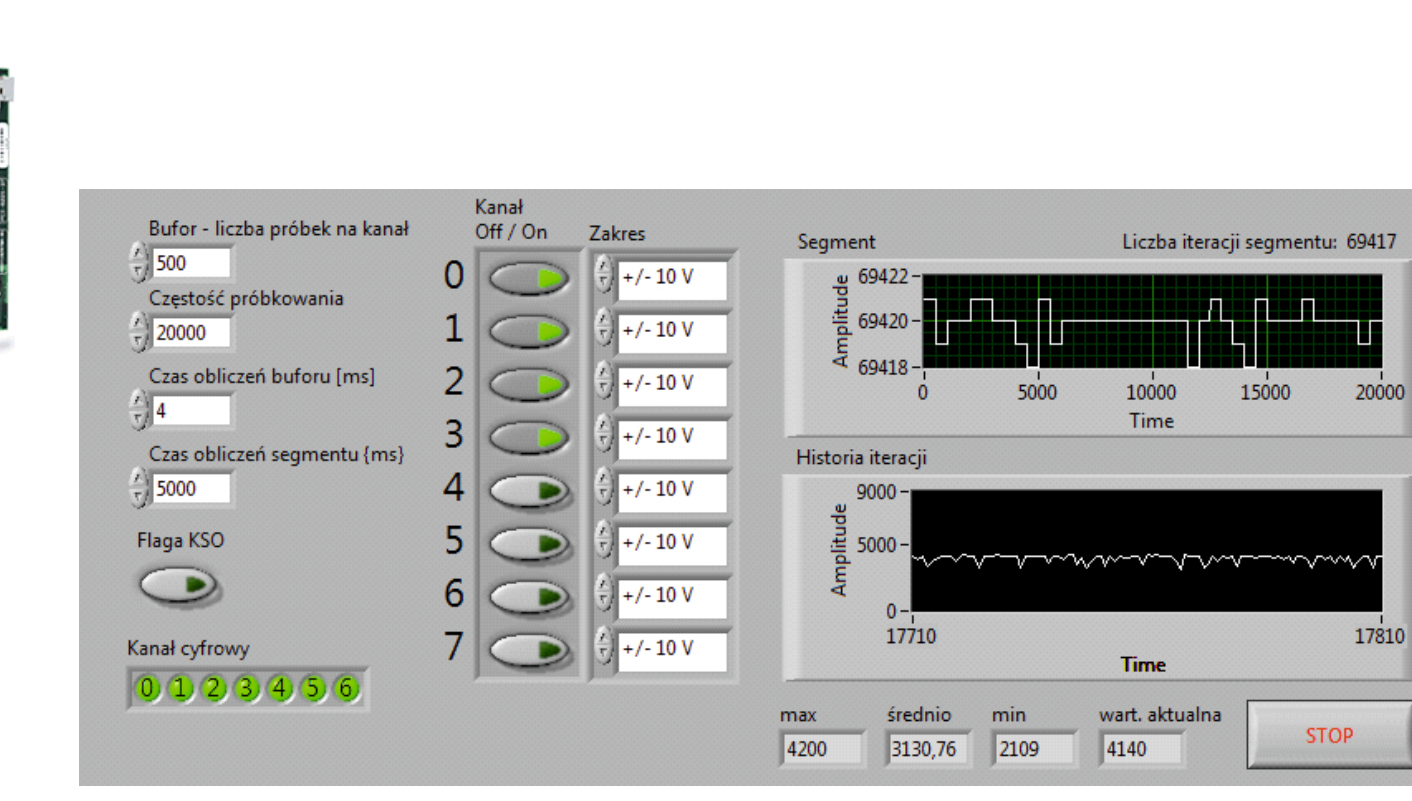
Oprogramowanie do automatycznej analizy modalnej wrzeciona frezarki ASISOMA zostało rozbudowane o automatyczne raportowanie wyników (rys. 11). Raport jest przygotowany automatycznie i zaprezentowany jest w sposób jasny i przejrzysty dla użytkownika, także umożliwia wydrukowanie oraz archiwizację.
Raport zawiera podstawowe informacje na temat badanej maszyny, procedury testowania oraz uzyskanych wyników: minimum części rzeczywistej FRF oraz parametry modalne. Druga strona zawiera przebieg części rzeczywistej oraz urojonej FRF oraz hodograf z minimum każdej z postaci drgań oznaczonej na zespolonej płaszczyźnie czerwonym znacznikiem.

Opracowanie systemów akwizycji danych dla układu diagnostyki procesu skrawania

W ramach badań napisano oprogramowanie testujące i przeprowadzono analizę jego działania z naciskiem na przydatność realizacji układu diagnostyki narzędzia i procesu skrawania.
Środowisko uruchamiania oprogramowania:
• Komputer PC z systemem Windows
• Komputer PC z systemem Real-Time
• Urządzenie z procesorem programalnym FPGA



Rys. 12 Komputer z systemem czasu rzeczywistego, karty pomiarowe NI-PCI6221 oraz karty FPGA: NI PCIe-7852R z procesorem Virtex-5 Lx50
Fig. 12 PC with Real-Time system, DAQ card NI PCI-6221 and FPGA card: NI PCIe-7852R with Virtex-5 Lx50 processor



Rys. 13 Panel czołowy aplikacji do testowania wydajności systemów operacyjnych
Fig. 13 The Front Panel of the application to test the performance of operating systems

Wnioski Conclusions

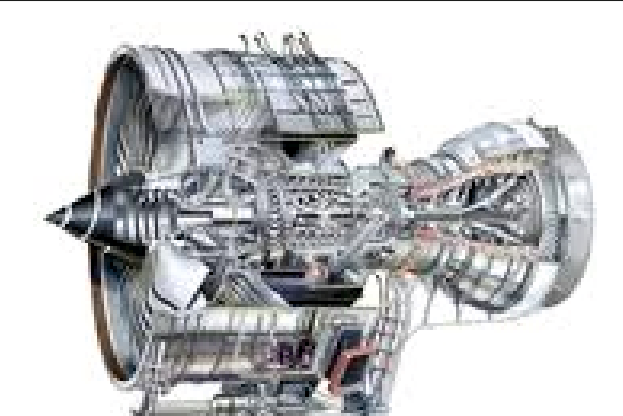
- Przetestowano przemysłowy zestaw badania ruchów błędnych. Określono możliwości i braki dostarczonego oprogramowania. Przystąpiono do tworzenia własnego, autorskiego oprogramowania. Planowane są badania przy zastosowaniu szybszych i dokładniejszych czujników optycznych.
- Opracowano metodykę i wytypowano urządzenia pomiarowe do badania dokładności dynamicznej. Określono możliwości i wytypowano miejsca programowego podwyższenia dokładności wykonania przedmiotu obrabianego.
- Wykazano skuteczność i przydatność opracowanej metodyki badań analizy modalnej w ocenie stanu obrabiarki. W przyszłości cykliczne badania podatności dynamicznej obrabiarek mogą pomóc w planowaniu terminów konserwacji poszczególnych obrabiarek.
- Najbardziej obiecującym i elastycznym rozwiązaniem do budowania układów diagnostycznych wybrano rozwiązanie systemu modułowego bazującego na systemie czasu rzeczywistego oraz na procesorze programalnym FPGA.

Conclusions

- The industrial spindle error analyzer system was tested. The possibilities and the deficiencies provided software was identified. The own software is developed in the same time. In the next research the use of a faster and more accurate optical sensor is planned.
- The methodology was developed and measuring devices were chosen to test the dynamic accuracy. The possibilities and software improvements was identified for increases the accuracy of the workpiece.
- Efficiency and usefulness of the developed research methodology of modal analysis has been shown. Periodic tests of dynamic compliance of machine tools can help in planning the maintenance intervals of individual machines, in the future.
- The most promising and flexible solution for creating condition monitoring systems has been chosen modular system solution based on real-time system and a programmable processor FPGA.

Przykłady zastosowania w lotnictwie Examples of application in aviation

Monitorowanie stanu obrabiarek skrawających. Podwyższenie dokładności wykonania przedmiotu. Obróbka elementów trudnoskrawalnych o wymaganej wysokiej dokładności wymiarowej i jakości powierzchni.



Przykłady współpracy z przemysłem lotniczym Collaboration with aviation industry

Przeprowadzono badania błędnych ruchów wrzecion oraz podatności dynamicznej w zakładach Hispano-Suiza Polska sp. z o.o. w Sędziszowie Małopolskim. Prace będą kontynuowane, dane o stanie obrabiarek będą określone czas zbierane w celu dopracowania obróbki danych oraz wyników analizy.
Również w Hispano-Suiza Polska sp. z o.o. w Sędziszowie Małopolskim przeprowadzono badania analizy modalnej dla wybranych obrabiarek. Planowane jest cykliczne powtarzanie badań.

Wskaźniki realizacji celów projektu Indicators of the project

Publikacje

- Chrzanoski J.: **Programowe zwiększenie dokładności obróbki wykonania przedmiotu na obrabiarkę NC**, artykuł zgłoszony do zeszytu specjalnego "Inżynieria Maszyn", planowana publikacja 2012
- Jemielniak K., Bąk P.A.: **Automatyczna analiza modalna wrzeciona frezarki**, artykuł zgłoszony do zeszytu specjalnego "Inżynieria Maszyn", planowana publikacja 2012
- Bąk P.A., Jemielniak K., **Automatyczna analiza modalna wrzeciona frezarki**, 1st International CIRP Sponsored Conference on Virtual Machining Process Technology, 28 May-1 June 2012, Montréal, Canada, Paper 25

Prace mgr, dr, hab.

Prace magisterskie w realizacji

- Bąk P.: **Automatyczna analiza modalna typu SISO**. Promotor: prof. dr hab. inż. Krzysztof Jemielniak
- Derlikowski G. **Pomiary błędnych ruchów wrzecion obrabiarek**. Promotor: dr inż. Chrzanoski Jarosław, praca magisterska
- Lautsch S. **Budowa układu diagnostyki do wykrywania KSO z wykorzystaniem modułu FPGA**. Promotor: dr inż. Mirosław Nejman, praca magisterska

Prace inżynierskie w realizacji

- Kapkowski M. **Wpływ prędkości posuwu na dokładność odwzorowania kształtu**. Promotor: dr inż. Chrzanoski Jarosław, praca inżynierska

Zgłoszenia patentowe

- Chrzanoski J., Wypysiński R.: **Urządzenie do pozycjonowania i bezpośredniego pomiaru zużycia narzędzi skrawających maszyn sterowanych numerycznie**. Zgłoszenie nr Z-397136
- Chrzanoski J., Wypysiński R.: **Układ pomiarowy ruchowy sondy narzędziowej**. Zgłoszenie nr Z-397137