



AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE

DZIEDZINA NAUKI INŻYNIERYJNO-TECHNICZNE

DYSCYPLINA AUTOMATYKA, ELEKTRONIKA, ELEKTROTECHNIKA
I TECHNOLOGIE KOSMICZNE

AUTOREFERAT ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Badanie możliwości zastosowania niskomocowych urządzeń monitorowania wykorzystujących technologię MEMS do wykrywania uszkodzeń wybranych maszyn wirnikowych

Autor: mgr inż. Wojciech Staszewski

Promotor rozprawy: dr hab. inż. Adam Jabłoński, prof. AGH

Praca wykonana: Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Rada
Dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne, Wydział
Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej

Kraków, 2023

Spis treści

1. Streszczenie	3
2. Motywacja i cel pracy	6
3. Teza i zakres pracy	8
4. Problem badawczy	10
5. Najważniejsze wyniki pracy	11
6. O kandydacie	12
7. Inne osiągnięcia kandydata	14
8. Wykaz publikacji i udział w projektach	15

1. Streszczenie

W rozprawie doktorskiej przedstawiono koncepcję modelu nowatorskiego czujnika drgań wykorzystującego technologię MEMS (z ang. Micro-Electro-Mechanical-System) do oceny stanu technicznego maszyn wirnikowych w rozproszonych systemach monitorowania i diagnostyki. Rozprawa ma charakter interdyscyplinarny i przedstawia szereg badań symulacyjnych i badań rzeczywistych prototypów nowego czujnika. Badania wykonane w pracy doktorskiej miały wykazać, czy możliwe jest takie zaprojektowanie cyfrowego czujnika wykorzystującego technologię MEMS, aby można było nim zastąpić znacznie mniej elastyczne i problematyczne w produkcji, analogowe czujniki drgań wymagające skomplikowanych układów akwizycji danych.

Praca posiada kontekstową część teoretyczną dotyczącą wybranych aspektów systemów monitorowania i diagnostyki maszyn wirnikowych oraz opis komponentów drganiowych generowanych przez maszyny wirnikowe, dalej część teoretyczną określającą funkcjonalne wymagania projektowe dla nowego czujnika oraz część praktyczną obejmującą szczegółowe badania kolejnych modeli czujnika na poziomie analitycznym oraz ostateczną weryfikację spełnienia założeń projektowych (szczególnie wymagań przemysłowych) na sygnałach drgań zarejestrowanych na obiekcie rzeczywistym.

Praca doktorska była częściowo realizowana w ramach projektu badawczego nr POIR.04.01.04-00-0080/19 pt. "Nowa era FTF dla systemów oceny stanu technicznego maszyn wirnikowych - od urządzeń on-site do serwerów Industry 4.0" współrealizowanego przez Akademię Górniczo-Hutniczą im. Stanisława Staszica w Krakowie oraz przy współpracy z amerykańskimi firmami Analog Devices Inc. oraz The Machine Instrumentation Group, Ltd. Prace rozwojowe zakończone prototypową wersją czujników drgań wykonywane były głównie przez firmę AMC Tech Sp. z o.o., wobec czego w pracy doktorskiej opis tej części jest odpowiednio ograniczony.

Ostateczna forma pracy doktorskiej ma charakter modułowy, gdyż część prac miała charakter badań B+R, na podstawie których uzyskano nową wiedzę. Dotyczy to głównie samej konstrukcji mechanicznej czujnika, projektu informatyczno-elektronicznego architektury komunikacji oraz modelu rozwoju oprogramowania. W ramach opracowywania części sprzętowej nowego czujnika, prace badawcze realizowane były z wykorzystaniem układów scalonych nowej generacji, których opis literaturowy był znikomy. Wiele obszarów, zwłaszcza w kontekście wpływu zastosowanych materiałów na złożoną

charakterystykę amplitudowo-częstotliwościową odpowiedzi częstotliwościowej układu było jednocześnie badane poprzez symulacje, klasyczne metody analityczne oraz specjalistyczne pomiary empiryczne. Część przyjętych rozwiązań w obszarze komunikacji została podyktowana wymogami przemysłowymi pod kątem realizacji zadań systemów oceny stanu technicznego maszyn wirnikowych (wytyczne Polskiego Komitetu Organizacyjnego oraz ISO). Z kolei model rozwoju oprogramowania wymagał wielokrotnej aktualizacji z uwagi na bieżący rozwój narzędzi wspomagających oprogramowanie, przy jednoczesnym zapewnieniu możliwości utrzymywania kodu źródłowego. W konsekwencji, w ramach realizacji pracy doktorskiej, kandydat zagłębił się dość szczegółowo w zagadnienia związane z rozwojem oprogramowania na systemach wbudowanych, znajomością różnych języków oprogramowania oraz programowania komunikacji typu multi-platform w czasie rzeczywistym.

Główne problemy badawcze podjęte w pracy doktorskiej dotyczyły projektowania topologii architektury czujnika, hybrydowej analizy charakterystyk amplitudowo-częstotliwościowych odpowiedzi częstotliwościowych czujnika (z ang. FRF - Frequency Response Function) oraz rozwoju dedykowanych metod cyfrowego przetwarzania sygnałów drgań w celu wyznaczenia wartości skalarnych wskaźników oceny stanu technicznego maszyn wirnikowych oraz opracowania metodologii zautomatyzowanego rozwoju oprogramowania. Najważniejszym zagadnieniem dotyczącym głównego problemu badawczego było opracowanie sposobu na uzyskanie wymaganych własności mechanicznych czujnika (jako całego systemu) podczas kolejnych modyfikacji w zakresie architektury układów elektronicznych i interfejsów komunikacji, przy zachowaniu wymaganej funkcjonalności diagnostycznej (tj. funkcji obliczeniowych). Od samego początku w pracy doktorskiej przyjęto metodologię projektowania mechatronicznego wykorzystującego tablice morfologiczne. Kolejne wersje poszczególnych rozwiązań testowano różnymi metodami. W wyniku prowadzonych badań zaproponowano model koncepcji czujnika, który spełnił stawiane wymagania zachowując względną łatwość wykonania (cecha bardzo istotna z punktu widzenia kosztów produkcji). Poza pracami o charakterze badawczym, charakter pracy doktorskiej wymagał dość rozległego studium istniejących rozwiązań w zakresie platform wbudowanych, systemów monitorowania i diagnostyki maszyn, analizy modalnej oraz chronionych rozwiązań dotyczących się czujników drgań (zwłaszcza z uwagi na prace przygotowawcze w ramach udzielonego patentu dla kandydata).

W wyniku przeprowadzonych badań naukowych potwierdzono główną tezę pracy doktorskiej, demonstrując porównywalną skuteczność nowego czujnika wykorzystującego technologię MEMS do skuteczności typowych przemysłowych piezoelektrycznych czujników drgań w ramach możliwości detekcji badanych uszkodzeń maszyn wirnikowych, zarówno w niskich częstotliwościach (zgodnie z ISO 20816), jak i w wysokich pasmach częstotliwości strukturalnych obejmujących lokalne uszkodzenia łożysk tocznych. Jednocześnie, jak wykazano w pracy, alternatywne zastosowanie cyfrowych czujników drgań niesie za sobą szereg nowych możliwości w zakresie łatwiejszej skalowalności i większej elastyczności architektury rozproszonych systemów monitorowania i diagnostyki maszyn, zarówno pod kątem zastosowań w prostych układach PLC, jak i w nowoczesnych realizacjach w ramach Industry 4.0. Najważniejsze naukowe wyniki pracy doktorskiej obejmują patent PL 238650 B1 pt. „Sposób i urządzenie pomiarowo-transmisyjne do akwizycji danych pomiarowych układów mechatronicznych”, publikacje w czasopiśmie Diagnostyka oraz wystąpienia konferencyjne na Ogólnopolskim Sympozjum Diagnostyka Maszyn. Ponadto, pozytywne wyniki zrealizowanej pracy doktorskiej stały się przyczynkiem do obecnie realizowanego projektu badawczego nr POIR.01.01.01-00-0052/22 pt. "Cyfryzacja Utrzymania Ruchu w elastycznym modelu subskrypcyjnym", którego istotą jest zwiększenie poziomu cyfryzacji przemysłu maszynowego poprzez opracowanie systemu umożliwiającego w pełni autonomiczne wykrywanie uszkodzeń maszyn, na podstawie analizy danych przesyłanych z zakładu przemysłowego do oprogramowania serwerowego, w nowoczesnej architekturze IIoT (Industrial Internet of Things), dla której nowoczesne cyfrowe czujniki drgań wykorzystujące technologię MEMS są bardzo ważnym elementem.

2. Motywacja i cel pracy

Maszyny obsługują niemal każdy aspekt rozwiniętych społeczeństw. Ludzkość polega na maszynach przy produkcji większości towarów, żywności, paliw, części, papieru, tworzyw sztucznych, etc. Kiedy maszyny zawodzą lub osiągają gorsze wyniki, linie produkcyjne przestają funkcjonować prawidłowo, co może przerwać łańcuchy dostaw. Wraz ze wzrostem naszej zależności od maszyn rośnie również potrzeba sposobów uczynienia ich bardziej niezawodnymi, wydajnymi i skutecznymi. W odpowiedzi na te zapotrzebowania od wielu dekad na całym świecie rozwijają się różne technologie zmniejszające ryzyko awarii maszyn oraz koszty eksploatacji maszyn w trakcie okresu ich eksploatacji. A jednak maszyny wciąż zawodzą. Dzieje się tak nie wskutek braku możliwości zapobiegania awariom, lecz wskutek niedostatecznego wdrożenia systemów oceny stanu technicznego maszyn i urządzeń.

Przyczyn awarii maszyn jest kilka. Po pierwsze, poza dużymi turbozespołami (które zwykle stanowią niewielki ułamek całej populacji maszyn, tj. poniżej 2%), większość maszyn nie jest monitorowana w sposób ciągły. Innymi słowy, w większości zakładów średnio nawet 98% maszyn nie jest monitorowanych w sposób stały, lecz podlegają strategiom pomiarów interwałowych z użyciem przenośnych mierników (rzadziej analizatorów) drgań. Po drugie, wnioskowanie z danych zbieranych okresowo z definicji wymaga analizy manualnej, co skutkuje nieuniknionym czynnikiem ryzyka. Przenośne gromadzenie danych pojawiło się po raz pierwszy na początku lat 80. XX, jako alternatywa dla bardzo kosztownych (ponad 3000 USD za punkt pomiarowy) systemów monitorowania ciągłego. Chociaż nowe instrumenty zredukowały koszty do jednego urządzenia, to wymagały wykwalifikowanego pracownika do obsługi - chodzenia do maszyny, zbierania danych, ustawiania alarmów, reagowania na alarmy, interpretacji danych oraz wnioskowania. Ten stan rzeczy miał miejsce do niedawna. Jednakże, w międzyczasie koszty pracy wzrosły czterokrotnie. W konsekwencji, w celu utrzymania kosztów monitorowania maszyn, typową praktyką stało się wydłużanie okresów przeprowadzania pomiarów, co negatywnie wpływa na skuteczność detekcji uszkodzeń. Ręczne zbieranie danych napotyka również na problem skalowania systemów, tj. niewielkie możliwości zwiększania liczby urządzeń i częstotliwości pomiarów przy tym samym zapleczu.

W ramach nowoczesnych inicjatywy transformaty cyfrowej, systemy muszą być jednocześnie budżetowe, efektywne i skalowalne – czyli jednocześnie posiadać zalety dotychczasowych systemów ciągłych oraz dotychczasowych systemów przenośnych.

Tematyka pracy doktorskiej dotyczy potencjalnego rozwiązania ważnego elementu nowego systemu, tj. cyfrowego czujnika drgań, który umożliwia skalowalność systemów oraz korzystnie wpływa na zmniejszenie kosztów instalacji. Istotą badań kandydata było takie zaprojektowanie nowego czujnika, aby ograniczyć zmniejszenie jego efektywności (w ramach wykrywania uszkodzeń) względem piezoelektrycznych czujników analogowych.

Z powyższych rozważań wziął pomysł na usprawnienie procesu oraz monitorowanie i diagnostykę systemów mechatronicznych przy pomocy systemów wbudowanych małej mocy, które dzięki swoim parametrom mogą być powszechniej dostępne oraz umożliwić diagnostykę maszyn, które do tej pory nie były diagnozowane.

3. Teza i zakres pracy

Przygotowana przez autora praca doktorska skupia się na badaniu tezy:

„Możliwe jest opracowanie sposobu na uzyskanie wymaganych własności mechanicznych czujnika (jako całego systemu) podczas kolejnych modyfikacji w zakresie architektury układów elektronicznych i interfejsów komunikacji, przy zachowaniu wymaganej funkcjonalności diagnostycznej (tj. funkcji obliczeniowych)”.

Zakres wykonanych prac obejmował szeroką gamę działań związanych z projektowaniem, budową i testowaniem systemu diagnostycznego do monitorowania stanu technicznego maszyn. Prace te były prowadzone w celu opracowania nowoczesnego i wydajnego narzędzia diagnostycznego, które umożliwiłoby wczesne wykrywanie usterek i awarii, zapewniając tym samym poprawną i niezawodną pracę maszyn.

Na etapie projektowania przeprowadzono szczegółową analizę wymagań i specyfikacji systemu. Zidentyfikowano kluczowe funkcje i parametry, a następnie na tej podstawie opracowano architekturę systemu, uwzględniając różnorodne moduły, takie jak czujniki, jednostki centralne oraz moduły komunikacyjne.

Kolejnym etapem było zaprojektowanie miniaturowych prototypowych urządzeń pomiarowych. Skupiono się na wykorzystaniu zaawansowanych technologii, takich jak MEMS, które umożliwiają osiągnięcie mniejszych rozmiarów i lepszej wydajności. Opracowano również specjalne obudowy, które zapewniały ochronę przed czynnikami zewnętrznymi, takimi jak woda czy kurz, spełniając wysokie normy szczelności (np. IP67).

Po wykonaniu prototypów urządzeń przystąpiono do ich testowania. Przeprowadzono szereg eksperymentów laboratoryjnych, które miały na celu sprawdzenie dokładności i niezawodności pomiarów oraz ocenę wydajności systemu. Wykorzystano symulacje komputerowe, pomiary referencyjne i porównawcze, a także testy na stanowisku badawczym. W trakcie testów szczególną uwagę zwracano na stabilność pomiarów, odporność na zakłócenia zewnętrzne oraz kompatybilność i łatwość integracji z różnymi typami maszyn.

Po udanej fazie testów przystąpiono do stworzenia autorskiej metodologii szybkiego rozwoju oprogramowania zaawansowanych metod przetwarzania sygnałów w skrośnym modelu rozwoju oprogramowania (z ang. *Host-Target*) na platformę wbudowaną wyposażoną w procesor ARM Cortex-M z wykorzystaniem narzędzia MATLAB Embedded

Coder oraz modułu Code Replacement Library umożliwiające wykorzystanie bibliotek CMSIS.DSP w procesie zautomatyzowanego generowania kodu źródłowego na podstawie wzorcowej funkcji w środowisku MATLAB oraz skryptu testowego wraz z ilustracją sposobu szybkiego dostosowywania kodu do własnych potrzeb. W celach popularyzacji nauki, jako przykład demonstrujący użyto istotnego skalarnego wskaźnika diagnostycznego, jakim jest wartość skuteczna prędkości drgań, zgodnie z ISO 20816.

4. Problem badawczy

Główne problemy badawcze podjęte w pracy doktorskiej dotyczyły kolejno:

- (i) zaprojektowania topologii architektury czujnika i obejmują autorskie koncepcje kandydata w ujęciu mechatronicznym z wykorzystaniem tablic morfologicznych (zob. m.in. patent PL 423514),
- (ii) wykonania hybrydowej analizy charakterystyk amplitudowo-częstotliwościowych odpowiedzi częstotliwościowych czujnika (z ang. FRF - Frequency Response Function) i obejmują jednoczesne wykorzystanie modelowania MES, badań laboratoryjnych i testów na obiekcie rzeczywistym, oraz
- (iii) rozwoju dedykowanych metod cyfrowego przetwarzania sygnałów drgań w celu wyznaczania wartości skalarnych wskaźników oceny stanu technicznego maszyn wirnikowych i obejmują opracowanie metodologii zautomatyzowanego generowania kodu źródłowego dla wybranych platform STM32 wyposażonych w procesor Cortex-M z użyciem narzędzia MATLAB Embedded Coder oraz nakładki CRL (z ang. Code Replacement Library) umożliwiającej wykorzystanie interfejsu programistycznego CMSIS.DSP (z ang. Cortex Microcontroller Software Interface Standard Digital Signal Processing) wraz z opracowaniem autorskiej metody szybkiego obliczania tendencji rozwojowych przebiegów czasowych (dalej z ang. zwanej "detrend"), zwiększania wiarygodności wskaźników diagnostycznych oraz rozwiązania problemu względnie małego dopuszczalnego rozmiaru bufora FFT CMSIS.DSP względem wymaganej ilości próbek sygnału wejściowego w procesie obliczania sygnału obwiedni.

5. Najważniejsze wyniki pracy

W wyniku przeprowadzonych badań naukowych potwierdzono główną tezę pracy doktorskiej, demonstrując porównywalną skuteczność nowego czujnika wykorzystującego technologię MEMS do skuteczności typowych przemysłowych piezoelektrycznych czujników drgań w ramach możliwości detekcji badanych uszkodzeń maszyn wirnikowych, zarówno w niskich częstotliwościach (zgodnie z ISO 20816), jak i w wysokich pasmach częstotliwości strukturalnych obejmujących lokalne uszkodzenia łożysk tocznych.

Najważniejsze naukowe wyniki pracy doktorskiej obejmują patent PL 238650 B1 pt. „Sposób i urządzenie pomiarowo-transmisyjne do akwizycji danych pomiarowych układów mechatronicznych”, publikacje w czasopiśmie *Diagnostyka* oraz wystąpienia konferencyjne m. in. na Ogólnopolskim Sympozjum *Diagnostyka Maszyn*. Praca doktorska była częściowo realizowana w ramach projektu badawczego nr POIR.04.01.04-00-0080/19 pt. *„Nowa era FTF dla systemów oceny stanu technicznego maszyn wirnikowych - od urządzeń on-site do serwerów Industry 4.0”* współrealizowanego przez Akademię Górniczo-Hutniczą im. Stanisława Staszica w Krakowie oraz przy współpracy z amerykańskimi firmami *Analog Devices Inc.* oraz *The Machine Instrumentation Group, Ltd.* Ponadto, pozytywne wyniki zrealizowanej pracy doktorskiej stały się przyczynkiem do obecnie realizowanego projektu badawczego nr POIR.01.01.01-00-0052/22 pt. *„Cyfryzacja Utrzymania Ruchu w elastycznym modelu subskrypcyjnym”*, którego istotą jest zwiększenie poziomu cyfryzacji przemysłu maszynowego poprzez opracowanie systemu umożliwiającego w pełni autonomiczne wykrywanie uszkodzeń maszyn, na podstawie analizy danych przesyłanych z zakładu przemysłowego do oprogramowania serwerowego, w nowoczesnej architekturze IIoT, dla której nowoczesne cyfrowe czujniki drgań wykorzystujące technologię MEMS są bardzo ważnym elementem.

6. O kandydacie

Kandydat posiada szeroką wiedzę z zakresu języków programowania, w tym języków C, C++, C#, JavaScript i Python. Jego umiejętności programistyczne obejmują również frameworki i platformy programistyczne, takie jak .NET framework i Angular framework. Przez ponad 10 lat kandydat zdobywał doświadczenie w programowaniu i projektowaniu systemów, szczególnie związanych ze skalowalnymi systemami chmurowymi. Pracował zarówno z największymi na świecie dostawcami chmur, jak i w środowiskach chmur prywatnych. Jego główne obszary zainteresowań dotyczą rozwoju nowych technologii, w szczególności optymalizacji kodu źródłowego pod różne platformy, w tym platformy wbudowane, projektowania systemów skalowalnych oraz procesów rozpraszania komponentów oprogramowania w celu zapewnienia wysokiej dostępności. Od 2021 roku kandydat prowadzi w miejscu zatrudnienia szkołę dla adeptów programowania. Absolwenci tej szkoły są odpowiednio przygotowani do rozpoczęcia swojej pierwszej pracy zawodowej jako młodszy programiści.

Kandydat jest również zaangażowany jako współautor materiałów dydaktycznych dla przedmiotu "Systemy czasu rzeczywistego" na AGH, przekazując swoją wiedzę i doświadczenie studentom. Jego wkład polega na opracowaniu i udoskonalaniu materiałów dydaktycznych, które służą jako podstawowe narzędzia edukacyjne dla kursu. Ponadto, kandydat aktywnie uczestniczył w organizacji i przygotowaniu ćwiczeń laboratoryjnych związanych z układami wbudowanymi, które są kluczowym elementem tego przedmiotu. Był odpowiedzialny za testowanie i wdrażanie tych układów, zapewniając ich sprawne funkcjonowanie podczas zajęć laboratoryjnych. Dzięki temu studenci mieli możliwość praktycznego zastosowania teorii w rzeczywistych projektach, zdobywając cenne doświadczenie w dziedzinie systemów czasu rzeczywistego. Prócz tego, z pasji naukowej, kandydat wspiera uzdolnionych studentów w przygotowaniu się do obrony prac inżynierskich. Działa jako mentor, udzielając wsparcia i wskazówek w zakresie tematów projektów, opracowywania dokumentacji oraz prezentacji. Jego zaangażowanie i profesjonalizm przyczyniają się do sukcesu studentów i ich osiągnięć w tym ważnym etapie ich edukacji. Dzięki takiemu wielostronnemu zaangażowaniu, kandydat nie tylko wnosi cenny wkład w rozwój programu nauczania, ale także inspiruje i wspiera studentów w ich drodze do zdobycia wiedzy i osiągnięcia akademickich celów. Jego zaangażowanie w prowadzenie przedmiotu "Systemy czasu rzeczywistego", organizację ćwiczeń laboratoryjnych oraz wsparcie dla studentów stanowi istotny wkład w rozwój dydaktyki na AGH.

Oprócz prowadzenia samodzielnych badań naukowych, które zostały szczegółowo opisane w pracy doktorskiej, kandydat może pochwalić się również osiągnięciami jako autor dwóch innowacyjnych rozwiązań systemów IT. Pierwsze z tych rozwiązań jest oparte na zaawansowanych technologiach sztucznej inteligencji i stanowi narzędzie umożliwiające analizę dużych zbiorów danych finansowych. Dzięki wykorzystaniu zaawansowanych algorytmów i technik uczenia maszynowego, to rozwiązanie pozwala na precyzyjne przewidywanie trendów wydatkowych, identyfikację kluczowych wskaźników oraz podejmowanie decyzji inwestycyjno-oszczędnościowych. Drugie rozwiązanie, które zostało opracowane przez kandydata, to platforma internetowa umożliwiająca rejestrowanie, zarządzanie i analizę danych związanych z logistyką w czasie rzeczywistym. Dzięki wykorzystaniu zaawansowanych technologii internetowych, system ten umożliwia optymalizację procesów logistycznych.

7. Inne osiągnięcia kandydata

Kandydat osiągnął sukcesy w licznych konkursach programistycznych na różnych szczeblach, zarówno lokalnych, ogólnopolskich, jak i międzynarodowych:

- finalista w konkursie Hot-air Balloon Contest organizowanym przez Luxoft w 2022 roku,
- 3. miejsce w konkursie SmartWater by Wrocław w 2022 roku,
- 1. miejsce w konkursie Klimaton dla Miast organizowanym przez KMS w 2021 roku,
- 3. miejsce w konkursie Hack4Law by Currenda w 2021 roku,
- finalista w konkursie Aquathon by Proidea w 2021 roku,
- 3. miejsce w konkursie Code Play by Asseco w 2019 roku,
- Top 500 w konkursie Hash Code organizowanym przez Google w 2018 roku
- 2. miejsce w konkursie Codebattle by Onet w 2018 roku.

Kandydat wciąż rozwija swoje pasje i uczestniczy w bieżących konkursach w IT.

8. Wykaz publikacji i udział w projektach

Wykaz publikacji i konferencji naukowych:

1. Efficient calculation of VRMS in embedded systems with ARM Cortex-M microprocessors using CMSIS DSP library and MATLAB Embedded Coder, / Adam JABŁOŃSKI, **Wojciech STASZEWSKI**, Kacper MILAN // In Press / Springer Industry 4.0 and Smart Manufacturing — 2024
2. Optymalizacji deploymentu funkcji ze środowiska MATLAB na platformy Cortex-M4 - [Optimization of function deployment from MATLAB environment to Cortex-M4 platforms] / Adam JABŁOŃSKI, **Wojciech STASZEWSKI** // Invited Key Note Lecture at MATLAB Expo Polska 2024 — 2024
3. Metoda zapisu surowych danych binarnych w chmurowym systemie diagnostyki maszyn — [Method for storage of raw binary data in cloud diagnostic system] / **Wojciech STASZEWSKI**, Adam JABŁOŃSKI // W: Diagnostyka maszyn : XLIX ogólnopolskie sympozjum : Wisła, 27.02–2.03.2023 r. : streszczenia / oprac. Grzegorz Peruń ; Politechnika Śląska. Wydział Transportu i Inżynierii Lotniczej. — Katowice : Politechnika Śląska. Katedra Transportu Drogowego, 2023. — ISBN: 978-83-964252-1-8. — S. 73
4. Simple method of failure detection of rotary machines — Prosta metoda wykrywania usterek w maszynach wirnikowych / Andrzej Bielecki, Marzena BIELECKA, Adam JABŁOŃSKI, **Wojciech STASZEWSKI** // Diagnostyka / Polskie Towarzystwo Diagnostyki Technicznej ; ISSN 1641-6414. — 2021 — vol. 22 no. 4, s. 17–22. — Bibliogr. s. 21–22.
5. Modelling and testing of MEMS based vibration sensor for rolling element bearing fault detection / **Wojciech STASZEWSKI**, Adam JABŁOŃSKI, Kajetan DZIEDZIECH, Tomasz BARSZCZ // W: Diagnostyka maszyn : XLVII ogólnopolskie sympozjum : Wisła, 1.03.–5.03.2020 r. : [streszczenia] / red. Grzegorz Peruń, Łukasz Konieczny ; Politechnika Śląska. Wydział Transportu. — [Katowice : PŚ], [2020]. — ISBN: 978-83-7880-693-6. — S. 67.
6. Challenges in application of MEMS sensors for condition monitoring of machinery / **Wojciech STASZEWSKI**, Adam JABŁOŃSKI, Tomasz BARSZCZ // W: Diagnostyka maszyn : XLVI ogólnopolskie sympozjum : Wisła, 3.03.–7.03.2019 r. : streszczenia / red. Łukasz Konieczny, Grzegorz Peruń ; Politechnika Śląska. Wydział Transportu. — [Katowice : PŚ], [2019]. — ISBN: 978-83-930581-9-8. — S. 61.

7. A survey of communication protocols in modern embedded condition monitoring systems / **Wojciech STASZEWSKI**, Adam JABŁOŃSKI, Kajetan DZIEDZIECH // Diagnostyka / Polskie Towarzystwo Diagnostyki Technicznej ; ISSN 1641-6414. — 2018 — vol. 19 no. 2, s. 53–62. — Bibliogr. s. 61.
8. How to build a vibration monitoring system on your own? / Adam JABŁOŃSKI, Michał Żegleń, **Wojciech STASZEWSKI**, Piotr CZOP, Tomasz BARSZCZ // W: Advances in condition monitoring of machinery in non-stationary operations : proceedings of the 5th international conference on Condition Monitoring of Machinery in Non-stationary Operations, CMMNO'2016, 12–16 September 2016, Gliwice, Poland / eds. Anna Timofiejczuk, [et al.]. — Cham : Springer International Publishing, cop. 2018. — (Applied Condition Monitoring ; ISSN 2363-698X ; vol. 9). — ISBN: 978-3-319-61926-2; e-ISBN: 978-3-319-61927-9. — S. 111–121. — Bibliogr. s. 120–121, Abstr. — Publikacja dostępna online od: 2017-09-22.
9. Novel micro, wireless, mems-based condition monitoring system for modern machine tools with limited access / **Wojciech STASZEWSKI**, Adam JABŁOŃSKI, Tomasz BARSZCZ // W: MFPT 2017 Annual conference [Dokument elektroniczny] : 50 years of failure prevention technology innovation : 16-18 May 2017, Virginia Beach : proceedings. — Wersja do Windows. — Dane tekstowe. — [Virginia Beach] : [s. n.], [2017]. — S. 1–9. — Wymagania systemowe: Adobe Reader. — Tryb dostępu: <https://goo.gl/JQUW8A> [2017-07-07]. — Bibliogr. s. 9.
10. First-principle data-driven model in early warning diagnostics of rotating machinery malfunctions / P. CZOP, **W. STASZEWSKI**, T. UHL // W: ISMA2016 & USD2016 conferences [Dokument elektroniczny] : 27th Leuven conference on Noise and vibration engineering & 5th edition of the international conference on Uncertainty in Structural Dynamics USD2016 : Leuven, Belgium, 19–21 September 2016. — Wersja do Windows. — Dane tekstowe. — [Belgium : Katholieke University], [2016]. — e-ISBN: 978-90-73802-94-0. — S. [1–15] ID 576. — Wymagania systemowe: Adobe Reader. — Tryb dostępu: https://www.isma-isaac.be/isma_conf/fullprogramme.html [2016-10-24]. — Bibliogr. s. [14–15], Abstr.
11. How to build a vibration monitoring system on your own? / Michał Żegleń, **Wojciech STASZEWSKI**, Tomasz BARSZCZ, Piotr CZOP, Adam JABŁOŃSKI // W: 6thICTD, 5thCMMNO Gliwice 2016 : 5th International Conference on Condition Monitoring of Machinery in Non-Stationary Operations 2016, 6th International

Congress on Technical Diagnostics 2016 : 12–16 September 2016 : book of abstracts. — Gliwice : Publishing Institute of Fundamentals of Machinery Design. Silesian University of Technology, 2016. — Opis część. wg okł. — S. 24

Wykaz patentów autora:

1. Sposób i urządzenie pomiarowo-transmisyjne do akwizycji danych pomiarowych układów mechatronicznych — [Method and the measuring-transmission device for acquisition of the mechatronic devices measuring data] / Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie ; wynalazca: Adam JABŁOŃSKI, **Wojciech STASZEWSKI**. — Int.Cl.: G01H 1/04(2006.01). — Polska. — Opis patentowy ; PL238650B1 ; Udziel. 2021-06-25 ; Opubl. 2021-09-20. — Zgłosz. nr P.423514 z dn. 2017-11-20.

Udział w projektach B+R:

1. XSENSOR

Tytuł projektu: Wireless sensors with contactless battery and open communication protocol for increase of maintainability and environmental and economic efficiency of power generation equipment.

Stanowisko i okres zaangażowania: Programista, III.2016-XI.2017

Zakres obowiązków:

2016 r.: Szybkie prototypowanie

2017 r.: Integracja komponentów z produktami końcowymi (rozwój czujników i baterii)

2. PreFlexMS

Tytuł projektu: Predictable & Flexible Molten Salts Solar Power Plant

Stanowisko i okres zaangażowania: Programista, X-XI.2016

Zakres obowiązków:

Prace programistyczne związane z realizacją WP3 „Dispatch optimization and machine learning”.

3. RIKE

Tytuł projektu: Opracowanie robota do inspekcji pyłowych kotłów energetycznych

Stanowisko i okres zaangażowania: Programista, V.2018-IX.2020

Zakres obowiązków:

Badania przemysłowe:

- opracowanie architektury systemu wbudowanego modułu robota oraz poszczególnych jego elementów (układy sensoryczne, napędowe, zasilające itp.)
- opracowanie algorytmów lokalizacji
- opracowanie algorytmów sterowania
- opracowanie algorytmów akwizycji danych
- opracowanie metod konsolidacji danych (pomiarowe, lokalizacyjne, wizyjne)
- opracowanie architektury bazy danych
- weryfikacja założeń
- opracowanie specyfikacji
- projektowanie oprogramowania wysokopoziomowego
- implementacja algorytmów predykcji stanu technicznego na podstawie zebranych danych pomiarowych implementacja oprogramowania niskopoziomowego
- opracowanie planu testów
- testowanie systemów i oprogramowania

4. BLASTER

Tytuł projektu: Nowa era FTF dla systemów oceny stanu technicznego maszyn wirnikowych - od urządzeń on-site do serwerów Industry 4.0

Stanowisko i okres zaangażowania: Specjalista ds. rozwoju systemów wbudowanych, VIII.2020-VII.2021

Zakres obowiązków:

Badania przemysłowe:

ETAP 2- rozwój komunikacji interfejsem USB do wizualizacji wyników dla AVM2000 oraz opracowanie interfejsów implementujących algorytmy samouczące w profesjonalnym środowisku programistycznym,

ETAP 4 - adaptacja wysyłania danych Modbus TCP w AVS2000R oraz adaptacja interfejsu www w AVS2000R.

5. PREDICON

Tytuł projektu: Uniwersalny moduł diagnostyczno-prognostyczny dla systemów monitorowania stanu złożonych struktur mechanicznych pracujących w obecności zakłóceń o charakterze nie-Gaussowskim oraz zmiennych warunkach eksploatacyjnych

Stanowisko i okres zaangażowania: Inżynier systemowy, XI.2021-I.2023

Zakres obowiązków:

Badania przemysłowe (etap 1 i 4)

- koncepcja integracji w systemie monitorowania
- opracowanie koncepcji architektury systemu
- opracowanie modelu symulacyjnego do weryfikacji kompatybilności
- opracowanie algorytmów segmentacji
- opracowanie algorytmów progowania
- opracowanie algorytmów predykcji
- weryfikacja algorytmów w warunkach laboratoryjnych
- koncepcja integracji w systemie monitorowania

Prace rozwojowe (etap 5, zaangażowanie tylko przez 1 miesiąc)

- integracja algorytmów ze środowiskiem AVM
- testowanie algorytmów
- modyfikacje i poprawki
- wykonanie prototypów

Udział w projektach komercyjnych:

1. Vib Monitor (AVM4000): 2012-2019, Polska

Opis projektu: Projekt Vib Monitor (AVM4000) to wielokanałowy, modułarny i autonomiczny system, dedykowany zaawansowanej diagnostyce maszyn wirnikowych. Jego głównym celem jest monitorowanie i ochrona działających maszyn poprzez kondycjonowanie, wysokiej jakości akwizycję sygnałów oraz parametrów procesu, a także ciągłą analizę tych danych. W ramach tego projektu przyczynił się do rozwoju modułów interfejsu użytkownika, które umożliwiają użytkownikom łatwy dostęp do zebranych

danych oraz konfigurację systemu. Ponadto, miał również za zadanie utrzymanie kodu projektu, zapewniając jego ciągłość i poprawność działania.

Rola kandydata: Kandydat odpowiedzialny był za rozwój funkcjonalności oraz zapewnienie intuicyjnej i responsywnej nawigacji dla użytkowników. Pracował nad opracowaniem narzędzi konfiguracyjnych, które umożliwiają dostosowanie systemu do indywidualnych potrzeb i wymagań użytkownika. Ponadto, miał za zadanie utrzymanie kodu, w tym rozwiązywanie bieżących problemów, optymalizację działania oraz wprowadzenie niezbędnych poprawek. Autor wykorzystywał różne narzędzia, technologie i języki programowania, takie jak C++, dedykowane bazy danych oparte na plikach, system operacyjny Linux Slackware 13.37-14.2 w wersji wbudowanej dla procesorów Intel Atom, a także systemy operacyjne Windows XP/7/10 dla wersji desktopowej.

2. SIUiD: 2014-2018, Polska

Opis projektu: Projekt "SIUiD" jest centralnym systemem monitorowania i diagnostyki podsystemów infrastruktury kolejowej. Jego celem jest monitorowanie i diagnozowanie różnych elementów infrastruktury kolejowej.

Rola kandydata: Kandydat miał za zadanie rozwijać moduły interfejsu użytkownika, które umożliwiają wygodne korzystanie z systemu oraz prezentację zebranych danych diagnostycznych. Ponadto, przyczynił się również do opracowania narzędzi konfiguracyjnych, które umożliwiają dostosowanie systemu do indywidualnych potrzeb i wymagań. Istotnym aspektem było również utrzymanie kodu źródłowego projektu, co obejmowało rozwiązywanie bieżących problemów, wprowadzanie poprawek i optymalizację działania. W trakcie projektu "SIUiD" wykorzystywał różne technologie i narzędzia, takie jak system operacyjny Windows Server 2012 R2, baza danych SQL Server 2014, framework .NET (w wersji 4.5), język programowania C# (w wersji 5.0), technologia WCF oraz SNMP (wersja 1) do komunikacji sieciowej.

3. UZKTH: 2015, Polska

Opis projektu: Projekt "UZKTH" polegał na wdrożeniu zdalnego sterowania urządzeniami służącymi do obsługi przejazdów kolejowych, takimi jak zapory i sygnalizacja. Celem projektu było umożliwienie zdalnej kontroli tych urządzeń w celu zapewnienia bezpiecznej i

efektywnej operacji przejazdu kolejowego. W ramach projektu, skonfigurowano panele sterowania oraz przetestowano bibliotekę komunikacji SNMP. W projekcie wykorzystano różne technologie, takie jak system operacyjny Windows 7, baza danych SQLite, framework .NET (w wersji 4.5), język programowania C# (w wersji 5.0), technologia WCF oraz SNMP (wersja 1) do komunikacji sieciowej.

Rola kandydata: W zakresie odpowiedzialności autora w projekcie "UZKTH" znajdowało się rozwijanie narzędzi konfiguracyjnych, które umożliwiały dostosowanie paneli sterowania do indywidualnych wymagań i potrzeb użytkownika. Istotnym elementem było również przeprowadzenie testów biblioteki komunikacji SNMP w celu zapewnienia poprawności i niezawodności komunikacji między panelami sterowania a urządzeniami kolejowymi.

4. FEVER: 2017, Polska

Opis projektu: Projekt "FEVER" polegał na stworzeniu systemu pomiaru emisji spalin jako części mobilnego laboratorium samochodów osobowych. Celem projektu było umożliwienie precyzyjnego i dokładnego pomiaru emisji spalin bez konieczności ich rozcieńczania. W ramach projektu skonstruowano odpowiednią infrastrukturę pomiarową oraz opracowano oprogramowanie potrzebne do przeprowadzenia pomiarów.

Rola kandydata: W zakresie odpowiedzialności autora w projekcie "FEVER" znajdowało się rozwijanie interfejsu użytkownika, który umożliwiał intuicyjne i łatwe korzystanie z systemu pomiarowego. Istotnym elementem było również dostosowanie oprogramowania do potrzeb pomiarowych oraz zapewnienie odpowiedniej jakości i precyzji pomiarów emisji.

5. EDR: 2017-2019, Polska

Opis projektu: Projekt "EDR" polegał na stworzeniu systemu komputerowego, który wspiera rejestrację ruchu kolejowego na miejscu operatora. Celem projektu było zastąpienie tradycyjnego papierowego dziennika ruchu elektronicznym systemem, który umożliwia bardziej efektywne i precyzyjne zarządzanie informacjami dotyczącymi ruchu kolejowego, w szczególności miejsca i godziny przyjazdów oraz odjazdów pociągów ze stacji kolejowych. W ramach projektu zaimplementowano system EDR (Electronic Traffic Logbook), który umożliwia rejestrację ruchu kolejowego. System ten został opracowany z

wykorzystaniem technologii takich jak język programowania C++, środowisko X Window, baza danych PostgreSQL oraz system operacyjny Ubuntu 16.04.LTS.

Rola kandydata: W zakresie odpowiedzialności w projekcie "EDR" znajdowało się definiowanie planu testów oraz wykonanie testów mających na celu weryfikację spełnienia wymagań systemowych i wymagań klienta. W celu skutecznego zarządzania projektem i śledzenia postępu prac, wykorzystano narzędzia takie jak Mantis Bug Tracker, actiTime oraz system kontroli wersji Git.

6. HocoNet: 2018-2020, Szwajcaria

Opis projektu: Projekt "HocoNet" polegał na stworzeniu systemu komputerowego, który umożliwia zarządzanie czasem pracy oraz pacjentami w zakresie rehabilitacji w szpitalach. Celem projektu było usprawnienie procesów związanych z zarządzaniem czasem pracy personelu oraz monitorowaniem i planowaniem sesji rehabilitacyjnych dla pacjentów. W ramach projektu zaimplementowano system HocoNet, który wykorzystuje nowoczesne technologie, takie jak chmura MS Azure, framework Angular 6, język TypeScript (w wersji 2.7.2), platforma .NET Core 2.2 oraz framework Electron JS (w wersji 4.0.1). System HocoNet umożliwia zarządzanie danymi dotyczącymi czasu pracy personelu oraz sesji rehabilitacyjnych pacjentów, w tym wykorzystanie urządzeń i robotów rehabilitacyjnych. System posiadał również moduł akwizycji, analizy i prezentacji danych umożliwiający wnikliwą analizę jakości sesji treningowych pacjentów.

Rola kandydata: W zakresie odpowiedzialności autora w projekcie "HocoNet" znajdowało się zarządzanie projektem, projektowanie architektury systemu oraz rozwój modułów analizy oraz wizualizacji danych. Wykorzystano narzędzia takie jak Visual Studio 2017 Pro, Visual Studio Code (w wersji 1.25.1), Selenium IDE (w wersji 3.5.8), Team Foundation Server 2015 oraz system kontroli wersji Git.

7. Coolbox: 2021, Polska

Opis projektu: Coolbox to innowacyjny produkt w branży spożywczej, który obejmuje urządzenia chłodnicze z kodowanym dostępem do przestrzeni przechowalniczej. Urządzenia te są zorganizowane w formie boksów z zamkami oraz centralnym modułem sterującym, który jest obsługiwany za pomocą dedykowanej aplikacji mobilnej bądź klawiatury

numerycznej znajdującej się na urządzeniu. Projekt Coolbox był realizowany przy użyciu metodyki Scrum, która pozwoliła na elastyczne planowanie i dostosowywanie projektu do zmieniających się wymagań. W ramach projektu skupiono się na wykorzystaniu najnowszych technologii, takich jak React JS, TypeScript (w wersji 2.7.2), .NET 6 oraz SignalR, aby stworzyć zaawansowany system do zarządzania urządzeniami chłodniczymi oraz pozwalający obsługiwać zamówienia użytkowników. Do rozwoju projektu Coolbox wykorzystano narzędzia takie jak Visual Studio 2019 Pro, Visual Studio Code (w wersji 1.25.1) oraz system kontroli wersji Git. Dzięki temu zespół projektowy mógł skutecznie współpracować i tworzyć wysokiej jakości oprogramowanie.

Rola kandydata: W zakresie odpowiedzialności autora w projekcie Coolbox znajdowało się zarządzanie projektem, projektowanie architektury systemu oraz rozwój backendu. Zespół projektowy był odpowiedzialny za tworzenie funkcjonalności umożliwiających kodowany dostęp do przestrzeni przechowalniczej, interakcję z zamkami i modułem sterującym, a także integrację z aplikacją mobilną.

8. D-Flow: 2022-2024, Holandia

Opis projektu: D-Flow to kompleksowe narzędzie do programowania wizualnego, które umożliwia rozwijanie interaktywnych i immersyjnych aplikacji. Dzięki niemu można w łatwy sposób zintegrować różne urządzenia sprzętowe w jednym interfejsie, generując feedback w czasie rzeczywistym oraz analizując dane. D-Flow daje badaczom możliwość projektowania własnych protokołów eksperymentalnych przy minimalnym wymaganiom umiejętności programistycznych. Dzięki D-Flow istnieje również możliwość dostosowania istniejących aplikacji wchodzących w skład portfolio klienta, do własnych preferencji i potrzeb. Narzędzie to pozwala na elastyczne modyfikowanie istniejących aplikacji służących do badań czy terapii. Projekt D-Flow był realizowany w metodyce Scrum, która pozwoliła na efektywne planowanie i dostosowywanie projektu do bieżących wymagań. W ramach projektu skupiono się na wykorzystaniu najnowszych technologii, takich jak Angular 12, TypeScript (w wersji 4.2.0), .NET 7, SignalR oraz Sql Express. Dzięki temu osiągnięto zaawansowane funkcjonalności, zapewniające płynną komunikację, analizę danych oraz dostęp do bazy danych. Do rozwoju projektu D-Flow wykorzystano narzędzia takie jak Visual Studio 2022 Pro, Visual Studio Code (w wersji 1.78.2) oraz system kontroli wersji Git. Dzięki temu zespół projektowy mógł efektywnie współpracować i tworzyć wysokiej jakości oprogramowanie.

Rola kandydata: W zakresie odpowiedzialności autora w projekcie D-Flow znajdowało się zarządzanie projektem oraz rozwój pełnego stosu technologicznego (full-stack development) począwszy od baz danych idąc przez system asynchronicznej wymiany informacji bazujący na technologii SignalR, aż do modułów graficznych do wizualizacji danych w czasie rzeczywistym. Zespół projektowy był odpowiedzialny za tworzenie zaawansowanych funkcjonalności, które umożliwiają integrację sprzętu, analizę danych w czasie rzeczywistym oraz projektowanie i dostosowywanie eksperymentalnych protokołów badawczych.