

Autoreferat

dr inż. Paweł Piątek

25 kwiecień 2019

Spis treści

1	Wykształcenie	3
2	Przebieg zatrudnienia	3
3	Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2017 r. poz. 1789)	4
3.1	Tytuł i zakres osiągnięcia	4
3.2	Omówienie osiągnięcia	4
3.2.1	Wprowadzenie	4
3.2.2	Inteligentna Zakrętarka Elektromechaniczna - Smart Electric Torque Tool	5
3.2.3	Karty kontrolno-pomiarowe RT-DAC	17
3.2.4	Symulator echokardiografii przezprzełykowej Mr. TEEmothy	19
3.3	Podsumowanie	21
4	Pozostała działalność badawczo-rozwojowa	24
4.1	Kierunki badań	24
4.2	Udział w projektach badawczo-rozwojowych	25
4.3	Pozostałe osiągnięcia wdrożeniowe	26
4.4	Patenty i zgłoszenia patentowe	28
4.5	Nagrody i wyróżnienia	28
4.6	Odbyte staże i szkolenia	28
4.7	Współpraca międzynarodowa	29
4.8	Działalność recenzencka	30
5	Wykaz publikacji	30
5.1	Statystyki bibliometryczne	30
5.2	Publikacje po uzyskaniu stopnia doktora	31
5.2.1	Artykuły w czasopismach z Listy Filadelfijskiej	31
5.2.2	Meeting Abstract z Listy Filadelfijskiej	31
5.2.3	Artykuły w czasopismach	31
5.2.4	Rozdziały w książkach	33
5.2.5	Referaty w materiałach konferencyjnych	34
5.3	Publikacje przed uzyskaniem stopnia doktora	38
6	Działalność dydaktyczna	39
6.1	Kształcenie kadr	39
6.2	Prowadzone przedmioty	42
7	Działalność organizacyjna	42

1 Wykształcenie

1995 (7 czerwca) – uzyskanie tytułu zawodowego technika elektronika, Techniczne Zakłady Naukowe w Dąbrowie Górniczej,

- 7 czerwiec 1995r.,
- specjalność: elektryczna i elektroniczna automatyka przemysłowa.

2000 – uzyskanie tytułu zawodowego magistra inżyniera, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Elektroniki,

- 12 lipca 2000r. – obrona pracy,
- kierunek studiów: Automatyka i Robotyka, w zakresie: Automatyzacja procesów przemysłowych,
- wynik celujący.

2007 – uzyskanie stopnia doktora nauk technicznych w dyscyplinie Automatyka i Robotyka, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Elektroniki,

- 18 czerwca 2007 r. – obrona rozprawy doktorskiej,
- 4 lipca 2007 r. – nadanie stopnia doktora nauk technicznych przez Radę Wydziału Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Elektroniki AGH.

2 Przebieg zatrudnienia

- Od 1 października 2000r. – Katedra Automatyki i Robotyki, Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Elektroniki, Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie – asystent.
- Od 2001 – Inteco Sp. z o. o. – udziałowiec.
- Od 1 grudnia 2007r. – Katedra Automatyki i Robotyki, Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Elektroniki, Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie – adiunkt.
- Od 2016 – Medical Simulation Technologie Sp. z o. o. – udziałowiec.
- Od 2018 – Ecolife Sp. z o. o. – udziałowiec.

3 Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2017 r. poz. 1789)

3.1 Tytuł i zakres osiągnięcia

Zgodnie z ustawą z dnia 14 marca 2003r. o stopniach i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (tekst jednolity z dnia 27 września 2017), rozdział 2 Art. 16.2 punkt 2 podstawę wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego stanowi osiągnięcie naukowe w postaci oryginalnego osiągnięcia projektowego i konstrukcyjnego pt. „Systemy automatyki wbudowanej czasu rzeczywistego” obejmującego opracowanie i wdrożenie:

- Inteligentnej Zakrętkarki Elektromechanicznej SETT (Smart Electric Torque Tool);
- Kart kontrolno-pomiarowych RT-DAC;
- Symulatora echokardiografii przezprzełykowej Mr. TEEmothy.

3.2 Omówienie osiągnięcia

3.2.1 Wprowadzenie

Głównym obszarem mojej działalności naukowej i wdrożeniowej po uzyskaniu stopnia doktora było projektowanie i budowa nowoczesnych systemów automatyki służących do sterowania w czasie rzeczywistym. System czasu rzeczywistego to system, którego poprawność działania zależy nie tylko od wyniku logicznego algorytmu, ale także od czasu dostarczenia tego wyniku. Definicją, która wprowadza powiązanie systemu sterowania z procesem czy też obiektem sterowania, jest definicja zaproponowana przez prof. Tomasza Szmucę, który definiuje system czasu rzeczywistego jako „...system komputerowy, w którym obliczenia są wykonywane współbieżnie z procesem zewnętrznym, w celu sterowania, nadzorowania lub terminowego reagowania na zdarzenia występujące w tym procesie”¹.

Przedstawione przeze mnie elementy osiągnięcia projektowego i konstrukcyjnego są systemami bądź elementami systemów czasu rzeczywistego. Inteligentna zakrętkarka elektromechaniczna (przedstawiona w rozdziale 3.2.2) jest typowym systemem sterowania w czasie rzeczywistym. Dodatkowo zaprojektowany sterownik elektroniczny wraz z oprogramowaniem jest adekwatnym przykładem wbudowanego (osadzonego) systemu automatyki. Czas rzeczywisty występuje w tym urządzeniu w dwu aspektach. Elementy pomiarów i sterowania bezpośredniego muszą być realizowane z zachowaniem rygoru twardego czasu rzeczywistego (ang. Hard Real-Time²). Elementy diagnostyki, komunikacji oraz interfejsu użytkownika mogą być realizowane z rygorem miękkiego czasu rzeczywistego (ang. Soft Real-Time²). Drugi element

1 Szmuc T., *Analiza i projektowanie oprogramowania systemów czasu rzeczywistego, Analiza i projektowanie systemów komputerowych czasu rzeczywistego o różnym stopniu rozproszenia*, s. 32–87, Polskie Towarzystwo Informatyczne Oddz. Małopolska, Kraków, 2001.

2 Szmuc T., *Zaawansowane metody tworzenia oprogramowania systemów czasu rzeczywistego*, CCATIE, Krakowskie Centrum Informatyki Stosowanej, Kraków, 1998.

osiągnięcia, czyli karty pomiarowo-sterujące rodziny RT-DAC (ang. Real-Time Data Acquisition and Control) został przedstawiony w rozdziale 3.2.3. Karty zostały zaprojektowane jako elementy większych systemów sterowania czasu rzeczywistego. Ich podstawową funkcją jest dostarczanie informacji o stanie obiektu sterowania oraz aplikacja sterowania za pośrednictwem odpowiednich interfejsów sterowania mocą. Ponadto same karty są systemami czasu rzeczywistego typu twardego. Są one wyposażone w układy FPGA (wyjątek stanowi tylko karta RT-DAC-2), w których realizowane są zadania bezpośredniego sterowania układami elektronicznymi karty, czyli np. przetwornikami analogowo-cyfrowymi i cyfrowo-analogowymi. Sterowanie tymi układami odbywa się z zachowaniem rygoru twardego czasu rzeczywistego. Trzecim elementem osiągnięcia projektowo-konstrukcyjnego jest symulator echokardiografii przezprzełykowej Mr. TEEmothy opisany w rozdziale 3.2.4. Symulator ten jest również systemem czasu rzeczywistego. Sprzęt i oprogramowanie symulatora musi odpowiednio reagować na ruchy trenującego lekarza i zmieniać obraz wirtualnego badania, tworząc możliwie najbardziej realne wrażenia u użytkownika. W tym przypadku można mówić o systemie czasu rzeczywistego typu miękkiego. Niedotrzymanie czasu reakcji symulatora spowoduje pogorszenie jakości symulacji, ale nie spowoduje jej zatrzymania.

Każdy z opisanych w kolejnych rozdziałach elementów osiągnięcia projektowo-konstrukcyjnego jest systemem automatyki czasu rzeczywistego. Szybkość działania przedstawionych systemów oraz typy (ze względu na sposób spełnienia ograniczeń czasowych) są różne. Jednak we wszystkich obliczenia muszą być „... wykonywane współbieżnie z procesem zewnętrznym, w celu sterowania, nadzorowania lub terminowego reagowania na zdarzenia występujące w tym procesie”¹.

Opracowywanie, projektowanie, budowa, a także wdrażanie do użytkowania systemów sterowania czasu rzeczywistego dla różnego typu urządzeń i obiektów były moim głównym kierunkiem prac naukowo-badawczych prowadzonych po uzyskaniu stopnia doktora.

3.2.2 Inteligentna Zakrętarka Elektromechaniczna - Smart Electric Torque Tool

Od około 10 lat zajmuję się tematyką zakrętarek elektromechanicznych do sprężania połączeń śrubowych. W okresie od 2014.09.01 do 2017.08.31 byłem kierownikiem i wykonawcą projektu pod tytułem Inteligentna Zakrętarka Elektromechaniczna - Smart Electric Torque Tool (SETT), dofinansowanego przez NCBiR w ramach programu INNOTECH III, ścieżka In-Tech. Projekt ten był realizowany przez konsorcjum złożone z Akademii Górniczo-Hutniczej (Katedra Automatyki i Robotyki) oraz Zakładu Budowy Maszyn OSSA (ZBM OSSA), producenta zakrętarek. Efektem prac tego projektu było opracowanie i zbudowanie zakrętarki SETT.

Sprężanie połączeń gwintowych

Zakrętarki elektromechaniczne są urządzeniami służącymi do sprężania połączeń śrubowych, czyli mówiąc potocznie – do dokręcania śrub. Różnią się jednak znacznie od znanych wszystkim wkrętarek stosowanych w domach i warsztatach czy też kluczy udarowych pneumatycznych stosowanych w warsztatach samochodowych. Zakrętarki elektromechaniczne służą do zakręcania śrub o wymiarach M30 i większych, z momentami powyżej 1000 Nm. Urządzenia takie są najczęściej stosowane do skręcania stalowych konstrukcji budowlanych w przemyśle

petrochemicznym i chemicznym czy też w energetyce. Na rys. 1 przedstawiono typowe konstrukcje przemysłowe skręcane zakrętkami elektromechanicznymi.



Rys. 1. Typowe konstrukcje skręcane z wykorzystaniem zakrętarek elektromechanicznych.

Zakrętarka SETT

Zakrętarka SETT jest nowoczesnym urządzeniem o cechach niespotykanych w rozwiązaniach konkurencyjnych. W trakcie prac nad jej konstrukcją zostało rozwiązanych wiele problemów i zostało zastosowanych kilka innowacyjnych rozwiązań.

Zakrętarka SETT przewyższa dotychczasowe rozwiązania poprzez:

- poprawę dokładności zakręcania,
- poprawę powtarzalności zakręcania,
- zwiększenie ilości dostępnych nastaw momentów zakręcania,
- możliwości monitorowania i dokumentowania przebiegu zakręceń,
- możliwości automatycznego „złuzowania” stopy reakcyjnej po zakręceniu,
- możliwości automatycznego zakręcania metodą kombinowaną przewidzianą w normie PN-EN 1090-2,
- zabezpieczenie przed uszkodzeniem zakrętarek w wyniku nieprawidłowej obsługi,
- zabezpieczenie przed przegrzaniem,
- uproszczenie i poprawienie bezpieczeństwa obsługi.

Rezultatem przeprowadzonych prac oraz projektu badawczego są dwa europejskie wnioski patentowe:

- European patent application EP3450107A1: TORQUE TOOL CONTROL ARRANGMENT, Date of application: 31.08.2017, Application number: EP17188780.5, Date of publication: 06.03.2019. **W tym wynalazku mój udział twórczy wyniósł 19,5%;**
- European patent application EP3450110A1: TORQUE TOOL LEVER POSITION DETECTION ARRANGMENT, Date of application: 31.08.2017, Application num-

ber: EP17188716.9, Date of publication: 06.03.2019. **W tym wynalazku mój udział twórczy wyniósł 28%.**

Trzeci wniosek patentowy jest obecnie w fazie przygotowania zgłoszenia patentowego przez kancelarię rzecznika patentowego:

- Elektroniczny układ detekcji przejścia napięcia przemiennego przez zero. **W tym wynalazku mój udział twórczy wyniósł 32%.**

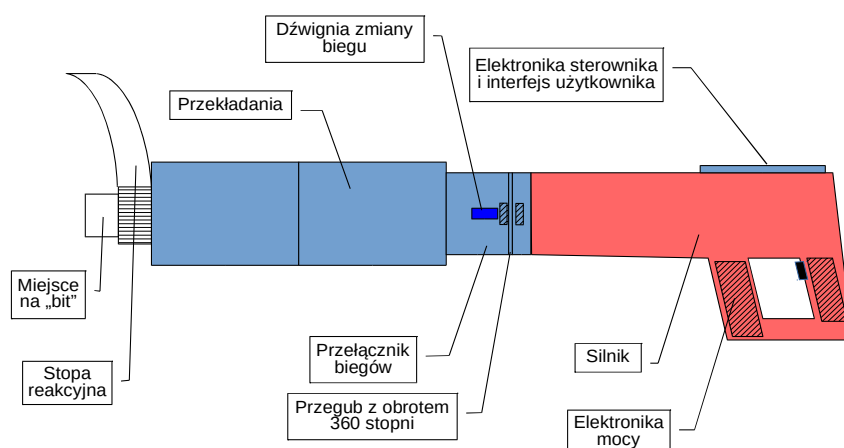
W celu sformalizowania warunków wdrożenia i komercyjnego zastosowania wyników projektu badawczo-wdrożeniowego SETT w sierpniu 2017 roku pomiędzy Akademią Górniczo-Hutniczą, a firmą ZBM OSSA została podpisana umowa o współwłasności praw do wynalazków. Celem umowy było określenie warunków komercjalizacji rozwiązania przez firmę ZBM OSSA.

Urządzenie obecnie jest wdrażane do produkcji w firmie ZBM OSSA. W obecnej chwili prowadzone są testy zakrętarki oraz została uruchomiona produkcja partii pilotażowej.

Zakrętarka elektromechaniczna - budowa

Typowa zakrętarka elektromechaniczna (rys. 2) składa się z następujących elementów:

- dwu lub trzystopniowej przekładni planetarnej podnoszącej moment obrotowy,
- dwubiegowej skrzyni biegów z manualnym przełącznikiem (dwa biegi pozwalają na zwiększenie roboczego zakresu momentów zakrętarki),
- silnika uniwersalnego o mocy do 1500W (elektryczna moc pobierana), 230V,
- sterownika silnika uniwersalnego z zadajnikiem momentu.



Rys. 2. Konstrukcja typowej zakrętarki elektromechanicznej.

Ograniczenia i problemy

Przy opracowaniu i budowie inteligentnej zakrętarki elektromechanicznej SETT należało rozwiązać kilka bardzo istotnych problemów naukowych i technicznych. Koncepcja, projekt oraz budowa całego urządzenia musiały realizować założone funkcjonalności. Z drugiej strony należało uwzględnić bardzo istotne ograniczenia. Część z nich to ograniczenia techniczne wy-

nikające ze sposobu działania zakrętarki. Inne ograniczenia były uwarunkowane względami technologicznymi lub ekonomicznymi. Najistotniejsze wymagania i problemy to:

- wymóg zastosowania jako napędu zakrętarki wysokoobrotowego silnika uniwersalnego (silniki te są łatwo dostępne, tanie i mają niewielkie rozmiary),
- wymóg umożliwienia zakręcania i odkręcania (napęd musi pracować w obu kierunkach),
- wymóg zachowania obrotowego przegubu 360° pomiędzy napędem i przełącznikiem biegów (uniemożliwia to zastosowanie połączeń kablowych w tym miejscu),
- wymóg zachowania dotychczasowej obudowy z niewielką ilością miejsca na układ elektroniczny (typ obudowy był wymuszony typem zastosowanego silnika, rys. 3).

Potrzeba zrealizowania wskazanych funkcjonalności przy jednoczesnym zachowaniu dosyć istotnych ograniczeń wymusiła zastosowanie w urządzeniu nieszablonowych i innowacyjnych rozwiązań, wcześniej niestosowanych w tego typu urządzeniach.



Rys. 3. Sterownik zakrętarki SETT w obudowie napędu.

Rozwiązania projektowe i konstrukcyjne zakrętarki SETT

Prace badawcze oraz konstrukcyjne nad zakrętarką SETT można podzielić na podzagadnienia ze względu na konstrukcję całego urządzenia. Są to następujące elementy: elektroniczny układ sterowania (w tym interfejs elektroniczny, układ pomiaru zera fazy, układ pomiaru prądu i innych parametrów, detekcja wyzwolenia, interfejs użytkownika), układ detekcji położenia dźwigni zmiany biegów, układ pomiaru momentu, układ komunikacji.

Koncepcja budowy oraz sterowania zakrętarki SETT

Nowatorskimi rozwiązaniami w konstrukcji zakrętarki SETT są: zastosowanie specjalnych rozwiązań sprzętowych (bezpośredni pomiar momentu z dedykowanym czujnikiem, specjalny sterownik umożliwiający implementację zaawansowanych algorytmów) oraz unikalny algorytm sterujący. W dotychczas produkowanych urządzeniach (zarówno przez ZBM OSSA jak i światową konkurencję) nie stosowano bezpośredniego czujnika momentu w torze sterowania zakrętarki. W zakrętarce SETT zastosowano czujnik, który został specjalnie w tym celu zaprojektowany i zbudowany (opis w dalszej części opracowania). Sygnał z czujnika (obok innych sygnałów pomiarowych, takich jak prędkość obrotowa i prąd) jest uwzględniony w algo-

rytmie sterowania. Dzięki temu uzyskano znaczną poprawę dokładności i powtarzalności zakręcania. Innowacyjny jest również sam algorytm sterujący, który przeciwdziała błędom dokręcania spowodowanym bezwładnością wirujących mas w przekładni.

Koncepcja budowy oraz sterowania zakrętarki SETT jest przedmiotem europejskiego zgłoszenia patentowego pt.: TORQUE TOOL CONTROL ARRANGMENT, o numerze EP3450107A1 (Application number: EP17188780.5). **Mój udział twórczy w tym wynalazku wyniósł 19,5%.**

Algorytmy sterowania i nadzoru zakrętarki

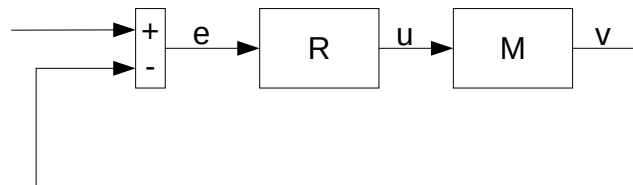
We współczesnych wbudowanych systemach sterowania można wyróżnić trzy warstwy: sprzętu, sterowników oprogramowania wbudowanego oraz algorytmiczną oprogramowania wbudowanego. W przypadku sterownika zakrętarki SETT właśnie w tej ostatniej warstwie zostały zrealizowane specjalistyczne algorytmy sterowania. Są one najistotniejszym wyróżnikiem całego systemu sterowania urządzenia. W spotykanych do tej pory konstrukcjach zakrętarek nie stosowano tego typu rozwiązań. Analogowe sterowniki zakrętarek realizują strategię zakręcania według następujących etapów:

- rozpędzenie do prędkości roboczej (zwykle 23 000 obr/min) z łagodnym startem silnika (tylko niektóre konstrukcje),
- praca z prędkością roboczą (stabilizacja prędkości regulatorem proporcjonalnym),
- obniżanie obrotów silnika związane z rosnącym tarciem w połączeniu śrubowym (zwykle sterowanie osiąga na tym etapie wartość maksymalną),
- odcięcie zasilania silnika po osiągnięciu przez estymatę momentu wartości zadanej.

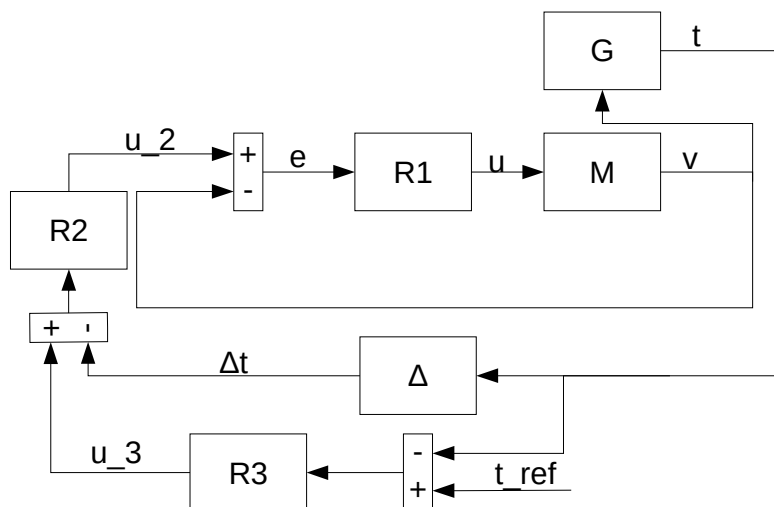
Taka strategia sterowania może powodować różne błędy i niedogodności, m.in.: pogarszanie estymaty momentu w miarę zmiany prędkości obrotowej, brak kontroli momentu przed rozpędzeniem silnika do prędkości roboczej. Bardzo istotnym problemem w trakcie zakręcania jest przekroczenie zadanej wartości momentu. Efekt ten jest szczególnie uwypuklony dla momentów zadanych mieszczących się w dolnych zakresach dopuszczalnych zakrętarki (np. moment zadany 700 Nm dla zakrętarki o zakresie 500÷2700 Nm). W wyniku działania dużych sił związanych z bezwładnością wirujących mas przekładni, po odcięciu zasilania napędu, śruba może być poddana momentom większym niż zadany. Dzieje się tak, ponieważ przekładnia kręci się jeszcze chwilę po wyłączeniu zasilania silnika. Niesie to zagrożenie zerwania połączenia gwintowego.

W zakrętarce SETT zastosowano kilka nowych rozwiązań algorytmicznych mających na celu poprawę dokładności i powtarzalności zakręcania. Najważniejszym z nich jest zastosowanie specjalnej struktury przełączanych regulatorów prędkości, mające na celu minimalizację opisanego wcześniej efektu „przekręcania” śruby. Dla momentów mierzonych mniejszych niż pewien moment progowy (mniejszy niż moment zadany), do stabilizacji prędkości wykorzystywana jest pojedyncza pętla regulacji z regulatorem prędkości (rys. 4). Dla momentów mierzonych większych niż wartość progowa i mniejszych niż wartość zadana do stabilizacji prędkości wykorzystywany jest kaskadowy układ regulacji złożony z trzech regulatorów (R1 – wewnętrzny, R2 – środkowy, R3 – zewnętrzny) (rys. 5). Regulator R3 służy do zmniejszania różnicy pomiędzy momentem mierzonym i zadany. Regulator R2 służy do zmniejszania szybkości narastania momentu. Regulator R1 stabilizuje prędkość obrotową silnika na warto-

ści zadanej, która z kolei jest zależna od szybkości narastania mierzonego momentu. Zaproponowana struktura regulacji pozwala na zmniejszenie prędkości obrotowej w końcowej fazie dokręcenia w sposób zależny od szybkości narastania momentu na połączeniu śrubowym. Dzięki temu sterownik zakrętarce może zareagować prawidłowo zarówno dla starej, zardzewiałej śruby, jak i dla nowej świeżo nasmarowanej. Przedstawiony algorytm sterowania jest szczegółowo opisany w zgłoszeniu patentowym TORQUE TOOL CONTROL ARRANGEMENT, o numerze EP3450107A1 (Application number: EP17188780.5).



Rys. 4. Podstawowy algorytm sterowania.



Rys. 5. Kaskadowy algorytm sterowania.

Innym nowym algorytmem zastosowanym w zakrętarce SETT jest algorytm estymacji momentu. Estymata została uzależniona od prądu skutecznego przepływającego przez silnik oraz prędkości obrotowej silnika. Ze względu na konieczność ograniczania złożoności obliczeń zastosowano model liniowy. Parametry modelu zostały dobrane metodami statystycznymi. W klasycznych rozwiązaniach zakrętarek nie stosuje się tego typu rozwiązań. Estymator może być stosowany w przypadku braku czujnika momentu obrotowego lub w przypadku jego uszkodzenia.

Oprócz algorytmów regulacji w zakrętarce SETT zastosowano również kilka innych rozwiązań algorytmicznych poprawiających jakość i bezpieczeństwo pracy operatora oraz zabezpieczających urządzenie przed uszkodzeniem. Są to m.in.: algorytm zabezpieczenia przed zmianą kierunku obrotów w trakcie pracy silnika, logika pracy procedury zakręcania, zabezpieczenie przed przegrzaniem i inne.

Jestem w 100% autorem algorytmów sterujących zakrętarki.

Czujnik momentu

Jedną z najbardziej znaczących innowacji w zakrętarcie SETT jest zastosowanie czujnika momentu mierzącego moment bezpośrednio na połączeniu śrubowym. W dotychczasowych rozwiązaniach konkurencyjnych nie stosowano i nie stosuje się podobnego rozwiązania. Moment dokręcenia w klasycznych rozwiązaniach zakrętarek jest szacowany na podstawie prądu przepływającego przez silnik. Estymata tego rodzaju jest obarczona wieloma błędami. Najbardziej istotnym jest wpływ mechanicznej przekładni i jej dynamiki. W zakrętarkach stosuje się wielostopniowe, wysokomomentowe przekładnie planetarne. Ich przełożenia dochodzą nawet do 10 000 razy. Elastyczność, bezwładność i inne zjawiska występujące w przekładni nie są wystarczająco odzwierciedlone w pomiarze prądu. Poprawność estymacji zależy także od jakości sterowania prędkością obrotową napędu. W przypadku prostych sterowników analogowych do kontroli prędkości zwykle wykorzystywany jest prosty regulator proporcjonalny, a sam pomiar prędkości również obarczony jest błędem. Dodatkowo, część zjawisk występujących w przekładni ma charakter niestacjonarny, w efekcie czego dokładność zakręcania zakrętarką jest zmienna w czasie i zależy np. od temperatury, czy też zużycia elementów mechanicznych.

Bezpośredni pomiar momentu oraz wykorzystanie tej informacji w układzie sterowania zakrętarki znacznie poprawia dokładność zakręcania. Konstrukcja i budowa odpowiedniego czujnika była trudnym zadaniem i wymagała rozwiązania licznych problemów.

Do zastosowania w zakrętarcie SETT został zaprojektowany i zbudowany tensometryczny czujnik momentu obrotowego. Tensometry i mostkowe układy pomiarowe są urządzeniami znanymi od lat. Jednak ograniczenia wprowadzone przez konstrukcję zakrętarki uniemożliwiły zastosowanie znanych rozwiązań. W zakrętarkach, pomiędzy przełącznikiem biegów i napędem, stosowany jest obrotowy przegub (rys. 2). Rozwiązanie takie uniemożliwia poprowadzenie przewodów zasilających i sygnałowych pomiędzy czujnikiem momentu i układem sterowania zakrętarki. W przypadku czujnika zakrętarki SETT został zaprojektowany i zbudowany dedykowany układ pomiarowy zasilany bateryjnie i komunikujący się z układem sterowania drogą radiową. Zastosowano specjalny układ tensometrów kompensujący naprężenie pochodzące od ugięć i mierzący tylko naprężenia skrętne mechanicznego elementu pomiarowego. Niespotykany w konstrukcjach innych zakrętarek jest również zastosowany układ pomiarowy i komunikacyjny pozwalający na dokładny pomiar z częstotliwością 350 Hz. Tak wysoka częstotliwość pomiaru jest niezbędna ze względu na charakter procesu sprężania i szybkość narastania momentu w końcowej fazie dokręcania śruby.

Jestem w 100% autorem koncepcji elektronicznego układu pomiarowego czujnika momentu. Mój udział w projekcie układu pomiarowego czujnika momentu wynosi 60%.

Elektroniczny układ sterowania

W zakrętarcie SETT zastosowano cyfrowy układ sterowania łącznie ze sterowaniem fazowym interfejsem energoelektrycznym. Na początku realizacji projektu nie było na rynku podobnych rozwiązań zakrętarek z silnikiem uniwersalnym. W klasycznych rozwiązaniach stosowany jest sterownik analogowy z proporcjonalnym regulatorem prędkości. Po osiągnięciu przez

zakrętarce zadanego momentu zakręcania (a właściwe estymaty momentu) sterownik odcina zasilanie napędu. W takim sterowniku nie ma możliwości zmiany konfiguracji regulatora oraz zmiany, czy też adaptacji parametrów. Zbudowany do zastosowania w zakrętarce SETT sterownik umożliwia realizację zaawansowanych algorytmów sterowania, zmianę konfiguracji i parametrów regulatorów.

Elektroniczny układ sterowania, miniaturyzacja

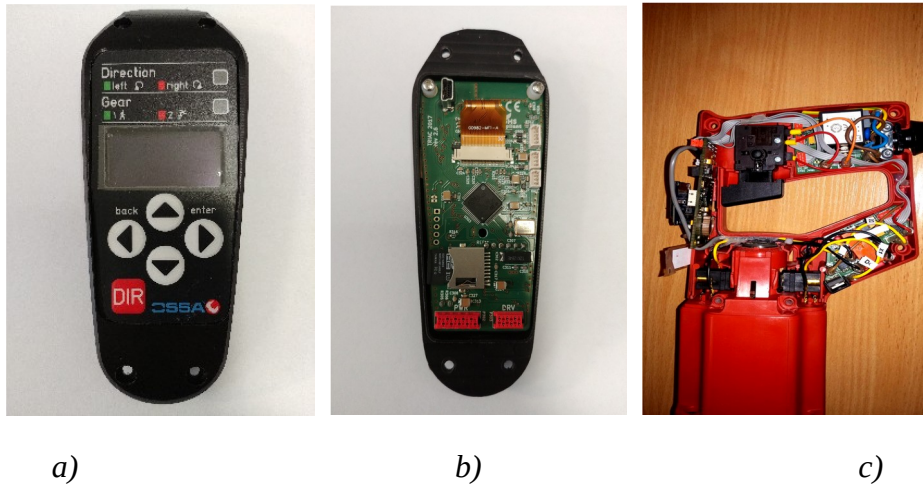
Elektroniczny układ sterujący zakrętarce musiał być umieszczony w dotychczasowej obudowie (rys. 3). Ograniczona ilość miejsca oraz duże zaburzenia elektromagnetyczne, których źródłem jest silnik komutatorowy spowodowały, że sam projekt i budowa układu elektronicznego były dużym wyzwaniem. Zastosowanie rozwiązań sprzętowych, które bardzo dobrze sprawdzają się w klasycznych układach sterowania, w zakrętarce nie dawało zadowalających efektów. Prototypowe układy sterujące działające na zewnątrz obudowy silnika, po umieszczeniu w obudowie, nie były odporne na zaburzenia elektromagnetyczne pochodzące od komutatora silnika (spontanicznie resetowały się, przypadkowo wzbudzały silnik itd.).

W celu uodpornienia wrażliwych układów pomiarowych i sterujących na zaburzenia zastosowano następujące rozwiązania niestosowane wcześniej:

- opracowanie odpowiedniego podziału układu elektronicznego na płytki drukowane (m.in. rozdzielenie układów pomiarowych, sterujących i energoelektronicznych w sposób ograniczający powstawanie niekorzystnych interakcji pomiędzy nimi),
- ograniczenie połączeń pomiędzy płytkami drukowanymi (minimalizacja ilości przewodów, poprzez odpowiedni rozdział układów pomiędzy poszczególnymi płytkami układu elektronicznego),
- zastosowanie odpowiednio zaprojektowanych czterowarstwowych płytek drukowanych (odpowiednie rozdzielenie sygnałów pomiędzy warstwami płytek i powiększenie ścieżek mas i zasilania poprawia odporność układu na zaburzenia),
- zastosowanie elementów tłumiących zaburzenia takich jak elementy TVS (Transil), dławiki, filtry (zastosowane głównie w celu wyeliminowania przepięć indukowanych w przewodach i ścieżkach płytek drukowanych przez iskrzący komutator),
- zastosowanie transmisji różnicowej pomiędzy poszczególnymi płytkami układu elektronicznego (zastosowane w celu uodpornienia sygnałów pomiarowych i sterujących na indukowane w przewodach zakłócenia),
- zastosowanie izolacji galwanicznej pomiędzy częścią energoelektroniczną oraz sterującą (zastosowane w celu uodpornienia sygnałów pomiarowych i sterujących na indukowane w przewodach zakłócenia oraz w celu odizolowania interfejsu użytkownika od sieci zasilającej),
- zastosowanie specjalnych algorytmów w oprogramowaniu wbudowanym (zastosowano m.in. w celu detekcji i eliminacji przypadkowych impulsów detekcji zera fazy napięcia zasilającego).

W efekcie zbudowany elektroniczny układ sterowania (rys. 6) jest miniaturowy, odporny na zaburzenia elektromagnetyczne i bezpieczny dla operatora.

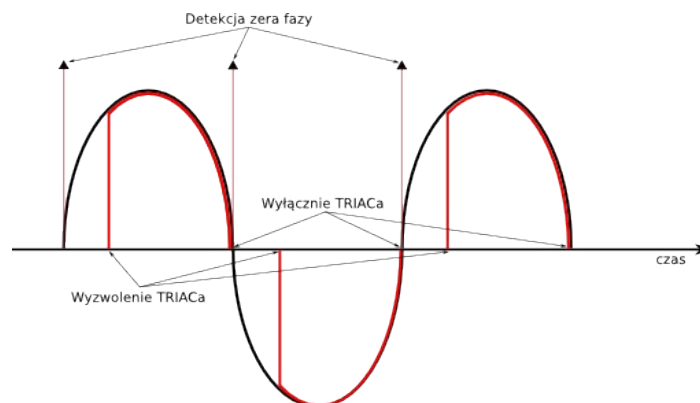
Jestem w 100% autorem koncepcji układu elektronicznego.



Rys. 6. Układ elektroniczny sterownika zakrętarki: a) obudowa interfejsu użytkownika, b) układ elektroniczny, c) sterownik umieszczony w obudowie napędu.

Elektroniczny układ sterowania, interfejs energoelektroniczny

Do napędu zakrętarki wykorzystano silnik uniwersalny. Zostało to podyktowane wymogiem uzyskania niskich kosztów produkcji oraz zgodnością z wcześniejszymi rozwiązaniami. Wymusiło to zastosowanie sterowania fazowego oraz adekwatnego interfejsu energoelektronicznego. Sterowanie fazowe jest powiązane z wykorzystaniem tyrystorowych elementów mocy, czyli m.in. triaków. Tego typu elementy są włączane sygnałem elektrycznym podanym na bramkę, ale ich wyłączenie następuje w chwili zmiany napięcia polaryzującego elektrody główne (anody A1 i A2) lub po zaniku (spadku poniżej pewnej granicznej wartości) prądu obciążenia. Na rys. 7 przedstawiono schematycznie sterowanie fazowe z wykorzystaniem triaka w przypadku obciążenia rezystancyjnego.



Rys. 7. Sterowanie fazowe.

W literaturze oraz w praktyce inżynierskiej powszechnie stosuje się tego typu rozwiązania do sterowania silnikami, lecz zwykle moce silników są niewielkie i nie występuje konieczność

zmiany kierunku obrotów. W zakrętarkach stosuje się silniki uniwersalne o mocach od 1000 W do 1500 W z możliwością pracy w obu kierunkach. Powoduje to powstawanie znaczącego iskrzenia pomiędzy komutatorem a szczotkami. Iskierzenie w silnikach mniejszych mocy lub w silnikach z możliwością pracy tylko w jednym kierunku (specjalna konstrukcja komutatora) jest mniejsze. Dodatkowym utrudnieniem jest charakter pracy napędu w zakrętarcie. W końcowej fazie dokręcania śruby prędkość silnika zakrętarki spada do bardzo niskich wartości, a przez obwód sterowania mocą płynie wysoki prąd bliski prądowi zwarciovemu silnika. Duże obciążenie indukcyjne w postaci silnika oraz znaczne zaburzenia elektromagnetyczne pochodzące od komutatora powodują, że powszechnie stosowane triaki typu „snubberless” nie zdają egzaminu w tym zastosowaniu i powodują powstawanie niekontrolowanych wyzwoleń elementu wykonawczego. Może się to objawiać szarpaniem silnika i „wstrzykiwaniem” znacznych zaburzeń do układu sterownia. W zakrętarcie SETT zastosowano zatem innowacyjne rozwiązania polegające na zastosowaniu: dodatkowego układu tłumienia zaburzeń wraz triakiem typu „snubberless” (Alternistory), pełnej izolacji galwanicznej sygnałów sterowania interfejsem energoelektronicznym, w pełni kontrolowanego przez mikrokontroler sterujący czasem otwierania triaka.

Jestem w 100% autorem koncepcji układu interfejsu energoelektronicznego oraz w 60% autorem projektu elektronicznego tego układu.

Elektroniczny układ sterowania, układ pomiaru zera fazy

W przypadku zastosowanego w zakrętarcie sterowania fazowego niezwykle istotna jest chwila wyzwolenia elementu mocy. Musi być ona ściśle powiązana z okresem napięcia zasilającego i precyzyjnie wyznaczona. W celu wyznaczenia chwili osiągnięcia przez napięcie zasilające wartości 0V stosuje się specjalne układy detekcji. Z uwagi na miniaturyzację układu elektronicznego oraz wymóg precyzyjnej detekcji zera napięcia zasilającego, został skonstruowany specjalny układ detektora. Charakteryzuje go niewielka liczba wykorzystanych elementów elektronicznych oraz zastąpienie elementów pasywnych elementami półprzewodnikowymi. Dzięki temu osiągnięto zwiększoną precyzję detekcji i poprawiono odporność układu na zaburzenia. Ograniczono również zużycie energii (w stosunku do znanych układów) i tym samym nagrzewanie się układu. W uzupełnieniu do układu elektronicznego, w oprogramowaniu wbudowanym, zostały zastosowane specjalne algorytmy zabezpieczające układ sterowania przed przypadkowym wyzwoleniem elementu mocy spowodowanym obecnością zaburzeń.

Elektroniczny układ detekcji zera napięcia zasilającego jest obecnie w fazie przygotowania zgłoszenia patentowego.

Jestem w 32% autorem elektronicznego układu detekcji zera fazy.

Elektroniczny układ sterowania, układ pomiaru prądu i prędkości, detekcja wyzwolenia, układ zmiany kierunku, interfejs użytkownika, sterownik.

Elektroniczny układ sterujący zakrętarki musi umożliwiać pomiar prądu przepływającego przez silnik w sposób umożliwiający wyliczenie estymaty momentu. W przedstawianym układzie sterowania został zastosowany scalony układ pomiaru prądu z czujnikiem Halla. Jest to miniaturowe i tanie rozwiązanie. Do tej pory w zakrętarkach nie wykorzystano takiego rozwiązania. Kolejnym układem pomiarowym zastosowanym w zakrętarcie jest układ pomiaru

prędkości obrotowej. Na wale silnika fabrycznie jest umieszczony magnes. W miejsce stosowanej w klasycznych rozwiązaniach cewki detekcyjnej, w zakrętarcie SETT został zastosowany czujnik z efektem Halla. Poprawiło to dokładność pomiaru oraz uodporniło układ na zaburzenia. Zakrętarka jest także wyposażona w czujnik temperatury, dzięki czemu można kontrolować przegrzanie silnika.

W dotychczasowych rozwiązaniach zakrętarek stosowano przełącznik ręczny zmiany kierunku obrotów. W zakrętarcie SETT został zastosowany elektroniczny układ zmiany kierunku obrotów silnika. Pozwala to na zautomatyzowanie niektórych czynności, np. automatycznego luzowania stopy reakcyjnej po zakręceniu śruby.

Układ sterowania został także wyposażony w interfejs użytkownika złożony z graficznego wyświetlacza, dedykowanej klawiatury oraz portu komunikacyjnego umożliwiającego podłączenie go komputera.

Dla zwiększenia bezpieczeństwa operatora cały interfejs użytkownika jest odizolowany galvanicznie od interfejsu energoelektronicznego. Układ elektroniczny został także wyposażony w możliwość rejestracji danych na karcie SD oraz interfejs USB. Możliwe jest zatem logowanie danych zakręcania w celu późniejszej analizy oraz ich prezentacja na podłączonym komputerze. W czasie pracy off-line urządzenie może logować dane na karcie. Historyczne dane zakręcania mogą być wykorzystane w celach diagnostycznych.

Wymienione elementy zastosowane w zakrętarcie SETT znacznie rozszerzają jej możliwości i czynią z niej urządzenie innowacyjne i niespotykane u konkurencji.

Jestem w 50% autorem elektronicznego układu sterowania (układ pomiaru prądu i prędkości, detekcja wyzwolenia, układ zmiany kierunku, interfejs użytkownika, sterownik).

Elektroniczny układ sterowania, oprogramowanie wbudowane

Sterownik zakrętarki jest złożonym systemem mikroprocesorowym. Oprócz elementów sprzętowych do jego pracy potrzebne jest oprogramowanie wbudowane. W zakrętarcie SETT został wykorzystany 32-bitowy mikrokontroler rodziny STM32F4xx z rdzeniem ARM Cortex M4. Oprogramowanie zostało zrealizowane w języku C. Opracowana aplikacja jest rozwiązaniem typu „bare metal”, czyli nie wykorzystano w niej systemu operacyjnego, czy też pseudo systemu operacyjnego. Dzięki temu zrealizowano system sterowania działający w reżimie twardego czasu rzeczywistego (ang. Hard Real-Time) przy jednoczesnym spełnieniu wymagań dotyczących miniaturyzacji urządzenia, ograniczenia zużycia energii oraz wymagań ekonomicznych.

Oprogramowanie wbudowane zakrętarki zostało wykonane w sposób modułowy. Zostały w nim wyraźnie rozdzielone funkcje obsługi elementów sprzętowych od funkcji realizujących poszczególne elementy funkcjonalne oprogramowania.

Warstwa obsługi elementów sprzętowych (ang. driverów) realizuje obsługę: peryferiów mikrokontrolera, układu detekcji zera fazy, sterowania interfejsem energoelektronicznym, zmianę kierunku obrotów, obsługę sprzętową interfejsu użytkownika i inne funkcje. Te funkcje oprogramowania są ściśle powiązane z konstrukcją układu elektronicznego oraz zastosowany-

mi elementami. W tym module oprogramowania zostały też umieszczone odpowiednie funkcje interfejsowe (ang. API – Application Programming Interface) dla warstwy algorytmów.

W warstwie algorytmów zostały umieszczone funkcje realizujące sterowanie, czyli regulatory, logika pracy urządzenia, komunikacja z użytkownikiem i inne. Funkcje te nie są związane bezpośrednio z zasobami sprzętowymi i występują w nich odwołania do funkcji API warstwy obsługi sprzętu. Dzięki temu mogą być w przyszłości wykorzystane w urządzeniu pracującym pod kontrolą innego mikrokontrolera.

Architektura oprogramowania wbudowanego umożliwia przyszłe wykorzystanie kodu algorytmów wygenerowanych w sposób automatyczny za pomocą oprogramowania pozwalającego na syntezę algorytmów sterujących w językach wysokiego poziomu.

Jestem w 100% autorem oprogramowania wbudowanego zakrętarki SETT.

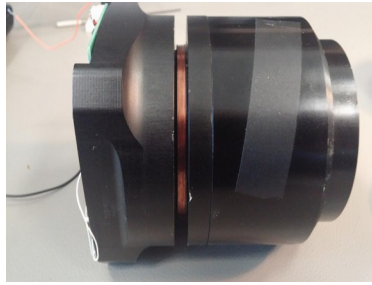
Układ detekcji położenia dźwigni zmiany biegów zakrętarki

Ze względu na konstrukcję mechaniczną zakrętarki występuje w niej obrotowy przegub pomiędzy napędem i skrzynią biegów (rys. 2). Przegub ten umożliwia umieszczenie zakrętarki na połączeniach śrubowych w różnych położeniach oraz ułatwia pracę operatora. Uniemożliwia jednak przeprowadzenie połączeń kablowych pomiędzy tymi elementami. Skrzynia biegów zakrętarki jest wyposażona w mechaniczny przełącznik biegów, przy pomocy którego operator wybiera bieg roboczy. W dotychczas stosowanych zakrętarkach operator uwzględniał położenie skrzyni biegów podczas wyboru nastawy zadajnika momentu zakrętarki. Taka procedura prowadziła często do nieprawidłowych zakręceń na złym biegu, czyli ze złym momentem.

Na potrzeby zakrętarki SETT został opracowany specjalny układ detekcji położenia dźwigni zmiany biegów. Służy on do przekazania informacji o położeniu dźwigni zmiany biegów do sterownika zakrętarki. W opracowanym układzie wykorzystano zjawisko indukcji i budowę pasywnego detektora (bez zasilania) po stronie przekładni oraz aktywnego układu wzbudzenia podłączonego do elektronicznego systemu sterowania. Zbudowane urządzenie (rys. 8) jest miniaturowe, nie wymaga zasilania po stronie przekładni i umożliwia pracę w warunkach zabrudzenia smarem i brudem.

Układ detektora jest przedmiotem europejskiego zgłoszenia patentowego pod tytułem *TORQUE TOOL LEVER POSITION DETECTION ARRANGMENT*, o numerze: EP3450110A1 (Application number: EP17188716.9).

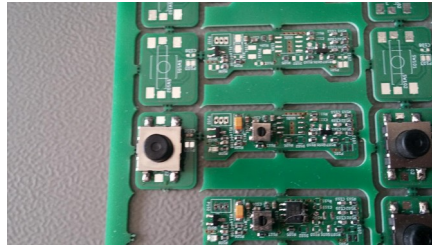
Mój udział twórczy w tym wynalazku wyniósł 28%.



a)



b)



c)

Rys. 8. Detektor położenia dźwigni zmiany biegów: a) detektor z widocznym transformatorem powietrznym, b) zamontowany w obudowie układ pasywnego detektora, c) układy elektroniczne pasywnego detektora i wzbudzenia.

3.2.3 Karty kontrolno-pomiarowe RT-DAC

Od 1997 roku do obecnej chwili współpracuję z firmą Inteco w zakresie projektowania, konstrukcji i produkcji kart kontrolno-pomiarowych dla komputerów osobistych. Karty te są wykorzystywane do sterowania systemami edukacyjnymi produkowanymi przez firmę oraz w innych celach pomiarowych. W czasie współpracy z firmą brałem udział w projekcie, konstrukcji i produkcji następujących kart pomiarowych:

- przed uzyskaniem stopnia doktora - karta RT-DAC-2 (analogowo-cyfrowa karta współpracująca z komputerem przez magistralę ISA), karta RT-DAC-3 (analogowo-cyfrowa karta współpracująca z komputerem przez magistralę ISA), karta RT-DAC-4/PCI (analogowo-cyfrowa karta współpracująca z komputerem przez magistralę PCI, wyposażona w układ FPGA), karta RT-DAC-4/PCI-D (cyfrowa wersja karty RT-DAC-4/PCI, bez interfejsów analogowych), karta RT-DAC-USB (analogowo-cyfrowa karta współpracująca z komputerem przez magistralę USB 1.1, wyposażona w układ FPGA), karta RT-DAC-USB-D (cyfrowa wersja karty RT-DAC-USB),
- po uzyskaniu stopnia doktora - karta RT-DAC-USB-2 (analogowo-cyfrowa karta współpracująca z komputerem przez magistralę USB 2.0, wyposażona w układ FPGA), karta RT-DAC-USB-2-D (cyfrowa wersja karty RT-DAC-USB-2), karta RT-DAC-PCIe (cyfrowa karta współpracująca z komputerem przez magistralę PCIe-xpress), karta RT-DAC-Zynq (cyfrowo-analogowa karta pomiarowa wyposażona w układ SoC Zynq, karta posiada własny mikroprocesor i możliwość uruchamiania zadań sterujących wygenerowanych automatycznie z programu MATLAB/Simulink).

W poniższej tabeli został zamieszczony mój udział autorski w budowie kart serii RT-DAC.

	Koncepcja układu elektronicznego	Projekt układu elektronicznego	Projekt obwodu drukowanego
Przed uzyskaniem stopnia doktora			
RT-DAC-2	100%	100%	100%
RT-DAC-3	100%	100%	100%
RT-DAC-4/PCI	100%	100%	100%
RT-DAC-4/PCI-D	100%	100%	100%
RT-DAC-USB	100%	100%	100%
RT-DAC-USB-D	100%	100%	100%
Po uzyskaniu stopnia doktora			
RT-DAC-USB-2	100%	100%	100%
RT-DAC-USB-2-D	100%	100%	100%
RT-DAC-PCIe	100%	80%	50%
RT-DAC-Zynq	100%	80%	50%

Zajmowałem się także opracowaniem i przeprowadzeniem testów prototypów, przygotowaniem produkcji (dobór elementów, przygotowanie dokumentacji produkcyjnej, współpraca z podwykonawcami), przygotowaniem i nadzorem nad produkcją (współpraca z podwykonawcami, logistyka produkcji, opracowanie i nadzór na procesem uruchamiania i kontroli jakości).

Ze względu na wykorzystanie rekonfigurowalnego układu FPGA (karty od wersji RT-DAC-3) opracowane karty pomiarowo-sterujące w czasie wprowadzania ich na rynek były rozwiązaniami innowacyjnymi w skali światowej. Na etapie komercjalizacji były to jedyne na rynku karty pomiarowo-sterujące umożliwiające zmianę funkcjonalności „sprzętowych” poprzez zmianę konfiguracji FPGA realizowaną w sposób programowy.

Wdrożenie

Karty są wykorzystywane do sterowania pracą edukacyjnych systemów mechatronicznych produkowanych przez Inteco oraz są sprzedawane jako osobny produkt. Od początku współpracy z firmą Inteco do dnia dzisiejszego zostało wyprodukowanych i sprzedanych ponad 1000 kart różnych typów. Karty te pracują u klientów na całym świecie m.in. w Polsce, Japonii, Malezji, USA, Francji, Ekwadorze, Meksyku, Australii, Algierii, Estonii, Emiratach Arabskich, Hong-Kongu, Tajwanie, Tajlandii, Pakistanie, Szwajcarii, Finlandii, Namibii.

Opis

Wszystkie karty pomiarowo-sterujące serii RT-DAC, z wyjątkiem pierwszej konstrukcji RT-DAC-2, są wyposażone w programowalne, cyfrowe układy FPGA. Funkcje sprzętowe karty takie jak np. generatory sygnałów PWM, obsługa enkoderów inkrementalnych, obsługa akwi-

zycji danych z przetworników analogowo-cyfrowych, są realizowane przez odpowiednio zdefiniowaną konfigurację układu programowalnego. Dzięki takiemu rozwiązaniu można osiągnąć dużą elastyczność. Dodatkowo, karty zostały wyposażone w możliwość zmiany konfiguracji z wykorzystaniem magistral służących do komunikacji z komputerem nadrzędnym. W przypadku kart PCI mechanizm konfiguracji wykorzystuje magistralę PCI do zmiany konfiguracji układu FPGA. Zmiana konfiguracji, czyli funkcji karty, jest możliwa za pomocą oprogramowania, bez konieczności wyłączania komputera i podłączania specjalistycznych programatorów. Z punktu widzenia producenta pozwala to na obniżenie kosztów produkcji z uwagi na fakt, że różne wersje kart mogą wykorzystywać tę samą wersję sprzętową, a zmiana wersji następuje poprzez zmianę konfiguracji układu FPGA. Firma Inteco produkuje różne systemy mechatroniczne połączone do komputera nadrzędnego z wykorzystaniem kart RT-DAC w tej samej wersji elektroniki różniących się wersją konfiguracji układu FPGA. Z punktu widzenia użytkownika zakup jednej karty umożliwia w przyszłości programową zmianę jej sprzętowych funkcji poprzez „wgranie” nowej wersji konfiguracji układu FPGA dostarczonej przez producenta karty. Proces ten jest na tyle prosty i bezpieczny, że niedoświadczony użytkownik może przeprowadzić go samodzielnie.

Najnowsze karty RT-DAC-Zynq są wyposażone w układ typu SoC (ang. System on a chip). Układ ten zawiera dwurdzeniowy procesor z rodziny ARM. Takie rozwiązanie umożliwia wygenerowanie zadania sterującego w komputerze nadrzędnym, np. z wykorzystaniem pakietu MATLAB/Simulink, przesłanie do karty i uruchomienie na wbudowanym w układ SoC procesorze. Integralnym elementem takiej karty sterującej jest wbudowane oprogramowanie umożliwiające sterowanie procesem przysyłania zadania sterującego, jak również procesem jego pracy i komunikacji z komputerem nadrzędnym.

3.2.4 Symulator echokardiografii przezprzełykowej Mr. TEEmothy

Od 2010 uczestniczę w projekcie budowy symulatora echokardiografii przezprzełykowej. W związku z tym projektem w czerwcu 2011 został złożony europejski wniosek patentowy pod tytułem *System and method for transesophageal echocardiography simulations* pod numerem EP20110461521. W roku 2015 został zaś przyznany patent europejski o numerze EP2538398.

Mój udział autorski w wynalazku wynosi 25% i jest potwierdzony udziałem w wymienionym patencie.

Mój autorski wkład polegał na opracowaniu koncepcji i części projektów sprzętowych elementów symulatora. Są nimi urządzenia elektroniczne i elektroniczno-mechaniczne przypominające urządzenia medyczne, czyli w tym przypadku sondę echokardiograficzną. Trenujący na symulatorze lekarz powinien mieć możliwie najlepsze odzwierciedlenie pracy na prawdziwym urządzeniu. System elektroniczny sondy umożliwia pomiar wszystkich parametrów związanych ze sposobem umieszczenia sondy w przełyku fantomu (manekina). Parametrami tymi są głębokość wsunięcia sondy do sztucznego przełyku, orientacja przestrzenna sondy, podgięcie końcówki sondy itd. Parametry te są następnie przesyłane do komputera z oprogramowaniem, który wyświetla w odpowiedni sposób obraz echokardiograficzny odpowiadający bieżącemu położeniu sondy.

Innowacyjny jest również sposób określania orientacji i pozostałych parametrów sondy symulatora. Zaprojektowany i zbudowany system jest lekki i wygodny w użyciu. Mieści się w całości w obudowie sondy, a do pracy wymaga jedynie podłączenia do komputera przez port USB. Rozwiązania konkurencji są wyposażone w duże i niewygodne systemy lokalizacyjne dostępne komercyjnie.

Wdrożenie

Od dwóch lat projekt symulatora jest prowadzony przez firmę Medical Simulation Technologies (MST), która powstała w celu komercjalizacji tego wynalazku.

Obecnie symulator jest komercyjnie wykorzystywany na szkoleniach lekarzy w całej Polsce.

Symulator został również sprzedany międzynarodowej firmie Abbot, która jest jedną z wiodących firm produkujących sprzęt przeznaczony do zabiegów kardiochirurgicznych.

W obecnej chwili firma MST kończy proces zawarcia umowy z dużą międzynarodową firmą zajmującą się m.in. dystrybucją systemów oraz sprzętu do szkolenia lekarzy.

Technologia wykorzystywana w symulatorze Mr. TEEmothy jest także podstawą dalszych prac firmy związanych z opracowaniem symulatorów mikroinwazyjnych zabiegów kardiochirurgicznych. Jednym z takich symulatorów jest symulator zabiegu naprawy zastawki mitralnej z wykorzystaniem urządzenia firmy Harpoon Medical.

Opis

Symulator Mr TEEmothy służy do trenowania lekarzy specjalistów w zakresie wykonywania badania echokardiografii przezprzełykowej. Rzeczywiste badanie tego typu wykonuje się z wykorzystaniem sondy echokardiograficznej wkładanej do przełyku pacjenta, podobnie jak w przypadku sondy gastroscopowej. Dzięki temu obraz serca obserwowany przez lekarza nie jest przesłaniany przez żebra i mostek. Możliwe są też do osiągnięcia projekcje niedostępne przy wykonywaniu badania z zewnątrz (przez klatkę piersiową, badania TTE), np. projekcje przeżołądkowe. Echokardiografia jest również podstawowym sposobem obrazowania medycznego wykonywanego podczas mikro i mało inwazyjnych operacji serca.

Ze względu na budowę sondy, sposób manipulowania nią oraz fakt, że wyświetlane obrazy są dwuwymiarowe, prawidłowe, szybkie i bezpieczne, wykonywanie tego badania wymaga od lekarza dużej wprawy. Może być to osiągnięte tylko przez długi trening. Przyjmuje się, że do sprawnego i prawidłowego wykonywania badania echokardiografista powinien wykonać około 150 badań. Należy zaznaczyć, że badanie jest wyjątkowo niekomfortowe dla pacjenta. Dodatkowo w skrajnych przypadkach nieprawidłowo przeprowadzone badanie może doprowadzić do perforacji przełyku pacjenta. Z tych powodów niezwykle istotną sprawą jest możliwość prowadzenia treningu na symulatorach.

Na światowym rynku obecne są rozwiązania symulatorów złożonych z fantomu oraz symulator fizycznej sondy (MedaPhor dawniej HeartWorks, CAE, Symbionix). Dostępne są również całkowicie wirtualne symulatory. Cechą wspólną tych rozwiązań jest sztuczne wytworzenie modelu serca oraz modelu samych wad serca. Innymi słowy grafik tworzy model pracującego serca wraz z zadanymi wadami. Model ten jest następnie odpowiednio przekształcony

(zniekształcony i zaszumiony) w celu wierniejszej reprezentacji obrazów echokardiograficznych.

Główną cechą odróżniającą symulator Mr. TEEmothy od rozwiązań konkurencyjnych jest sposób uzyskiwania modelu serca oraz sposób określania orientacji symulatora sondy. Modele serca uzyskiwane są na podstawie badań tomografii komputerowej (CT) i są bardziej realistyczne od tych wytworzonych sztucznie (konkurencyjnych), co wielokrotnie było podkreślane przez lekarzy trenujących na tym symulatorze. Po odpowiednim przetworzeniu uzyskane obrazy są bardzo zbliżone do obrazów pochodzenia ultrasonograficznego (TEE), posiadają charakterystyczne dla nich zakłócenia i artefakty. Uzyskane obrazy są ruchome i zawierają wszystkie fazy pracy serca.

Symulator Mr. TEEmothy składa się ze:

- specjalistycznego fantomu medycznego,
- sztucznego przełyku,
- elektronicznego urządzenia określającego głębokość wsunięcia sondy do przełyku,
- sprzętowego symulatora sondy echokardiograficznej wraz z układem określania orientacji sondy oraz orientacji kocówki symulatora sondy echokardiograficznej,
- specjalistycznego oprogramowania:
 - przetwarzającego trójwymiarowy model pracującego serca na model zbliżony jakością i sposobem obrazowania do obrazów uzyskiwanych z wykorzystaniem urządzenia do echokardiografii przezprzełykowej,
 - przeliczającego, w czasie rzeczywistym, orientację fizycznego symulatora sondy względem wirtualnego modelu serca i określającego płaszczyznę cięcia modelu trójwymiarowego,
 - wyświetlającego płaskie (2D) obrazy (symulujące obrazy uzyskiwane z wykorzystaniem echokardiografu) będące płaskimi wycinkami trójwymiarowego (3D) modelu serca,
 - pozwalającego na określanie podstawowych parametrów obrazu zbliżonych do tych uzyskiwanych w rzeczywistym badaniu (np. określanie wymiarów widocznych na obrazowaniu tkanek).

3.3 Podsumowanie

Mój autorski wkład w opracowanie i budowę inteligentnej zakrętarki elektromechanicznej SETT wyniósł:

- koncepcja budowy i sterowania zakrętarki (europejskie zgłoszenie patentowe) – 19,5%,
- algorytmy sterowania i nadzoru zakrętarki – 100%,
- czujnik momentu – koncepcja – 100%,

- czujnik momentu – projekt – 60%,
- elektroniczny układ sterowania – koncepcja – 100%,
- interfejs energoelektroniczny – koncepcja – 100%,
- interfejs energoelektroniczny – projekt – 60%,
- układ pomiaru zera fazy (polskie zgłoszenie patentowe w trakcie przygotowywania) – 32%,
- układ pomiaru prądu i prędkości, detekcja wyzwolenia, układ zmiany kierunku, interfejs użytkownika, sterownik – projekt – 50%,
- oprogramowanie wbudowane – 100%,
- układ detekcji położenia dźwigni zmiany biegów zakrętarki (europejskie zgłoszenie patentowe) – 28%.

Mój autorski wkład w opracowanie i budowę kart rodziny RT-DAC wyniósł:

- przed uzyskaniem stopnia doktora:
 - RT-DAC-2:
 - Koncepcja układu elektronicznego – 100%,
 - Projekt układu elektronicznego – 100%,
 - Projekt obwodu drukowanego – 100%,
 - RT-DAC-3:
 - Koncepcja układu elektronicznego – 100%,
 - Projekt układu elektronicznego – 100%,
 - Projekt obwodu drukowanego – 100%,
 - RT-DAC-4/PCI:
 - Koncepcja układu elektronicznego – 100%,
 - Projekt układu elektronicznego – 100%,
 - Projekt obwodu drukowanego – 100%,
 - RT-DAC-4/PCI-D:
 - Koncepcja układu elektronicznego – 100%,
 - Projekt układu elektronicznego – 100%,
 - Projekt obwodu drukowanego – 100%,
 - RT-DAC-USB
 - Koncepcja układu elektronicznego – 100%,

- Projekt układu elektronicznego – 100%,
- Projekt obwodu drukowanego – 100%,
- RT-DAC-USB-D:
 - Koncepcja układu elektronicznego – 100%,
 - Projekt układu elektronicznego – 100%,
 - Projekt obwodu drukowanego – 100%,
- po uzyskaniu stopnia doktora:
 - RT-DAC-USB-2:
 - Koncepcja układu elektronicznego – 100%,
 - Projekt układu elektronicznego – 100%,
 - Projekt obwodu drukowanego – 100%,
 - RT-DAC-USB-2-D:
 - Koncepcja układu elektronicznego – 100%,
 - Projekt układu elektronicznego – 100%,
 - Projekt obwodu drukowanego – 100%,
 - RT-DAC-PCIe:
 - Koncepcja układu elektronicznego – 100%,
 - Projekt układu elektronicznego – 80%,
 - Projekt obwodu drukowanego – 50%,
 - RT-DAC-Zynq:
 - Koncepcja układu elektronicznego – 100%,
 - Projekt układu elektronicznego – 80%,
 - Projekt obwodu drukowanego – 50%.

Mój autorski wkład w opracowanie i budowę symulatora echokardiografii przezprzełykowej Mr. TEE mothy wyniósł 25% (uzyskany patent europejski).

Przedstawiony autorski wkład wynika z podziału praw autorskich do wynalazku, który jest przedmiotem patentu.

4 Pozostała działalność badawczo-rozwojowa

4.1 Kierunki badań

Po uzyskaniu stopnia doktora moje prace naukowo-badawcze koncentrowały się na zagadnieniach projektowo-konstrukcyjnych opisanych w rozdziale 3 oraz na trzech istotnych dla mnie zagadnieniach naukowych opisanych poniżej.

Pierwszy z tematów naukowych, którymi zajmowałem się po uzyskaniu stopnia doktora, to układy niecałkowitego rzędu nazywane również układami ułamkowymi. Pomimo, że matematycy interesowali się zagadnieniami tego typu układów już XVII wieku (Leibniz, 1695), to w zainteresowaniu automatyków pojawiają się w latach 90 XX wieku (Podlubny, 1994). Najogólniej można określić, że są to układy, w których występuje pochodna niecałkowitego rzędu: $\alpha \in (0,1)$. Szczególnie interesującym dla mnie zagadnieniem była możliwość praktycznej realizacji regulatorów i filtrów ułamkowych. Ze względu na cechy pochodnej niecałkowitego rzędu, układów niecałkowitego rzędu nie można realizować numerycznie wprost z definicji. W tym celu należy zastosować aproksymacje. Aproksymacja taka z jednej strony powinna jak najwierniej oddawać cechy układu niecałkowitego rzędu, ale z drugiej strony powinna być możliwa do numerycznej realizacji. Interesującym dla mnie kierunkiem badawczym było badanie wrażliwości numerycznej aproksymacji układów ułamkowych oraz szukanie takich aproksymacji, których wrażliwość numeryczna jest niewielka. Publikacje z Listy Filadelfijskiej umieszczone w podrozdziale 5.2.1 pod pozycjami 3, 4 i 5 dotyczą tematyki praktycznej realizacji układów ułamkowych i problemów z nią związanych.

Drugim istotnym kierunkiem badań było podjęcie współpracy z kardiologami. Zaowocowała ona opracowaniem narzędzia do analizy historycznych danych EKG (ang. ECG) oraz opracowaniem zbioru danych i opracowaniem analiz kardiologicznych tych danych. Efektem końcowym tej współpracy był artykuł w International Journal of Cardiology (rozdział 5.2.1 pozycja 2) oraz dwa Meeting Abstract, które ukazały się w suplementach do czasopisma European Heart Journal (rozdział 5.2.2 pozycje 1 i 2).

Trzecim kierunkiem badań będących w moim zainteresowaniu po uzyskaniu stopnia doktora były zagadnienia związane z systemami sterowania w czasie rzeczywistym. W ramach tych prac zajmowałem się dwoma głównymi zakresami zagadnień. Pierwszy z nich to tworzenie i wdrażanie nowatorskich systemów sterowania w czasie rzeczywistym dla różnych procesów i obiektów sterowania. Ten fragment moich prac został szerzej opisany w rozdziałach 3 oraz 4.3. Drugi zakres zagadnień był związany z problemami, jakie występują w krytycznych czasowo systemach sterowania (systemy z bardzo krótkimi okresami sterowania) oraz błędami numerycznymi powstającymi w systemach sterowania mogącymi powodować np. destabilizację regulatorów lub filtrów. Publikacja w czasopiśmie z Listy Filadelfijskiej związana z systemami sterowania w czasie rzeczywistym, to pozycja 1 w podrozdziale 5.2.1.

Statystyka publikacji³

<i>Baza danych</i>	<i>Liczba cytowań</i>	<i>h-index</i>
Web of Science	160	8
Web of Science (z wyłączeniem autocytowań)	106	b/d
Scopus	266	11
Scopus (z wyłączeniem autocytowań)	210	9
Scopus (z wyłączeniem cytowań współautorów)	78	5
Google Scholar	405	13

4.2 Udział w projektach badawczo-rozwojowych

W czasie mojej pracy naukowej brałem udział w następujących projektach badawczych (*Okres realizacji, tytuł, numer, program, budżet, kwota dofinansowania, charakter pracy*):

- 2003 – 2005, *Grant promotorski*, 4 T11A 021 25, wykonawca,
- 2008 – 2011, *Zastosowania i analiza sterowanych układów dynamicznych*, N N514 414034, MNiSW, 262 750 zł, 262 750 zł, wykonawca,
- 2011 – 2013, *Algorytmy sterowania i zarządzania budynkami mieszkalnymi*, N N514 644440, NCN, 601620 zł, 601620 zł, wykonawca,
- 2011 – 2016, *Active Sub-Station (KIC ASS)*, KIC InnoEnergy (EIT) – 30_2011_IP26_KIC ASS, project value: 300 080Euro, wykonawca,
- 2011 – 2013, *Controllable and Inteligent Power Components (KIC CIPOWER)*, KIC InnoEnergy (EIT), 32_2011_IP28_CIPower, project value: 270 313Euro, wykonawca,
- 2012 – 2014, *Ultralekka Stabilizowana Platforma Pomiarowa dla Wiatrakowców*, UDA-POIG.01.04.00-12-127/11-00, Dz. 1.4 POIG, 4 921 126,00 zł, 3 193 385,00 zł, ekspert naukowy z zakresu automatyki robotyki,
- 2013 – 2014, *Opracowanie automatycznego urządzenia do digitalizacji obiektów za- bytkowych i przemysłowych*, Development of automatic device for digitalisation of industrial and historical objects, UDA-POIG.01.04.00-12- 124/11-00, Dz. 1.4 POIG, 5 032 841,00 zł, 2 695 728,25 zł, ekspert naukowy z zakresu automatyki i elektroniki,
- 2012 – 2013, *Opracowanie hybrydowego stanowiska do badania algorytmów stero- wania mobilnych systemów niestabilnych oraz łożysk magnetycznych*, wyposażonego w kartę pomiarowo-sterującą typu *PCI Express*, INNOTECH-K1/HI1/12/158460/ NCBR/12, NCBiR Program INNOTECH, 692 300,00 zł, wykonawca,
- 2014 – 2016, *Opracowanie hybrydowego stanowiska do badań i nauczania metodyki projektowania algorytmów sterowania systemów niestabilnych albo o parametrach rozłożonych, z kartą pomiarowo-sterującą o rozszerzalnej architekturze*, INNOTECH- K3/HI3/5/225945/NCBR/14, NCBiR Program INNOTECH 3, 1 233 678,00 zł, wyko- nawca,

³ Stan na 11 kwietnia 2019r.

- 2014 – 2017 *Intelligent Power Conditioning and Monitoring Interface for Smart Grid Prosumers (KIC Prointerface)*, KIC InnoEnergy (EIT), 26_2013_IP76_Prointerface, project value: 270 313 EUR, wykonawca,
- **2014 – 2017, *Inteligentna Zakrętarka Elektromechaniczna – Smart Electric Torque Tool*, INNOTECH-K3/48/225932/NCBR/14, NCBiR Program INNOTECH 3, 1 635 217 zł, 1 205 018 zł, wykonawca, kierownik,**
- **2015 – 2017, *Bezsztotkowa wysokomomentowa zakrętarka elektromechaniczna - Brushless electric torque tool*, Nr PBS3/B4/0/2015, NCBiR Program PBS 3, 1 572 462 zł, 1 292 462 zł, wykonawca, kierownik,**
- 2014 – 2017, *Projektowanie i zastosowanie podsystemów niecałkowitego rzędu w układach sterowania, Design and application of noninteger order subsystems in control systems*, 2013/09/D/ST7/03960, NCN, 366 350 zł, 366 350 zł, wykonawca.

4.3 Pozostałe osiągnięcia wdrożeniowe

Ważnym elementem mojej działalności badawczo-rozwojowej jest działalność wdrożeniowa. W czasie swojej działalności zawodowej starałem się, żeby moje prace miały charakter praktyczny i mogły być przynajmniej częściowo zastosowane w praktyce.

Brałem udział w wymienionych poniżej projektach, których celem było wdrożenie urządzeń lub systemów do produkcji.

Bezsztotkowa zakrętarka elektromechaniczna

Projekt ten był realizowany przez konsorcjum złożone z Akademii Górniczo-Hutniczej, Instytutu Napędów i Maszyn Elektrycznych KOMEL oraz firmy ZBM OSSA. Celem prac było określenie, czy technicznie jest możliwe oraz ekonomicznie uzasadnione skonstruowanie wysokomomentowej zakrętarki elektromechanicznej napędzanej silnikiem bezszczotkowym. Projekt został zakończony zbudowaniem demonstratora technologii. Obecnie planowane są dalsze prace mające na celu opracowanie prototypu urządzenia.

Kierowałem pracami projektowymi oraz byłem jednym z głównych wykonawców.

Active Power Filter (APF)

Projekt był wykonany przez konsorcjum złożone z Akademii Górniczo-Hutniczej oraz firmy ELSTA Elektronika Sp. z o.o. S.K.A. Celem projektu było opracowanie prototypu aktywnego filtra mocy przeznaczonego do filtracji wyższych harmonicznych, kompensacji mocy biernej i symetryzacji prądów w sieciach niskiego napięcia. W ramach projektu wykonano prototyp urządzenia. Firma ELSTA Elektronika wdrożyła następnie urządzenie do produkcji w roku 2017.

W tym projekcie byłem autorem koncepcji, projektu oraz wykonania elektronicznego układu sterującego dla demonstratora technologii.

Dynamic Voltage Restorer (DVR)

Projekt był realizowany przez konsorcjum złożone z Akademii Górniczo-Hutniczej oraz firmy ELSTA Elektronika Sp. z o.o. S.K.A. Celem projektu było opracowanie prototypu dynamicznego kompensatora napięcia. Urządzenia tego typu znajdują zastosowanie w sieciach niskiego napięcia w celu dynamicznej kompensacji zaburzeń napięciowych. W ramach projektu wykonano prototyp urządzenia. W przyszłości planowane jest wdrożenie.

W tym projekcie byłem autorem koncepcji, projektu oraz wykonania elektronicznego układu sterującego dla demonstratora technologii.

Symulator niskoinwazyjnej operacji naprawy zastawki mitralnej Harpoon Medical

Projekt był realizowany przez firmę Medical Simulation Technologies Sp. z o. o.. Jego celem było opracowanie oraz skonstruowanie symulatora nowatorskiej, niskoinwazyjnej operacji naprawy zastawki mitralnej. Symulator ten był opracowywany na zamówienie oraz we współpracy z amerykańską firmą Harpoon Medical. Firma ta jest obecnie częścią jednego z największych dostawców sprzętu i urządzeń do kardiochirurgii na świecie, firmy Edwards. Projekt zakończył się opracowaniem, zbudowaniem oraz dostarczeniem symulatora.

W projekcie tym byłem współautorem koncepcji i współautorem projektu układu pomiaru głębokości wsunięcia narzędzia chirurgicznego.

System monitoringu powietrza

Projekt realizowany przez firmę EcoLife Sp. z o. o.. Celem projektu było opracowanie i wdrożenie systemu monitoringu jakości powietrza wewnątrz budynków. Elementami składowymi są urządzenie mierzące jakość powietrza (cząsteczki pyłu zawieszonego PM10 i PM 2.5, VOC, temperatura, wilgotność, ciśnienie), aplikacja mobilna oraz oprogramowanie serwerowe do zarządzania systemem, gromadzenia danych i wykonywania obliczeń. System został wdrożony do produkcji i wprowadzony do sprzedaży w roku 2017.

W projekcie tym byłem współautorem projektu układu elektronicznego urządzenia mierzącego jakość powietrza.

RevoScan, urządzenie do automatycznej digitalizacji obiektów zabytkowych i przemysłowych

Projekt realizowany przez firmę Terramap Sp. z o. o.. Jego celem było opracowanie urządzenia oraz metod pozwalających w zautomatyzowany sposób digitalizować (tworzyć modele 3D) obiekty zabytkowe np. rzeźby. Prace zakończyły się opracowaniem i wdrożeniem urządzenia.

W projekcie tym byłem odpowiedzialny byłem za nadzór merytoryczny i analizę badań z zakresu automatyki, elektroniki i oprogramowania.

Ultralekka Stabilizowana Platforma Pomiarowa dla Wiatrakowców

Projekt realizowany przez firmę Adram Sp. z o. o. Jego celem było opracowanie i zbudowanie stabilizowanej platformy pomiarowej dla wiatrakowców (żyrokopterów). Urządzeniami pomiarowymi są w tym przypadku skanery LIDARowe do tworzenia numerycznych modeli

terenu, aparaty fotograficzne do wykonywania fotografii do tworzenia ortofotomap oraz urządzenia GPS/GNSS i IMU (Inertial Measurement Unit) do określania położenia oraz orientacji pozostałych urządzeń pomiarowych. Stabilizacja urządzeń pomiarowych miała ma celu poprawienie jakości danych oraz skrócenie czasów wykonywania nalołów pomiarowych poprzez zapewnienia lepszego pokrycia skanowanego terenu. Prace zakończyły się opracowaniem i zbudowaniem urządzenia oraz wprowadzeniem go do użytku.

W projekcie tym byłem współautorem koncepcji platformy.

4.4 Patenty i zgłoszenia patentowe

1. European patent: System and method for transesophageal echocardiography simulations, EP2538398, Date of publication: 26.12.2012 Bulletin 2012/52, Application number: 11461521.4.
2. European patent application: A system and a method for measuring quality of power, Date of application: 24.12.2014, Application number: EP14200271.6
3. Polish patent application: System i sposób pomiaru jakości energii elektrycznej, Date of application: 23.12.2014, Application number: P. 410633
4. European patent application: TORQUE TOOL CONTROL ARRANGMENT, EP3450107A1, Date of application: 31.08.2017, Application number: EP17188780.5
5. European patent application: TORQUE TOOL LEVER POSITION DETECTION ARRANGMENT, EP3450110A1, Date of application: 31.08.2017, Application number: EP17188716.9
6. Zgłoszenie patentowe planowane na maj 2019: ELEKTRONICZNY UKŁAD DETEKCJI PRZEJŚCIA NAPIĘCIA PRZEMIENNEGO PRZEZ ZERO.

4.5 Nagrody i wyróżnienia

- 2009 – wyróżnienie PTETiS podczas XIII Sympozjum PTETiS, Wisła 2009, za wygłoszony referat pt. „Cyfrowa filtracja sygnału położenia kąтового w aplikacji robota sześcionożnego”
- 2016 – zespołowa nagroda naukowa II stopnia Rektora Akademii Górniczo-Hutniczej.
- 2016 – zespołowa nagroda organizacyjna III stopnia Rektora Akademii Górniczo-Hutniczej.
- 2017 – zespołowa nagroda dydaktyczna III stopnia Rektora Akademii Górniczo-Hutniczej.

4.6 Odbyte staże i szkolenia

W okresie 01.10.2010 – 01.12.2010 odbyłem staż w firmie w Oprogramowanie Naukowo-Techniczne. Staż ten był finansowany z projektu pt.: „Wiedza i praktyka - klucz do sukcesu w biznesie” realizowanego w ramach Priorytetu VIII Regionalne Kadry Gospodarki, Działania

nia 8.2 Transfer wiedzy, Poddziałania 8.2.1 Wsparcie dla współpracy sfery nauki i przedsiębiorstw Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki.

W roku 2011 wziąłem udział w szkoleniu pt.: „*Komercjalizacja badań naukowych kluczem konkurencyjności województwa małopolskiego – szkolenia z zakresu zakładania i prowadzenia firm typu spin out i spin off*” nr POKL.08.02.01-12-017/08.

W roku 2013 odbyłem szkolenie w ramach projektu pt.: „*Wiedza i praktyka – klucz do sukcesu w biznesie*” realizowanego w ramach Priorytetu VIII Regionalne kadry gospodarki, Działania 8.2 Transfer wiedzy, Poddziałania 8.2.1 Wsparcie dla współpracy sfery nauki i przedsiębiorstw Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki. Cykl szkoleń pt.: „*Nauka dla Gospodarki – efektywne zarządzanie badaniami naukowymi i komercjalizacja wyników prac badawczych*” składał się ze następujących etapów:

- szkolenie pt.: „*Praktyczne aspekty komercjalizacji i funkcjonowanie spin-off*”,
- szkolenie „*Zarządzenie dużymi projektami badawczymi i ich finansowanie*”,
- wyjazd studyjny do Finlandii w okresie 25.11.2013 – 29.11.2013, w tym wizyty w Aalto University, Laurea University of Applied Science, Haaga-Hela University of Applied Science, Technopolis.

Od roku 2013 jestem członkiem stowarzyszenia IEEE i IEEE Industrial Electronics Society.

4.7 Współpraca międzynarodowa

Po uzyskaniu stopnia doktora uczestniczyłem w międzynarodowych projektach badawczych.

W latach 2011 – 2016 uczestniczyłem w projekcie pod nazwą, Active Sub-Station (KIC ASS), finansowany przez KIC InnoEnergy (EIT). Wartość projektu to 300 080 Euro. W projekcie uczestniczyłem jako wykonawca. Oprócz AGH, konsorcjum projektu tworzyły następujące instytucje i firmy: K.U. Leuven, TU/e, Eandis, CG Holdings Belgium NV, Gas Natural Fenosa, UPC, IREC, IST, KTH, STRI, ABB, Vattenfall, Bausch.

W latach 2011 – 2013 uczestniczyłem w projekcie pod nazwą, Controllable and Inteligent Power Components (KIC CIPOWER), finansowanym przez KIC InnoEnergy (EIT). Wartość projektu to 270 313 Euro. W projekcie uczestniczyłem jako wykonawca. Oprócz AGH, konsorcjum projektu tworzyły następujące instytucje i firmy: KTH, Uppsala University, ABB, Vattenfall, Technion, UPC, IST Lizbon, Tecnalía, INP Grenoble, K.U.Leuven, Eandis.

W latach 2014 – 2017 uczestniczyłem w projekcie pod nazwą, Intelligent Power Conditioning and Monitoring Interface for Smart Grid Prosumers (KIC Prointerface) finansowanym przez KIC InnoEnergy (EIT). Wartość projektu to: 270 313 EUR. W projekcie uczestniczyłem jako wykonawca. Oprócz AGH, konsorcjum projektu tworzyły następujące instytucje i firmy: KTH, UPC, Tauron Dystrybucja S.A, JES Energia Sp. z o.o., Elsta Elektronika Sp. z o.o. SKA.

W latach 2016-2018 w ramach zespołu firmy Medical Simulaltion Technologies brałem udział w opracowaniu oraz skonstruowaniu symulatora nowatorskiej, niskoinwazyjnej operacji naprawy zastawki mitralnej. Symulator ten był opracowywany na zamówienie oraz we

współpracy z amerykańską firmą Harpoon Medical. Firma ta jest obecnie częścią jednego z największych dostawców sprzętu i urządzeń do kardiochirurgii na świecie, firmą Edwards.

4.8 Działalność recenzencka

W okresie po uzyskaniu stopnia doktora byłem recenzentem w:

- The International Journal of Applied Mathematics and Computer Science (AMCS) – 1,
- International Conference on Methods and Models in Automation and Robotics (MMAR) – 3,
- Bio-Algorithms and Med-Systems (BAMS) –1,
- Automatyka/Automatics – 1.

5 Wykaz publikacji

5.1 Statystyki bibliometryczne

Publikacje

- Łączna liczba publikacji **84**, w tym **75** po uzyskaniu stopnia doktora, w tym:
 - **7** artykułów w czasopismach indeksowanych w Web of Science (wszystkie po uzyskaniu stopnia doktora) w tym **2** Meeting Abstract,
 - **18** artykułów w innych czasopismach (wszystkie po uzyskaniu stopnia doktora),
 - **5** rozdziałów w książkach (wszystkie po uzyskaniu stopnia doktora),
 - **45** referaty w materiałach konferencyjnych (wszystkie po uzyskaniu stopnia doktora),
- Sumaryczny Impact Factor publikacji: **38,955 (9,509)⁴**.

Statystyka publikacji⁵

- Web of Science:
 - h-index: **8**,
 - liczba cytowań: **160**,
 - liczba cytowań z wyłączeniem autocytowań: **106**,
- Scopus:
 - h-index: **11**,
 - h-index z wyłączeniem autocytowań: **9**,
 - h-index z wyłączeniem cytowań współautorów: **5**,
 - liczba cytowań: **266**,
 - liczba cytowań z wyłączeniem autocytowań: **210**,
 - liczba cytowań z wyłączeniem cytowań współautorów: **78**,

4 IF=38,955 czasopisma z LF i Meeting Abstract z LF, IF=9,509 czasopisma z LF.

5 Stan na 11 kwietnia 2019r.

- Google Scholar:
 - h-index: **13**,
 - liczba cytowań: **405**.

5.2 Publikacje po uzyskaniu stopnia doktora

5.2.1 Artykuły w czasopismach z Listy Filadelfijskiej

1. Baranowski, J. & Piątek, P. "Observer-based feedback for the magnetic levitation system", *Transactions of the Institute of Measurement and Control* 4.34 (2012), s. 422-435.
2. Kempny, A.; Dimopoulos, K.; Alonso-Gonzalez, R.; Alvarez-Barredo, M.; Tutarel, O.; Uebing, A.; Piątek, P.; Marino, P.; Swan, L.; Diller, G.-P.; Wort, S. J. & Gatzoulis, M. A. "Six-minute walk test distance and resting oxygen saturations but not functional class predict outcome in adult patients with Eisenmenger syndrome", *International Journal of Cardiology* 5.168 (2013), s. 4784-4789.
3. Baranowski, J.; Zagórska, M.; Bauer, W.; Dziwiński, T. & Piątek, P. "Applications of Direct Lyapunov Method in Caputo Non-Integer Order Systems", *Elektronika ir Elektrotechnika* 2.21 (2015), s. 10-13.
4. Baranowski, J.; Bauer, W.; Zagórska, M. & Piątek, P. "On Digital Realizations of Non-integer Order Filters", *Circuits, Systems, and Signal Processing* 6.35 (2016), s. 2083-2107.
5. Baranowski, J. & Piątek, P. "Fractional Band-Pass Filters: Design, Implementation and Application to EEG Signal Processing", *Journal of Circuits, Systems and Computers* 11.26 (2017), s. 1750170-1–1750170-21.

5.2.2 Meeting Abstract z Listy Filadelfijskiej

1. Kempny, A.; Dimopoulos, K.; Tutarel, O.; Tutaj, A.; Marchewka, D.; Piątek, P.; Swan, L.; Diller, G. P.; Wort, S. J. & Gatzoulis, M. A. "Prognostic value of ECG parameters in patients with Eisenmenger syndrome", *European Heart Journal* suppl. 1.34 (2013), s. P2103-P2103.
2. Kempny, A.; Gruebler, M.; Dimopoulos, K.; Tutarel, O.; Agra-Bermejo, R. M.; Piątek, P.; Swan, L.; Diller, G. P.; Wort, S. J. & Gatzoulis, M. A. "Qrs duration predicts life-threatening ventricular arrhythmia and death in adults with a systemic right ventricle", *European Heart Journal* suppl. 1.34 (2013), s. 372.

5.2.3 Artykuły w czasopismach

1. Piłat, A. & Piątek, P. "Wykorzystanie technologii FPGA w Katedrze Automatyki AGH do badań nad sterowaniem układami MagLev", *Automatyka* 12.2 (2008), s. 235–245.

2. Piątek, P. & Grega, W. "Speed analysis of a digital controller in time critical applications", *JAMRIS: Journal of Automation, Mobile Robotics & Intelligent Systems* 1.3 (2009), s. 57-61.
3. Piłat, A.; Piątek, P.; Marchewka, D. & Pauluk, M. "Przetwarzanie i analiza sygnałów w dedykowanym środowisku szybkiego prototypowania regulatorów dla silników elektrycznych", *Automatyka* 13.3 (2009), s. 1181–1187.
4. Piątek, M. & Piątek, P. "Cyfrowa filtracja sygnału położenia kątownego w układzie sterowania robota sześcionożnego", *Elektryka - Prace Naukowe Politechniki Śląskiej* 1.213 (2010), s. 93-105.
5. Długosz, M.; Piątek, P.; Baranowski, J. & Skruch, P. "Algorytmy sterowania i zarządzania budynkami mieszkalnymi", *PAR Pomiary Automatyka Robotyka* 12.15 (2011), s. 77-85.
6. Piątek, P. & Baranowski, J. "Investigation of fixed-point computation influence on numerical solutions of fractional differential equations", *Acta Mechanica et Automatica* 2.5 (2011), s. 101–107.
7. Baranowski, J.; Bauer, W.; Oleszczyk, M.; Piątek, P. & Windak, A. "Metody częstotliwościowe w analizie zachowań pacjentów POZ", *Elektryka - Prace Naukowe Politechniki Śląskiej* 58.3-4 (2012), s. 45-59.
8. Długosz, M.; Chronowski, J.; Baranowski, J.; Piątek, P.; Mitkowski, W. & Skruch, P. "Bezprzewodowy system automatyki domowej pracujący w standardzie sieci Z-Wave", *PAR Pomiary Automatyka Robotyka* 17.7-8 (2013), s. 100-106.
9. Kawala-Janik, A.; Baranowski, J.; Podpora, M.; Piątek, P. & Pelc, M. "Use of a cost-effective neuroheadset emotiv EPOC for pattern recognition purposes", *International Journal of Computing* 1.13 (2014), s. 25-33.
10. Gawron, S.; Baranowski, J.; Piątek, P. & Ossa, J. "Bezszytkowa wysokomomentowa zakrętarka elektromechaniczna", *Maszyny Elektryczne - Zeszyty Problemowe* 2.106 (2015), s. 113-116.
11. Kolecki, J.; Prochaska, M.; Piątek, P.; Baranowski, J. & Kurczyński, Z. "Stabilizacja systemu pomiarowego dla wiatrakowca w aspekcie jakości danych lidar", *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji* 27 (2015), s. 71-82.
12. Cyganik, Ł.; Król, E.; Baranowski, J.; Drabek, T.; Dziwiński, T. & Piątek, P. "Koncepcja bezsztytkowego silnika do zakrętarki elektromechanicznej", *Maszyny Elektryczne - Zeszyty Problemowe* 3.111 (2016), s. 133-138.
13. Kolecki, J.; Prochaska, M.; Kurczynski, Z.; Piątek, P. & Baranowski, J.. "Developing the stabilized mapping system for the gyrocopter - Report from the first tests", *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives XLI-B1* (2016),s. 31-36.

14. Cyganik, Ł.; Król, E.; Baranowski, J.; Drabek, T.; Dziwiński, T. & Piątek, P. "Konstrukcja bezszczotkowego silnika do zakrętkarki elektromechanicznej", *Maszyny Elektryczne - Zeszyty Problemowe* 2.114 (2017), s. 141-145.
15. Kolecki, J.; Prochaska, M.; Piątek, P.; Baranowski, J. & Kurczynski, Z. "A mapping platform for gyrocopters-the influence of the stabilization on data geometry", *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji* 29 (2017), s. 63-67.
16. Słowik, W.; Piątek, P.; Dziwiński, T. & Baranowski, J. "Selected Current Sensing Circuits for Motor Control Application", *Pomiary Automatyka Robotyka* 1.21 (2017), s. 5-12.
17. Cyganik, Ł.; Król, E.; Baranowski, J.; Drabek, T.; Dziwiński, T. & Piątek, P. "Analiza termiczna obudowy silnika do zakrętkarki elektromechanicznej", *Maszyny Elektryczne - Zeszyty Problemowe* 1.117 (2018), s. 39-44.
18. Tutaj, A.; Drabek, T.; Dziwiński, T.; Piątek, P. & Baranowski, J. "Automatyczne stanowisko pomiarowe do badań wysokoobrotowych silników elektrycznych małych mocy", *Maszyny Elektryczne - Zeszyty Problemowe* 2.118 (2018), s. 59-65.

5.2.4 Rozdziały w książkach

1. Baranowski, J.; Piątek, P. & Piłat, A. "Nonlinear observer design for the magnetic levitation system", W: *Recent advances in control and automation*, Red. Malinowski, K. & Rutkowski, L., Academic Publishing House EXIT, The Committee on Automatic Control and Robotics of the Polish Academy of Sciences, Polish Neural Network Society, 2008, s. 63-72.
2. Piłat, A. & Piątek, P. "Multichannel control & measurement board with parallel data processing", W: *Recent advances in control and automation*, Red. Malinowski, K. & Rutkowski, L., Academic Publishing House EXIT, The Committee on Automatic Control and Robotics of the Polish Academy of Sciences, Polish Neural Network Society, 2008, s. 337-380.
3. Baranowski, J. & Piątek, P. "Zastosowanie dedykowanych architektur sprzętowych do rozwiązywania ułamkowych równań różniczkowych liniowych", W: *Postępy automatyki i robotyki, Cz. 2*, Red. Malinowski, K. & Dindorf, R., Politechnika Świętokrzyska, Kielce, 2011, s. 224-235.
4. Piątek, P.; Marchewka, D. & Pauluk, M. "Automatyczna generacja kodu regulatora dla wbudowanego sterownika układu magnetycznej lewitacji", W: *Projektowanie, analiza i implementacja systemów czasu rzeczywistego : praca zbiorowa*, Red. Trybus, L. & Samolej, S., Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa, 2011, s. 187-196.
5. Piórkowski, A.; Kempny, A.; Piątek, P.; Gackowski, A.; Szostek, K. & Kipiel, K. "Symulator echokardiografii przezprzełykowej CT2TEE – nowoczesna metoda edukacji", W: *Postępy inżynierii biomedycznej*, Red. Leniowska, L. & Nawrat, Z., Uniwersytet Rzeszowski, Rzeszów, 2013, s. 209-216.

5.2.5 Referaty w materiałach konferencyjnych

1. Piątek, P. & Grega, W. "A speed classification method for real-time controlled dynamical systems", W: *Multiconference proceedings: Workshop on Agent based computing IV ; 2nd International symposium advances in artificial intelligence and applications ; Computer aspects of numerical algorithms ; 7th International multidisciplinary conference on Electronic commerce ; 2nd International workshop on Secure information systems ; International conference on Principles of information technology and applications ; International workshop on Real time software ; Invited papers for the round table discussion on Real time software engineering education ; Workshop on Ad-Hoc wireless networks: urban legends and reality ; 1st Workshop on Advances in programming languages*, Wisła, październik, 2007, s. 893-902.
2. Baranowski, J. & Piątek, P. "Nonlinear dynamical feedback for motion control of magnetic levitation system", W: *13th International Power Electronics and Motion Control Conference*, Poznań, wrzesień, 2008, s. 1469-1476.
3. Piątek, M. & Piątek, P. "Cyfrowa filtracja sygnału położenia kąтового w aplikacji robota sześcionożnego", W: *Materiały XIII sympozjum PPEEm - Podstawowe Problemy Energoelektroniki, Elektromechaniki i Mechatroniki*, Wisła, grudzień, 2009, s. 174-179.
4. Piątek, M. & Piątek, P. "Development environment for the walking robot application", W: *CMS'09: Computer Methods and Systems: 7th conference*, Kraków, listopad, 2009, s. 295-299.
5. Piątek, P.; Piłat, A.; Marchewka, D. & Pauluk, M. "Real time controller design system for electric motors", W: *IC-SPETO 2009: XXXII międzynarodowa konferencja z Podstaw elektrotechniki i teorii obwodów*, Gliwice-Ustroń, maj, 2009, s. 125-126.
6. Tutaj, A. & Piątek, P. "Identyfikacja metodą typu „czarna skrzynka” oraz dobór regulatora dla układu zawieszenia magnetycznego", W: *Materiały XIII sympozjum PPEEm - Podstawowe Problemy Energoelektroniki, Elektromechaniki i Mechatroniki*, Wisła, grudzień, 2009, s. 50-56.
7. Tutaj, A.; Piątek, P.; PIŁAT, A.; Marchewka, D. & Pauluk, M. "The rotational speed reconstruction system for the universal alternating current motor", W: *CMS'09: Computer Methods and Systems: 7th conference*, Kraków, listopad, 2009, s. 289-294.
8. Zagórski, P. & Piątek, P. "The test bed for simulation of Earth Magnetic Field", W: *CMS'09: Computer Methods and Systems: 7th conference*, Kraków, listopad, 2009, s. 283-288.
9. Kołek, K.; Turnau, A.; Hajduk, K.; Piątek, P.; Pauluk, M.; Marchewka, D.; Piłat, A.; Rosół, M. & Gorczyca, P. "Laboratory real-time systems to facilitate automatic control education and research", W: *Proceedings of the International Multiconference on Computer Science and Information Technology*, Wisła, październik, 2010, s. 805-812.

10. Baranowski, J.; Bauer, W.; Oleszczyk, M.; Piątek, P. & Windak, A. "Metody częstotliwościowe w analizie zachowań pacjentów POZ", W: *Materiały XIV sympozjum PPEEm - Podstawowe Problemy Energoelektroniki, Elektromechaniki i Mechatroniki*, Wisła, grudzień, 2011, s. 129-134.
11. Baranowski, J. & Piątek, P. "Zastosowanie dedykowanych architektur sprzętowych do rozwiązywania ułamkowych równań różniczkowych liniowych", W: *KKA 2011: XVII Krajowa Konferencja Automatyki*, Kielce–Cedzyna, czerwiec, 2011, s. 171-172.
12. Baranowski, J.; Piątek, P.; Długosz, M.; Mitkowski, W. & Skruch, P. "Zagadnienia rachunku niecałkowitego rzędu w problemach sterowania budynków mieszkalnych", W: *Materiały XIV sympozjum PPEEm - Podstawowe Problemy Energoelektroniki, Elektromechaniki i Mechatroniki*, Wisła, grudzień, 2011, s. 145-148.
13. Długosz, M.; Mitkowski, W.; Baranowski, J.; Piątek, P. & Skruch, P. "Układy obwodowe w modelowaniu procesów cieplnych budynków", W: *Materiały XIV sympozjum PPEEm - Podstawowe Problemy Energoelektroniki, Elektromechaniki i Mechatroniki*, Wisła, grudzień, 2011, s. 149-152.
14. Zagórski, J.; Piątek, P.; Baranowski, J. & Długosz, M. "Projekt rozproszonego systemu pomiaru i kontroli zużycia energii elektrycznej", W: *Materiały XIV sympozjum PPEEm - Podstawowe Problemy Energoelektroniki, Elektromechaniki i Mechatroniki*, Wisła, grudzień, 2011, s. 42-47.
15. Baranowski, J.; Piątek, P.; Kawala-Janik, A.; Pelc, M. & Anthony, R. J. "Application of Kernel density estimators for analysis of EEG signals", W: *6th international conference, UCaml 2012: Ubiquitous computing and ambient intelligence*, Vitoria-Gasteiz, Spain, grudzień, 2012, s. 403-406.
16. Piątek, P.; Baranowski, J. & Długosz, M. "Z-Wave technology education and presentation system", W: *IC – SPETO 2012: XXXV międzynarodowa konferencja z podstaw elektrotechniki i teorii obwodów*, Gliwice–Ustroń, maj, 2012, s. 169-170.
17. Baranowski, J.; Bauer, W.; Oleszczyk, M.; Piątek, P. & Windak, A. "Analiza widmowa zachowania populacji pacjentów podstawowej opieki zdrowotnej", W: *IC – SPETO 2013: XXXVI międzynarodowa konferencja z podstaw elektrotechniki i teorii obwodów*, Gliwice–Ustroń, maj, 2013, s. 133-134.
18. Baranowski, J.; Długosz, M.; Mitkowski, W. & Piątek, P. "Zastosowanie pierścieniowych układów RC do modelowania domowych systemów grzewczych", W: *IC – SPETO 2013: XXXVI międzynarodowa konferencja z podstaw elektrotechniki i teorii obwodów*, Gliwice–Ustroń, maj, 2013, s. 97-98.
19. Baranowski, J.; Piątek, P. & Bauer, W. "Remarks about stability of fractional system approximations", W: *IC – SPETO 2013: XXXVI międzynarodowa konferencja z podstaw elektrotechniki i teorii obwodów*, Gliwice–Ustroń, maj, 2013, s. 99-100.
20. Baranowski, J.; Piątek, P.; Bauer, W.; Dziwiński, T. & Zagórska, M. "Bi-Fractional Filters, Part 2, Right Half-Plane Case", W: *2014 19th International Conference on*

Methods and Models in Automation and Robotics (MMAR), Międzyzdroje, sierpień, 2014, s. 48.

21. Baranowski, J.; Zagórska, M.; Bania, P.; Bauer, W.; Dziwiński, T. & Piątek, P. "Impulse response approximation method for bi-fractional filter", W: *2014 19th International Conference on Methods and Models in Automation and Robotics (MMAR)*, Międzyzdroje, sierpień, 2014, s. 49.
22. Baranowski, J.; Zagórska, M.; Bauer, W.; Dziwiński, T. & Piątek, P. "Remarks on impulse responses of non-integer order systems", W: *IC – SPETO 2014: XXXVII międzynarodowa konferencja z podstaw elektrotechniki i teorii obwodów*, Gliwice – Ustroń, maj, 2014, s. 50-51.
23. Dziwiński, T.; Bauer, W.; Baranowski, J.; Piątek, P. & Zagórska, M. "Robust non-integer order controller for air heater", W: *2014 19th International Conference on Methods and Models in Automation and Robotics (MMAR)*, Międzyzdroje, sierpień, 2014, s. 55.
24. Piątek, P.; Zagórska, M.; Baranowski, J.; Bauer, W. & Dziwiński, T. "Discretisation of different non-integer order system approximations", W: *2014 19th International Conference on Methods and Models in Automation and Robotics (MMAR)*, Międzyzdroje, sierpień, 2014, s. 54.
25. Zagórska, M.; Baranowski, J.; Bauer, W.; Dziwiński, T. & Piątek, P. "Lyapunov function method: non-integer order case", W: *IC – SPETO 2014: XXXVII międzynarodowa konferencja z podstaw elektrotechniki i teorii obwodów*, Gliwice – Ustroń, maj, 2014, s. 64-65.
26. Zagórska, M.; Baranowski, J.; Bauer, W.; Dziwiński, T. & Piątek, P. "Simulational analysis of non-integer order system behaviour under relay control", W: *2014 19th International Conference on Methods and Models in Automation and Robotics (MMAR)*, Międzyzdroje, sierpień, 2014, s. 49.
27. Baranowski, J.; Bauer, W.; Zagórska, M.; Dziwiński, T. & Piątek, P. "Time-domain Oustaloup approximation", W: *20th International Conference on Methods and Models in Automation and Robotics (MMAR)*, Międzyzdroje, sierpień, 2015, s. 60.
28. Baranowski, J.; Piątek, P.; Kawala-Janik, A.; Zagórska, M.; Bauer, W. & Dziwiński, T. "Non-integer Order Filtration of Electromyographic Signals", W: *Advances in modelling and control of non-integer order systems: 6th conference on Non-integer order calculus and its applications*, Opole, wrzesień, 2015, s. 231-237.
29. Bauer, W.; Baranowski, J.; Dziwiński, T.; Piątek, P. & Zagórska, M. "Oustaloup parallel approximation", W: *IC – SPETO 2015: XXXVIII międzynarodowa konferencja z podstaw elektrotechniki i teorii obwodów*, Gliwice – Ustroń, maj, 2015, s. 51-52.
30. Bauer, W.; Baranowski, J.; Dziwiński, T.; Piątek, P. & Zagórska, M. "Stabilisation of magnetic levitation with a P λ D controller", W: *20th International Conferen-*

ce on Methods and Models in Automation and Robotics (MMAR), Międzyzdroje, sierpień, 2015, s. 103.

31. Bauer, W.; Dziwiński, T.; Baranowski, J.; Piątek, P. & Zagórska, M. "Comparison of Performance Indices for Tuning of PI uplambda D upmu Controller for Magnetic Levitation System", W: *Advances in modelling and control of non-integer order systems: 6th conference on Non-integer order calculus and its applications*, Opole, wrzesień, 2015, s. 125-133.
32. Dziwiński, T.; Bauer, W.; Baranowski, J.; Piątek, P. & Zagórska, M. "Robust Non-integer Order Controller for Air Heating Process Trainer", W: *Advances in modelling and control of non-integer order systems: 6th conference on Non-integer order calculus and its applications*, Opole, maj, 2015, s. 249-256.
33. Dziwiński, T.; Piątek, P.; Baranowski, J.; Bauer, W. & Zagórska, M. "On the practical implementation of non-integer order filters", W: *20th International Conference on Methods and Models in Automation and Robotics (MMAR)*, Międzyzdroje, sierpień, 2015, s. 107.
34. Piątek, P.; Baranowski, J.; Zagórska, M.; Bauer, W. & Dziwiński, T. "Bi-Fractional Filters, Part 1: Left Half-Plane Case", W: *Advances in modelling and control of non-integer order systems: 6th conference on Non-integer order calculus and its applications*, Opole, wrzesień, 2015, s. 81-90.
35. Zagórska, M.; Baranowski, J.; Bania, P.; Bauer, W.; Dziwiński, T. & Piątek, P. "Parametric optimization of PDalpha controller using Laguerre function approximation", W: *20th International Conference on Methods and Models in Automation and Robotics (MMAR)*, Międzyzdroje, sierpień, 2015, s. 59.
36. Zagórska, M.; Baranowski, J.; Bania, P.; Piątek, P.; Bauer, W. & Dziwiński, T. "Impulse Response Approximation Method for "Fractional Order Lag"", W: *Advances in modelling and control of non-integer order systems: 6th conference on Non-integer order calculus and its applications*, Opole, wrzesień, 2015, s. 113-122.
37. Zagórska, M.; Baranowski, J.; Bauer, W.; Dziwiński, T. & Piątek, P. "Hurwitz-like criterion for nonlinear non-integer order systems", W: *IC – SPETO 2015: XXXVIII międzynarodowa konferencja z podstaw elektrotechniki i teorii obwodów*, Gliwice – Ustroń, maj, 2015, s. 53-54.
38. Zagórska, M.; Baranowski, J.; Bauer, W.; Dziwiński, T.; Piątek, P. & Mitkowski, W. "Lyapunov Direct Method for Non-integer Order Systems", W: *Advances in modelling and control of non-integer order systems: 6th conference on Non-integer order calculus and its applications*, Opole, wrzesień, 2015, s. 221-228.
39. Baranowski, J.; Bauer, W.; Zagórska, M.; Kawal-Janik, A.; Dziwiński, T. & Piątek, P. "Adaptive non-integer controller for water tank system", W: *Theoretical developments and applications of non-integer order systems: 7th conference on Non-integer order calculus and its applications*, Szczecin, sierpień, 2016, s. 271-280.

40. Baranowski, J.; Piątek, P. & Niemczyk, K. "Design and implementation of non-integer band pass filters for EEG processing", W: *TSP 2016: 39th International conference on Telecommunications and Signal Processing*, Vienna, Austria, czerwiec, 2016, s. 625-629.
41. Dziwiński, T.; Piątek, P.; Słowik, W. & Baranowski, J. "On design of digital control system for power electronic converters", W: *IC – SPETO 2016: XXXIX międzynarodowa konferencja z podstaw elektrotechniki i teorii obwodów*, Gliwice – Ustroń, maj, 2016, s. 45-46.
42. Baranowski, J.; Bania, P.; Bauer, W.; Chiliński, J. & Piątek, P. "Hybrid Newton Observer in Analysis of Glucose Regulation System for ICU Patients", W: *Trends in Advanced Intelligent Control, Optimization and Automation: Proceedings of KKA 2017 – the 19th Polish Control Conference*, Kraków, czerwiec, 2017, s. 818-827.
43. Baranowski, J.; Drabek, T.; Lerch, T. & Piątek, P. "Case study of Switched Reluctance Motor for use in the Electric Torque Tool", W: *22th International Conference on Methods and Models in Automation and Robotics (MMAR)*, Międzyzdroje, sierpień, 2017, s. 110.
44. Baranowski, J.; Piątek, P.; Drabek, T.; Dziwiński, T.; Cyganik, Ł.; Król, E. & Ossa, J. "Electric Torque Tool with Brushless motor - challenges and opportunities", W: *IC – SPETO 2017: XL międzynarodowa konferencja z podstaw elektrotechniki i teorii obwodów*, Gliwice – Ustroń, maj, 2017, s. 63-64.
45. Tutaj, A.; Drabek, T.; Dziwiński, T.; Baranowski, J. & Piątek, P. "Unintended synchronisation between rotational speed and PWM frequency in a PM BLDC drive unit", W: *23th International Conference on Methods and Models in Automation and Robotics (MMAR)*, Międzyzdroje, sierpień, 2018, s. 102.

5.3 Publikacje przed uzyskaniem stopnia doktora

1. Piątek, P. "Specjalizowane architektury sprzętowe w systemach szybkiego prototypowania", W: *Metody i systemy komputerowe w badaniach naukowych i projektowaniu inżynierskim : III krajowa konferencja*, Kraków, listopad, 2001, s. 393-398.
2. Turnau, A.; Rosół, M. & Piątek, P. "Sterowanie serwomechanizmem z generatora PWM skonfigurowanego w logice XILINX z kompensacją zniekształceń", W: *Metody i systemy komputerowe w badaniach naukowych i projektowaniu inżynierskim: III krajowa konferencja*, Kraków, listopad, 2001, s. 285-290.
3. Piątek, P. "Implementacja algorytmów sterowania w technologii FPGA", W: *Seminarium wyjazdowe nt.: Przetwarzanie i analiza sygnałów w systemach wizji i sterowania*, Słok k/Bełchatowa, , 2002, s. 114-118.
4. Piłat, A. & Piątek, P. "Wpływ parametrów sterownika PWM na jakość sterowania magnetyczną lewitacją", W: *XIV Krajowa Konferencja Automatyki*, Zielona Góra, czerwiec, 2002, s. 1105-1108.

5. Marchewka, D. & Piątek, P. "Simulink z architekturą FPGA jako platforma sterująca robota", W: *Metody i systemy komputerowe w badaniach naukowych i projektowaniu inżynierskim: IV krajowa konferencja*, Kraków, listopad, 2003, s. 417-420.
6. Piątek, P. "Badanie własności czasowych systemu sterowania magnetycznym zawieszeniem przy pomocy układu FPGA", W: *Metody i systemy komputerowe w badaniach naukowych i projektowaniu inżynierskim: IV krajowa konferencja*, Kraków, listopad, 2003, s. 433-436.
7. Marchewka, D.; Piątek, P. & Piłat, A. "Prototypownie mikroprocesorowych układów sterowania z łączem szeregowym", W: *CMS'05: 5th conference konferencja Computer Methods and Systems*, Kraków, listopad, 2005, s. 129-132.
8. Piątek, P. "Sterowanie magnetycznym zawieszeniem z wykorzystaniem szybkich sterowników opartych na technologii FPGA", W: *KKA 2005: XV Krajowa Konferencja Automatyki*, Warszawa, czerwiec, 2005, s. 111-116.
9. Piątek, P.; Piłat, A. & Marchewka, D. "Magnetyczne zawieszenie sterowane 8-bitowym mikrokontrolerem", W: *CMS'05: 5th conference konferencja Computer Methods and Systems*, Kraków, listopad, 2005, s. 133-136.

6 Działalność dydaktyczna

6.1 Kształcenie kadr

Prace inżynierskie

Po uzyskaniu stopnia doktora (od 2007 roku) byłem opiekunem 26 prac inżynierskich.

1. Andrzej Bielówka – Interfejs zdalnej komunikacji z modelem nanosatelity.
2. Piotr Omastka – Projekt i budowa końcówki mocy do układu magnetycznej lewitacji.
3. Rafał Ponikwia – Projekt manipulatora komputerowego kierowanego czujnikami przyśpieszeń.
4. Maciej Kłys – Projekt stanowiska laboratoryjnego do badania bezprzewodowego systemu sterowania układami automatyki budynku.
5. Michał Kupryjaniuk – Projekt i budowa rejestratora wybranych parametrów lotu rakiety.
6. Przemysław Gumuła – Projekt i budowa węzła sieci czujników standardu ZigBee.
7. Rafał Płatek – Projekt i budowa oprogramowania zarządzającego siecią czujników ZigBee.
8. Jarosław Kleban – Projekt i budowa robota typu „micromouse”.
9. Michał Budzoń – Projekt i budowa zaawansowanego sterownika silników krokowych.

10. Łukasz Łysikowski – Zastosowanie systemu ustalania pozycji APRS w układach automatyki.
11. Jakub Kubisiowski – Projekt i budowa rozproszonego systemu pomiarowego z wykorzystaniem sieci ZigBee.
12. Maciej Piekoszewski – Analiza wykorzystania radiowej transmisji danych w układzie sterowania silnikiem.
13. Jakub Porębski – Projekt i budowa stanowiska do druku 3D z możliwością sterowania online.
14. Bartłomiej Byra – Badanie możliwości wykorzystania urządzeń ultradźwiękowych do przesyłania informacji w systemie sterowania w czasie rzeczywistym.
15. Jacek Pelic – Badanie możliwości zastosowania standardu Bluetooth Low Energy do komunikacji w systemie sterowania w czasie rzeczywistym.
16. Bartłomiej Gawęda – Projekt i budowa urządzenia do pomiaru jakości powietrza.
17. Dawid Wiktor – Projekt i implementacja oprogramowania szyfrującego transmisję danych w mikroprocesorowym systemie sterowania w czasie rzeczywistym.
18. Daniel Dworak – Projekt i implementacja oprogramowania zarządzającego procesem akwizycji danych.
19. Bartłomiej Czapla – Projekt oraz implementacja oprogramowania wbudowanego sterownika silnika SRM.
20. Wojciech Głowacki – Projekt i implementacja dwuprotokołowego systemu komunikacji radiowej dla systemu sterowania w czasie rzeczywistym.
21. Magda Glapska – Optyczny układ pomiaru położenia lewitującej sfery w laboratoryjnym układzie magnetycznej lewitacji.
22. Emil Obalski – Badanie możliwości zastosowania układów radiowych do przesyłania danych w systemie sterowania w czasie rzeczywistym.
23. Bartosz Jasak – Analiza możliwości wykorzystania sieci LoRa w układach automatyki.
24. Sławomir Goździewski Projekt i budowa układu pomiaru położenia lewitującej sfery w laboratoryjnym układzie magnetycznej lewitacji.
25. Konrad Małek – Projekt i budowa układu sterowania głowicą termostatyczną.
26. Tomasz Lisek – Projektowanie, implementacja i integracja elementów bezprzewodowego systemu automatyki domowej.

Prace magisterskie

Po uzyskaniu stopnia doktora (od 2007 roku) byłem promotorem 13 prac magisterskich.

1. Paweł Zagórski – Badanie technik określania położenia i sterowania nanosatelity.

2. Krzysztof Kogut – Analiza wykorzystania systemu operacyjnego GNU/Linux w systemach wspomagania sprzedaży.
3. Tomasz Dziwiński – Układu sterowania nadążnego anteną satelitarną.
4. Wojciech Macek – Projekt rozproszonego systemu pomiarowego.
5. Maksymilian Czop – Projekt modułu zarządzającego zasilaniem nanosatelity.
6. Jerzy Zagórski – Projekt rozproszonego systemu pomiaru i kontroli zużycia energii elektrycznej.
7. Andrzej Bielówka – Projekt sterownika bezprzewodowego systemu sterowania inteligentnym budynkiem.
8. Paweł Górka – Badanie możliwości wykorzystania czujników MEMS do pomiarów położenia.
9. Jakub Tutro – Projekt platformy stabilizującej bazującej na konstrukcji robota równoległego.
10. Krzysztof Wesołowski – Algorytm sterujący oraz oprogramowanie dla wbudowanego sterownika robota balansującego.
11. Maciej Ordowski – Synchronizacja czasu w bezprzewodowej sieci sensorycznej Time synchronization in wireless sensor network.
12. Rafał Płatek – Projekt i budowa dwusystemowego sterownika bezprzewodowego systemu automatyki domowej.
13. Michał Drapała – Analiza możliwości transmisji danych w systemach zasilania bezprzewodowego.

Pięciu wypromowanych magistrów zdecydowało się na dalszą edukację na studiach doktorskich.

Trzech wypromowanych magistrów obroniło rozprawy doktorskie i uzyskało stopień doktora nauk technicznych:

- dr inż. Tomasz Dziwiński,
- dr inż. Paweł Zagórki,
- dr inż. Krzysztof Kogut.

Prace doktorskie

- Promotor pomocniczy w przewodzie doktorskim dra inż. Tomasza Dziwińskiego w dyscyplinie Automatyka i Robotyka - „Selected Methods of Real-Time Digital Signal Processing for Control of the Power Electronic Converters (Wybrane metody cyfrowego przetwarzania sygnałów w czasie rzeczywistym w układach sterowania przekształtnikami energoelektronicznymi)”. Promotorem przewodu był prof. dr hab. inż. Wojciech Grega. Obrona pracy odbyła się 29 września 2017.

Recenzje

W okresie od 2007 roku (po uzyskaniu stopnia doktora) byłem również:

- recenzentem 18 prac magisterskich,
- recenzentem 18 prac inżynierskich.

6.2 Prowadzone przedmioty

Wykłady:

- Procesory sygnałowe i mikrokontrolery (Automatyka i Robotyka II stopień 2 semestr, studia stacjonarne, WEAIiIB AGH),
- Embedded systems (Automatyka i Robotyka II stopień, Cyber-physical systems, 1 semestr, studia stacjonarne, WEAIiIB AGH).

Laboratoria:

- Elektronika w automatyce (Automatyka i Robotyka I stopień 3 semestr, studia stacjonarne, WEAIiIB AGH),
- Technika mikroprocesorowa (Automatyka i Robotyka I stopień 4 semestr, studia stacjonarne, WEAIiIB AGH),
- Procesory sygnałowe i mikrokontrolery (Automatyka i Robotyka II stopień 2 semestr, studia stacjonarne, WEAIiIB AGH),
- Embedded systems (Automatyka i Robotyka II stopień, Cyber-physical systems, 1 semestr, studia stacjonarne, WEAIiIB AGH).

7 Działalność organizacyjna

Od roku 2012 jestem członkiem Wydziałowego Zespołu do Spraw Informacji i Promocji. W ramach tej funkcji zajmowałem się organizowaniem oraz koordynacją w Katedrze Automatyki i Robotyki (dawniej Katedra Automatyki i Inżynierii Biomedycznej) wydarzeń promujących Wydział oraz Akademię, a także popularyzujących naukę i technikę. Były to:

- Festiwal Nauki,
- Dni Otwarte Akademii Górniczo-Hutniczej,
- Dzień Otwarty Wydziału,
- Noc Naukowców,
- Piknik Naukowy w Warszawie 2018,
- Wizyty szkół średnich,
- Wizyty gości z kraju i z zagranicy.

W roku 2013 byłem członkiem komitetu organizacyjnego konferencji Równania Różniczkowe Niecałkowitego Rzędu RRNR 2013, która odbyła się w Krakowie.

W latach 2015 – 2016 organizowałem modernizację laboratorium Techniki Mikroprocesorowej mieszczącego się w sali 315a budynku B1.

W latach 2009–2013 byłem opiekunem projektów studenckich w Studenckim Kole Naukowym Integra przy Katedrze Automatyki AGH. W tym czasie byłem również opiekunem

Sekcji Inżynierii Kosmicznej Studenckim Kole Naukowym Integra przy Katedrze Automatyki AGH.

Od wielu lat biorę systematyczny udział w wydarzeniach promujących Akademię Górniczo-Hutniczą. Są to głównie następujące imprezy:

- Festiwal Nauki – organizowany corocznie na krakowskim Rynku,
- Dni Otwarte Akademii Górniczo-Hutniczej,
- Dzień Otwarty Wydziału Elektrotechniki, Automatyki, informatyki i Inżynierii Biomedycznej.

Paweł Piątkowski