Marcin Kowol

Politechnika Opolska
Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki
Katedra Automatyzacji Napędów i Robotyki

Autoreferat przedstawiający opis dorobku i osiągnięć w dyscyplinie automatyka, elektronika i elektrotechnika

Opole, 2021

Kowol

Autoreferat

1. Imię i nazwisko:

   Marcin Kowol (orcid.org/0000-0003-2253-3898)

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne – z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.

   1. **Doktor nauk technicznych.** Dziedzina nauki: Nauki Techniczne. Dyscyplina naukowa: Elektrotechnika. Specjalność: Maszyny Elektryczne. Stopień nadany uchwałą Rady Wydziału Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki Politechniki Opolskiej w dniu 31.01.2008 na podstawie rozprawy pt. „Analiza pracy przełączalnego silnika reluktancyjnego z wirnikiem zewnętrznym do napędów lekkich pojazdów".
   2. **Magister inżynier**, podmiot nadający: Politechnika Opolska Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki, rok uzyskania: 2003. Tytuł pracy: Analiza nieustalonego pola elektromagnetycznego za pomocą programu Opera-2d i metody sieci reluktancyjnych.
   3. **Technik telekomunikacji** o specjalności telekomunikacja, Podmiot nadający: Technikum Elektryczne im. T. Kościuszki w Opolu. Rok uzyskania 1998.

3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych.

   1. **Od 02.2009** do chwili obecnej zatrudniony na stanowisku Adiunkta w Politechnice Opolskiej w Instytucie Systemów Napędowych i Robotyki, Katedra Maszyn Elektrycznych
   2. **Od 10.2003 do 01.2009** zatrudniony na stanowisku asystenta w Politechnice Opolskiej na Wydziale Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki.

Kowol

4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy.

Wprowadzenie

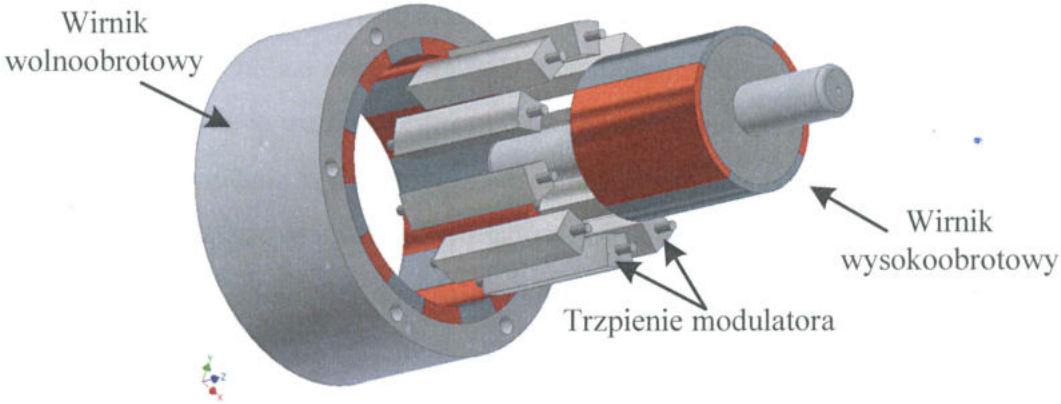
Swoją właściwą działalność naukową, związaną z elektrotechniką i maszynami elektrycznymi, rozpocząłem na Politechnice Opolskiej. Już w ramach jednolitych studiów magisterskich, korzystając z indywidualnego toku studiów, pod kierunkiem prof. dr. hab. inż. Mariana Łukaniszyna, zgłębiałem wiedzę w zakresie projektowania i optymalizacji nowoczesnych przetworników elektromechanicznych oraz numerycznych metod symulacji pól elektromagnetycznych. Istotnym impulsem rozwojowym był również czynny udział w pracach koła naukowego Eledyn, zajmującego się m.in. problematyką obliczeń pól elekromagnetycznych. Uzyskane w tym czasie wyniki badań zostały opublikowane w kilku pracach, w tym również w Przeglądzie Elektrotechnicznym w artykule pt.: „Zastosowanie algorytmu ewolucyjnego do estymacji parametrów modelu matematycznego transformatora". Po ukończeniu studiów magisterskich, rozpocząłem pracę na stanowisku asystenta na Wydziale Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki Politechniki Opolskiej oraz studia doktoranckie na Politechnice Śląskiej. Podczas studiów doktoranckich w szczególności koncentrowałem się na modułowych, przełączalnych maszynach reluktancyjnych o strumieniu poprzecznym. Obrona pracy doktorskiej odbyła się na Politechnice Opolskiej (na Wydziale Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki) w dyscyplinie elektrotechnika w 2008r. Recenzentami pracy byli: prof. dr hab. inż. Krzysztof Latawiec i prof. dr hab. inż. Zbigniew Goryca. Uzyskany stopień doktora pozwolił na awans na stanowisko adiunkta. W kolejnych latach kontynuowałem badania związane z przełączalnymi silnikami reluktancyjnymi oraz dodatkowo z analizą cieplną w maszynach indukcyjnych i synchronicznych z magnesami trwałymi. W roku 2012 rozpocząłem, kontynuowane do dziś, prace badawcze dotyczące przekładni magnetycznych. W wyniku tych badań powstała m.in. monografia autorska oraz liczne krajowe i zagraniczne publikacje. Oprócz wkładu badawczego, zaangażowałem się w prace organizacyjne związane z rozwojem infrastruktury dydaktyczno-naukowej Instytutu. W pracy dydaktycznej, oprócz zajęć dydaktycznych ze studentami, byłem promotorem licznych inżynierskich i magisterskich prac dyplomowych, uczestniczyłem w organizacji indywidualnego toku studiów (ITS) oraz zostałem promotorem pomocniczym pracy doktorskiej dr. inż. Rafała Gabora.

Opis osiągniecia naukowego

Jako osiągnięcie naukowe, o którym mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku: Prawo o szkolnictwie wyższym, przedstawiłem monografię naukową pt.: „*Przetwarzanie energii mechanicznej we współosiowej przekładni magnetycznej*". Monografię autorską, składającą się ze 156 stron, wydała Oficyna Wydawnicza Politechniki Opolskiej w 2021r. Recenzentami opracowania byli: dr hab. inż. Mariusz Korkosz (Politechnika Rzeszowska) oraz dr hab. inż. Cezary Jędryczka (Politechnika Poznańska).

Opracowanie podzielone jest na 7 rozdziałów i stanowi podsumowanie kilkuletnich badań nad przekładnią magnetyczną. Zawartość pracy stanowi uzupełnienie wiedzy w dyscyplinie automatyka, elektronika i elektrotechnika, dotychczas niepublikowanej w polskiej literaturze technicznej. Tematyka poruszana w pracy dotyczy głównie współosiowej przekładni magnetycznej o strumieniu promieniowym, która ze względu na korzystne właściwości mechaniczne, aktualne jest przedmiotem badań wielu ośrodków na całym świecie. Moim zamierzeniem było przedstawienie m. in. toku postępowania przy projektowaniu, optymalizacji i badaniach eksperymentalnych współosiowej przekładni magnetycznej.

W **pierwszym rozdziale** omówiłem rys historyczny oraz aktualny stan wiedzy o przekładniach magnetycznych. Dokonałem porównania przekładni mechanicznych z odpowiadającymi im topologiami przekładni magnetycznych. Wskazałem zarówno wady jak i zalety oraz zwróciłem uwagę na technologię wykonania tego typu przetworników. Analizując szczegółowo literaturę, jako potencjalnie ciekawy obiekt badań, wybrałem współosiową przekładnię magnetyczną (rys. 4.1). Wynikało to głównie z dużej gęstości momentu magnetycznego[1], mniejszej złożoności mechanicznej oraz możliwości łatwej integracji z osprzętem maszynowym.



Rys. 4.1. Budowa współosiowej przekładni magnetycznej o strumieniu promieniowym (a) oraz osiowym (b)

[1] Podstawowym kryterium oceny jakości przekładni magnetycznej jest gęstość przenoszonego momentu, którą wyznacza się jako stosunek wartości maksymalnej momentu do całkowitej objętości przetwornika.

Przekładnie mechaniczne mają ogromne znaczenie w gospodarce, a ich częste serwisowanie stanowi istotną część kosztów ich eksploatacji. Bezkontaktowe przenoszenie momentu obrotowego, za pomocą pola magnetycznego, eliminuje tarcie pomiędzy elementami przekładni oraz konieczność smarowania. Obniża to zasadniczo koszty eksploatacji. Aktualnie, większość rozwiązań konstrukcyjnych przekładni magnetycznych charakteryzuje się również bardzo wysoką sprawnością oraz niezawodnością. Dzięki znacznemu postępowi technologicznemu, przekładnie tego typu coraz częściej znajdują zastosowanie w praktyce. Doskonale nadają się do zastosowań w przemyśle wydobywczym, w systemach energii odnawialnej, w lotnictwie oraz motoryzacji. Spośród przedstawionych rozwiązań, największy potencjał do wykorzystania w przemyśle, mają przekładnie współosiowe o strumieniu promieniowym. W samej energetyce wiatrowej, stosując przekładnię magnetyczną w miejsce mechanicznej, która jest najsłabszym ogniwem (powodującym największą liczbę przestojów w wyniku awarii i konserwacji), zmniejsza się koszty związane z utrzymaniem zespołów wytwórczych. Jednocześnie, dzięki większej stabilności pracy, zwiększa się ilość wytwarzanej energii elektrycznej. Największym problemem tych przetworników jest obecnie wysoka i wciąż rosnąca cena jednostkowa wysokoenergetycznych magnesów trwałych, co wpływa na koszty wykonania. Biorąc pod uwagę złożoność struktury mechanicznej MG[2] oraz ograniczoną zdolność do przenoszenia momentu obrotowego, konieczne jest moim zdaniem, prowadzenie dalszych prac zmierzających do uproszczenia i optymalizacji konstrukcji oraz poprawy parametrów mechanicznych.

Idea transformacji energii z wykorzystaniem MG stała się również podstawą dla rozwoju innych grup przetworników elektromechanicznych. W końcowej części niniejszego rozdziału opisałem nową klasę hybrydowych, wolnoobrotowych maszyn elektrycznych, o wysokim momencie obrotowym, ze zintegrowaną przekładnią magnetyczną (rys. 4.2). Potencjalne korzyści związane z zastosowaniem tej grupy maszyn, uzasadniają prowadzenie dalszych prac badawczo-rozwojowych.

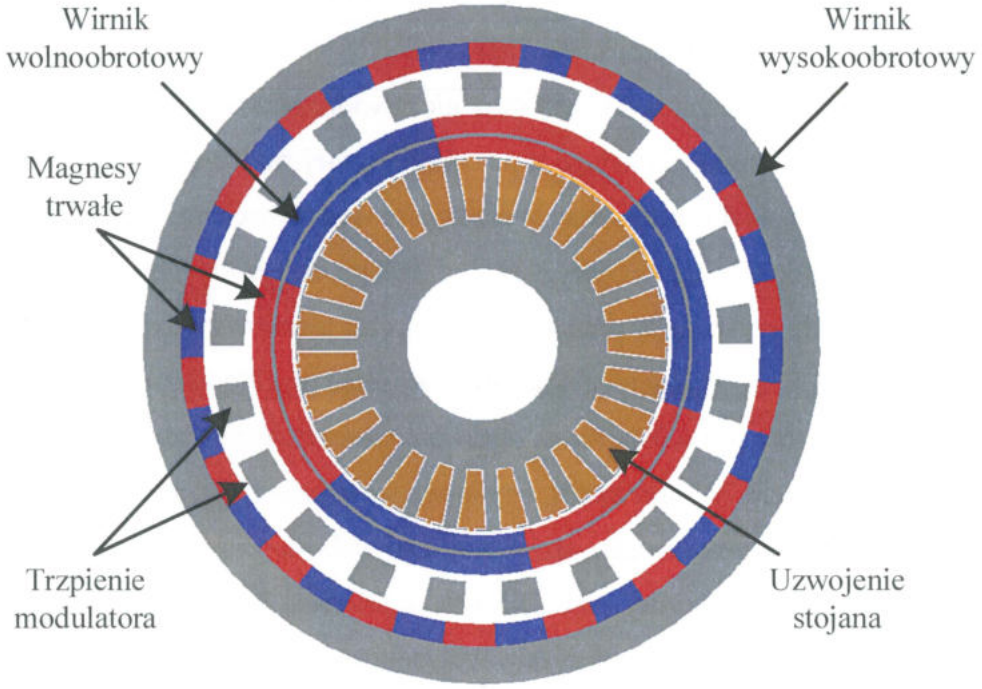
Najważniejsze dokonania autora w rozdziale 1:

- krytyczny przegląd kilkuset pozycji literaturowych związanych z przekładniami magnetycznymi;
- usystematyzowanie terminologii w języku polskim;
- krytyczny przegląd i opis konstrukcji przekładni magnetycznych;

[2] MG – magnetic gear, przekładnia magnetyczna

Kal

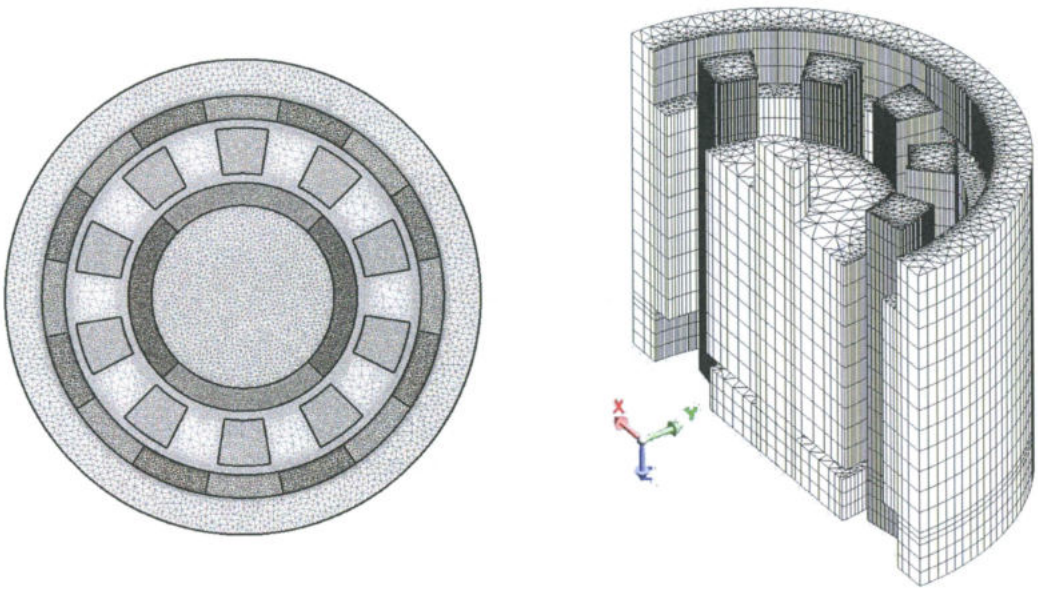
– przedstawienie nowoczesnych rozwiązań maszyn elektrycznych ze zintegrowaną przekładnią magnetyczną.



Rys. 4.2. Przykładowa struktura hybrydowych maszyn elektrycznych ze zintegrowaną przekładnią magnetyczną

Rozdział drugi monografii zawiera szczegółowy opis zjawisk zachodzących w przekładniach magnetycznych, uwzględniający złożoną geometrię i różnorodność materiałów. Należy zaznaczyć, iż postęp w dziedzinie konstruowania nowych przetworników elektromechanicznych, uzależniony jest od ciągłego udoskonalenia ich metod projektowania. Wiarygodność przeprowadzonych obliczeń, uzależniona jest od modelu matematycznego, a w szczególności odwzorowania zjawisk fizycznych, geometrii obiektu i właściwości użytych materiałów. Jedną z przyczyn niskiej efektywności metod analitycznych lub analityczno-empirycznych jest nieliniowość, która wynika z właściwości zastosowanych materiałów. Ujęcie w opisie pola magnetycznego nieliniowości oraz kierunkowej anizotropii materiałów, dodatkowo komplikuje obliczenia, jednak znacznie lepiej odzwierciedla zjawiska zachodzące w modelowanym przetworniku. Najczęściej stosowaną metodą, w rozwiązywaniu złożonych geometrycznie i materiałowo zagadnień polowych, jest metoda elementów skończonych (MES). Symulacje komputerowe wykorzystujące MES pozwalają na uniknięcie budowania kosztownych prototypów, usprawnienie i przyspieszenie procesu

projektowania i optymalizacji parametrów elektromechanicznych przetworników. Obecnie istnieje szereg programów komercyjnych oraz otwartych, umożliwiających analizę zagadnień polowych w przestrzeni dwu- i trójwymiarowej. Próba implementacji własnych metod lub algorytmów w tego typu oprogramowaniu jest bardzo trudna lub wręcz niemożliwa. Wymagane współcześnie kompleksowe podejście w projektowaniu przetworników elektromechanicznych, obejmuje nie tylko analizę zjawisk pochodzenia magnetycznego, ale również zagadnienia z zakresu mechaniki oraz transportu ciepła. Konieczna zatem staje się analiza zagadnień sprzężonych, uwzględniających ruch, siły i naprężenia mechaniczne, energoelektroniczne układy zasilania oraz procesy cieplne. Mając to na uwadze, opracowałem własne, autorskie dwuwymiarowe modele numeryczne przekładni magnetycznej, w środowisku Matlab, uwzględniające istotne aspekty fizyczne. Wyniki uzyskane w ramach licznych symulacji dwuwymiarowych, z powodzeniem zweryfikowałem na trójwymiarowych modelach polowych zbudowanych w programie Flux3D (rys. 4.3) oraz na obiektach fizycznych.



(a) (b)

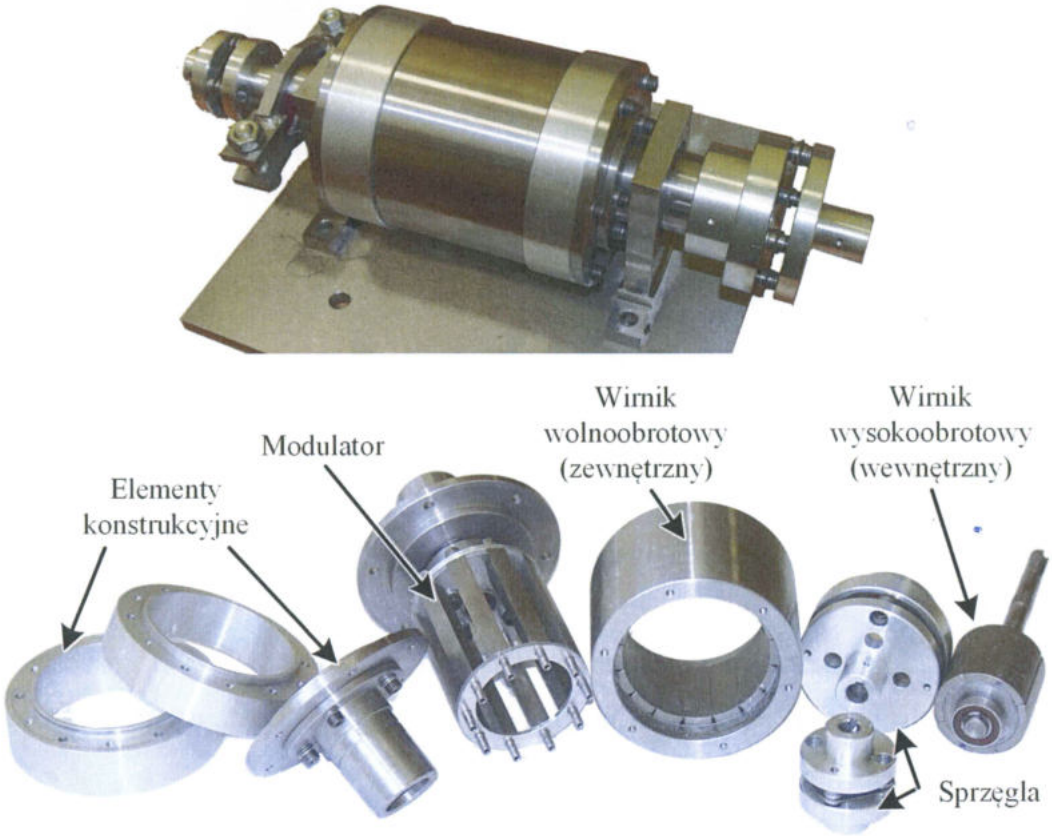
Rys. 4.3. Dwuwymiarowy (a) oraz trójwymiarowy (b) model numeryczny przekładni

Najważniejsze dokonania autora w rozdziale 2:

- przedstawienie opisu pola magnetycznego w przestrzeni dwu i trójwymiarowej dla przekładni magnetycznej;
- opis sposobów obliczania momentu magnetycznego;

– opis matematyczny kierunkowej anizotropii magnetycznej wynikającej z zastosowanych materiałów oraz budowy rdzenia magnetycznego.

W **rozdziale trzecim** monografii przedstawiłem pierwszy w Polsce testowy prototyp MG o strumieniu promieniowym (rys. 4.4), który zaprojektowałem i zbudowałem w ramach badań prowadzonych w Politechnice Opolskiej. Omówiłem szczegółowo sparametryzowane dwu- i trójwymiarowe modele numeryczne, umożliwiające wyznaczenie parametrów funkcjonalnych oraz charakterystyk mechanicznych MG w różnych stanach pracy. W obliczeniach momentu magnetycznego przetwornika zwróciłem uwagę na elementy montażowe, które mogą w znacznym stopniu zmniejszyć gęstość przenoszonego momentu magnetycznego. Do identyfikacji newralgicznych fragmentów obwodu magnetycznego, mających niekorzystny wpływ na parametry badanej przekładni, zastosowałem trójwymiarowe modele numeryczne. Uzyskane wyniki obliczeń, z dużą dokładnością odpowiadają rzeczywistym wartościom, potwierdzonym pomiarowo. Weryfikację pomiarową przeprowadziłem na specjalistycznym stanowisku badawczym, wyposażonym w autorski system akwizycji danych.



Rys. 4.4. Prototyp przekładni magnetycznej oraz jej elementy konstrukcyjne

Najważniejsze dokonania autora w rozdziale 3:

- opracowanie unikatowego sparametryzowanego dwuwymiarowego modelu numerycznego przekładni magnetycznej, bazującego na metodzie elementów skończonych w środowisku Matlab;
- opracowanie trójwymiarowych modeli numerycznych przekładni magnetycznej w programie Flux3D, celem przeanalizowania możliwych sprzężeń i rozproszeń strumienia magnetycznego powodowanych przez zastosowane mechaniczne elementy montażowe;
- zbudowanie unikatowego prototypu pasywnej przekładni magnetycznej, z możliwością wyboru przełożenia;
- zaprojektowanie i przygotowanie stanowiska pomiarowego, umożliwiającego wyznaczenie charakterystyk momentu działającego na elementy przekładni magnetycznej;
- opracowanie systemu akwizycji danych, w środowisku LabVIEW, pozwalającego na rejestrację danych z wielu kanałów, w tym również na ich synchronizację, interpretację graficzną oraz zaawansowaną analizę;
- przeprowadzenie szeregu symulacji komputerowych oraz weryfikacji pomiarowej.

Projektowanie obwodu magnetycznego sprowadza się zazwyczaj do zadania optymalizacji wybranych parametrów geometrycznych, w celu uzyskania np. jak największej sprawności przetwornika. Wybór liczby zmiennych decyzyjnych oraz dobór ich zakresu zmienności, zasadniczo wpływa na czas trwania procesu optymalizacyjnego. W **czwartym rozdziale** monografii przedstawiłem ocenę wpływu krytycznych parametrów konstrukcyjnych przekładni magnetycznej, na wartości oraz kształt charakterystyk momentu magnetycznego.

Właściwości ruchowe przekładni magnetycznej zależą od wielu parametrów. Istotny jest dobór liczby par biegunów magnetycznych, grubości magnesów trwałych wirnika wewnętrznego i zewnętrznego, grubości szczelin powietrznych oraz wymiarów geometrycznych trzpieni modulatora. Mając to na uwadze zaproponowałem i wykonałem obliczenia parametrów całkowych, wykorzystując dwuwymiarowe modele numeryczne, dla szerokiego spektrum zmienności wybranych parametrów konstrukcyjnych. Analiza ta dała również odpowiedz na kluczowe, z punktu widzenia optymalizacji parametrów funkcjonalnych przetwornika, zagadnienie doboru liczby zmiennych decyzyjnych oraz ich zakresów zmienności.

Najważniejsze dokonania autora w rozdziale 4:

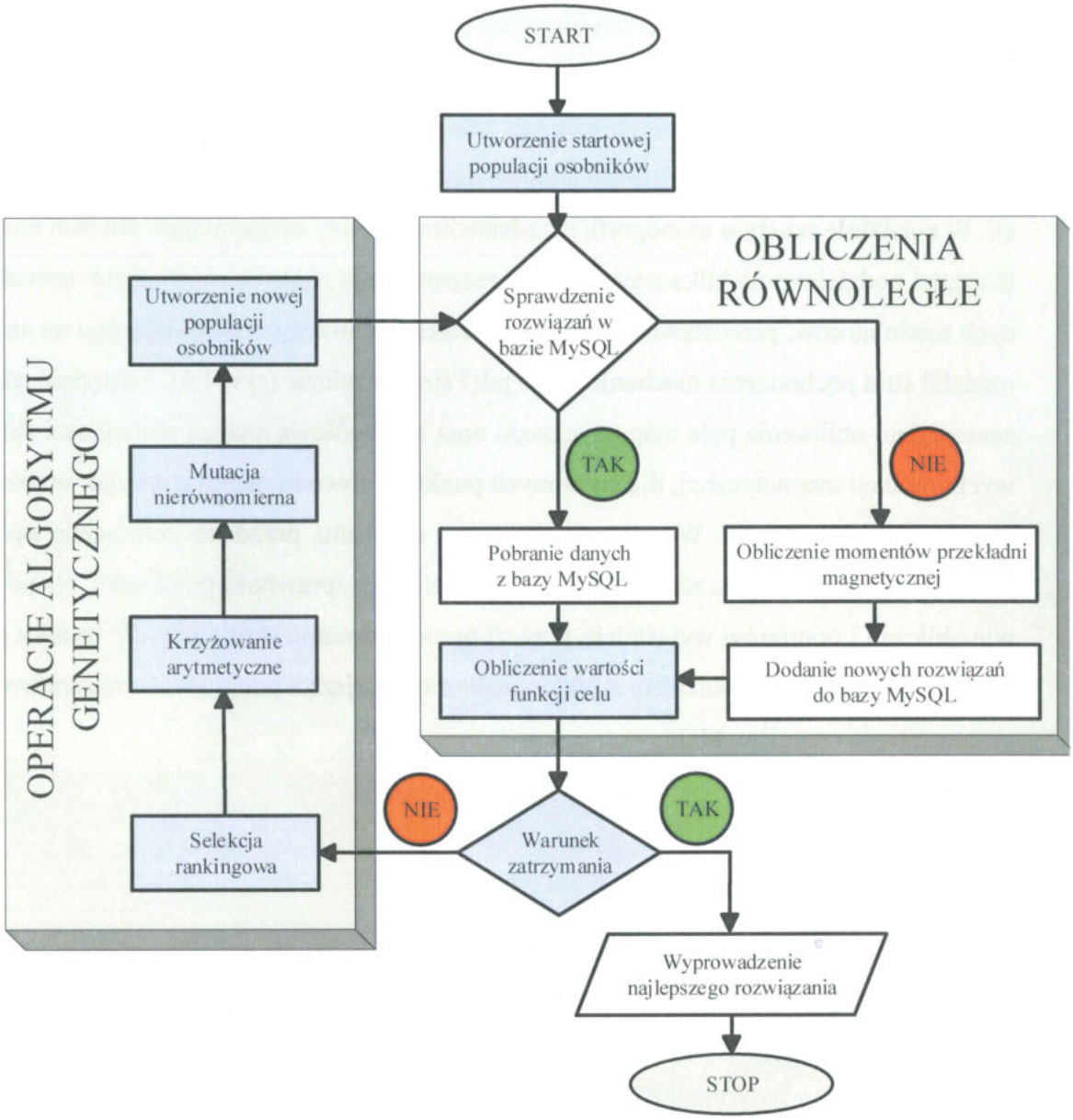
- przedstawiono szereg obliczeń oraz analizę wpływu parametrów konstrukcyjnych obwodu magnetycznego na parametry całkowe. Przeprowadzono m. in. badania związane doborem liczby par biegunów oraz liczby trzpieni ferromagnetycznych, wymiarów i kierunku wektora magnetyzacji magnesów trwałych, wymiarów trzpieni modulatora oraz grubości szczelin powietrznych;
- wskazano kluczowe parametry konstrukcyjne, niezbędne w procesie projektowania i optymalizacji przekładni magnetycznej.

W **rozdziale piątym** monografii opisałem unikatowy proces optymalizacyjny parametrów obwodu magnetycznego przekładni magnetycznej (rys 4.5). Zaproponowane podejście wykorzystuje klasyczny algorytm genetyczny, wsparty biblioteką obliczeń równoległych oraz bazą danych. Taka organizacja procesu optymalizacyjnego, pozwoliła na kilkukrotne przyspieszenie obliczeń.

W procesie optymalizacji zaproponowałem dwie funkcje celu, w których uwzględniłem maksymalną wartość momentu magnetycznego, współczynnik tętnień momentu oraz współczynnik związany z momentem zaczepowym. Ponadto w funkcji celu uwzględniłem współczynnik wagowy pozwalający na zróżnicowanie oraz jednocześnie na doprecyzowanie kierunku poszukiwań.

Opracowany algorytm pozwolił nie tylko na przeprowadzenie optymalizacji, ale również na analizę wrażliwości funkcji celu od jej poszczególnych składników. Dzięki zrównolegleniu procesu obliczeniowego, a w szczególności obliczeń MES i zaimplementowanej w MySQL bazie danych, uzyskałem bardzo efektywne narzędzie optymalizacyjne.

W obliczeniach przyjęto liczbę osobników każdej populacji równą 50 i liczbę generacji równą 100 jako warunek zatrzymania algorytmu. Proces optymalizacyjny dla trzech uruchomień algorytmu z zastosowaniem komputera PC wyposażonego w procesor Intel Core i7-5930K, 16~GB RAM DDR4, trwał ok. 24 godziny, co stanowi względnie bardzo dobry wynik.

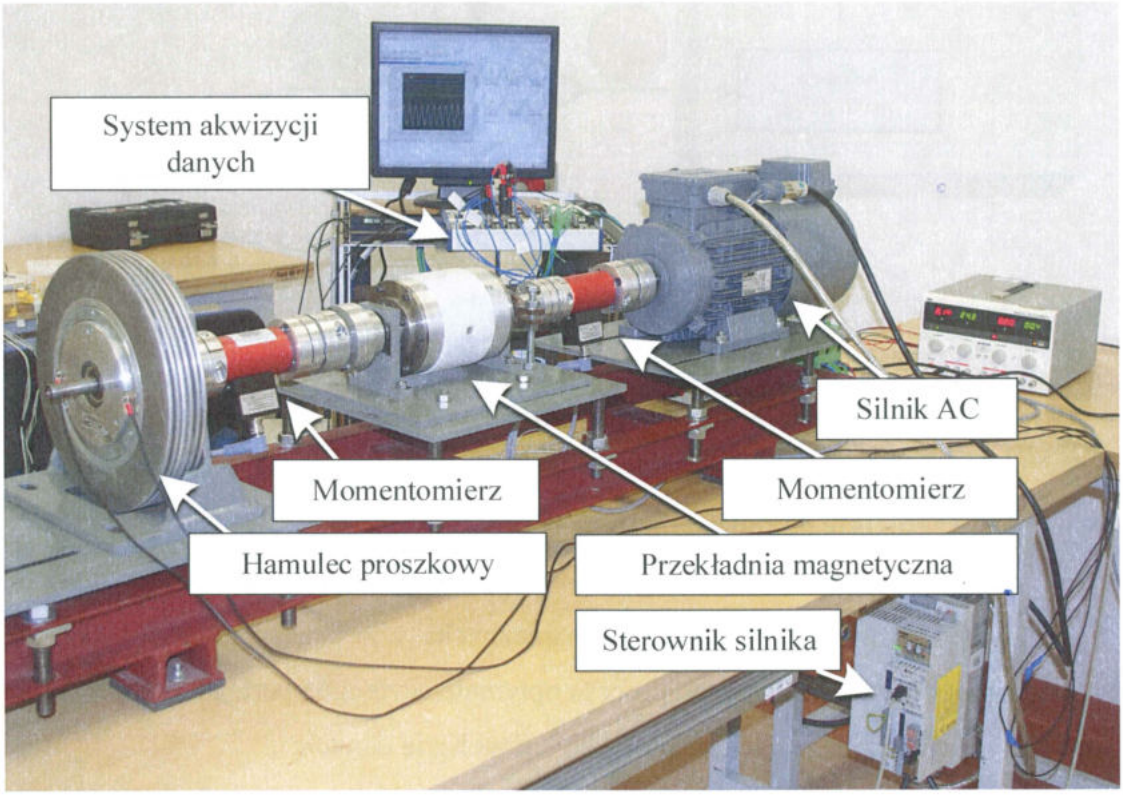


Rys. 4.5. Diagram działania procedury optymalizacyjnej

Najważniejsze dokonania autora w rozdziale 5:

- krytyczny przegląd i opis algorytmów optymalizacyjnych stosowanych w projektowaniu przetworników elektromechanicznych;
- opracowanie unikatowego procesu optymalizacyjnego opartego na algorytmie genetycznym, obliczeniach równoległych oraz bazie danych;
- wykonanie symulacji komputerowych dla zaproponowanych funkcji celu, z wykorzystaniem współczynników wagowych;
- interpretacja uzyskanych wyników obliczeń oraz wskazanie najlepszych rozwiązań konstrukcyjnych współosiowej przekładni magnetycznej.

Obecnie w światowych zbiorach literatury dostępne są liczne publikacje opisujące konstrukcyjne aspekty budowy przekładni magnetycznych. Większość cytowanych prac zawiera wyniki pomiarów momentu magnetycznego i sprawności. Jednak stosunkowo niewielka liczba publikacji przedstawia analizę źródeł strat mocy oraz możliwości ich redukcji. W **rozdziale szóstym** monografii przedstawiłem analizy uzupełniające ten stan wiedzy. Rozdział podzielono na kilka części. Po zaprezentowaniu różnych rozwiązań konstrukcyjnych modulatorów, przedstawiłem opis stanowiska badawczego pozwalającego na analizę rozdział strat pochodzenia mechanicznego jak i strat w żelazie (rys. 4.6). Następnie, zaprezentowałem obliczenia pola magnetycznego oraz szczegółową analizą zmienności składowych indukcji magnetycznej, dla wybranych punktów obwodu magnetycznego, w różnych stanach pracy przekładni. W kolejnej części tego rozdziału, przedstawiłem ocenę wpływu struktury modulatora oraz zastosowanych materiałów na sprawność przekładni. Na podstawie obliczeń i pomiarów wyjaśniłem przyczyny powstawania strat mocy. W wyniku przeprowadzonych badań wskazałem strukturę najkorzystniejszą z punktu widzenia sprawności przetwarzania energii w MG.



Rys. 4.6. Stanowisko pomiarowo - badawcze

Najważniejsze dokonania autora w rozdziale 6:

- krytyczny przegląd pozycji literaturowych pod kątem przyczyn powstawania oraz redukcji strat mocy w przekładniach magnetycznych;
- wykonanie modeli numerycznych współosiowej przekładni magnetycznej o różnych strukturach modulatora;
- implementacja nowych modeli numerycznych uwzględniających kierunkową anizotropię magnetyczną;
- rozbudowa stanowiska badawczego celem pomiarowego wyznaczenia sprawności przekładni magnetycznych;
- analiza oraz interpretacja uzyskanych wyników obliczeń i pomiarów.

Monografię zakończyłem **rozdziałem siódmym** podsumowującym uzyskane wyniki badań, ze wskazaniem kierunków prowadzenia dalszych prac rozwojowych. Poniżej, dodatkowo zestawiłem w punktach najważniejsze osiągnięcia w zakresie wartościowych aspektów i oryginalności opracowania. Stanowią one, zdaniem autora, znaczący wkład w rozwój dyscypliny automatyka, elektronika i elektrotechnika.

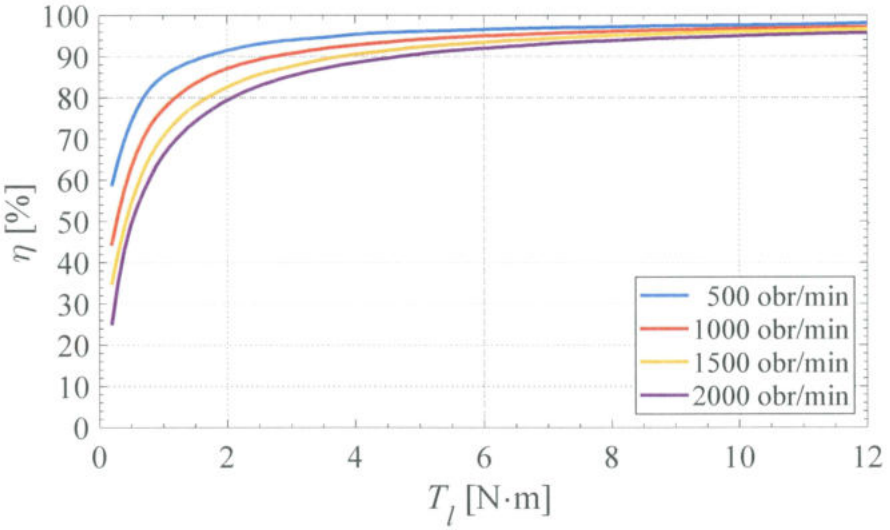
W zakresie wartościowych aspektów przedmiotowej monografii wymienić należy:

- krytyczne omówienie rysu historycznego oraz przedstawienie aktualnego stanu wiedzy o przekładniach magnetycznych;
- przedstawienie metod do obliczenia parametrów całkowych przekładni magnetycznych uwzględniających dodatkowo kierunkową anizotropię magnetyczną;
- analizę stanów pracy badanego przetwornika;
- analizę wpływu parametrów konstrukcyjnych na parametry całkowe przekładni magnetycznej;
- omówienie metod optymalizacji;
- wykonanie optymalizacji konstrukcji współosiowej przekładni magnetycznej;
- analizę wpływu sposobu wykonania modulatora na sprawność przetwarzania energii, uwzględniając dodatkowo aspekt materiałowy.

W zakresie oryginalności opracowania wymienić należy:

- autorskie opracowanie sparametryzowanych modeli numerycznych przekładni magnetycznej;
- budowę pierwszego w Polsce prototypu współosiowej przekładni magnetycznej;
- stworzenie sytemu do akwizycji danych w środowisku LabVIEW, wykorzystującego zaawansowane karty pomiarowe;
- opracowanie unikatowego procesu optymalizacyjnego, optymalizacja oraz budowa nowych prototypów przekładni magnetycznej, z zastosowaniem technologii addytywnej.
- zbudowanie stanowiska pomiarowego umożliwiającego wyznaczenie charakterystyk statycznych momentu oraz badania w różnych stanach pracy;

Prowadzone badania w wielu ośrodkach naukowo-badawczych na całym świecie, w tym również na Politechnice Opolskiej, dowodzą, że przekładnie magnetyczne z powodzeniem mogą konkurować z mechanicznymi. Wśród wymienianych licznych zalet, należy wymienić bardzo wysoką sprawność transformacji energii w szerokim zakresie obciążeń oraz prędkości obrotowych. W poprawnie zaprojektowanej przekładni magnetycznej, można niemalże całkowicie wyeliminować straty mocy, czego dowodem jest zaprezentowany w monografii prototyp, którego sprawność przekracza 98% (rys. 4.7), co grupie przetworników o małej mocy jest wynikiem bardzo dobrym.



Rys. 4.7. Sprawność przekładni magnetycznej

Doświadczenie oraz uzyskane wyniki skłaniają do kontynuacji badań związanych z bezstykową transformacją energii. Obecnie, z uwagi na wykorzystanie technologii druku przestrzennego, w tworzeniu wybranych elementów montażowych w przetwornikach, prowadzę nie tylko badania związane z zagadnieniami pola magnetycznego, ale również z analizą strukturalną połączoną z opisem oddziaływań o charakterze lokalnym i globalnym we przekładniach magnetycznych. Ponadto, brałem udział w zaprojektowaniu i wykonaniu kolejnego nowego prototypu współosiowej przekładni magnetycznej o strumieniu osiowym, które to pierwsze wyniki prowadzonych badań zaprezentowałem w manuskrypcie „*Enegies*" pt. „*Forces in Axial Flux Magnetic Gears with Integer and Fractional Gear Ratios*". Równolegle, do przedstawionych powyżej prac, wykonałem wstępne obliczenia parametrów całkowych hybrydowego przetwornika elektromechanicznego ze zintegrowaną przekładnią magnetyczną. Ten kierunek badań wydaje się szczególnie atrakcyjny w kontekście dynamicznego rozwoju elektromobilności i będzie traktowany priorytetowo w dalszej karierze naukowej.

Podsumowanie

Podsumowując swój dorobek naukowy, od momentu uzyskania stopnia doktora nauk technicznych, obejmuje on łącznie **101** publikacji. W jego skład wchodzi jedna monografia autorska, stanowiąca główne osiągnięcie habilitanta, **8** artykułów naukowych w czasopismach ze współczynnikiem Impact Factor (*IEEE Transactions on Energy Conversion, Energies, IET Science Measurement & Technology, IEEE Transactions on Magnetics, Przegląd Elektrotechniczny, Electrical Engineering*) oraz **3** rozdziały w monografiach naukowych. Kandydat jest również autorem **43** publikacji w czasopismach krajowych, takich jak: *Archives of Electrical Engineering, Przegląd Elektrotechniczny, Academic Journals,.Electrical Engineering, Technical Transactions, Napędy i Sterowanie, Pomiary Automatyka Kontrola, Prace Instytutu Elektrotechniki*, czy branżowych - *Maszyny Elektryczne: Zeszyty Problemowe*. Pozostałe **46** publikacji jest powiązanych z wystąpieniami na konferencjach naukowych (*Sympozjum Maszyn Elektrycznych, Międzynarodowa Konferencja z Podstaw Elektrotechniki i Teorii Obwodów, Wybrane Zagadnienia Elektrotechniki i Elektroniki, Conference Computer Applications in Electrical Engineering, International Symposium Micromachines & Servosystems*), w tym międzynarodowych w: Chorwacji (*Symposium Electromagnetic Phenomena in Nonlinear Circuits*), Czechach (*International Conference Low Voltage Electrical Machines*), Słowacji (*International*

Conference ELEKTRO) oraz na Węgrzech (*International Conference on the Computation of Electromagnetic Fields*). Sumaryczny Impact Factor dla ww. publikacji wynosi **14,865**. Index Hirscha kandydata według bazy Google Scholar (maj, 2021) wynosi **H=7 (240 cytowań),** według bazy Scopus **H=4 (65 cytowań)**, natomiast według bazy Web of Sciences **H=3 (36 cytowań)**. Jestem również współtwórcą jednego patentu przyznanego przez Urząd Patentowy RP oraz współautorem skryptu uczelnianego „Zadania z teorii pola elektromagnetycznego". Oprócz publikacji naukowych czynnie uczestniczę również w popularyzacji zagadnień związanych szeroko pojętą elektrotechniką, poprzez wykłady otwarte na w ramach Opolskich Dni Elektryki, udział w dniach otwartych Uczelni oraz publikacje popularno-naukowe.

Monografię autorską zamieszczono w załączniku E

5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.

- Współpraca z **Zakładem Elektrodynamiki i Systemów Elektromaszynowych Wydziału Elektrotechniki i Informatyki** Politechniki Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza, w zakresie badań naukowych powiązanych z napędami dla systemów pokładowych statków powietrznych i pojazdów elektrycznych.
- Współpraca z **Parkiem Naukowo -Technologicznym** w Opolu w zakresie badań nad nowym rozwiązaniem mikro prądnicy turbiny wiatrowej.
- Współpraca z zespołem prof. Ernesta Mendreli **(Department of Electrical & Computer Engineering w Louisiana State University)** w zakresie badań naukowych nad nowym synchronicznym silnikiem tarczowym z magnesami trwałymi o wydatnych biegunach stojana w latach 2012-2014. W ramach współpracy przygotowano między innymi publikację naukową i opracowano prototyp silnika.

6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę

6.1. Osiągnięcia dydaktyczne

- **Przewodniczący Rady dydaktycznej** dla kierunku elektrotechnika – Politechnika Opolska, Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki Politechniki Opolskiej, od roku 2019.
- **Członek Wydziałowej Komisji ds. Programów Kształcenia** Wydziału Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki PO od roku 2011 – do roku 2019 odpowiedzialny za kierunek: Elektrotechnika.
- **Współautor podręcznika akademickiego:** Zadania z teorii pola elektromagnetycznego, Oficyna Wydawnicza Politechniki Opolskiej, Opole. 2012.
- **Koordynator grupy roboczej** opracowującej nowe siatki studiów na kierunku elektrotechnika na Wydziale Elektrotechniki Automatyki i Informatyki Politechniki Opolskiej (2012-2018).
- **Koordynator kształcenia na odległość** na Wydziale Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki Politechniki Opolskiej na kierunku elektrotechnika, od roku 2020.
- **Promotor pomocniczy** w przewodzie doktorskim mgr. inż. Rafała Gabora od 2017 do 2020r., tytuł przewodu doktorskiego: Analiza wpływu parametrów konstrukcyjnych i materiałowych na pracę pasywnej przekładni magnetycznej z wykorzystaniem numerycznych metod modelowania pola magnetycznego i drgań, Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki Politechniki Opolskiej, Doktorat obroniony z wyróżnieniem w dniu 12.11.2020;
- **Promotor 32 prac dyplomowych,** w tym: 19 prac inżynierskich oraz 13 magisterskich, w latach 2010-2021, prace realizowane na kierunkach: Elektrotechnika, Automatyka i Robotyka, Informatyka, Mechatronika na Politechnice Opolskiej.
- **Recenzent 3 prac inżynierskich oraz 2 prac magisterskich** w latach 2010-2021, prace realizowane na kierunkach: Elektrotechnika oraz Automatyka i Robotyka, na Politechnice Opolskiej.
- **Opiekun naukowy nad Kołem naukowym OMNIKROM**, od roku 2010 do 2015, Politechnika Opolska, Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki Politechniki Opolskiej.

- **Prowadzenie zajęć dydaktycznych, w tym wykładów** na kierunkach: Elektrotechnika, automatyka i robotyka, informatyka, elektronika przemysłowa oraz mechatronika z przedmiotów: Maszyny Elektryczne I oraz II, Wirtualne przyrządy pomiarowe, Środowisko LabView w robotyce, Systemy monitorowania. Przetwarzanie sygnałów, Narzędzia informatyczne w praktyce inżynierskiej, Sterowanie i monitoring w LabVIEW, Akwizycja danych, Seminarium dyplomowe, Praca przejściowa, Teoria pola, Przetworniki elektromechaniczne.
- **Ukończenie Kursu pedagogicznego** dla nauczycieli akademickich. 2007/2008. Wojewódzki Ośrodek Metodyczny w Opolu.
- **Ukończenie Kursu instruktażowego dla kierowników wycieczek szkolnych** 2007/2008. Wojewódzki Ośrodek Metodyczny w Opolu.
- **Opiekun akademii Labview na** Wydziale Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki Politechniki Opolskiej.
- **Ukończenie szkolenia „Poprawa komunikacji wykładowców ze studentami niepełnosprawnymi"** zorganizowane prze firmę BIT Polska, 2014.
- **Przygotowanie instrukcji dydaktycznych do laboratorium**

6.2. Osiągnięcia organizacyjne

- **Laureat Nagrody JM Rektora** za działalność organizacyjną, 2012, Politechnika Opolska, Nagroda za zaangażowanie w tworzenie nowych programów kształcenia na kierunku elektrotechnika.
- **Członek Rady Dziekańskiej** Wydziału Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki Politechniki Opolskiej, od roku 2019.
- **Współtwórca oraz kierownik Laboratorium Maszyn Elektrycznych** Politechniki Opolskiej działającego w ramach Katedry Automatyzacji Napędów i Robotyki Wydziału Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki Politechniki Opolskiej. Od roku 2012 – do obecnie.
- **Twórca oraz kierownik Komputerowego Laboratorium Badawczego** Politechniki Opolskiej działającego w ramach Katedry Automatyzacji Napędów i Robotyki Wydziału Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki Politechniki Opolskiej. Od roku 2017 – do obecnie.
- **Współtwórca Laboratorium Badawczego** przetworników elektromechanicznych Politechniki Opolskiej działającego w ramach Katedry Automatyzacji Napędów i

Robotyki Wydziału Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki Politechniki Opolskiej. Od roku 2015 – do obecnie.

- **Współtwórca Laboratorium Elektrotechniki i Elektroniki Samochodowej** Politechniki Opolskiej działającego w ramach Katedry Automatyzacji Napędów i Robotyki Wydziału Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki Politechniki Opolskiej. Od roku 2015 – do obecnie.
- **Udział w Komitecie Organizacyjnym XLI Międzynarodowego Sympozjum Maszyn Elektrycznych SME'2005.**

6.3. Osiągniecia popularyzujące naukę

- Uczestnictwo w **VII Giełdzie Innowacji 2009**, Optymalizacja pulsacji momentu elektromagnetycznego w silniku o strumieniu poprzecznym za pomocą algorytmu ewolucyjnego. Otrzymano nagrodę w kategorii Innowacja Edukacja NE.
- Uczestnictwo w **V Opolskim Festiwalu Nauki**, Jak działa silnik? (2007).
- **Nagroda Rektora** Politechniki Opolskiej dla młodych pracowników nauki w kategorii osiągnięć naukowych (2009).
- **Referat w ramach** XXVII Opolskich Dniach Elektryki: Nowoczesne metody projektowania maszyn elektrycznych, 2017.
- **Udział w licznych projektach organizowanych** przez Politechnikę Opolską mających na celu promocję Laboratorium Badawczego Maszyn Elektrycznych oraz Laboratorium Elektrotechniki i Elektroniki Samochodowej.
- **Nagroda projakościowa** JM Rektora za rok 2019 za osiągnięcia naukowe.
- Udział w konferencji „**Akademia E-Learningu**", 2021.

7. Oprócz kwestii wymienionych w pkt. 1-6, wnioskodawca może podać inne informacje, ważne z jego punktu widzenia, dotyczące jego kariery zawodowej.

- Certificate of participation in intensive practical computer course on LabVIEW, March 9-14, 2009.
- Członek Polskiego Towarzystwa Elektrotechniki Teoretycznej i Stosowanej, od 2010.
- Członek Instytutu Inżynierów Elektryków i Elektroników, IEEE, od 2010.

- Certifies LabVIEW Associate Developer (2011).
- Szkolenie w zakresie obsługi stanowisk dydaktycznych w Laboratorium Elektroniki Samochodowej (2015).
- Ukończenie kursu: Wykorzystanie zestawów dydaktycznych w procesie nauczania, Poznań, 2016.
- Szkolenie z zakresu obsługi urządzeń diagnostycznych pojazdów samochodowych, 2015.
- Świadectwo kwalifikacji E.
- Szkolenie dla nauczycieli akademickich z Jednolitego Systemu Antyplagiatowego dla wszystkich nauczycieli akademickich Politechniki Opolskiej, 2019.

Marcin Kowal
.....
(podpis wnioskodawcy)