

Mariusz Barański
Politechnika Poznańska
Wydział Automatyki, Robotyki i Elektrotechniki

Załącznik nr 2

Autoreferat przedstawiający opis dorobku i osiągnięć naukowych

Autoreferat

1. Imię i nazwisko.

Mariusz Barański

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

Magister inżynier elektryk, Politechnika Poznańska, 2002 r.

Doktor nauk technicznych. Dziedzina nauki: nauki techniczne. Dyscyplina naukowa: Elektrotechnika. Specjalność: Metody numeryczne w mechatronice. Stopień nadany uchwałą Rady Wydziału Elektrycznego Politechniki Poznańskiej w dniu 25 maja 2010 r., na podstawie rozprawy pt. „*Polowo-obwodowa analiza nieustalonych stanów elektromagnetycznych i cieplnych w silniku indukcyjnym*”.

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

01.10.2002 – 30.09.2013: zatrudniony na stanowisku asystenta w Instytucie Elektrotechniki i Elektroniki Przemysłowej Politechniki Poznańskiej.

01.10.2013 – obecnie: zatrudniony na stanowisku adiunkta w Instytucie Elektrotechniki i Elektroniki Przemysłowej Politechniki Poznańskiej.

4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.). Omówienie to winno dotyczyć merytorycznego ujęcia przedmiotowych osiągnięć, jak i w sposób precyzyjny określać indywidualny wkład w ich powstanie, w przypadku, gdy dane osiągnięcie jest dziełem współautorskim, z uwzględnieniem możliwości wskazywania dorobku z okresu całej kariery zawodowej.

a) Tytuł osiągnięcia naukowego

Cykl publikacji powiązanych tematycznie pod wspólną nazwą „*Analiza nieustalonych zjawisk sprzężonych w maszynach elektrycznych ze szczególnym uwzględnieniem zjawisk elektromagnetycznych i termicznych*” – cykl zawiera łącznie 8 publikacji.

b) Publikacje lub *inne* prace wchodzące w skład osiągnięcia naukowego

- [1] *FE analysis of current displacement phenomena in a squirrel cage motor working at cryogenic temperature*, **Mariusz Barański**, Archives of Electrical Engineering, **2014**, vol. 63, no. 2, pp. 139-147 (15 pkt. lista MNiSW)
- [2] *FE analysis of coupled electromagnetic-thermal phenomena in the squirrel cage motor working at high ambient temperature*, **Mariusz Barański**, COMPEL - The International Journal for Computation and Mathematics in Electrical and Electronic Engineering, **2019**, vol. 38, no. 4, pp. 1120-113, (40 pkt. lista MNiSW, IF: 0.590, artykuł wyróżniony jako best paper presented at EPNC 2018, Lille, France)
- [3] *Analysis of power parameters of the squirrel cage motor and LSPMS motor with U-shaped magnets*, **Mariusz Barański**, Paweł Idziak, Wiesław Łyskawiński, Wojciech Szelaąg, Przegląd Elektrotechniczny, **2015**, R. 91, nr 4, pp. 135-138 (14 pkt. lista MNiSW)
- [4] *Influence of temperature on partial demagnetization of the permanent magnets during starting process of Line Start Permanent Magnet Synchronous Motor*, **Mariusz Barański**, Wojciech Szelaąg, Cezary Jędryczka, Proceedings of International Symposium on Electrical Machines (SME) 2017 - Nałęczów, Poland: IEEE, **2017**, (20 pkt. lista MNiSW, artykuł wyróżniony jako best paper presented at SME 2017, Nałęczów, Polska)
- [5] *Modelling and experimental verification of temperature effects on back electromotive force waveforms in a line start permanent magnet synchronous motor*, **Mariusz Barański**, Wojciech Szelaąg, Wiesław Łyskawiński, COMPEL - The International Journal for Computation and Mathematics in Electrical and Electronic Engineering - **2022**, vol. 41, no. 5, pp. 1491-1504 (40 pkt. lista MNiSW, IF: 0.700)
- [6] *Analysis of the Partial Demagnetization Process of Magnets in a Line Start Permanent Magnet Synchronous Motor*, **Mariusz Barański**, Wojciech Szelaąg, Wiesław Łyskawiński, Energies - **2020**, vol. 13, no. 21, pp. 5562-1-5562-20 (140 pkt. lista MNiSW, IF: 3.004)
- [7] *Experimental and Simulation Studies of Partial Demagnetization Process of Permanent Magnets in Electric Motors*, **Mariusz Barański**, Wojciech Szelaąg, Wiesław Łyskawiński, IEEE Transactions on Energy Conversion - **2021**, vol. 36, no. 4, pp. 3137-3145 (140 pkt. lista MNiSW, IF: 4.877)
- [8] *Comparative analysis of the power parameters of a line-start permanent magnet synchronous motor using professional FEM packages and in-house software*, **Mariusz Barański**, Archives of Electrical Engineering, **2023**, vol. 72, no. 3, pp. 585 –596, (100 pkt. lista MNiSW, IF: 1.300)

- c) Omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem propozycji ich wykorzystania

Przedstawiony zbiór 8 publikacji naukowych powiązanych tematycznie obejmuje wyniki badań nad analizą nieustalonych zjawisk sprzężonych ze szczególnym uwzględnieniem zjawisk elektromagnetycznych i termicznych w maszynach elektrycznych: (a) indukcyjnych klatkowych [1-2] oraz (b) synchronicznych magnetoelektrycznych [3-8].

Motywacją do podjęcia tych badań była potrzeba opracowania wiarygodnych algorytmów opisu zjawisk elektromagnetycznych z uwzględnieniem wpływu temperatury, tj. takiego opisu, który pozwoli na wnikliwą i wiarygodną analizę oraz projektowanie maszyn elektrycznych. Potrzeba uwzględniania wpływu temperatury na pracę silników elektrycznych jest szczególnie istotna przy projektowaniu i optymalizacji maszyn pracujących w szerokim zakresie zmian temperatury otoczenia, a także maszyn pracujących przy dynamicznie zmieniającym się obciążeniu w układach charakteryzujących się dużymi wartościami momentu bezwładności. Generowane w tego typu układach straty mocy w podzespołach silnika mogą doprowadzić do występowania lokalnie dużych przyrostów temperatury, stwarzających niebezpieczeństwo uszkodzenia układu elektroizolacyjnego, a także częściowego rozmagnesowania wzbudzających maszynę magnesów trwałych.

Prowadzone badania wiążą się między innymi z projektowaniem silników do napędu współczesnych samochodów elektrycznych, czy statków powietrznych, które są przystosowywane do pracy w szerokim zakresie zmian temperatury. W silnikach tego typu, w celu uzyskania dużych gęstości mocy, dąży się do ekstremalnego wyzyskania obwodu magnetycznego i zminimalizowania strat w obwodzie elektrycznym maszyny.

Autor wniosku po zakończeniu studiów najpierw skupił się na analizie wpływu temperatury na przebieg zjawisk elektromagnetycznych w silnikach indukcyjnych klatkowych. Wyniki tych badań zawarł m.in. w rozprawie doktorskiej dotyczącej polowo-obwodowej analizy nieustalonych stanów elektromagnetycznych i cieplnych w silnikach indukcyjnych oraz w 2 artykułach opublikowanych po obronie doktoratu [Załącznik nr 3, p. II. 4, art. 53 i 55]. Prace te nie zostały dołączone do monotematycznego cyklu publikacji habilitacyjnych wnioskodawcy.

Po obronie doktoratu autor wniosku znacznie rozszerzył badania nad analizą wpływu temperatury na przebieg zjawisk sprzężonych i pracę silników elektrycznych klatkowych, w tym silników pracujących w ekstremalnie różnych od typowych temperaturach otoczenia. W artykule [1] przedstawił wyniki badań symulacyjnych nietypowego silnika

klatkowego dużej mocy (785 kW) przystosowanego do pracy w temperaturze kriogenicznej. Rozpatrywany silnik przeznaczony jest do napędu pompy napełniającej i wypompowującej ciekły gaz ziemny z gazowców. W temperaturze ciekłego gazu ziemnego (-165 °C) w materiałach przewodzących zastosowanych w tym silniku nie występuje zjawisko nadprzewodnictwa. Do potrzeb analizy i syntezy rozpatrywanego silnika autor zmodyfikował i znacznie udoskonalił opracowany w ramach doktoratu model polowo-obwodowy zjawisk elektromagnetyczno-cieplnych. Opracowany model pozwalał na badanie powiązań wzajemnych między zjawiskami elektromagnetycznymi i cieplnymi w uzwojeniu klatkowym i tym samym na wiarygodne wyznaczenie rozkładu prądów wirowych w prętach wirnika i właściwości użytkowych silnika.

W pracy [2] przedstawiono wyniki badań nad dostosowaniem i wykorzystaniem opracowanego przez autora dwuwymiarowego modelu polowo-obwodowego do analizy sprzężonych zjawisk elektromagnetyczno-termicznych w silniku indukcyjnym klatkowym małej mocy, pracującym, w odróżnieniu od silnika rozpatrywanego w pracy [1], w bardzo wysokiej temperaturze otoczenia. Badania były prowadzone z myślą o silnikach klatkowych przystosowanych między innymi do pracy w systemach przeciwpożarowych do oddymiania w czasie pożarów budynków i hal fabrycznych.

Z uwagi na znaczne zainteresowanie w ostatnich latach układami napędowymi z maszynami magnetoelektrycznymi, autor od ponad 10 lat realizuje badania poświęcone poszukiwaniu skutecznych metod analizy i projektowania tych maszyn. Uznał, że doświadczenie, które nabył przy opracowywaniu modeli zjawisk sprzężonych w maszynach indukcyjnych może być pomocne przy tworzeniu algorytmów obliczeń silników magnetoelektrycznych. Skupił się na opracowywaniu metod analizy sprzężonych zjawisk elektromagnetycznych i termicznych w silnikach synchronicznych magnetoelektrycznych, przystosowanych do rozruchu bezpośredniego (z j. ang. Line Start Permanent Magnet Synchronous Motor – LSPMSM) [3-8]. Rozruch silników tego typu odbywa się w wyniku występowania dodatkowego pola magnetycznego wzniesionego przez prądy w umieszczonym w wirniku uzwojeniu klatkowym.

Autor uważa, że z uwagi na brak symetrii w obszarze wirnika z magnesami trwałymi i uzwojeniem klatkowym, modele obwodowe służące do analizy statycznych oraz dynamicznych stanów pracy maszyny, w których zagadnienie sprowadza się do rozwiązywania równań schematu zastępczego, nie zapewniają dostatecznej dokładności. Dotyczy to zwłaszcza nieustalonych stanów pracy. Modele obwodowe ujmują z dużym uproszczeniem lub pomijają zjawisko nasycania się obwodu magnetycznego, uzłobkowanie, niesymetrię wirnika, prądy wirowe. Nie pozwalają na wiarygodne odwzorowanie wpływu temperatury na strumień magnetyczny wytwarzany

przez magnesy trwałe, a także na uwzględnienie rozmagnesowania magnesów przez pole oddziaływania twornika. Należy odnotować, że z uwagi na oddziaływanie temperatury na właściwości magnesów trwałych posługiwanie się w obliczeniach LSPMSM modelami polowymi z uwzględnieniem zjawisk termicznych jest bardziej uzasadnione niż w przypadku klasycznych maszyn o wzbudzeniu elektromagnetycznym.

W przedstawianych w literaturze badaniach, analizę procesu częściowego rozmagnesowania magnesów, najczęściej przeprowadza się dla zadanej temperatury podzespołów maszyny, a do wyznaczania temperatury podzespołów, wykorzystuje się uproszczone cieplne schematy zastępcze. W efekcie, bardzo często po wykonaniu obliczeń projektowych z wykorzystaniem tego typu modeli, z uwagi na ich małą wiarygodność, trzeba było je weryfikować, budując kosztowne prototypy. Obecnie w celu uniknięcia konieczności budowy prototypów w obliczeniach wykorzystuje się metody polowe i polowo-obwodowe. W czasie, gdy autor rozpoczynał badania nad metodami analizy zjawisk sprzężonych w silnikach klatkowych i w LSPMSM, dostępne na rynku komercyjne programy do analizy stanów pracy maszyn elektrycznych, na podstawie dwu- lub trójwymiarowych modelach zjawisk elektromagnetycznych i cieplnych, nie pozwalały na uwzględnianie w obliczeniach elektromagnetycznych wpływu temperatury na właściwości materiałów elektrycznie i magnetycznie czynnych, a tym samym wpływu zmiany temperatury na przebieg nieustalonych zjawisk elektromagnetycznych, cieplnych i mechanicznych. Programy te nie były dostosowane do odwzorowywania wpływu zmiany prądu stojana i temperatury podzespołów maszyny w stanach dynamicznych na proces częściowego odmagnesowania wzbudzających ją magnesów trwałych. W rezultacie nie była możliwa analiza oddziaływania zjawisk elektromagnetycznych i termicznych z uwzględnieniem ruchu środowisk, co jest szczególnie istotne podczas rozpatrywania zachowania się maszyny w stanach dynamicznych, związanych z szybko zmieniającym się obciążeniem, ciężkim i wielokrotnie powtarzanym w krótkim przedziale czasu rozruchem, nawrotem, czy w awaryjnych stanach pracy.

Złożone powiązania wymienionych zjawisk w maszynie utrudniają bardzo analizę stanów dynamicznych. Dodatkowo opracowanie skutecznych algorytmów komplikuje bardzo duża różnica pomiędzy długością stałych czasowych zjawisk elektromagnetycznych i zjawisk termicznych. Stałe czasowe zjawisk elektromagnetycznych są znacznie krótsze od dynamiki stałych zjawisk cieplnych. W literaturze i programach komercyjnych proponowane są uproszczone rozwiązania tego problemu. Często stosowane ujęcie polega na rozwiązywaniu równania opisującego pole temperatury w dziedzinie czasu metodą kroków czasowych, a równań pola elektromagnetycznego metodą potencjałów zespolonych. Ujęcie to nie nadaje się jednak

do badania wpływu na pracę silnika zmian prędkości obrotowej wirnika, badania wyższych harmonicznych pola związanych z uzłobkowaniem stojana i wirnika czy nasycania się obwodu magnetycznego.

W celu uniknięcia tych ograniczeń, należało opracować, co zrobił autor, kompleksową, efektywną obliczeniowo polowo-obwodową metodę i algorytm do analizy nieustalonych sprzężonych zjawisk elektromagnetycznych i termicznych w maszynie elektrycznej. W opracowywanej metodzie należało uwzględnić, że rozkłady oraz przebiegi pola elektromagnetycznego i termicznego w maszynie, a także wielkości całkowite takie jak np.: moment elektromagnetyczny, czy prądy w uzwojeniach, zależą od konduktywności materiałów przewodzących, przenikalności materiałów magnetycznych, strumienia magnetycznego wytwarzanego przez magnesy, a wartości parametrów materiałowych i strumień magnesów w elementach dyskretyzujących obszar zależą od wartości temperatury w tych elementach. Autor wniosku do formułowania numerycznego modelu zjawisk sprzężonych w maszynie indukcyjnej klatkowej [1-2] i maszynie synchronicznej przystosowanej do rozruchu bezpośredniego [3-8] wykorzystał metodę elementów skończonych oraz metodę kroków czasowych. Opracował algorytm dostosowany do układów z polem magnetycznym o symetrii płaszczyznowej. W środowisku programistycznym Delphi wdrożył system obliczeniowy do analizy nieustalonych sprzężonych zjawisk elektromagnetyczno-termicznych z uwzględnieniem ruchu środowisk oraz procedury wyznaczania parametrów funkcjonalnych silników i wizualizacji wyników obliczeń. Zastosował własne szybkozbieżne procedury rozwiązywania równań metody elementów skończonych, co pozwoliło na wykonywanie obliczeń na komputerach typ PC, nawet dla układów o gęstej siatce dyskretyzującej.

W swoich badaniach autor wniosku dążył do potwierdzania wiarygodności opracowanych modeli i algorytmów analizy zjawisk sprzężonych poprzez porównanie wyników badań symulacyjnych z rezultatami pomiarów.

Z przedstawionych wyżej wyjaśnień wynika, że autor wniosku postawił sobie za podstawowy cel realizację zadania naukowego zmierzającego do opracowania metod, algorytmów i systemu obliczeniowego do analizy nieustalonych zjawisk sprzężonych w indukcyjnych i magnetoelektrycznych maszynach elektrycznych ze szczególnym uwzględnieniem zjawisk elektromagnetycznych i termicznych. Etapy realizacji tego celu zostały przedstawione w cyklu powiązanych tematycznie publikacji i omówione w dalszej części autoreferatu. Przy czym nacisk położono na wskazanie oryginalnego wkładu naukowego i osiągnięć autora.

ad. [1] *FE analysis of current displacement phenomena in a squirrel cage motor working at cryogenic temperature*, **Mariusz Barański**, Archives of Electrical Engineering, **2014**, vol. 63, no. 2, pp. 139-147 (15 pkt. lista MNiSW)

Omawiany artykuł jest kontynuacją prac autora po uzyskaniu stopnia doktora nad badaniami wpływu temperatury na przebieg zjawisk elektromagnetycznych i cieplnych w wysokonapięciowym silniku indukcyjnym klatkowym, pracującym w ciekłym azocie. Kontynuowano prace nad doskonaleniem algorytmu modelowania polowych zjawisk sprzężonych w ujęciu quasi-trójwymiarowym. Zastosowanie takiego modelu pozwala na znaczne zmniejszenie czasochłonności obliczeń w porównaniu z czasochłonnością rozwiązywania modeli w pełni 3-wymiarowych. Komercyjne programy komputerowe takie jak ANSYS Maxwell czy COMSOL Multiphysics pozwalają na 3D analizę termiczną silników elektrycznych poprzez wykorzystanie pakietów CFD (Computational Fluid Dynamics). Jednakże analiza nieustalonych zjawisk cieplnych w ujęciu 3D z wykorzystaniem pakietów CFD jest bardzo czasochłonna. Dostępne programy komercyjne nie pozwalają na równoległe obliczanie równań pola elektromagnetycznego i cieplnego. Możliwe jest tylko „naprzemienne” wykonywanie obliczeń elektromagnetycznych i cieplnych. Tej wady nie ma podejście zaproponowane w artykule [1]. Zaproponowana metoda dzięki zastosowaniu relaksacji blokowej pozwala na jednoczesne rozwiązywanie równań pola elektromagnetycznego i równań pola cieplnego, co umożliwia bezpośrednio, w kolejnych chwilach czasowych odwzorowanie wpływu temperatury na parametry materiałów i wpływu zmian strat mocy na rozkład temperatury. Dzięki powiązaniu metody równoczesnych obliczeń obu rozpatrywanych pól z ujęciem quasi-trójwymiarowym uzyskano oprogramowanie, którego komputerowa realizacja nie jest nadmiernie czasochłonna i przez to jest ono przydatne dla potrzeb projektowania ukierunkowanego na optymalizację.

Po przeprowadzeniu wielu testów obliczeniowych stwierdzono, że z uwagi na dużą prędkość przepływającego przez szczelinę ciekłego gazu ziemnego, jego temperatura praktycznie nie zmienia się wzdłuż powierzchni stojana i wirnika. W związku z tym w obliczeniach cieplnych dopuszczalne jest korzystanie z modelu 2D.

Udoskonalony przez autora model polowo-obwodowy został między innymi wykorzystany do badania wpływu temperatury na rozkład konduktywności i wypieranie prądu w prętach uzwojenia klatkowego w stanie elektromagnetycznie ustalonym.

Należy odnotować, że opracowana metoda pozwala na uwzględnienie, że w danej chwili czasowej rozkłady temperatury w poszczególnych prętach są różne, i że w prętach występują prądy wirowe od wyższych harmonicznym pola, których występowanie uwzględniają złożone modele obwodowe, np. modele poliharmoniczne. W rezultacie,

obliczone przy prędkości synchronicznej straty mocy w prętach wirnika nie są równe zero, tak jak w przypadku obliczeń na podstawie modelu monoharmonicznego. Do zalet opracowanej metody można dodać też inne, jak np. możliwość badania pulsacji momentu i w związku z tym wymiany mocy pomiędzy układem napędowym i układem zasilającym, z uwzględnieniem zmian temperatury.

ad. [2] *FE analysis of coupled electromagnetic-thermal phenomena in the squirrel cage motor working at high ambient temperature*, **Mariusz Barański**, COMPEL - The International Journal for Computation and Mathematics in Electrical and Electronic Engineering, **2019**, vol. 38, no. 4, pp. 1120-113, (40 pkt. lista MNiSW, IF: 0.59)

Nagroda „Best paper”, artykuł wygłoszony przez autora wniosku podczas konferencji EPNC w Arras 2018 r., Francja.

Artykuł prezentuje wyniki badań nad doskonaleniem modeli polowych zjawisk sprzężonych elektromagnetycznych i cieplnych w silnikach indukcyjnych klatkowych małej mocy. Badania były prowadzone z myślą o opracowaniu skutecznych metod analizy i projektowania maszyn elektrycznych pracujących w warunkach specjalnych, w wysokiej temperaturze otoczenia, np. w temperaturze 400 °C. Przy rozpatrywaniu stanów pracy maszyny, którym towarzyszą niewielkie zmiany temperatury, można przyjąć, że np. przewodność elektryczna i cieplna jej materiałów są stałe. Takie założenie jest przyjmowane przez autorów, którzy z góry określają wartości temperatury w poszczególnych podzespołach maszyny, co nie jest dopuszczalne przy spodziewanych dużych zmianach temperatury lub przy wysokiej temperaturze otoczenia. Przy dużej zmianie temperatury podzespołów maszyny należy uwzględnić wpływ temperatury na właściwości elektryczne i cieplne materiałów. Analiza zjawisk sprzężonych w stanach dynamicznych metodą kolejnych kroków czasowych przy długim narastaniu temperatury jest bardzo czasochłonna i może trwać dla układu zawierającego kilkadziesiąt tysięcy równań nawet kilka dni. W związku z powyższym autor wniosku zaproponował nowe podejście do obliczeń sprzężonych zjawisk elektromagnetycznych i cieplnych, nazwane metodą kaskadową, które zaimplementował w systemie obliczeniowym. Polega ona na jednolitej dyskretyzacji czasu przy obliczaniu pola elektromagnetycznego i termicznego podczas rozruchu silnika, tj. na stosowaniu kroków czasowych o jednakowej długości, np. $\Delta t = \Delta t_{elektr} = \Delta t_{termi} = 10^{-4}$ s. Po osiągnięciu stanu elektromechanicznie ustalonego zwiększa się długość kroku czasowego Δt_{termi} dla pola cieplnego. Podczas testowania metody kaskadowej zbadano wpływ zmian długości kroku czasowego Δt_{termi} na zmiany obliczanej

średniej temperatury uzwojenia i na czasochłonność obliczeń. Okazało się, że w wyniku wydłużenia kroku Δt_{termi} czas obliczeń elektromagnetycznych i termicznych do uzyskania stanu termicznie ustalonego skrócił się nawet 3.5-krotnie.

Kontynuując prace nad udokładnieniem modelu zjawisk termicznych analizowanego silnika podjęto próbę identyfikacji jego niektórych parametrów cieplnych. Poszukiwano takiej wartości h zastępczego współczynnika oddawania ciepła z powierzchni silnika do otoczenia, dla którego obliczona krzywa nagrzewania uzwojenia stojana uzyskana w wyniku obliczeń jest jak najbardziej zbliżona do krzywej referencyjnej, tj. krzywej wyznaczonej na podstawie badań eksperymentalnych.

W celu weryfikacji efektywności zmodyfikowanego modelu oraz zaproponowanej metody kaskadowej, wyniki obliczeń na podstawie opracowanego systemu porównano z wynikami badań laboratoryjnych. Analizowano stany przejściowe z uwzględnieniem sprzężonych zjawisk elektromagnetycznych i termicznych. Przeprowadzono symulację procesu rozruchu po uruchomieniu silnika obciążonego znamionowo. Obliczenia prowadzono do chwili uzyskania stanu ustalonego termicznie. Wyniki porównania świadczą o przydatności zaproponowanej metody i opracowanego systemu obliczeniowego. Przy okazji autor wykazał m.in., że pominięcie wpływu zmian temperatury na zmiany właściwości materiałów może prowadzić do zafałszowania wartości obliczonej temperatury w maszynie w stanie ustalonym termicznie. W rozpatrywanym przykładzie różnica sięgała 7 °C.

Autor uważa, że największym osiągnięciem badań omawianych w pracy [2] jest opracowanie własnej, oryginalnej, szybkozbieżnej metody i systemu obliczeniowego do polowo-obwodowego modelowania sprzężonych zjawisk elektromagnetycznych i termicznych w silnikach elektrycznych. Metoda umożliwia realizację obliczeń w stosunkowo krótkim czasie i pozwala z dużą precyzją określić wpływ temperatury na właściwości elektryczne i cieplne materiałów.

ad. [3] *Analysis of power parameters of the squirrel cage motor and LSPMS motor with U-shaped magnets*, **Mariusz Barański**, Paweł Idziak, Wiesław Łyskawiński, Wojciech Szelaąg, Przegląd Elektrotechniczny, 2015, R. 91, nr 4, s. 135-138 (14 pkt. lista MNiSW)

Artykuł dotyczy zespołowych badań nad poszukiwaniem energooszczędnych maszyn elektrycznych, w tym przede wszystkim maszyn o magnesach trwałych. W omawianej pracy przedstawiony został zaproponowany przez autora model polowo-obwodowy oraz opracowane na podstawie tego modelu algorytm i system obliczeniowy do analizy procesu rozruchu i ustalonych stanów pracy silnika synchronicznego magnetoelektrycznego, przystosowanego do rozruchu bezpośredniego (LSPMSM). Nowy,

w odniesieniu do wcześniejszego oprogramowania dla silników indukcyjnych, system obliczeniowy do analizy zjawisk sprzężonych w LSPMSM zawiera opracowane przez autora metody odwzorowywania obszarów z magnesami trwałymi i modelowanie zjawiska magnesowania oraz rozmagnesowania magnesów w stanach dynamicznych, a także procedury opisu wpływu temperatury na właściwości magnetyczne, elektryczne i cieplne oraz na magnesy trwałe. Na potrzeby oprogramowania opracowano bazę magnetycznych materiałów miękkich i twardych. System obliczeniowy opracowano z myślą o obliczeniach przy klasycznym zasilaniu napięciem sinusoidalnym trójfazowym, ale także przy zasilaniu z układów przekształtnikowych, a więc napięciem odkształconym.

Omawiany system został z powodzeniem wykorzystany do projektowania silników i może być połączony z procedurami optymalizacyjnymi. Efektem wykonanych prac, z dużym wkładem autora, jest zaprojektowany i zbudowany prototyp LSPMSM o wymiarach odpowiadających silnikowi indukcyjnemu o mocy 3 kW. W ramach badań opisanych w artykule autorzy zaprojektowali i zbudowali stanowisko laboratoryjne do pomiarowej weryfikacji wyników. Jak wcześniej podano rozpatrywany LSPMSM miał wymiary odpowiadające silnikowi indukcyjnemu o mocy 3 kW. Skłoniło to autorów badań do przeprowadzenia analizy porównawczej parametrów energetycznych produkowanego silnika indukcyjnego i nowego zoptymalizowanego LSPMSM. Należy dodać, że w procesie optymalizacji magnetoelektrycznego silnika badano wpływ zmiennych projektowych takich cech charakteryzujących magnes trwały, kształt klatki, rozmieszczenie magnesów oraz główne wymiary podzespołów silnika na jego parametry.

Zdaniem autora, największym osiągnięciem badań opisanych w artykule jest wykazanie przydatności opracowanego oprogramowania do komputerowego wspomagania projektowania silnika indukcyjnego klatkowego i LSPMSM. Po zastosowaniu w silniku indukcyjnym wirnika o odpowiednio ukształtowanym obwodzie magnetycznym z magnesami trwałymi i klatką rozruchową możliwe jest uzyskanie silnika synchronicznego zdolnego do rozruchu bezpośredniego, nawet pod obciążeniem. Wyniki wykonanych pomiarów są zgodne z wynikami obliczeń i potwierdzają, że współczynnik mocy i sprawność silnika z magnesami trwałymi są znacznie większe od uzyskiwanych dla silnika indukcyjnego.

ad. [4] *Influence of temperature on partial demagnetization of the permanent magnets during starting process of Line Start Permanent Magnet Synchronous Motor*, **Mariusz Barański**, Wojciech Szelağ, Cezary Jędrzycka, Proceedings of International Symposium on Electrical Machines (SME) **2017**, Naęczów, Poland: IEEE, 2017, (20 pkt. lista MNiSW)

***Nagroda „Best paper”, artykuł wygłoszony przez autora wniosku podczas konferencji
Symposium Maszyn Elektrycznych, Nałęczów 2017, Polska.***

Artykuł przedstawia wyniki dalszych badań nad formowaniem i wykorzystaniem modeli polowych do obliczeń projektowych maszyn LSPMSM. Koncentruje się na poszukiwaniu skutecznej metody pozwalającej na analizę wpływu temperatury na proces częściowego rozmagnesowania magnesów podczas rozruchu po zasilaniu silnika z sieci trójfazowej.

Autor wziął pod uwagę, że procesowi rozruchu towarzyszą duże przetężenia prądowe, a maksymalna wartość prądu w uzwojeniach stojana może być nawet kilkunastokrotnie większa od amplitudy prądu w stanie ustalonym przy obciążeniu znamionowym. Uwzględnił, że maksymalna wartość prądu rozruchowego zależy od wartości napięcia zasilającego, momentu obciążenia, momentu bezwładności mas wirujących, wartości strumienia głównego i temperatury. Wywołane przetężeniami udarowe przepływy twornika w niepoprawnie zaprojektowanej maszynie mogą doprowadzić do częściowego rozmagnesowania magnesów. Prawdopodobieństwo częściowego rozmagnesowania magnesów zwiększa się wraz ze wzrostem ich temperatury. W związku z tym analizę zjawisk elektromagnetycznych w maszynie należy połączyć z analizą pola termicznego. Przy formułowaniu metod analizy zjawiska rozmagnesowania magnesów w ujęciu polowym należy pamiętać o tym, że temperatura magnesów w silniku zależy od wydzielanych w nim strat mocy, w tym strat mocy w obszarze magnesów oraz od zdolności oddawania ciepła do środowiska otaczającego magnesy i silnik. Trzeba też uwzględnić, że szczególnie groźne dla magnesów, ze względu na możliwość ich rozmagnesowania, są często powtarzane rozruchy, a zwłaszcza nawroty. Istnieje wówczas duże prawdopodobieństwo częściowego rozmagnesowania magnesów udarowym przepływem twornika i trwałe pogorszenia parametrów funkcjonalnych silnika.

Dla potrzeb analizy wpływu temperatury i udarowego przepływu twornika na proces częściowego rozmagnesowania magnesów trwałych, autor wniosku samodzielnie opracował oryginalną metodę symulacji procesu nieodwracalnego, częściowego rozmagnesowania magnesów trwałych w rozpatrywanym silniku. Metoda ta z powodzeniem została wykorzystana do badania wpływu temperatury magnesów na proces częściowego rozmagnesowania magnesów podczas bezpośredniego rozruchu silnika synchronicznego. Wpływ temperatury na właściwości magnetyczne magnesów trwałych uwzględniono poprzez wprowadzenie do oprogramowania zbioru charakterystyk magnesowania dla różnych temperatur.

W celu przetestowania opracowanej metody i wdrożonego systemu obliczeniowego badano wpływ temperatury początkowej θ_p (20 i 75 °C) podzespołów silnika w chwili załączenia napięcia zasilającego na przebieg procesu rozruchu oraz na rozkład pola magnetycznego w obszarze magnesów silnika. Rozpatrywano układ o magnesach neodymowych wykonanych z materiału N38SH. Przyjęto, że moment bezwładności mas wirujących jest równy momentowi wirnika. W celu przeprowadzenia w trakcie obliczeń szybkiej oceny, które podobszary magnesów są najbardziej narażone na rozmagnesowanie podczas rozruchu, autor dołączył do systemu obliczeniowego własne oprogramowanie do wizualizacji rozkładu indukcji w obszarach z magnesami.

Uzyskane wyniki potwierdzają, że podczas stabilizacji magnesów udarowym przepływem twornika wraz ze wzrostem temperatury maleje amplituda indukowanej siły elektromotorycznej, a więc i strumień główny w maszynie, co świadczy o przydatności opracowanej metody analizy procesu przemagnesowania magnesu z uwzględnieniem zmian temperatury i o skuteczności wdrożonego programu do analizy wpływu temperatury i udarowego przepływu twornika na proces stabilizacji magnesów trwałych.

ad. [5] *Modelling and experimental verification of temperature effects on back electromotive force waveforms in a line start permanent magnet synchronous motor*, **Mariusz Barański**, Wojciech Szelaąg, Wiesław Łyskawiński, COMPEL - The International Journal for Computation and Mathematics in Electrical and Electronic Engineering - **2022**, vol. 41, no. 5, pp. 1491-1504 (40 pkt. lista MNiSW, IF: 0.808)

Badania prezentowane w omawianej pracy były realizowane w 2019 roku. Wybrane wyniki badań miały zostać przedstawione podczas konferencji International Symposium on Electrical Machines 2020. Niestety z uwagi na pandemię koronawirusa konferencja została przesunięta o 2 lata, co skutkowało publikacją omawianego artykułu w 2022 roku. Część wyników udało się opublikować wcześniej w 2020 r. w artykule [6], a niektóre wyniki zostały przedstawione w pracy [7] złożonej do druku w 2021 r.

Badania opisane w artykule są ściśle związane z głównym nurtem prac autora poświęconych polowym metodom rozwiązywania zagadnień sprzężonych w maszynach elektrycznych. Są kontynuacją badań omawianych w artykule [4] i dotyczą studiów nad analizą wpływu wysokiej temperatury podzespołów maszyny na wartość siły elektromotorycznej wzniecanej przez strumień magnesów trwałych w uzwojeniach maszyny. W badaniach wykorzystano, udoskonalany na bieżąco, autorski system obliczeniowy omówiony w poprzednich publikacjach. W celu weryfikacji wyników obliczeń napięcia indukowanego, opracowano specjalne stanowisko laboratoryjne,

opisane częściowo w artykułach [5-7]. Badania porównawcze świadczą o dopuszczalnej zgodności wyników obliczeń z wynikami pomiarów. Dla prezentowanego w artykule przykładu różnica pomiędzy wynikami nie przekraczała 3.8%.

Miarą wpływu temperatury na wartość indukowanego napięcia może być zmiana wraz z temperaturą współczynnika k_e , który określa wartość napięcia indukowanego w uzwojeniu stojana w czasie jednego obrotu wirnika. Współczynnik ten jest często wykorzystywany w klasycznych modelach obwodowych maszyn z magnesami trwałymi stosowanych m.in. do analizy i projektowania układów napędowych. Dokładna znajomość współczynnika k_e , pozwala na wiarygodne sterowanie i/lub monitorowanie maszyn synchronicznych z magnesami trwałymi. Pomińcie wpływu zmiany temperatury magnesów na wartość siły elektromotorycznej wstecznej, a tym samym na współczynnik k_e może prowadzić do błędnych wyników obliczeń. Z powyższych względów autor wniosku opracował algorytm wyznaczania współczynnika k_e i zaimplementował go do autorskiego systemu obliczeniowego. Uzyskane wyniki badań potwierdziły, że należy uwzględniać wpływ zmian temperatury na zmiany k_e . Wraz ze wzrostem temperatury uzwojenia stojana współczynnik k_e maleje. Trzeba też odnotować, że wzrost temperatury powoduje zmniejszenie wartości amplitudy podstawowej harmonicznej siły elektromotorycznej. Następuje osłabienie pola magnetycznego generowanego przez magnesy i zmniejszenie wartości zarówno indukowanego napięcia jak i momentu elektromagnetycznego rozpatrywanego silnika.

Autor zauważył, że znajomość współczynnika k_e może być z powodzeniem stosowana do diagnostyki i monitorowania układów napędowych z magnesami trwałymi pracujących w skrajnie różnych temperaturach otoczenia. Stabilizowanie tego parametru pozwala projektantom zautomatyzowanych układów napędowych z maszynami synchronicznymi z magnesami trwałymi na oszacowanie aktualnej temperatury magnesów poprzez pomiar siły elektromotorycznej.

Z powyższych wyjaśnień wynika, że omawiany artykuł jest kolejnym potwierdzeniem niezawodności i przydatności opracowanego systemu obliczeniowego do polowo-obwodowej analizy wpływu temperatury na zachowanie maszyn z magnesami trwałymi. Dzięki opracowanemu przez Autora systemowi obliczeniowemu nie trzeba budować kosztownych prototypów i można sprawdzić, czy nawet chwilowa praca w wysokiej temperaturze nie wywoła trwałego zmniejszenia strumienia magnesów, skutkującego pogorszeniem parametrów funkcjonalnych silnika.

ad. [6] *Analysis of the Partial Demagnetization Process of Magnets in a Line Start Permanent Magnet Synchronous Motor*, **Mariusz Barański**, Wojciech Szelaąg, Wiesław Łyskawiński, *Energies* - **2020**, vol. 13, no. 21, pp. 5562-1-5562-20 (140 pkt. lista MNiSW, IF: 3.004)

Artykuł został wyróżniony i promuje okładkę vol. 13, issue 21 czasopisma ENERGIES.

ad. [7] *Experimental and Simulation Studies of Partial Demagnetization Process of Permanent Magnets in Electric Motors*, **Mariusz Barański**, Wojciech Szelaąg, Wiesław Łyskawiński, *IEEE Transactions on Energy Conversion* - **2021**, vol. 36, pp. 4, s. 3137-3145 (140 pkt. lista MNiSW, IF: 3.252)

Rozpatrywana w artykułach [6-7] problematyka częściowego rozmagnesowania magnesów trwałych w silnikach elektrycznych jest aktualna i dyskutowana w wielu publikacjach. W literaturze można wyróżnić kilka kierunków badań. Dotyczą one zarówno badań eksperymentalnych nad zachowaniem się magnesów poddanych oddziaływaniu zewnętrznych pól rozmagnesowujących jak i badań symulacyjnych. W badaniach symulacyjnych nad procesem nieodwracalnego odmagnesowania proponowane są modele zjawisk o różnym stopniu złożoności. Większość modeli korzysta z uproszczonego opisu zjawiska odmagnesowania i nie uwzględnia wpływu temperatury na charakterystykę odmagnesowania. W opisywanych w literaturze badaniach analizę procesu częściowego rozmagnesowania przeprowadzano dla zadanej temperatury magnesów, a przyrosty temperatury podzespołów maszyny wyznaczano na podstawie uproszczonego cieplnego schematu zastępczego. Nie ma prac dotyczących kompleksowej polowej i polowo-obwodowej analizy zjawisk sprzężonych elektromagnetyczno-termicznych z uwzględnieniem procesu nieodwracalnego częściowego odmagnesowania magnesów. Pisząc o modelach kompleksowych autor ma na myśli modele, które umożliwiają analizę stanu dynamicznego maszyny z uwzględnieniem zarówno procesu częściowego rozmagnesowania magnesów jak i wpływu temperatury na właściwości magnetyczne, elektryczne i cieplne materiałów. Taki model został opracowany przez autora wniosku i wykorzystany w pracach [6-7] do wnikliwej analizy zjawisk sprzężonych w LSPMSM.

Ze względu na brak komercyjnego oprogramowania umożliwiającego analizę jednoczesnego wpływu prądu stojana i temperatury na proces częściowego rozmagnesowania magnesów trwałych w stanach dynamicznych, autor podjął próbę dalszego rozwinięcia modelu polowego sprzężonych zjawisk elektromagnetycznych i termicznych w LSPMSM, omówionego w poprzednich pracach. Autor wniosku skoncentrował się na dalszej rozbudowie i „udokładnieniu” polowego modelu zjawisk cieplnych. Udoskonalił metodę modelowania procesu częściowego odmagnesowania

magnesu z uwzględnieniem wpływu temperatury opisaną w pracy [4]. Modyfikacja pozwala na zapis historii zmian gęstości strumienia magnetycznego w wybranych elementarnych podobszarach magnesu. W rezultacie stworzony został system z tak ważnym dla magnesów trwałych zapisem historii ich stanów pracy. Zmodyfikowany model zjawisk sprzężonych i opracowany system obliczeniowy wykorzystano do analizy wpływu częściowego rozmagnesowania magnesów i zmian temperatury podzespołów maszyny na pracę silnika. Porównanie wyników obliczeń z wynikami badań eksperymentalnych potwierdziło celowość zastosowanych metod i algorytmu obliczeniowego.

Należy odnotować, że w opracowanym algorytmie przy tworzeniu modelu magnesu uwzględniono wpływ temperatury na jego właściwości magnetyczne, a do wyznaczania magnetyzacji z charakterystyki odmagnesowania $B(H, \theta)$ wykorzystano charakterystyki częściowego odmagnesowania magnesu, które opisują znane z literatury zachowanie się materiału magnetycznie twardego w zewnętrznym polu magnetycznym. Przyjęto, że w każdym elemencie skończonym w obrębie magnesu punkt pracy P może znajdować się na innej, wynikającej z temperatury i historii magnesu, charakterystyce odmagnesowania lub prostej powrotu.

Opracowana metoda modelowania procesu częściowego odmagnesowania magnesu z uwzględnieniem wpływu temperatury pozwala na badanie, które obszary magnesów stałych są najbardziej narażone na rozmagnesowanie np. podczas procesu rozruchu. Metodę wykorzystano między innymi do porównania rozkładów gęstości strumienia magnetycznego przed i po rozruchu silnika. Wykazano, czego można było się spodziewać, że rozkład gęstości strumienia magnetycznego przed rozruchem zależy tylko od temperatury magnesów, a rozkłady gęstości strumienia po rozruchu zależy dodatkowo od momentu obciążenia i momentu bezwładności mas wirujących. Do oceny stopnia częściowego odmagnesowania magnesów w silniku autor zaproponował stosowanie parametru $\delta_{DE}\%$. Z przeprowadzonych obliczeń wynikało, że po rozruchu przeprowadzonym w temperaturze 145 °C, siła elektromotoryczna, a więc i strumień magnetyczny główny w maszynie zmalał o ponad 12%.

Przedstawione w artykule wyniki badań pokazują, że rozbudowany i udoskonalony polowo-obwodowy model nieustalonych zjawisk sprzężonych i opracowany system obliczeniowy są przydatne do analizy wpływu wysokiej temperatury na proces częściowego rozmagnesowania magnesów w stanach nieustalonych silnika. System obliczeniowy może być z powodzeniem wykorzystany do optymalizacji struktury silnika w celu zminimalizowania wpływu oddziaływań pola magnetycznego twornika na proces demagnetyzacji magnesów.

ad. [8] *Comparative analysis of the power parameters of a line-start permanent magnet synchronous motor using professional FEM packages and in-house software*, **Mariusz Barański**, Archives of Electrical Engineering, **2023**, vol. 72, no. 3, pp. 585 –596 (100 pkt. lista MNiSW, IF:1.300)

W artykule przedstawiono wyniki ostatnich prac autora wniosku nad skutecznymi metodami analizy nieustalonych zjawisk elektromagnetycznych powiązanych z ruchem wirnika w LSPMSM w ujęciu polowym. Z uwagi na dużą dynamikę oraz nieliniowość tych zjawisk, złożoność wykorzystywanych modeli opisujących pole elektromagnetyczne w istotny sposób wpływa na czasochłonność symulacji zjawisk sprzężonych. W celu oceny skuteczności zaproponowanych metod autor wykonał obliczenia wybranych parametrów funkcjonalnych silnika synchronicznego z magnesami trwałymi o rozruchu własnym. Wykorzystał własne, autorskie oprogramowanie opisane w pracach [3-7] i dwa profesjonalne pakiety MES, tj. ANSYS Maxwell i COMSOL Multiphysics. Pakiety profesjonalne są wprawdzie przystosowane do analizy zjawisk sprzężonych, np. analizy zjawisk, w których równania pola elektromagnetycznego są powiązane z równaniami pola termicznego, ale nie są dostosowane do opisu tak złożonych zjawisk sprzężonych na jakie pozwala oprogramowanie opracowane przez autora. W związku z tym w omawianej pracy autor skupił się tylko na tym oprogramowaniu, które jest spójne dla wszystkich rozpatrywanych pakietów. Takim spójnym oprogramowaniem jest oprogramowanie do analizy pola elektromagnetycznego powiązane z ruchem wirnika. Uznał, że już porównanie obliczeń dla niepełnego modelu zjawisk sprzężony pozwoli na ocenę przydatności oprogramowania autorskiego na tle przydatności programów komercyjnych. W artykule przedstawił też porównanie wyników obliczeń z wynikami pomiarów.

Zwykle nie wymienia się wad stosowanego oprogramowania profesjonalnego, którymi oprócz ceny jest duże zapotrzebowanie na pamięć operacyjną oraz stosunkowo długi czas obliczeń, zwłaszcza w modelowaniu 3D. Niedogodności te wynikają głównie z nadmiernej uniwersalności stosowanego środowiska obliczeniowego. W związku z tym autor uznał za celowe porównanie skuteczności osobiście opracowanego systemu obliczeniowego ze skutecznością profesjonalnych pakietów FEM ANSYS Maxwell i COMSOL Multiphysics. Porównał czasochłonność obliczeń i odniósł wyniki obliczeń do wyników pomiarów. W obliczeniach stosowano siatkę o zbliżonej dla wszystkich trzech programów liczbie elementów.

Dla rozpatrywanego przykładu uzyskano dużą zgodność pomiędzy wynikami obliczeń i pomiarów, przy czym zgodność pomiędzy wynikami dla oprogramowania autorskiego jest większa. Całkowity czas obliczeń w przypadku zastosowania oprogramowania

autorskiego był znacznie krótszy od czasu obliczeń z wykorzystaniem programów komercyjnych.

Z powyższego wynika, że opracowany autorski system obliczeniowy może być z powodzeniem wykorzystany w czasochłonnych obliczeniach zjawisk sprzężonych oraz w projektowaniu i optymalizacji urządzeń elektrycznych. Uniwersalność tego systemu stwarza możliwość analizy i syntezy silników małej i dużej mocy o dowolnej konstrukcji, ale także możliwość zamiennego stosowania modeli matematycznych o różnej złożoności do symulacji zjawisk sprzężonych w znacznie krótszym czasie obliczeniowym niż w przypadku modeli opracowanych w profesjonalnych pakietach FEM. Bardzo istotną zaletą autorskiego oprogramowania jest możliwość jego szybkiej modyfikacji i dodania specjalnych procedur pozwalających na obliczanie nietypowych rozkładów i nietypowych parametrów, których nie da się wyznaczyć w profesjonalnych pakietach FEM, np. rozkładów pola podczas rozruchu silnika i historii zmian gęstości strumienia magnetycznego w wybranym elementarnym podobszarze magnesu.

Podsumowanie

Przeprowadzone przez autora wniosku prace były ukierunkowane na pogłębienie opisu nieustalonych sprzężonych zjawisk elektromagnetycznych i termicznych w maszynach elektrycznych, w tym głównie w maszynach synchronicznych z magnesami trwałymi. Zmierzały do opracowania skutecznych, wykorzystujących sprzężone modele polowe i polowo-obwodowe, narzędzi do analizy i projektowania maszyn elektrycznych. Omówione we wniosku prace autora koncentrowały się na poszukiwaniu jak najdokładniejszych i jak najbardziej wiarygodnych modeli ujmujących wpływ temperatury na wielkości elektryczne, magnetyczne i cieplne podzespołów rozpatrywanych maszyny oraz opisujących wpływ rozkładu źródeł strat energii na temperaturę uzwojeń, magnesów trwałych i pozostałych elementów badanego układu. Z uwagi na polowy charakter opisu zjawisk elektromagnetycznych i cieplnych opracowane metody dają wyniki o znacznie większej wiarygodności od wyników metod obwodowych, wykorzystujących schematy zastępcze i modele o parametrach skupionych. Opracowany algorytm, który polega na równoległym rozwiązywaniu równań obu sprzężonych pól jest znacznie skuteczniejszy od stosowanego jeszcze do dziś algorytmu sekwencyjnego, w którym równania jednego pola, np. pola termicznego, rozwiązuje się po rozwiązaniu równań drugiego pola, np. pola elektromagnetycznego, a potem rozwiązuje się równania ruchu i obwodów układu zasilającego. Należy dodać, że do rozwiązania równań pola elektromagnetycznego i cieplnego autor stosował zmodyfikowaną metodę

elementów skończonych, o jednej warstwie elementów krawędziowych. Uzyskany po dyskretyzacji przestrzeni układ równań różniczkowych zwyczajnych jest rozwiązywany metodą polegającą na dyskretyzacji czasu, która została powiązana z oryginalną, autorską metodą kaskadową, opracowaną z myślą o analizie układów ze sprzężonymi zjawiskami o znacznie różniących się stałych czasowych.

Wynikiem badań było opracowanie autorskiego systemu obliczeniowego, który z powodzeniem wykorzystywano do wnikliwej analizy dynamiki oraz stanów ustalonych maszyn elektrycznych z uwzględnieniem wpływu zmian temperatury i częściowego rozmagnesowania magnesów. Badania uzupełniono o eksperymentalną weryfikację przydatności opracowanych metod i oprogramowania. W tym celu autor wniosku opracował i zaprojektował specjalistyczne, skomputeryzowane stanowiska laboratoryjne.

Do najważniejszych osiągnięć autora wniosku związanych z analizą nieustalonych zjawisk sprzężonych elektromagnetycznych i termicznych maszyn elektrycznych należy zaliczyć:

- udoskonalenie polowo-obwodowego modelu silnika indukcyjnego klatkowego i systemu obliczeniowego do analizy nieustalonych sprzężonych zjawisk elektromagnetycznych i termicznych oraz wykazanie konieczności uwzględniania nieustalonych zjawisk termicznych w obliczeniach projektowych silników indukcyjnych klatkowych pracujących w skrajnych temperaturach otoczenia,
- opracowanie autorskiego podejścia (metody kaskadowej) do modelowania zjawisk sprzężonych, polegającego na dostosowaniu długości kroku czasowego do dynamiki rozpatrywanych zjawisk sprzężonych elektromagnetycznych i termicznych, co pozwoliło na znaczne skrócenie czasu obliczeń,
- opracowanie polowo-obwodowej metody i algorytmu obliczeniowego oraz systemu obliczeniowego do analizy ustalonych i nieustalonych stanów pracy silnika synchronicznego z magnesami trwałymi przystosowanego do rozruchu bezpośredniego, a także wdrożenie opracowanego systemu do projektowania rozpatrywanych maszyn,
- zaprojektowanie i zbudowanie skomputeryzowanych stanowisk laboratoryjnych do weryfikacji skuteczności opracowanych metod obliczeniowych do analizy pracy maszyn elektrycznych w różnych warunkach termicznych,
- opracowanie autorskiej metody modelowania procesu nieodwracalnego, częściowego rozmagnesowania magnesów trwałych w silniku synchronicznym z magnesami trwałymi o rozruchu bezpośrednim i zapisu historii zmian gęstości strumienia magnetycznego w wybranych obszarach magnesu,

- przeprowadzenie wnikliwej oceny wiarygodności opracowanych metod polowo-obwodowych poprzez porównanie wyników obliczeń z wynikami badań eksperymentalnych,
- zbadanie, na podstawie polowo-obwodowej symulacji rozruchu LSPMSM, efektywności obliczeniowej opracowanej metody w porównaniu z efektywnością obliczeń wykonanych przy użyciu programów komercyjnych (Maxwell ANSYS i COMSOL Multiphysics),
- przedstawienie wyników porównawczych potwierdzających skuteczność opracowanej metody i systemu obliczeniowego, w tym wyników dokumentujących przewagę autorskiego systemu nad systemami komercyjnymi, a także wskazanie na korzyści wynikające ze stosowania autorskiego systemu obliczeniowego do analizy wpływu temperatury na proces stabilizacji magnesów trwałych w nieustalonych stanach pracy silnika typu LSPMSM,
- stworzenie systemu obliczeniowego, dzięki któremu możliwa jest ilościowa ocena wpływu temperatury i historii magnesowania magnesu na położenie punktu pracy w każdej elementarnej objętości magnesu (elemencie dyskretyzującym), a tym samym na jego częściowe rozmagnesowanie.

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

W okresie 01.03.2002-31.05.2002 autor wniosku odbył staż w ramach stypendium naukowego Socrates/Erasmus w KU Leuven, Belgia. Opiekunem naukowym był Profesor Kay Hameyer, a prace, jakie autor wniosku realizował w ramach stypendium, dotyczyły modelowania zjawisk elektromagnetycznych w silniku indukcyjnym klatkowym, zasilanym napięciem odkształconym.

W latach 2005-2007 autor wniosku uczestniczył w 6. projekcie ramowym finansowanym przez Unię Europejską - *acronym NG2 SHIP I/F, number TST3-CT-2003-506154*. Celem projektu była poprawa efektywności transportu ciekłego naturalnego gazu (LNG), z krajów eksportujących do krajów odbierających. Głównym zadaniem zespołu, w którym uczestniczył autor wniosku, było zaprojektowanie i zbudowanie 4-biegunowego, trójfazowego silnika indukcyjnego klatkowego dużej mocy przeznaczonego do pracy w LNG. Autor wniosku opracował 2D polowo-obwodowy model do obliczeń tego typu silników i wdrożył system obliczeniowy do analizy zjawisk sprzężonych elektromagnetycznych i termicznych silnika indukcyjnego klatkowego

pracującego w warunkach kriogenicznych, opisanego w pracy [1] wchodzącej do cyklu powiązanych tematycznie artykułów naukowych. Wyniki prac wnioskodawca opublikował także w innych, zestawionych poniżej artykułach. W trakcie realizacji projektu autor odbył w roku 2006 miesięczny staż naukowy w zakładach Mikroma S.A. Należy odnotować, że wynikami prac zainteresowało się środowisko międzynarodowe, o czym świadczą cytowania.

1. *Electrical motor for liquid gas pump*, L. Długiewicz, Jerzy Kołowrotkiewicz, Wojciech Szelağ, **Mariusz Barański**, Roman Neumann, IEEE Xplore: International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion. Proceedings of a meeting held 23-26 May **2006**, Taormina, Italy: IEEE, 2006 - s. 311-316.
2. *FE analysis of induction motor working in cryogenic temperature*, Jerzy Kołowrotkiewicz, **Mariusz Barański**, Wojciech Szelağ, Lech Długiewicz, COMPEL - The International Journal for Computation and Mathematics in Electrical and Electronic Engineering - **2007**, vol. 26, no. 4, s. 952-964.
3. *Influence of the magnetic wedge materials on characteristics of 3-phase high voltage induction motor*, **Mariusz Barański**, Archives of Electrical Engineering - 2007, vol. 56, no. 2, s. 173-182.
4. *Finite element analysis of transient electromagnetic-thermal phenomena in a squirrel cage motor working at cryogenic temperature*, **Mariusz Barański**, Wojciech Szelağ, IET Science, Measurement & Technology - **2012**, vol. 6, no. 5, s. 357-363.

W latach 2010-2013 autor wniosku aktywnie uczestniczył w projekcie zatytułowanym „Nowa generacja energooszczędnych napędów elektrycznych do pomp i wentylatorów dla górnictwa” realizowany w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, a współfinansowanego przez Unię Europejską z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego oraz budżetu państwa. W trakcie tych prac, z bardzo dużym udziałem procentowym autora, powstało 6 współautorskich artykułów naukowych zestawionych poniżej. Zostały one wygłoszone na konferencjach międzynarodowych i/lub opublikowane w czasopiśmie naukowych. Artykuł [3] został wyróżniony na międzynarodowej konferencji maszyn elektrycznych w Gdańsku w roku 2013.

1. *Analiza silnika synchronicznego o rozruchu bezpośrednim i magnesach w wirniku rozłożonych w kształcie litery U*, **Mariusz Barański** (WE), Wojciech Szelağ (WE), Cezary Jędrzycka (WE), Jacek Mikołajewicz (WE), Prace Naukowe Instytutu Maszyn, Napędów i Pomiarów Elektrycznych Politechniki Wrocławskiej. Studia i Materiały, **2012**, vol. 66, t. 1, nr 32, s. 78-85.
2. *Ocena wybranych parametrów energetycznych modelowych silników prądu przemiennego małej mocy o różnych konstrukcjach wirnika*, Paweł Idziak (WE), **Mariusz**

Barański (WE), Wiesław Łyskawiński (WE), Krzysztof Kowalski (WE), *Maszyny Elektryczne, zeszyty problemowe*, **2013**, nr 100, s. 53-57.

3. *Analiza stanów pracy silników indukcyjnego i synchronicznego magnetoelektrycznego o rozruchu bezpośrednim*, **Mariusz Barański** (WE), Paweł Idziak (WE), Wojciech Królikowski (WE), Wiesław Łyskawiński (WE), *Maszyny Elektryczne: zeszyty problemowe*, **2013**, nr 99, s. 227-232 – **artykuł wyróżniony**.

4. *Analiza i badanie silnika synchronicznego o rozruchu bezpośrednim i magnesach w wirniku rozłożonych w kształcie litery U*, **Mariusz Barański** (WE), Wojciech Szelaąg (WE), Cezary Jędrzycka (WE), Jacek Mikołajewicz (WE), Piotr Łukaszewicz (WE), *Przegląd Elektrotechniczny*, **2013**, nr 2b, s. 107-111.

5. *Compared analysis of the transients and the steady states of squirrel-cage motor and LSPMSM*, Wiesław Łyskawiński (WE), Paweł Idziak (WE), **Mariusz Barański** (WE), *Computer Applications in Electrical Engineering*, **2014**, vol. 12, s. 265-274.

6. *Analysis of the Line Start Permanent Magnet Synchronous Motor Performance Under Different Values of the Supply Voltage*, **Mariusz Barański** (WE), Cezary Jędrzycka (WE), XXIII Symposium Electromagnetic Phenomena in Nonlinear Circuits: EPNC 2014: proceedings, Pilsen, Czech Republic, 2-4 July, 2014 - Pilsen, Czech Republic: University of West Bohemia, **2014** - s. 27-28.

Autor wniosku aktywnie uczestniczył w 16 projektach naukowo-badawczych zrealizowanych w latach 2012-2018 we współpracy z *Otis Elevator Company (USA)*, *Carrier Corporation (USA)* i *UTC Climate, Controls & Security (USA)*, w tym w **2 pełnił funkcję kierownika projektu**. Badania były poświęcone poszukiwaniu wiarygodnych dwu- lub trójwymiarowych modeli przetworników elektromechanicznych z magnesami trwałymi oraz programów obliczeniowych do rozwiązywania równań tych modeli. Większość prac dotyczyła obliczeń projektowych kończyła się wykonaniem prototypu rozpatrywanego przetwornika oraz analizą porównawczą wyników obliczeń z wynikami pomiarów. Nazwy projektów autor podał poniżej.

1. *Development of Linear Propulsion Structure and Auxiliary EM Guidance for Multicar Rope-less Elevator System*, 2012 – United Technologies Research Center – wykonawca.

2. *Provision of Electromagnetic Modeling and Analyses of Generator Structures under Development for Windmill*, 2012 – Otis Elevator Company – wykonawca.

3. *Provision of Intermediate Design for Optimized Propulsion Subcomponents of Rope-less Elevator*, 2012 – Otis Elevator Company – wykonawca.

4. *Design the Main Subcomponents of Rope-less Elevator Propulsion System & Fabrication Supervision*, 2013 – Otis Elevator Company – wykonawca.

5. *Feasibility and Development of Selected Intelligent Actuating Structures*, 2016-2017 – Otis Elevator Company – wykonawca.

6. *Development of Cost Effective Structure for Fan Driving Unit*, 2016-2017 – Otis Elevator Company – wykonawca.

7. *Validity Study of Autonomous Roped Elevator System with Linear Propulsion* – Otis Elevator Company – wykonawca.
8. *Magnetocaloric Thermoelectric Demonstration Units*, 2017 – Otis Elevator Company – wykonawca.
9. *Autonomous air Flow Regulator Development of Demo Unit*, 2017 – Otis Elevator Company – wykonawca.
10. *Futher development of coats Effective Structure for Fan Driving Unit*, 2017 – Otis Elevator Company – wykonawca
11. *Research and development of door motor for elewator system*, 2018 – Otis Elevator Company – wykonawca.
12. *Research and development of a new magneto caloric based cooling systems*, 2018 – Carrier Corporation – wykonawca.
13. *Research on cost efficient low speed motor (including magnetic core architecture) for elevator door driving units*, 2018 – Carrier Corporation – wykonawca.
14. *Development of cost efficient high volume motor architecture for variable speed fan driving units* – UTC Climate, Controls & Security and Otis – **kierujący projektem.**
15. *Development of cost efficient high volume motor with magnetic core architecture for variable speed fan driving units*, 2018 – Carrier Corporation – wykonawca.
16. *Research on cost efficient low speed motor (including magnetic core architecture) for elevator door driving units*, UTC Climate, Controls & Security and Otis, 2018 – **kierujący projektem.**

Wieloletnia współpraca realizowana w okresie przed uzyskaniem stopnia doktora i tuż po doktoracie z *Siecią Badawczą Łukasiewicz - Instytut Tele-i Radiotechniczny* w Warszawie, dotyczyła badań naukowych nad przetwornikami elektromagnetycznymi o proszkowych obwodach magnetycznych. W efekcie tej współpracy pod kierownictwem autora wniosku opracowano i zbudowano stanowisko do badania modeli silników o elementach magnetowodu wykonanych z proszków magnetycznych. Rezultaty prac zawarto w dwóch raportach z badań, przygotowanych m.in. przez wnioskodawcę.

1. *Wykonanie stanowiska do badania modeli silników o proszkowych obwodach magnetycznych* – 2011. Zleceniodawca Instytut Tele- i Radiotechniczny, ul. Ratuszowa 11, 03-450 Warszawa – **kierujący projektem.**
2. *Badania modeli silników o proszkowych obwodach magnetycznych* – 2011. Zleceniodawca Instytut Tele-i Radiotechniczny, ul. Ratuszowa 11, 03-450 Warszawa – wykonawca.

W roku 2019 rozpoczęto współpracę z firmą Purity Schweisstechnik und Montage GmbH z Niemiec reprezentowaną przez Vladimira Karpova. Współpraca miała za zadanie opracowanie i zbudowanie nowej konstrukcji silnika indukcyjnego klatkowego małej

mocy przeznaczonego do pracy w ciekłym gazie. W wyniku wybuchu pandemii Covid-19 prace zostały przerwane.

W roku obecnym, 2023, autor wniosku rozpoczął prace zespołowe nad poszukiwaniem nowych konstrukcji silników magnetoelektrycznych charakteryzujących się dużą gęstością mocy, przeznaczonych do samolotów o napędzie elektrycznym.

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

Autor prowadzi/prowadził wykłady i ćwiczenia na kierunkach:

- a) *Elektrotechnika* (przedmioty: Informatyka, Maszyny Elektryczne, Projektowanie Obiektowe, Projekt Dyplomowy),
- b) *Elektromobilność* (przedmiot: Informatyka),
- c) *Elektroenergetyka* (przedmiot: Programowalne Sterowniki Logiczne i systemy Scada),
- d) *Mechatronika* (przedmioty: Maszyny i Napęd Elektryczny, Informatyka Techniczna, Dyskretne Modele Urządzeń Elektromagnetycznych),
- e) *Inżynieria Zarządzania* (przedmioty: Automatyka i Robotyka Przemysłowa, Industrial Control Engineering and Robotics),
- f) *Inżynieria Lotnicza* (przedmioty: Elektromechaniczne Systemy Napędowe),
- g) *Logistyka* (przedmiot: Zautomatyzowane Systemy Produkcyjne),
- h) *Matematyka w Technice* (przedmiot: Elektromechaniczne Przetwarzanie Energii),
- i) *Automatyka i Robotyka* (przedmiot: Electrical Machines and Drives in Control Engineering).

Autor wniosku bardzo aktywnie angażował się w budowę nowych oraz modernizację istniejących stanowisk laboratoryjnych z zakresu maszyn elektrycznych, czy układów automatyki przemysłowej.

Kierował 30 pracami inżynierskimi lub magisterskimi na dwóch kierunkach studiów, przygotował 32 recenzje prac ww. typu.

Wnioskujący od wielu lat współpracuje z wiodącą firmą B&R, grupa ABB, zajmującą się automatyką przemysłową. W ramach współpracy odbył szkolenia podnoszące jego kompetencje naukowo-techniczne z zakresu współczesnych rozwiązań w dziedzinie sterowania, techniki napędowej czy wizualizacji. Posiada certyfikaty świadczące o uczestniczeniu w szkoleniach.

W roku 2021 wnioskodawca ukończył szkolenie podstawowe EPLAN Electric P8 Professional, organizowane przez Autoryzowanego Dystrybutora EPLAN S&S w Polsce firmę AB-Micro sp. z. o.o. zakończone uzyskaniem certyfikatu.

Poza działalnością naukową autor zaangażowany jest w działalność popularyzacyjną naukę i organizacyjną. Za tę działalność corocznie od roku 2011 otrzymuje nagrodę JM Rektora Politechniki Poznańskiej.

W roku 2022 decyzją Zarządu Głównego SEP autor został wyróżniony medalem im. inż. Karola Franciszka Pollaka w uznaniu zasług w działalności naukowej w dziedzinie maszyn elektrycznych oraz w podziękowaniu za wieloletnią współpracę z SEP.

Trzy artykuły autora, w tym jeden samodzielny, otrzymały nagrodę za najlepszy artykuł wygłaszany podczas konferencji: Sympozjum Maszyn Elektrycznych w roku 2013 (sesja plakatowa) i w roku 2017 (sesja oralna) oraz podczas konferencji EPNC w roku 2019 w Arras (sesja oralna, artykuł samodzielny).

Autor wniosku uczestniczył w wielu konferencjach krajowych i zagranicznych. Recenzował artykuły zgłoszone do następujących czasopism: *Compel*, *Energies*, *Applied Sciences*, *IEEE Transaction on Magnetics*, *IEEE Transaction on Industrial Electronics*, *Przegląd Elektrotechniczny*, *Acta Physica Polonica A*. Przygotowywał też recenzje prac zgłoszonych do renomowanych konferencji, np. *Compumag*, *ISEF*, *ICEM*.

W 2014 roku wnioskodawca pełnił rolę redaktora technicznego ekspertyzy pt. „*Mapa rozwoju dyscypliny Elektrotechnika*”, opracowanej przez Komitet Elektrotechniki PAN.

Od 2002 roku autor wniosku jest członkiem zespołu badawczego w ramach badań statutowych Zakładu Mechatroniki i Maszyn Elektrycznych Politechniki Poznańskiej. W latach 2012 i 2013 kierował badaniami własnymi DS-MK, finansowanymi ze środków Politechniki Poznańskiej.

Członkostwo wnioskodawcy:

- a) Rada Wydziału Elektrycznego macierzystej Uczelni od 2017 do 2020 roku.
- b) Rada Wydziału Automatyki, Robotyki i Elektrotechniki macierzystej Uczelni od 2020 roku.
- c) Członek stowarzyszony Sekcji Maszyn Elektrycznych i Transformatorów KEL PAN od 2021.
- d) Członek Polskiego Towarzystwa Elektrotechniki Teoretycznej i Stosowanej od 2006 roku.
- e) Członek Komisji Nauk Elektrycznych PAN oddział Poznań od 2019 roku.

Od roku 2010 autor jest **redaktorem naukowym kwartalnika** PAN *Archives of Electrical Engineering (AEE)*. W czasie jego działalności redakcyjnej AEE stało się rozpoznawalnym czasopismem międzynarodowym o IF=1.3 (100 pt. MEiN)

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

Poza wymienionymi wyżej, autor realizował też inne prace na rzecz przemysłu. W ramach współpracy z ZEM-SWARZĘDZ, producentem silników elektrycznych, opracowano nową konstrukcję 6-biegunowego silnika synchronicznego z magnesami trwałymi (LSPMSM). Autor uczestniczył w przygotowaniu systemu do projektowania tego silnika. Wdrożył oprogramowanie do polowo-obwodowej analizy zjawisk elektromagnetycznych. Przy tworzeniu oprogramowania wykorzystał środowisko profesjonalne Maxwell ANSYS. Efektem prac było stworzenie dwóch konstrukcji 6-biegunowego silnika synchronicznego z magnesami trwałymi. Wyniki prac zostały opublikowane w dwóch wymienionych poniżej współautorskich artykułach.

1. *Analiza wpływu liczby i rozmieszczenia prętów uzwojenia rozruchowego na wybrane parametry funkcjonalne silnika synchronicznego magnetoelektrycznego*, **Mariusz Barański** (WE), Krzysztof Kowalski (WE), Wiesław Łyskawiński (WE), Dorota Stachowiak (WE), Rafał Marek Wojciechowski (WE), *Maszyny Elektryczne: zeszyty problemowe*, **2015**, nr 3, s. 25-30.

2. *Analiza wpływu niesymetrii obwodu magnetycznego wirnika na parametry rozruchowe 6-biegunowego silnika magnetoelektrycznego synchronicznego*, **Mariusz Barański** (WE), Cezary Jędrzycka (WE), Łukasz Knypiński (WE), Dorota Stachowiak (WE), Wojciech Szelaąg (WE), *Maszyny Elektryczne: zeszyty problemowe*, **2015**, nr 4, s. 43-48.

W latach 2019-2022 wnioskodawca brał udział w realizacji grantu interdyscyplinarnego JM Rektora Politechniki Poznańskiej pt. „*Opracowanie kompleksowej technologii utylizacji zmieszanych odpadów polimerowych pochodzących z branży motoryzacyjnej na terenie Poznania i okolic*”. Prace obejmowały projektowanie i wykonanie separatora (demonstratora) elektrostatycznego. Jednym z zadań był dobór parametrów procesu separacji tworzyw sztucznych oraz opracowanie systemu wizyjnego do oceny efektywności separacji. Autor wniosku zajmował się m.in. opracowaniem procedur wykonywania badań eksperymentalnych i analizą wpływu wybranych parametrów procesu tryboładowania mieszaniny różnych tworzyw sztucznych na akumulowany ładunek elektryczny oraz na skuteczność separacji elektrostatycznej, a także analizą rozkładu pola elektrycznego oraz sił pochodzenia elektrostatycznego działających na wsad separatora. W ramach tych badań opublikowano 5 artykułów naukowych, w tym 4, w renomowanych międzynarodowych czasopismach naukowych. Prace zestawiono poniżej. Wnioskodawca jest wiodącym autorem artykułów [1] i [4].

1. *Analysis of Triboelectrostatic Separation Process of Mixed Poly(ethylene terephthalate) and High-Density Polyethylene*, Wiesław Łyskawiński (WARiE), **Mariusz Barański** (WARiE), Cezary Jędrzycka (WARiE), Jacek Mikołajewicz (WARiE), Roman Regulski (WIM), Dominik Rybarczyk (WIM), Dariusz Sędziak (WIM), *Energies*, **2022**, vol. 15, iss. 1, s. 1-13.
2. *Concept and Design of the Test Bench for Electrostatic Separation in Plastic Recycling Application*, Dorota Czarnecka-Komorowska (WIM), Cezary Jędrzycka (WARiE), Dariusz Sędziak (WIM), Roman Regulski (WIM), Krzysztof Netter (WIM), Dominik Rybarczyk (WIM), **Mariusz Barański** (WARiE), Mateusz Barczewski (WIM), *MATEC Web of Conferences*, **2022**, vol. 357, s. 1-10.
3. *Automated test bench for research on electrostatic separation in plastic recycling application*, Roman Regulski (WIM), Dorota Czarnecka-Komorowska (WIM), Cezary Jędrzycka (WARiE), Dariusz Sędziak (WIM), Dominik Rybarczyk (WIM), Krzysztof Netter (WIM), **Mariusz Barański** (WARiE), Mateusz Barczewski (WIM), *Bulletin of the Polish Academy of Sciences. Technical Sciences*, **2021**, vol. 69, no. 2, s. 1-10.
4. *Tribo-Electrostatic Separation Analysis of a Beneficial Solution in the Recycling of Mixed Poly(Ethylene Terephthalate) and High-Density Polyethylene*, Wiesław Łyskawiński (WARiE), **Mariusz Barański** (WARiE), Cezary Jędrzycka (WARiE), Jacek Mikołajewicz (WARiE), Roman Regulski (WIM), Dariusz Sędziak (WIM), Krzysztof Netter (WIM), Dominik Rybarczyk (WIM), Dorota Czarnecka-Komorowska (WIM), Mateusz Barczewski (WIM), *Energies*, **2021**, vol. 14, no. 6, s. 1-13.
5. *Assessment of the Electrostatic Separation Effectiveness of Plastic Waste Using a Vision System*, Dominik Rybarczyk (WIM), Cezary Jędrzycka (WARiE), Roman Regulski (WIM), Dariusz Sędziak (WIM), Krzysztof Netter (WIM), Dorota Czarnecka-Komorowska (WIM), Mateusz Barczewski (WIM), **Mariusz Barański** (WARiE), *Sensors*, **2020**, vol. 20, no. 24, s. 1-16.

W latach 2021-2023 autor wniosku brał udział w projekcie pt. „Prace B+R nad innowacyjną w skali świata przeciwpożarową bramą harmonijkową o nowej konstrukcji, wykonaną z unikalnych materiałów zapewniającą zwiększoną odporność ogniową wraz z nową technologią jej wytwarzania”, którego fundatorem było Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, POIR.01.01.01-00-1029/21. Badania, w których uczestniczył autor wniosku koncentrowały się na opracowaniu konstrukcji zamykania bramy harmonijkowej z wykorzystaniem magnesów trwałych neodymowych i ferrytowych przy pracy w wysokiej temperaturze otoczenia. W rezultacie przy istotnym udziale autora, powstał projekt konstrukcji bramy oraz obszerne opracowanie opisujące zaprojektowany układ.


.....
(podpis wnioskodawcy)