

DOROTA STACHOWIAK
POLITECHNIKA POZNAŃSKA
WYDZIAŁ ELEKTRYCZNY

ZAŁĄCZNIK 2.

Autoreferat przedstawiający opis dorobku i osiągnięć naukowych.

AUTOREFERAT

1. Imię i nazwisko

Dorota Stachowiak

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytuł rozprawy doktorskiej

Magister inżynier elektryk, Politechnika Poznańska, 1999.

Doktor nauk technicznych. Dziedzina nauki: nauki techniczne. Dyscyplina naukowa: Elektrotechnika. Specjalność: Elektrotechnika. Stopień nadany uchwałą Rady Wydziału Elektrycznego Politechniki Poznańskiej w dniu 14.09.2004 na podstawie rozprawy pt. „Wyznaczanie momentu elektromagnetycznego maszyn magnetoelektrycznych metodą węzłowych i krawędziowych elementów skończonych”, 2004.

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

Od 01.10.2000 do 30.09.2001 zatrudniona na stanowisku asystenta na rok w Instytucie Elektrotechniki Przemysłowej na Wydziale Elektrycznym Politechniki Poznańskiej.

Od 01.10.2001 do 30.09.2004 zatrudniona na stanowisku asystenta w Instytucie Elektrotechniki Przemysłowej na Wydziale Elektrycznym Politechniki Poznańskiej.

Od 01.10.2004r. do chwili obecnej zatrudniona na stanowisku adiunkta w Instytucie Elektrotechniki i Elektroniki Przemysłowej na Wydziale Elektrycznym Politechniki Poznańskiej.

4. Wskazanie osiągnięcia naukowego wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.):

a) Tytuł osiągnięcia naukowego

Cykl publikacji powiązanych tematycznie pod wspólną nazwą: „**Sprzężone zjawiska polowe elektromagnetyczno-mechaniczne w układach z przemieszczającymi się środowiskami**” – cykl zawiera łącznie 10 publikacji.

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

1. Andrzej Demenko, **Dorota Stachowiak**, 2008, *Electromagnetic torque calculation using magnetic network methods*, *Compel – The international journal for computation and mathematics in electrical and electronic engineering*. Vol. 27 No. 1, pp. 17-26.
Punkty MNiSW = 10; IF(2008) = 0,441; Artykuł indeksowany w bazach: Web of Science, SCOPUS.
2. **Dorota Stachowiak**, Andrzej Demenko, 2009, *Reluctance network model of Halbach magnetized permanent magnet machines*, *Przegląd Elektrotechniczny*, R. 85, Numer 4/2009, pp. 223-226.
Punkty MNiSW = 6; IF(2009) = 0,196; Artykuł indeksowany w bazach: Web of Science, SCOPUS.
3. **Dorota Stachowiak**, Wojciech Pietrowski, 2008, *Wpływ niejednorodnie namagnesowanych magnesów na moment zaczepowy w silniku magnetoelektrycznym*, *Przegląd Elektrotechniczny*, R. 84, Numer 12/2008, pp. 100-103.
Punkty MNiSW = 10; Artykuł indeksowany w bazach: Web of Science, SCOPUS.
4. **Dorota Stachowiak**, Rafał M. Wojciechowski, 2011, *Analysis of permanent magnet motor with powder magnetic core using edge element method*, *Przegląd Elektrotechniczny*, R. 87, Numer 11/2011, pp. 116-119.
Punkty MNiSW = 15; IF(2011) = 0,244; Artykuł indeksowany w bazach: Web of Science, SCOPUS.
5. Cezary Jędrzycka, Marcin Nowak, Kazimierz Radziuk, **Dorota Stachowiak**, 2013, *Magnesy hybrydowe w silnikach synchronicznych o rozruchu bezpośrednim*, *Przegląd Elektrotechniczny*, R. 89, Numer 9/2013, pp. 44-47.
Punkty MNiSW = 10; Artykuł indeksowany w bazie SCOPUS.
6. Wiesław Łyskawiński, Cezary Jędrzycka, **Dorota Stachowiak**, 2016, *Analysis of 6-pole IPM synchronous motor with tangential magnets using finite element method*, *Przegląd Elektrotechniczny*, R. 92, Numer 4/2016, pp. 34-37.
Punkty MNiSW = 14; Artykuł indeksowany w bazie SCOPUS.
7. **Dorota Stachowiak**, 2013, *The influence of magnetic bias and prestress on magnetostriction characteristics of a giant magnetostrictive actuator*, *Przegląd Elektrotechniczny*, R. 89, Numer 4/2013, pp. 233-236.
Punkty MNiSW = 10; Artykuł indeksowany w bazie SCOPUS.

8. **Dorota Stachowiak**, 2016, *Finite element analysis of the active element displacement in a giant magnetostrictive transducer*, *Compel – The international journal for computation and mathematics in electrical and electronic engineering*, Vol. 35 No. 4, pp.1371 – 1381.
Punkty MNiSW = 15; IF(2015) = 0,430; Artykuł indeksowany w bazach: Web of Science, SCOPUS.
9. **Dorota Stachowiak**, 2015, *Modelowanie przemieszczenia rdzenia w przetworniku magnetostrykcyjnym o symetrii osiowej*, *Poznan University of Technology Academic Journals, Electrical Engineering*, No. 83, pp. 53-62.
Punkty MNiSW =9.
10. **Dorota Stachowiak**, Paweł Idziak, 2016, *Badanie właściwości magnetycznych materiałów magnetostrykcyjnych i stali konstrukcyjnych*, *Poznan University of Technology Academic Journals, Electrical Engineering*, No. 85, pp. 95-106.
Punkty MNiSW =9.

c) Omówienie celu naukowego prac i osiągniętych wyników wraz z ich ewentualnym wykorzystaniem praktycznym

Przedstawiony zbiór publikacji naukowych powiązanych tematycznie obejmuje wyniki badań z zakresu zastosowania numerycznych technik do analizy sprzężonych zjawisk elektromagnetycznych i mechanicznych w przetwornikach elektromechanicznych, w szczególności w przetwornikach z magnesami trwałymi o nietypowych właściwościach i niejednorodnym namagnesowaniu [2, 3,4, 5, 6] oraz w przetwornikach magnetostrykcyjnych [7, 8, 9, 10]. Sprzężone zjawiska polowe w układach z przemieszczającymi się środowiskami odwzorowano metodami polowymi i polowo-obwodowymi w ujęciu dwu i trójwymiarowym. W rozpatrywanym ujęciu polowe modele zjawisk sprzężonych zawierają równania pola elektromagnetycznego i ruch środowisk oraz występujące w równaniach ruchu relacje opisujące na podstawie rozkładu pola magnetycznego momenty i siły, a w przypadku przetworników magnetostrykcyjnych także pole naprężeń.

Rozwój przetworników elektromechanicznych jest uzależniony od wielu czynników. Zależy on zarówno od postępu w dziedzinie materiałów magnetycznie i elektrycznie czynnych, materiałów izolacyjnych, jak i od doskonalenia metod analizy, projektowania

i optymalizacji tych przetworników. Rozwój ten związany jest również z ulepszaniem istniejących i wdrażaniem nowych, tanich i ekologicznych technologii produkcji.

Do budowy współczesnych przetworników elektromechanicznych coraz częściej wykorzystuje się nowe materiały konstrukcyjne. W ostatnich latach wraz z rozwojem inżynierii materiałowej opracowywane są materiały typu Smart. Fenomen materiałów Smart polega na tym, że główne cechy użytkowe wyrażone poprzez wielkości jednego pola fizycznego, zależą silnie od określonych wielkości innego pola.

Zjawiska występujące w przetwornikach wykonanych z tego typu materiałów w tym w przetwornikach elektromechanicznych mają charakter polowy i są wzajemnie powiązane. Zastosowanie modeli polowych w tych przetwornikach pozwala na ich dokładną analizę i syntezę, a przez to uwiarygodnia obliczenia symulacyjne i projektowe. W rezultacie unika się budowy kosztownych prototypów, co ma szczególne znaczenie w przypadku układów wykorzystujących nowe, często jeszcze drogie materiały.

Autorka wniosku analizowała sprzężone zjawiska elektromagnetyczne, magnetosprężyste i mechaniczne w przetwornikach elektromechanicznych, w tym w przetwornikach z magnesami trwałymi o specjalnych właściwościach [2,3,5] i w przetwornikach wykorzystujących zjawisko magnetostrykcji [7,8,9].

Opracowała procedury odwzorowania przemieszczenia rdzenia wykonanego z materiału o gigantycznej magnetostrykcji w liniowym przetworniku osiowosymetrycznym [8,9]. Zbadała wpływ technologii wytwarzania materiału oraz obróbki końcowej próbek na własności magnetyczne materiałów magnetostrykcyjnych oraz stali konstrukcyjnych [10].

Autorka wniosku badała zjawiska elektromagnetyczno-mechaniczne także w maszynach wirujących wzbudzanych magnesami trwałymi. Rozpatrywała przy tym układy z magnesami wytwarzanymi z wykorzystaniem nowoczesnych technologii proszkowych, układy o niekonwencjonalnych strukturach (np. strukturach hybrydowych [5]) oraz układy z magnesami o nietypowych sposobach magnesowania [2,3]. Autorka zbadała wpływ parametrów materiałowych wirnika [4], hybrydyzacji magnesów [5] oraz umiejscowienia magnesów [6] na parametry funkcjonalne maszyn magnetoelektrycznych.

Celem naukowym badań omówionych w załączonym cyklu publikacji było pogłębienie teorii oraz udoskonalenie numerycznych metod analizy sprzężonych

zjawisk polowych w układach z przemieszczającymi się środowiskami magnetycznymi. Motywacją do podjęcia tych badań były zainteresowania autorki wniosku nowymi materiałami w tym materiałami o gigantycznej magnetostrykcji i magnesami hybrydowymi, a także zainteresowania związane z poszukiwaniem skutecznych metod analizy i syntezy nowych struktur przetworników elektromechanicznych.

Skuteczność analizy sprzężonych zjawisk elektromagnetyczno-mechanicznych zależy w znacznej mierze od dokładności obliczeń sił i momentów elektromechanicznych. W związku z tym w pracach poprzedzających badania nad układami z materiałami magnetostrykcyjnymi i układami o przemieszczających się środowiskach autorka wniosku zajmowała się pogłębioną analizą metod obliczania momentu elektromagnetycznego na podstawie rozkładu pola magnetycznego wyznaczonego na modelach dyskretnych [1]. Opracowała procedury obliczania momentu elektromagnetycznego na podstawie rozwiązań równań MES reprezentowanych przez równanie węzłowe i oczkowe dla siatek magnetycznych. Równania węzłowe dotyczą metod potencjału skalarnego, a oczkowe potencjału wektorowego [1, 2, 4]. Rozszerzyła przy tym badania podjęte w rozprawie doktorskiej o zagadnienia analizy układów złożonych z materiałów o różnorodnej strukturze i właściwościach, np. z magnesami hybrydowymi.

W odróżnieniu od układów rozpatrywanych w rozprawie doktorskiej, struktury analizowane po doktoracie wymagały istotnych modyfikacji polegających na dostosowaniu opracowanych wcześniej algorytmów do wyznaczania sił działających na poszczególne podobszary rozpatrywanych układów; należało bowiem uwzględnić, że przesunięcia tych podobszarów mogą być różne, tak jak to ma miejsce w przypadku przetworników magnetostrykcyjnych.

ad. [1] Andrzej Demenko, Dorota Stachowiak, 2008, *Electromagnetic torque calculation using magnetic network methods*, COMPEL – The international journal for computation and mathematics in electrical and electronic engineering. Vol. 27 No. 1, pp. 17-26.

Autorka wniosku zajmowała się poszukiwaniem skutecznych metod numerycznego odwzorowania zmian położenia środowisk magnetycznych wywołanych momentem elektromagnetycznym w maszynach magnetoelektrycznych wirujących. Dokładność

obliczeń sił i momentów elektromechanicznych ma ogromny wpływ na efektywność polowej analizy sprzężonych zjawisk elektromagnetyczno-mechanicznych. Opracowano skuteczne algorytmy wyznaczania momentu na podstawie rozkładów pól wyznaczonych autorską metodą ekwiwalentnych sieci, to jest sieci których równania odpowiadają równaniom metody elementów skończonych.

W artykule, do analizy maszyn elektrycznych, zaproponowano autorską metodę odwzorowania pól magnetycznych z wykorzystaniem sieci magnetycznych, reluktancyjnych lub permeancyjnych. Przy opracowaniu modeli siatkowych uwzględniono, że równania metody elementów skończonych odpowiadają równaniom oczkowym i węzłowym siatek magnetycznej i elektrycznej. Równania metody elementów krawędziowych (MEK) dla ujęć wykorzystujących wektorowy potencjał A odpowiadają równaniom oczkowym siatki reluktancyjnej. Równania opisujące wartości skalarnego potencjału Ω dla elementów węzłowych odpowiadają równaniom węzłowym siatki permeancyjnej. Na podstawie rozwiązań równań węzłowych i oczkowych dla siatek magnetycznych opracowano procedury obliczania momentu elektromagnetycznego. Rozpatrzono zmiany energii i koenergii magnetycznej wywołane wirtualnym przesunięciem siatki odwzorowującej obszar wirnika maszyny elektrycznej. Przyjęto, że w procesie dyskretyzacji układu w szczelinie powietrznej zostało utworzone pasmo o jednorodnych elementach. Pasma to oddziela obszar stojana od obszaru wirnika.

W pracy wykazano, że zaproponowane metody wyznaczania momentu elektromagnetycznego można skutecznie zastosować w trójwymiarowych obliczeniach wirujących maszyn elektrycznych. Opracowane formuły można stosować zarówno w metodzie elementów węzłowych dla ujęć wykorzystujących potencjał skalarny jak i w metodzie elementów krawędziowych dla ujęć wykorzystujących potencjał wektorowy. Metody wykorzystano w dalszych pracach autorki wniosku.

ad. [2] Dorota Stachowiak, Andrzej Demenko, 2009, *Reluctance network model of Halbach magnetized permanent magnet machines*, Przegląd Elektrotechniczny, R. 85, Numer 4/2009, s. 223-226.

Metodę sieci reluktancyjnych zastosowano do wyznaczenia rozkładu pola magnetycznego w maszynie z magnesami trwałymi naklejonymi na powierzchnię

wirnika. Trójwymiarowy model reluktancyjny maszyny utworzono na podstawie funkcji interpolacyjnych elementów krawędziowych i ściankowych. Opracowano nowoczesną metodę odwzorowania w trójwymiarowej przestrzeni elementów skończonych, obszarów z magnesami trwałymi o zadanym rozkładzie wektora namagnesowania, w tym obszarów z magnesami niejednorodnie namagnesowanymi, np. o strukturze Halbacha. W obliczeniach zastosowano udoskonalony opis sił magnetomotorycznych w obszarze z magnesami trwałymi. Gałęziowe siły magnetomotoryczne w siatce reluktancyjnej wyznaczono na podstawie krawędziowych wartości wektora namagnesowania T_m . Stosując takie podejście ma się pewność, że spełnione jest prawo bezźródłowości pola przepływowego prądu.

Rozpatrzono układy z magnesami o zmiennym wektorze namagnesowania i układ odwzorowujący magnes o sinusoidalnym kształcie. Wykonano badania symulacyjne wpływu kształtu magnesu oraz namagnesowania typu Halbach na tętnienia momentu elektromagnetycznego. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że poprzez właściwy dobór wymiarów, kształtu i namagnesowania magnesów można znacząco zredukować tętnienia momentu i wyższe harmoniczne w przebiegu siły elektromotorycznej. Należy odnotować, że opracowane autorskie oprogramowanie z powodzeniem pozwala na skuteczną analizę obwodu z magnesami trwałymi w ujęciu trójwymiarowym.

ad. [3] Dorota Stachowiak, Wojciech Pietrowski, 2008, *Wpływ niejednorodnie namagnesowanych magnesów na moment zaczepowy w silniku magnetoelektrycznym*, Przegląd elektrotechniczny. R. 84, Numer 12/2008, ss. 100-103.

Celem kolejnych badań było uzupełnienie i rozwinięcie analizy silnika magnetoelektrycznego o nietypowych niejednorodnie namagnesowanych magnesach. Zbadano wpływ rozkładu wektora namagnesowania na moment zaczepowy silnika. Opracowane procedury wyznaczania momentu wykorzystano do obliczeń momentu zaczepowego w silniku z magnesami trwałymi naklejonymi na powierzchnię wirnika.

Analizowano zmienność momentu zaczepowego przy różnych szerokościach magnesu oraz różnym kącie namagnesowania. Rozpatrzono zastosowanie sztucznej sieci neuronowej do aproksymacji przebiegu momentu zaczepowego w funkcji szerokości kątowej magnesu oraz w funkcji kąta określającego kierunek

namagnesowania. Wykorzystanie sztucznej sieci neuronowej zredukowało czas wyznaczania charakterystyk przebiegu momentu zaczepowego.

Praca potwierdziła skuteczność autorskiego algorytmu obliczeniowego i wskazała na korzyści związane z włączeniem do obliczeń sił i momentów metod sztucznej inteligencji.

ad. [4] Dorota Stachowiak, Rafał M. Wojciechowski, 2011, *Analysis of permanent magnet motor with powder magnetic core using edge element method*, Przegląd Elektrotechniczny, R. 87, Numer 11/2011, ss. 116-119.

W ostatnich latach dzięki osiągnięciom metalurgii proszkowej możliwe jest wykonanie części magnetowodu silników z materiałów proszkowych. Dlatego podjęto badania nad zastosowaniem kompozytu magnetycznie miękkiego typu Somaloy 500 w silnikach magnetoelektrycznych. W rozważaniach przyjęto, że stojan maszyny wykonany jest z blachy ferromagnetycznej, a wirnik z materiału proszkowego. W opracowanym polowym modelu silnika, anizotropową strukturę rdzenia złożonego z blach i izolacji zastąpiono układem jednorodnym anizotropowym o anizotropii prostokątnej. W wirniku przyjęto, że reluktywności przyporządkowane osiom układu współrzędnych są równe reluktywności materiału proszkowego. Rozpatrzono nowe wielostopniowe ujęcie metody elementów skończonych niestosowane jeszcze w oprogramowaniu komercyjnym. Na podstawie tego ujęcia, po wykorzystaniu opisu źródeł pola w przestrzeni elementów ściankowych, można opracować szybkozbieżne algorytmy do trójwymiarowej analizy i syntezy obwodów magnetycznych maszyn elektrycznych w tym maszyn o rdzeniu z kompozytu proszkowego.

Autorka wniosku zbadała wpływ parametrów materiałowych wirnika na moment elektromagnetyczny i na wartość indukowanych sił elektromotorycznych. Parametry całkowite silnika wyznaczono na podstawie rozwiązań równań oczkowych siatki reluktancyjnej. Obliczenia wykonano za pomocą dwuwymiarowych i trójwymiarowych modeli polowych. Na podstawie analizy otrzymanych wyników stwierdzono, że różnice pomiędzy obliczonym momentem dla silnika z rdzeniem proszkowym a silnikiem z rdzeniem laminowanym są mniejsze niż 2%.

Zbadano wpływ proporcji wymiarów zewnętrznych maszyny na błąd obliczeń momentu, spowodowany uproszczeniami wprowadzonymi przy formowaniu modelu

dwuwymiarowego. Porównano wyniki obliczeń momentu na podstawie modelu trójwymiarowego z wynikami dla modelu dwuwymiarowego. Zauważono, że różnica pomiędzy modelem 2D i 3D jest większa niż pomiędzy silnikiem z rdzeniem proszkowym a silnikiem z rdzeniem pakietowanym. Na podstawie analizy otrzymanych wyników stwierdzono, że istnieje możliwość zastosowania materiału proszkowego do budowy maszyn magnetoelektrycznych.

Opracowany autorski algorytm obliczeniowy jest uniwersalny i może być z powodzeniem stosowany do analizy obwodów magnetycznych, w których występują obszary anizotropowe jak i izotropowe.

ad. [5] Cezary Jędrzycka, Marcin Nowak, Kazimierz Radziuk, Dorota Stachowiak, 2013, *Magnesy hybrydowe w silnikach synchronicznych o rozruchu bezpośrednim*, Przegląd Elektrotechniczny, R. 89, Nr 9/2013, s. 44-47.

Do jednych z nowszych rozwiązań technologii proszkowej zaliczają się magnetyczne elementy hybrydowe. Składają się one z przynajmniej dwóch materiałów o różnych właściwościach magnetycznych, wykonanych w jednym procesie technologicznym. W przypadku magnesów hybrydowych mogą to być magnesy wytwarzane z mieszanek różnych materiałów lub magnesy o strukturze warstwowej. Właściwości takich hybrydowych magnesów można kształtować w taki sposób, by dostosować je do konstrukcji i wymagań projektowanej maszyny elektrycznej. W ramach badań poszukiwano optymalnych konstrukcji silników synchronicznych o hybrydowych magnesach trwałych i rozruchu bezpośrednim (Line Start Permanent Magnet Synchronous Motor, LSPMSM).

Opracowano modele polowo-obwodowe nowych struktur silników o magnesach hybrydowych złożonych z silniejszych magnesów wytwarzanych metodą spiekania i słabszych dielektromagnesów. Przy tworzeniu modeli sparametryzowano wybrane wymiary geometryczne i współczynniki materiałowe magnesów. Przewidziano możliwość połączenia komercyjnych procedur obliczeniowych z oprogramowaniem własnym celem przeprowadzenia obliczeń optymalizacyjnych rozpatrywanych konstrukcji silników.

W pracy przedstawiono wyniki obliczeń symulacyjnych przeprowadzonych dla wybranych konstrukcji silników LSPMSM o magnesach hybrydowych. Otrzymane

wyniki obliczeń porównano z wynikami dla struktur silników z powszechnie stosowanymi magnesami neodymowymi wytwarzanymi metodą spiekania. Rozpatrywane układy różniły się konstrukcją wirnika. W analizie porównawczej skoncentrowano się na badaniach wpływu hybrydyzacji magnesów na rozkład indukcji magnetycznej, przebieg siły elektromotorycznej rotacji oraz przebieg prędkości obrotowej podczas rozruchu badanych maszyn.

Na podstawie analizy otrzymanych wyników stwierdzono, że magnesy hybrydowe należy stosować wszędzie tam, gdzie ważne jest ograniczenie pulsacji momentu nawet kosztem pogorszenia sprawności i współczynnika mocy, a także w celu poprawienia parametrów rozruchowych silnika. Opracowany autorski algorytm obliczeniowy pozwala na skuteczną ocenę przydatności stosowania magnesów hybrydowych w silnikach LSPMSM.

ad. [6] Wiesław Łyskawiński, Cezary Jędryczka, Dorota Stachowiak, 2016, *Analysis of 6-pole IPM synchronous motor with tangential magnets using finite element method*, Przegląd Elektrotechniczny, R. 92, Nr 4/2016, pp. 34-37.

Silniki o magnesach umieszczonych wewnątrz pakietu wirnika (IPM - *interior permanent magnet*) są coraz częściej stosowane ze względu na możliwość sterowania w strefie osłabionego strumienia magnetycznego bez ryzyka odmagnesowania magnesów trwałych. Z drugiej strony obecność materiału ferromagnetycznego pomiędzy magnesami prowadzi do zmniejszenia strumienia głównego maszyny. W celu uzyskania możliwie największego strumienia użytecznego poszukuje się struktur silników IPM, w których minimalizuje się zjawisko bocznikowania magnesów. Realizuje się to przez modyfikacje ukształtowania bariery magnetycznej ograniczającej strumień rozproszenia magnesów i uzyskuje się możliwość poprawy parametrów funkcjonalnych maszyny.

Opracowano połowo-obwodowy model 6-biegunowego silnika synchronicznego o magnesach cięciwowo wsuwanych w rdzeń wirnika. Model opracowano w sposób parametryczny umożliwiając modyfikacje podstawowych wymiarów obwodu magnetycznego jak i rozmieszczenie magnesów oraz kształtu obszarów niemagnetycznych (bariery magnetycznej) pomiędzy magnesami w strefie przyszczelinowej. Wykonano obliczenia symulacyjne zmieniając położenie magnesów na cięciwach pakietu wirnika. Na podstawie analizy rozkładów pola magnetycznego

i wyznaczonych parametrów funkcjonalnych wytypowano strukturę najlepiej ograniczającą skutki bocznikowania magnesów. Niewątpliwym osiągnięciem zrealizowanych badań jest optymalizacja wielkości mostka magnetycznego pomiędzy magnesem a szczeliną powietrzną w celu zapewnienia najmniejszego strumienia rozproszenia magnesów, przy zachowaniu możliwie najlepszych parametrów funkcjonalnych rozpatrywanego silnika.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że przy projektowaniu silników z magnesami umieszczonymi w pakiecie wirnika celowe jest stosowanie jak najmniejszych mostków magnetycznych. Jednak przy doborze szerokości mostka należy zachować kompromis pomiędzy uzyskaniem możliwie najlepszych parametrów funkcjonalnych a niską wartością momentu zaczepowego, wartością współczynnika THD dla indukowanych sił elektromotorycznych oraz tętnienia momentu elektromagnetycznego. Dodatkowym ograniczeniem co do szerokości mostków magnetycznych jest wytrzymałość mechaniczna konstrukcji wirnika oraz dostępna technologia wytwarzania blach.

Opracowany autorski algorytm obliczeniowy pozwala na skuteczną ocenę zjawisk wynikających z występowania mostków magnetycznych.

ad. [7] Dorota Stachowiak, 2013, The influence of magnetic bias and prestress on magnetostriction characteristics of a giant magnetostrictive actuator, Przegląd Elektrotechniczny (Electrical Review), R. 89 Nr 4/2013, pp. 233-236.

W materiałach ferromagnetycznych obserwuje się zjawisko magnetostrykcji. Parametrem charakteryzującym to zjawisko jest tzw. współczynnik magnetostrykcji λ określający względne wydłużenie próbki. Zmianę wymiarów liniowych materiału określa się w mikronach na metr ($\mu\text{m}/\text{m}$) lub w jednostce umownej ppm (ang. ppm – parts per milion, 10^{-6}).

Przetworniki magnetostrykcyjne zwykle wykonywano z niklu i jego stopów. Jednakże mały efekt magnetostrykcji, rzędu 50 ppm ograniczał zakres nowych zastosowań tego typu przetworników. Wraz z odkryciem materiałów, które charakteryzują się zdecydowanie większą magnetostrykcją niż nikiel (nawet do 2000 ppm) nastąpił rozwój dynamiczny przetworników magnetostrykcyjnych. Obecnie w przetwornikach tego typu stosuje się głównie tzw. materiały o gigantycznej magnetostrykcji (GMM - ang.: Giant

Magnetostrictive Materials) takie jak Terfenol-D lub Galfenol. Terfenol-D ($Tb_xDy_{1-x}Fe_2$, $x \sim 0,3$) jest międzymetalicznym stopem pierwiastków ziem rzadkich, terbu i dysprozu oraz żelaza. Natomiast Galfenol ($Fe_{100-x}Ga_x$, $\sim 12 < x < 30$) jest stopem żelaza i galu.

Magnetostrykcyjne aktulatory, wykorzystujące materiały typu GMM, charakteryzują się dużą siłą, odkształceniem i precyzyjnym przemieszczeniem przy niewielkich rozmiarach i krótkim czasie reakcji. Pozwala to na zastosowanie ich w precyzyjnych narzędziach mechanicznych, w przyrządach do aktywnego tłumienia drgań, w szybkich zaworach, w pompach wtryskowych do samochodów, w myjkach ultradźwiękowych, w aparaturze akustycznej i wielu innych

W artykule rozpatrzono magnetostrykcyjny aktuator o symetrii osiowej. Elementem wykonawczym w rozpatrywanym przetworniku jest walcowy magnetostrykcyjny rdzeń wykonany z Terfenolu-D. Wokół rdzenia nawinięte jest uzwojenie wzbudzające pole magnetyczne. Cewkę umieszczono wewnątrz ferromagnetycznej obudowy umożliwiając ukierunkowanie wektora pola magnetycznego. Natomiast sprężyna ściskająca pozwala wygenerować wstępne naprężenie mechaniczne w rdzeniu. Wprowadzenie naprężenia wstępnego pozwala na dobranie optymalnej pod względem liniowości charakterystyki magnetostrykcyjnej oraz możliwość uzyskania większych maksymalnych wartości odkształcenia. Do namagnesowania wstępnego materiału GMM wykorzystuje się dodatkowe uzwojenie zasilane prądem stałym lub magnesy trwałe. Odpowiedni dobór magnesów trwałych w obwodzie magnetycznym przetwornika wpływa na większą efektywność pracy tego przetwornika. Należy tak dobrać rozmieszczenie magnesów, aby uzyskać jak największą wartość wydłużenia względnego rdzenia przy zachowaniu jak największego współczynnika jednorodności pola w rdzeniu.

Autorka wniosku zaproponowała i opracowała polowy model aktuatora magnetostrykcyjnego do badania wpływu rozmieszczenia magnesów trwałych na rozkład indukcji magnetycznej w rdzeniu GMM. Model uzupełniono procedurami parametrycznymi, które pozwalają na bezpośrednią modyfikację podstawowych wymiarów obwodu magnetycznego i zmianę rozmieszczenia magnesów. Wykonano obliczenia symulacyjne zmieniając położenie i wymiary magnesów. Poszukiwano optymalnego rozmieszczenia magnesów metodą przeglądu systematycznego. Na podstawie analizy rozkładów pola magnetycznego wytypowano strukturę przetwornika o dużym współczynnikiem jednorodności pola w rdzeniu.

W materiałach magnetostrykcyjnych sprzężenie magnetomechaniczne, przy założeniu sprężystych odkształceń i odwracalnej magnetyzacji, można wyrazić w postaci układu równań, w którym odkształcenie ε i indukcja magnetyczna B są funkcjami naprężenia σ i natężenia pola magnetycznego H ; $\varepsilon = \varepsilon(\sigma, H)$, $B = B(\sigma, H)$. Dla przypadku jednoosiowego i odpowiednio małych zmian σ oraz H można zapisać układ liniowych równań konstytutywnych. Liniowy model zjawiska magnetostrykcji jest słuszny przede wszystkim dla małych zmian wydłużeń. W rzeczywistości zjawisko magnetostrykcji, podobnie jak magnetyzacja materiału, charakteryzuje się histerezą magnetomechaniczną. Dlatego kandydatka stworzyła własne oprogramowanie, w którym uwzględniono zjawisko histerezy magnetycznej i mechanicznej oraz wstępne namagnesowanie materiału. Przy odwzorowywaniu pętli histerezy magnetomechanicznej wykorzystano zmodyfikowany model pętli histerezy magnetycznej zaproponowany przez D. Jilesa i D. Athertona. W równaniach modelu uwzględniono dodatkowy czynnik efektywnego pola magnetycznego uwzględniający wpływ naprężeń H_σ .

Wykorzystując opracowany program zbadano wpływ namagnesowania i naprężenia wstępnego rdzenia z Terfenolu-D na charakterystykę magnetostrykcyjną, $\lambda = \lambda(H)$. W zakresie naprężeń 4÷12 MPa widoczny jest znaczny wzrost wartości magnetostrykcji nasycenia oraz nachylenia krzywych magnetostrykcyjnych. Optymalne naprężenie pod względem sprzężenia magnetomechanicznego uzyskuje się dla naprężenia wstępnego 2 MPa, natomiast największe odkształcenie uzyskuje się przy naprężeniu 8 Mpa.

Na podstawie analizy otrzymanych wyników wykazano, że także w opisie polowym rozpatrywanych zjawisk (pozycja [8]) należy uwzględniać zarówno znaczący wpływ naprężenia wstępnego, jak również wstępnego namagnesowania na kształt krzywych magnetostrykcyjnych. Kształt tych krzywych zależy także od wartości stałego pola magnetycznego. Autorka doszła do wniosku, że wartość stałego pola magnetycznego należy dobierać w zależności od naprężenia wstępnego w materiale magnetostrykcyjnym tak, by uzyskać maksymalne wartości wydłużenia przy zachowaniu liniowej charakterystyki.

ad. [8] Dorota Stachowiak, 2016, *Finite element analysis of the active element displacement in a giant magnetostrictive transducer*, *Compel – The international journal*

for computation and mathematics in electrical and electronic engineering, Vol. 35 No. 4, pp.1371 – 1381.

W ostatnich latach dzięki osiągnięciom inżynierii materiałowej możliwe jest wykonanie elementów aktywnych w przetwornikach z materiałów o gigantycznej magnetostrykcji. Na potrzeby analizy i syntezy przetworników magnetostrykcyjnych należy poznać i matematycznie opisać zachodzące w nich zjawiska polowe. W materiałach typu GMM, występują zjawiska krzyżowe o charakterze magnetomechanicznym.

W stosowanych do tej pory metodach analizy sprzężonych zjawisk elektromagnetycznych i mechanicznych w przetwornikach magnetostrykcyjnych często wykorzystuje się liniowy model zjawiska magnetostrykcji. W rzeczywistości odkształcenie magnetostrykcyjne jest nieliniową funkcją magnetyzacji M ($M = \chi_m H$, χ_m - podatność magnetyczna) oraz zależy m.in. od magnetostrykcji nasycenia i naprężenia mechanicznego w materiale.

W artykule rozpatrzono przetwornik magnetostrykcyjny o strukturze osiowosymetrycznej. Autorka wniosku opracowała polowy model przetwornika magnetostrykcyjnego, w którym uwzględniono sprzężenie wzajemne pomiędzy polem magnetycznym i mechanicznym. Z uwagi na osiową symetrię układu, pole magnetyczne i mechaniczne ma w układzie współrzędnych cylindrycznych charakter dwuwymiarowy. W programie obliczeniowym uwzględniono, że całkowite odkształcenie materiału magnetostrykcyjnego ϵ jest sumą odkształcenia mechanicznego ϵ_{mech} i magnetostrykcyjnego. Odkształcenie mechaniczne ϵ_{mech} wyznaczono zgodnie z prawem Hooke'a. Odkształcenie magnetostrykcyjne powstaje na skutek działania siły pochodzenia magnetostrykcyjnego i odpowiada względnemu wydłużeniu magnetostrykcyjnemu λ .

W materiałach magnetostrykcyjnych indukcja magnetyczna B jest funkcją naprężenia σ i natężenia pola magnetycznego H . Charakterystyka magnesowania materiału GMM zależy od naprężenia wstępnego. Autorka wniosku, wykorzystując wyniki obliczeń wstępnych (pozycja [7]), zaadoptowała oprogramowanie komercyjne COMSOL, w taki sposób, by w symulacji pracy aktuatora magnetostrykcyjnego można było uwzględnić zjawiska związane z występowaniem naprężenia i namagnesowania wstępnego.

W artykule przedstawiono wyniki obliczeń rozkładu odkształceń i naprężeń wywołanych siłami magnetostrykcyjnymi. Wyznaczono i zmierzono charakterystyki przemieszczenia rdzenia w funkcji prądu zasilającego dla różnych wartości naprężenia wstępnego. Zbudowano stanowisko badawcze, które służy do pomiarów zmian długości rdzenia o gigantycznej magnetostrykcji przy zmianie siły ściskającej próbkę. Stanowisko wykorzystano między innymi do pomiaru zmiany długości rdzenia w przetworniku przy różnych wartościach prądu zasilającego. Pomiary wykonano dla kilku wartości wstępnego naprężenia mechanicznego. Otrzymano dużą zgodność wyników obliczeń z wynikami pomiarów. Względna różnica pomiędzy wynikami obliczeń a pomiarami nie przekraczała 10% i częściowo wynikała z ograniczonej dokładności metody pomiaru wydłużenia rdzenia. Uzyskana zgodność wyników obliczeń i pomiarów uwiarygodnia opracowany algorytm i program obliczeniowy.

ad. [9] Dorota Stachowiak, 2015, *Modelowanie przemieszczenia rdzenia w przetworniku magnetostrykcyjnym o symetrii osiowej*, Poznań University of Technology Academic Journals, Electrical Engineering, Issue 83, pp. 53-62.

Opracowana metoda (pozycja [8]) odwzorowania przemieszczenia rdzenia wykonanego z materiału o gigantycznej magnetostrykcji została wykorzystana do wyznaczenia zmiany długości rdzenia w przetwornikach o różnej smukłości cewki zasilającej.

W pracy przedstawiono wyniki badań symulacyjnych przeprowadzonych dla dwóch przetworników magnetostrykcyjnych (MP1 i MP2) o obwodach elektromagnetycznych różniących się strukturami uzwojenia wzbudzającego. Przy stałej liczbie zwojów ($N = 850$) analizowane przetworniki różniły się smukłością cewki. Współczynnik smukłości cewki δ zdefiniowano jako długość uzwojenia l_u do jego średnicy zewnętrznej d_u ($\delta = l_u/d_u$). Przetwornik MP1 charakteryzuje się smukłością cewki $\delta = 1,65$ natomiast MP2 $\delta = 2,27$. W obydwu przetwornikach zastosowano rdzeń wykonany z Terfenolu-D w postaci pręta o długości $l = 100$ mm i promieniu $r = 5$ mm. W obliczeniach przyjęto, że rdzeń z jednej strony jest zablokowany mechanicznie, a z drugiej może się swobodnie przemieszczać. Analizowano przypadek, w którym cewkę zasilano ze źródła prądu stałego.

Na podstawie przeprowadzonych badań autorka wniosku stwierdziła, że dla przetwornika z cewką o większej smukłości występuje większa zmiana długości i mniejsze zmiany wymiaru średnicy rdzenia. Zaproponowany i opracowany algorytm obliczeniowy pozwala na wyznaczenie względnego wydłużenia magnetostrykcyjnego rdzenia. Opracowaną metodę odwzorowania przemieszczenia rdzenia można skutecznie zastosować w procesie projektowania przetworników magnetostrykcyjnych.

ad [10] Dorota Stachowiak, Paweł Idziak, 2016, *Badanie właściwości magnetycznych materiałów magnetostrykcyjnych i stali konstrukcyjnych*, Poznan University of Technology Academic Journals, Electrical Engineering, No. 85, pp. 95-106.

Właściwości magnetyczne stali ferromagnetycznych stosowanych w przetwornikach elektromechanicznych są dobrze znane i opisane w literaturze. Mało znane i udokumentowane są natomiast właściwości magnetyczne współczesnych materiałów magnetostrykcyjnych w tym materiałów o gigantycznej magnetostrykcji.

W pracy przedstawiono wyniki eksperymentalnego wyznaczenia statycznych charakterystyk magnesowania dla wybranych gatunków stali konstrukcyjnej oraz materiałów magnetostrykcyjnych. Badania właściwości magnetycznych materiałów wykonano w przypadku stali konstrukcyjnej dla próbek o kształcie walcowym i o kształcie uproszczonej elipsoidy. Zbadano także próbki z materiału typu GMM z grupy stopów terbu i dysprozu oraz żelaza ($Tb_xDy_{1-x}Fe_2$, $x \sim 0,3$) w postaci walców o średnicy 10 mm i długości 100 mm pochodzących od różnych dostawców. Stopy $Tb_xDy_{1-x}Fe_2$ znalazły zastosowanie jako człony wykonawcze we wzbudnikach magnetostrykcyjnych, których jakość zależna jest od właściwości materiału magnetostrykcyjnego.

Wyniki pomiarów przeliczono uwzględniając wtórne oddziaływanie własnego pola magnetycznego próbki na pole magnetyczne zewnętrzne. Przedstawiono zależności opisujące natężenie pola i indukcji magnetycznej w badanej próbce oraz współczynniki odmagnesowania. Wyznaczono rozkład pola magnetycznego w badanych próbkach. Zbadano wpływ kształtu próbki na wartość indukcji magnetycznej.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że metoda balistyczna wyznaczania charakterystyk magnesowania materiałów magnetycznie miękkich może być stosowana w oszacowaniu podstawowych właściwości magnetycznych materiałów

o bardzo różnorodnym składzie i strukturze. Badania porównawcze wykazały, że stosowanie prostych w wykonaniu próbek walcowych, przy zachowaniu odpowiednich proporcji długości i średnicy próbki, pozwala wyznaczyć charakterystyki magnesowania z błędem nieprzekraczającym kilku procent. W przypadku materiałów stopowych o złożonym składzie chemicznym wpływ technologii wykonania materiału oraz obróbki końcowej próbki na wyznaczone charakterystyki jest znacznie większy. Rozbieżności pomiędzy materiałami o tym samym deklarowanym składzie a pochodzącymi od różnych dostawców mogą przekraczać 15 %.

Na podstawie analizy otrzymanych wyników autorka wniosku stwierdziła, że w procesie projektowania obwodów magnetycznych z fragmentami obwodu wykonanymi z materiałów o podwyższonej magnetostrykcji należy wykonać pomiary sprawdzające w celu doprecyzowania poprawności danych (charakterystyki magnesowania, przenikalność magnetyczna).

Podsumowanie

Prowadzone prace były ukierunkowane przede wszystkim na opracowanie numerycznych modeli przetworników elektromechanicznych z myślą o analizie sprzężonych zjawisk polowych w układach z przemieszczającymi się środowiskami. Badano nowe struktury przetworników elektromechanicznych, których elementy wykonano z nowych materiałów konstrukcyjnych.

Do najważniejszych osiągnięć w głównym nurcie badań autorka wniosku zalicza:

- opracowanie procedur obliczania momentu elektromagnetycznego na podstawie rozwiązań równań węzłowych i oczkowych dla siatkowych modeli przetworników elektromechanicznych [1,2],
- zaproponowanie numerycznego trójwymiarowego modelu silnika magnetoelektrycznego do badania wpływu kształtu magnesu oraz magnetyzacji typu Halbach na parametry całkowe silnika [2,3],
- opracowanie polowego modelu silnika magnetoelektrycznego do badania wpływu parametrów materiałowych wirnika [4] i hybrydyzacji magnesów [5].
- opracowanie modelu matematycznego sprzężonych zjawisk elektromagnetycznych, magnetosprężystych i mechanicznych w przetwornikach

wykorzystujących materiały o gigantycznej magnetostrykcji i wdrożenie oprogramowania do symulacji pracy aktuatora magnetostrykcyjnego z uwzględnieniem zjawiska histerezy magnetycznej i mechanicznej [7],

- opracowanie metody odwzorowania przemieszczenia rdzenia wykonanego z materiału o gigantycznej magnetostrykcji [8, 9],
- opracowanie i zbudowanie stanowiska do pomiarów układów z rdzeniem o gigantycznej magnetostrykcji [8, 10],
- weryfikacja opracowanych algorytmów i programów symulacyjnych przez porównanie rezultatów obliczeń z wynikami badań eksperymentalnych [1,8].

W dalszych badaniach autorka zamierza uwzględnić inne zjawiska fizyczne w rozpatrywanych obiektach, np. zjawiska cieplne i odwrotne zjawiska magnetosprężyste, polegające na wpływie naprężeń na właściwości magnetyczne ferromagnetyków.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo – badawczych

Do pozostałych osiągnięć naukowo–badawczych niewchodzących w skład osiągnięcia wymienionego w punkcie 4b zestawu publikacji autorka wniosku zalicza:

- 5.1. publikacje związane z odwzorowaniem źródeł pola magnetycznego w zdyskretyzowanych obwodach magnetycznych maszyn o magnesach trwałych oraz wizualizacji rozkładu indukcji magnetycznej,
- 5.2. publikacje związane z energooszczędnymi napędami elektrycznymi do pomp i wentylatorów,
- 5.3. publikacje związane z projektowaniem przetworników wykonanych z materiałów z pamięcią kształtu.

Ad 5.1.

1. Andrzej Demenko, **Dorota Stachowiak**, 2007, *Representation of permanent magnets in the 3-D finite element description of electrical machines*, Electromotion (An international journal devoted to research, development, design and

application of electromechanical energy converters, actuators and transducers),
Volume 14, No. 1, pp. 3-9.

W pracy przedstawiono metody formułowania wektora wymuszeń dla obszarów z magnesami trwałymi. Rozpatrzono dwie metody opisu pola magnetycznego: metodę potencjału skalarnego oraz potencjału wektorowego. Do rozwiązywania równań pola zastosowano metodę elementów skończonych (MES). Rozpatrzono nowe ujęcie MES, w którym wielkości wektorowe opisuje się za pomocą funkcji interpolacyjnych elementów krawędziowych i funkcji interpolacyjnych elementów ściankowych.

W obszarze z magnesami trwałymi źródłami pola są prądy magnetyzacji o gęstości J_m . Przy opisie źródeł w przestrzeni elementów krawędziowych i ściankowych posługiwano się krawędziowymi wartościami wektora magnesowania T_m , uwzględniano, że $J_m = \text{rot } T_m$. Krawędziowe wartości wektora T_m odpowiadają oczkowym prądom magnetyzacji i_{om} w oczkach wokół krawędzi elementów. Na podstawie tych prądów można wyznaczyć iniekcje strumieni źródłowych w metodzie potencjału skalarnego oraz wymuszenia reprezentujące oczkowe siły magnetomotoryczne w metodzie potencjału wektorowego. Przedstawiono przykład zastosowania opracowanych metod. Analizowano moment zaczepowy w maszynie o magnesach złożonych z segmentów niejednorodnie namagnesowanych.

2. Andrzej Demenko, Wojciech Pietrowski, **Dorota Stachowiak**, 2005, *Wyznaczanie rozkładu indukcji magnetycznej w maszynie magnetoelektrycznej metodą elementów krawędziowych*, Przegląd Elektrotechniczny, No. 10/2005, pp. 2-7.

Punkty MNiSW = 6; Artykuł indeksowany w bazie SCOPUS.

W pracy przedstawiono wyniki obliczeń rozkładu indukcji magnetycznej w szczelinie powietrznej maszyny magnetoelektrycznej. Do wyznaczania rozkładu pola elektromagnetycznego zastosowano metodę elementów krawędziowych. Wykorzystano funkcje interpolacyjne elementu ściankowego do obliczenia składowych wektora indukcji. Rozpatrzono maszynę z magnesami trwałymi jednorodnie i niejednorodnie namagnesowanymi.

W trójwymiarowej analizie pola elektromagnetycznego uwzględnia się nie tylko zjawiska wywołane występowaniem składowej B_z wektora indukcji, ale także zjawiska związane ze zmianami pozostałych składowych wektora indukcji wzdłuż długości maszyny. Maksymalna wartość składowej promieniowej indukcji w skrajnych blachach

jest większa niż w blachach wewnątrz rdzenia. Skrajne blachy pakietu stojana nasycają się. W rezultacie zmniejsza się średnia wartość indukcji magnetycznej w szczelinie powietrznej.

Czytelne przedstawienie na rysunkach rozkładu wektora indukcji magnetycznej w przestrzeni trójwymiarowej jest bardzo trudne. Najkorzystniej jest prezentować rozkłady poszczególnych składowych na powierzchniach cylindrycznych $r=const$. W celu uczynienia rysunków można pokazywać rozkłady na fragmentach tych powierzchni. Do prezentacji wyników obliczeń wykorzystano bibliotekę graficzną OpenGL.

Ad 5.2.

1. Cezary Jędrzycka, Wiesław Łyskawiński, **Dorota Stachowiak**, 2013, *Analiza nasycenia strefy przyszczelinowej w silniku synchronicznym z magnesami ułożonymi w kształcie litery „V”*, *Pomiary Automatyka i Kontrola* 2013, Vol. 59, nr 10, ss. 1089-1092.

Punkty MNiSW =7.

W pracy przedstawiono opracowany model połowy silnika synchronicznego z magnesami w kształcie litery „V”. Wykonano obliczenia symulacyjne dla wariantów tej struktury silnika zmieniając wymiary wycięcia ograniczającego strumień rozproszenia magnesów (bariery magnetycznej) wpływającego na nasycenie strefy przyszczelinowej.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że przy zmniejszaniu mostka magnetycznego pomiędzy magnesami, następuje wzrost siły elektromotorycznej i momentu elektromagnetycznego (największe wartości uzyskano w wariancie bez mostka magnetycznego) oraz maleje moment zaczepowy. Niestety, silne zmniejszanie mostka ferromagnetycznego powoduje wzrost pulsacji momentu elektromagnetycznego. Na podstawie analizy rozkładów pola magnetycznego i wyznaczonych parametrów funkcjonalnych wytypowano strukturę najlepiej ograniczającą skutki bocznikowania magnesów. Niewątpliwym osiągnięciem zrealizowanych badań jest optymalizacja bariery magnetycznej w celu zapewnienia najmniejszego strumienia rozproszenia magnesów w strefie przyszczelinowej, przy zachowaniu możliwie najlepszych parametrów funkcjonalnych rozpatrywanego silnika.

Przy projektowaniu obwodu magnetycznego wirnika poza aspektami magnetycznymi konieczne jest uwzględnienie ograniczeń technologicznych i wymagań mechanicznych dla mostków ferromagnetycznych pomiędzy magnesami.

- Mariusz Barański, Cezary Jędrzycka, Łukasz Knypiński, **Dorota Stachowiak**, Wojciech Szelaąg, 2015, *Analiza wpływu niesymetrii obwodu magnetycznego wirnika na parametry rozruchowe 6- biegunowego silnika magnetoelektrycznego synchronicznego*, Maszyny Elektryczne. Zeszyty Problemowe, Instytut Napędów i Maszyn Elektrycznych KOMEL, Nr 4/2015 (108), pp. 43-48.

Punkty MNiSW = 7.

W artykule przedstawiono wyniki analizy wpływu niesymetrii obwodu magnetycznego wirnika na przebieg procesu rozruchu silnika synchronicznego magnetoelektrycznego. Rozpatrzono silnik 6 biegunowy o mocy 6,3 kW, przystosowany do rozruchu bezpośredniego i przeznaczony do napędu pompy wody. Projektując silnik przyjęto, że rdzeń pakietu stojana jest taki sam jak w seryjnie produkowanym 6 biegunowym trójfazowym silniku indukcyjnym klatkowym. Magnesy w obszarze podziałki biegunowej wirnika rozmieszczono w kształcie litery U. Celem pracy było zbadanie wpływu kształtu i niesymetrycznego rozmieszczenia prętów uzwojenia klatkowego na wybrane parametry rozruchowe silnika. W badaniach posłużono się połowo-obwodowym modelem symulacyjnym maszyny opracowanym w środowisku Maxwell i oprogramowaniem własnym. Przedstawiono wybrane rezultaty badań symulacyjnych oraz wynikające z nich wnioski. Uzyskane wyniki wykorzystano w procesie projektowania silnika prototypowego.

- Mariusz Barański, Krzysztof Kowalski, Wiesław Łyskawiński, **Dorota Stachowiak**, Rafał Wojciechowski, 2015, *Analiza wpływu liczby i rozmieszczenia prętów uzwojenia rozruchowego na wybrane parametry funkcjonalne silnika synchronicznego magnetoelektrycznego*, Maszyny Elektryczne. Zeszyty Problemowe, Instytut Napędów i Maszyn Elektrycznych KOMEL, Nr 3/2015 (107), pp. 25-30.

Punkty MNiSW = 7.

Przeprowadzona analiza wpływu niesymetrii obwodu magnetycznego wirnika silnika magnetoelektrycznego synchronicznego z magnesami trwałymi na przebieg procesu rozruchu pozwoliła na wyselekcjonowanie struktury wirnika charakteryzującej się najlepszymi parametrami rozruchowymi. W kolejnej pracy przedstawiono wyniki badań symulacyjnych wytypowanego silnika dla ustalonego stanu pracy. Badano wpływ sposobu rozmieszczenia i liczby prętów uzwojenia klatkowego na przebiegi momentu

elektromagnetycznego, prędkości obrotowej, sprawność i na współczynnik mocy silnika. Przedstawiono rozwiązanie konstrukcyjne, dla którego uzyskuje się małe pulsacje momentu oraz bardzo dobre parametry funkcjonalne.

Ad 5.3.

Wojciech Pietrowski, Dorota Stachowiak, 2016, *Calculation of dimensions of shape memory alloy spring actuator using finite element method*, Proceedings of XXIV Symposium electromagnetic phenomena in nonlinear circuits, Helsinki, Finland, June 28 - July 1, 2016, pp 33-34.

Artykuł został zarekomendowany do publikacji w czasopiśmie COMPEL.

Materiały z pamięcią kształtu (SMA) są to stopy, które mają zdolność do zapamiętywania nadanego kształtu. Powrót do stanu zapamiętanego następuje pod wpływem odpowiednich warunków zewnętrznych np. zmiany pola magnetycznego lub temperatury. Z materiałów SMA można zbudować aktuator o prawie dowolnym kształcie. Zwykle są to ciągną, sprężyny lub taśmy.

W pracy przedstawiono algorytm doboru wymiarów sprężyny SMA aktywowanej termicznie, na podstawie którego opracowano autorskie oprogramowanie do projektowania aktuatora sprężynowego SMA. Ponadto opracowano połowy trójwymiarowy model sprężyny SMA pracującej w fazie austenitu.

W pracy przedstawiono porównanie wyników obliczeń i pomiarów zmiany długości sprężyny SMA przy różnych wartościach obciążenia. Uzyskana zgodność wyników obliczeń i pomiarów uwiarygadnia opracowany algorytm obliczeniowy

6. Podsumowanie

Dotychczasowy dorobek naukowy autorki wniosku, po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych, obejmuje 58 publikacji, w tym 11 samodzielnych. W czasopismach z listy Journal Citation Report zostało opublikowanych 6 artykułów w tym 2 samodzielne. 26 prac zostało opublikowanych w renomowanych czasopismach takich jak: Electromotion, Przegląd Elektrotechniczny, Pomiary, Automatyka i Kontrola, Poznan University of Technology Academic Journals, Prace Naukowe Instytutu Maszyn, Napędów i Pomiarów Elektrycznych Politechniki Wrocławskiej czy Maszyny Elektryczne - Zeszyty Problemowe, Komel. Pozostałe publikacje ukazały się w materiałach

konferencji z recenzowanymi artykułami, takich jak: Symposium on Electromagnetic Phenomena in Nonlinear Circuits (EPNC), International Symposium on Theoretical Electrical Engineering (ISTET), International Conference on Computation in Electromagnetics (CEM), International Symposium on Electric and Magnetic Fields (EMF), Międzynarodowe Sympozjum Maszyn Elektrycznych (SME), Międzynarodowe Sympozjum Mikromaszyny i Serwosystemy (MiS), Konferencja Naukowa Wybrane Zagadnienia Elektrotechniki i Elektroniki (WZEE), Sympozjum Podstawowe Problemy Energoelektroniki, Elektromechaniki i Mechatroniki (PPEEm), Konferencja Zastosowania Komputerów w Elektrotechnice (ZKwE).

Baza **Web of Science** Core Collection indeksuje 9 publikacji, które są cytowane 33 razy (w tym 24 bez autocytowań); **Index H jest równy 4**. Dodatkowo 10 publikacji nieindeksowanych w bazie WoS (pobranych z pola *References* artykułów cytujących) jest cytowanych 14 razy (w tym 9 bez autocytowań). Sumarycznie wynikiem przeszukania bazy Web of Science Core Collection jest **47 cytowań** 19 publikacji widocznych w bazie.

Baza **Scopus** indeksuje 14 publikacji, które są cytowane 40 razy (w tym 28 bez autocytowań); **Index H jest równy 4**. Dodatkowo 11 publikacji nieindeksowanych w bazie Scopus (pobranych z pola *References* artykułów cytujących) jest cytowanych 14 razy (w tym 9 bez autocytowań). Sumarycznie wynikiem przeszukania bazy Scopus są **54 cytowania** 25 publikacji widocznych w bazie.

Sumaryczna liczba przyznawanych punktów na rok publikacji określonych przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego wynosi 299 (12.09.2016).

Sumaryczny Impact Factor dla publikacji w czasopismach z listy JCR zgodnie z rokiem opublikowania wynosi 2,016.

Aktywność habilitantki w środowisku naukowym jest związana z czynnym uczestnictwem w międzynarodowych i krajowych konferencjach naukowych, a także członkostwem w Komisji Nauk Elektrycznych PAN Oddział w Poznaniu, w której w latach 2007 – 2015 była sekretarzem technicznym, a od 2015 roku jest z wyboru Członkiem Zarządu. Autorka wniosku jest zapraszana do przygotowania recenzji artykułów do czasopism indeksowanych w bazie JCR (*Compel, Journal of Magnetism and*

Magnetic Materials, Progress In Electromagnetics Research) oraz do renomowanych czasopism spoza tej bazy, np. *Przegląd Elektrotechniczny, Sensors, Archives of Electrical Engineering, International Journal on Applied Electromagnetics and Mechanics*.

Aktywny udział autorki wniosku na rzecz promocji wiedzy obejmował uczestnictwo w organizowaniu Seminariów Naukowych organizowanych przez Komisję Nauk Elektrycznych O/PAN oraz w pracach komitetu organizacyjnego Sympozjum Maszyn Elektrycznych (SME'2007). Autorka wniosku opublikowała sprawozdanie z konferencji SME'2007 w Nowej Elektrotechnice, Głosie Politechniki Poznańskiej i Rocznikach PTETIS.

Autorka wniosku aktywnie uczestniczyła w realizacji wieloletniego dużego projektu „Nowa generacja energooszczędnych napędów elektrycznych do pomp i wentylatorów dla górnictwa” współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka NCBiR. Brała udział w projektach „Design, Prototyping, and Testing of Level and Mass Sensors and Actuating Structures” oraz „Feasibility and Development of Selected Intelligent Actuating Structures” finansowanych z UTC Research Center. Kierowała pracami badawczymi w ramach projektu pt. „Analiza zjawisk sprzężonych w magnetostrykcyjnych przetwornikach” finansowanego z dotacji celowej na prowadzenie badań naukowych, prac rozwojowych lub zadań z nim związanych, służących rozwojowi młodych naukowców na Wydziale Elektrycznym Politechniki Poznańskiej.

Poza działalnością naukową autorka wniosku prowadzi aktywnie działalność popularyzatorską i dydaktyczną. Autorka brała udział w wieloletnim projekcie „Era Inżyniera. Rozbudowa potencjału rozwojowego Politechniki Poznańskiej” oraz w projekcie „Europejska Noc Naukowców”. Otrzymała nagrodę w konkursie na najlepszego nauczyciela roku 2007.

Zestawienie osiągnięć po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych			Razem
Opublikowane prace naukowe			58
Czasopisma	z listy JCR	6	
	międzynarodowe	1	
	krajowe	25	
Materiały konferencyjne	międzynarodowe	15	
	krajowe	10	
Rozdziały w monografiach		1	
Opracowania zbiorowe			
Sumaryczny Impact Factor według listy JCR			2,016
Liczba cytowań publikacji według bazy WoS			47
Indeks Hirscha według bazy WoS			4
Kierowanie lub udział w projektach badawczych	międzynarodowe	2	4
	krajowe	2	
Udział w konferencjach naukowych lub w komitetach organizacyjnych tych konferencji	międzynarodowe	11	27
	krajowe	16	
Uczestnictwo w programach europejskich			4
Udział w konsorcjach i sieciach badawczych			1
Członkostwo w towarzystwach naukowych			4
Wykonane ekspertyzy lub inne opracowania na zamówienie			3
Udział w zespołach eksperckich i konkursowych			3
Recenzowanie artykułów dla czasopism	z listy JCR	32	39
	międzynarodowe	5	
	krajowe	2	
Recenzowanie artykułów konferencyjnych	międzynarodowe	10	17
	krajowe	7	

Dorota Stachowiak

/ Dorota Stachowiak /