

**Załącznik 3** – do wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego  
dra inż. Dariusza Całusa

**AUTOREFERAT**

**Dr inż. Dariusz Całus**

Instytut Elektroenergetyki  
Wydział Elektryczny  
Politechnika Częstochowska

**Częstochowa, 2023 r.**

**1. Imię i nazwisko**

Dariusz Całus

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

- Politechnika Częstochowska; Wydział Elektryczny, kierunek Elektrotechnika, specjalność: Przetwarzanie i użytkowanie energii elektrycznej, uzyskany tytuł zawodowy – magister inżynier w dniu 14 lipca 1993 r.
- Politechnika Częstochowska; Międzywydziałowe Studium Kształcenia i Doskonalenia Nauczycieli (uprawnienia do nauczania w szkolnictwie wyższym), 07 czerwca 2005 r.
- Stopień naukowy doktora nauk technicznych w zakresie elektrotechniki nadany uchwałą Rady Wydziału Elektrycznego Politechniki Częstochowskiej z dnia 21 grudnia 2006 r. Tytuł rozprawy doktorskiej: „Zastosowanie teorii skalowania do analizy dielektrycznego falowodu cylindrycznego”.
- Szkoła Główna Handlowa w Warszawie, Roczne Podyplomowe Studium Menedżerskie, 15 czerwca 2008 r.

**3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych**

- Od 15.02.1997 r. do 30.09.2005 r. na stanowisku asystenta w Zakładzie Maszyn i Napędów Elektrycznych w Instytucie Elektroniki i Systemów Sterowania Wydziału Elektrycznego Politechniki Częstochowskiej.
- Od 01.10.2008 r. na stanowisku adiunkta w Zakładzie Maszyn i Napędów Elektrycznych w Instytucie Elektroniki i Systemów Sterowania Wydziału Elektrycznego Politechniki Częstochowskiej, obecnie w Katedrze Elektroenergetyki Wydziału Elektrycznego Politechniki Częstochowskiej.
- Od 01.04.2017 do 31.01.2019, kierownik Zakładu Maszyn i Napędów Elektrycznych w Instytucie Elektroenergetyki Wydziału Elektrycznego Politechniki Częstochowskiej.
- Po zmianie nazwy zakładu od 01.02.2019 r. do 30.09.2019 r. kierownik Zakładu Energoelektroniki, Maszyn i Napędów Elektrycznych w Instytucie Elektroenergetyki Wydziału Elektrycznego Politechniki Częstochowskiej.
- Koordynator Zespołu Badawczego w Katedrze Elektroenergetyki Wydziału Elektrycznego Politechniki Częstochowskiej w następujących okresach od 01.04.2020 r. do 31.12.2020 r. oraz od 01.04.2021 r. do 31.12.2023 r. Temat prowadzonej pracy badawczej: Synteza, praktyczna i teoretyczna analiza układów elektromechanicznych i energoelektronicznych, odnawialnych źródeł energii oraz magazynów energii;

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.)**

Podstawą do ubiegania się o uzyskanie stopnia naukowego doktora habilitowanego nauk inżynierijsko-technicznych w dyscyplinie automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne jest monografia naukowa wraz z cyklem publikacji powiązanych tematycznie wchodzących w skład osiągnięcia naukowego pod wspólnym tytułem:

**„Młyn elektromagnetyczny - teoria projektowania i badania eksperymentalne”.**

Publikacji dokonano w latach 2019 – 2023 a ich łączny impact factor wynosi 8,6. Wartość punktacji zgodnie z wykazem MEiN to 540 w roku opublikowania (przy uwzględnieniu udziału autora wniosku – 408).

**Publikacje z listy**

1. **M1.** Całus D., Młyn elektromagnetyczny – Teoria projektowania i badania eksperymentalne, Monografia, ISBN 978-83-67033-80-0, e-ISBN 978-83-67033-81-7, 2023r., (MEiN 80, IF 0)
2. **P1.** Całus D., Makarchuk O., Analysis of interaction of forces of working elements in electromagnetic mill. Przegląd Elektrotechniczny, 2019, No 12, pp. 64-69, DOI: <https://doi.org/10.15199/48.2019.12.12> (MEiN 20, IF 0)
3. **P2.** Całus D., Zastosowanie młynów elektromagnetycznych do zintensyfikowania procesów technologicznych ukierunkowanych na ekoinnowacyjne rozwiązania, Rozdział w monografii: Możliwości i Horyzonty Ekoinnowacyjności - Proekologiczne rozwiązania innowacyjne jako elementy transformacji energetycznej, ISBN 978-83-66550-55-1, e-ISBN 978-83-66550, 2020, s. 95-108. (MEiN 20, IF 0)
4. **P3.** Makarchuk O., Całus D., Moroz. V., Mathematical model to calculate the trajectories of electromagnetic mill operating elements, Technical Electrodynamics (Tekhnichna Elektrodynamika), 2021, No. 2, pp. 26-34. DOI: <https://doi.org/10.15407/techned2021.02.026> (MEiN 40, IF 0)
5. **P4.** Makarchuk O., Całus D., Research of the performance indicator of an electromagnetic mill. Technical Electrodynamics (Tekhnichna Elektrodynamika), 2022, No.1, pp.50-57. DOI: <https://doi.org/10.15407/techned2022.01.050> (MEiN 40, IF 0)
6. **P5.** Całus D., Analysis of the Thermal Processes in an Electromagnetic Mill. Energies, 2022, Vol. 15(21), pp. 7899(1-14), DOI: <https://doi.org/10.3390/en15217899> (MEiN 140, IF 3,2)
7. **P6.** Całus D., Makarchuk O., Domanowski P., Bujnowski S., Study of Magnetic Mill Productivity. Applied Sciences, 2023, Vol. 13(11), pp. 6538(1-25). DOI: <https://doi.org/10.3390/app13116538> (MEiN 100, IF 2,7)

8. **P7.** Calus, D. Experimental Research into the Efficiency of an Electromagnetic Mill. Applied Sciences, 2023, Vol. 13(15), pp. 8717(1-18). DOI: <https://doi.org/10.3390/app13158717> (MEiN 100, IF 2,7)

#### **4. Omówienie celu naukowego prac i uzyskanych wyników wraz z omówieniem ewentualnego wykorzystania**

##### **„Młyn elektromagnetyczny - teoria projektowania i badania eksperymentalne”**

Celem pracy było opracowanie nowych i rozwój istniejących metod projektowania i wytwarzania młynów elektromagnetycznych (MEM) oraz uzasadnienie teoretycznych i metodologicznych podstaw modeli matematycznych procesów zachodzących w tych urządzeniach. Przedstawiono w niej rozwiązanie konstrukcyjne induktora MEM z wirującym polem magnetycznym. Wyjaśniono autorskie opracowania modelu matematycznego i metody wykorzystywanej do projektowania i budowy MEM. Przedstawiono również wpływ konstrukcji i cech technologicznych na podstawowe parametry MEM. Ponadto zawarto wnioski, opinie i sugestie odnosząc się zarówno do tematu nowoczesnych badań i rozwoju myśli technicznej ukierunkowanej na dalszy rozwój i badanie zagadnień związanych z MEM, jak i na ich praktyczne zastosowania.

Na podstawie przeglądu literatury autor wniosku określił aktualność rozpatrywanego w pracy tematu i przedstawił jej powiązanie z problemami spotykanymi w rozwiązaniach przemysłowych [M1, P2]. Technologie związane z MEM posiadają szerokie możliwości i perspektywy zastosowania, na przykład w takich branżach jak energetyka, budownictwo (cementownie), przemysł spożywczy i chemiczny, górnictwo, huty, medycyna (farmakologia), laboratoria lub instytuty badawcze. Energię pola magnetycznego można wykorzystać w różnych procesach, takich jak:

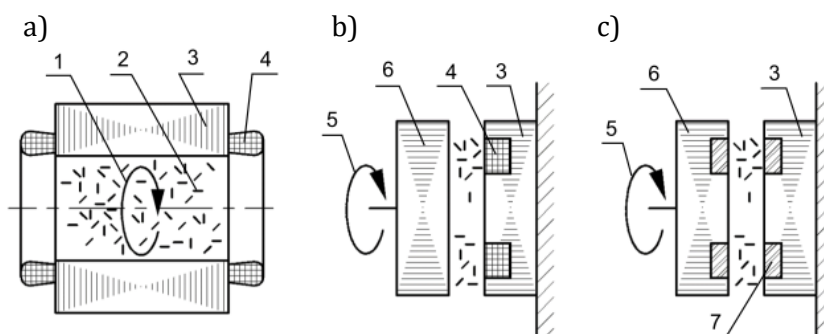
- rozdrabnianie substancji twardych lub sypkich;
- mielenie suche;
- mielenie materiałów w cieczach;
- bardzo drobne domielenia;
- mielenie i aktywacja popiołów lotnych oraz produktów odsiarczania;
- mielenie i aktywacja popiołów dennych;
- mieszanie materiałów sypkich;
- mieszanie cieczy w celu uzyskania wieloskładnikowych suspensji i emulsji, w celu przyspieszenia przebiegów różnych procesów fizykochemicznych, czyli aktywacji substancji, zarówno w stanie suchym, jak i w stanie emulsji;
- mieszanie cieczy i gazów;
- otrzymanie aktywnych proszków i ich kompozycji;
- aktywacja substancji;
- zmiana właściwości fizycznych i chemicznych substancji;
- przyspieszenie reakcji chemicznych;
- przyspieszenie przebiegu reakcji mechanochemicznych zachodzących w ciałach stałych;
- wytwarzanie trwałych emulsji;
- wytwarzanie kruszyw;

- przyspieszenie procesów ekstrakcji;
- utwardzenie warstwy powierzchniowej materiału poprzez zderzenia w powierzchni części metalowych.

Istnieje wiele różnych konstrukcji MEM, których zasada działania opiera się na ruchu ferromagnetycznych elementów mielących w polu magnetycznym. Przeglądając dostępne konstrukcje tego typu młynów, zaproponowano następującą klasyfikację:

- z polem wirującym wytworzonym przez nieruchome trójfazowe uzwojenie induktora zasilane trójfazowym prądem przemiennym [M1, P1, P3, P4, P5, P7];
- ze stacjonarnym stałym polem magnetycznym wytworzonym przez uzwojenie zasilone prądem stałym;
- z polem magnetycznym pochodzącym od magnesów trwałych (ruchomych i nieruchomych) [P6].

Przedstawione zasady przetwarzania energii zostały zobrazowane na rysunku 1.



Rys. 1. Schematy ideowe induktorów MEM, w których pole magnetyczne wytwarza się:

a) wielofazowym prądem przemiennym; b) prądem stałym; c) magnesami trwałymi;

1 – kierunek wirowania pola magnetycznego, 2 – KR z mielnikami, 3 – rdzeń induktora,

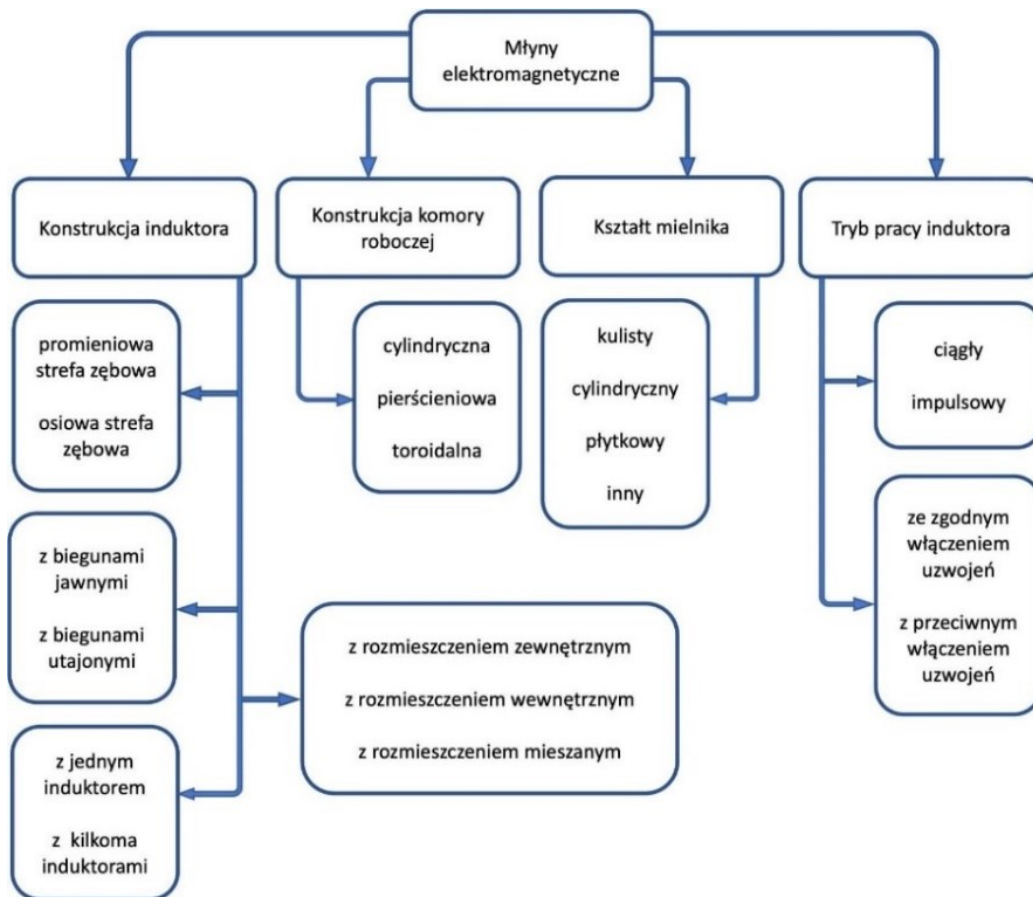
4 – uzwojenie induktora, 5 – kierunek obrotu rdzenia ruchomego, 6 – rdzeń ruchomy, 7 – magnesy trwałe [P2]

Na podstawie analizy zasady działania i konstrukcji młynów opartych na wykorzystaniu przemiennych pól magnetycznych opracowano schemat klasyfikacji MEM pokazany na rysunku 2 [P2].

Rozwój technologii i tematyki związanej z wykonaniem i wykorzystaniem układów mielących z MEM, wprowadzanie najnowszych decyzji konstrukcyjnych i technologicznych oraz metod obliczeniowych jest aktualnym zadaniem, którego rozwiązanie jest technicznie obiecujące, a szczególnie atrakcyjne z ekonomicznego punktu widzenia i może zawierać znaczący innowacyjny komponent.

Z uwagi na brak ogólnie przyjętych metod projektowania i obliczania młynów z wirującym polem magnetycznym autor wniosku podjął badania skupiające się na [M1, P1, P3, P4, P5, P6, P7]:

- procesach elektromagnetycznych, mechanicznych i termicznych zachodzących w MEM;
- metodach, modelach matematycznych i algorytmach obliczeń, przeznaczonych do projektowania MEM;
- wpływie konstrukcji i cech technologicznych na podstawowe parametry MEM.



Rys. 2. Klasyfikacja MEM prądu przemiennego [P2]

Pierwszym kierunkiem badawczym realizowanym w ramach prezentowanego osiągnięcia były zagadnienia związane z projektowaniem induktora MEM i jego cechami konstrukcyjnymi [M1, P1]. Opracowano syntezę projektową MEM oraz metody obliczania jego charakterystyk statycznych i dynamicznych.

Na podstawie znanych podejść elektrotechniki ogólnej, określone są dane nawojowe oraz parametry induktora MEM, a także jego charakterystyki magnesowania. Informacje te umożliwiają zbudowanie skutecznego algorytmu, który nie wymaga numerycznego całkowania układu równań różniczkowych. Stanowią one dane wejściowe do opracowanego efektywnego algorytmu obliczania prądu fazowego, współczynnika mocy i średniej indukcji magnetycznej w KR młyna, dla znanej wartości napięcia zasilania, przy zastosowaniu transformacji współrzędnych  $d, q$ .

Matematyczne sformułowanie problemu obejmuje równania równowagi elektrycznej sprowadzone do wzajemnie ortogonalnych obwodów elektrycznych induktora:

$$\begin{aligned} -\omega\psi_q + R_p I_d &= 0; \\ \omega\psi_d + R_p I_q + U_q &= 0, \end{aligned} \quad (1)$$

gdzie:

- $\psi_d, \psi_q$  – składowe przestrzennego wektora strumienia skojarzonego induktora w układzie współrzędnych prostokątnych  $0dq$ ;
- $\omega$  – pulsacja prądu w uzwojeniu induktora;
- $R_p$  – rezystancja fazy induktora;

- $I_d, I_q$  – składowe przestrzennego wektora prądu uzyskane w wyniku przekształcenia trzech prądów fazowych do wirującego układu współrzędnych prostokątnych  $0dq$ ;  
 $U_q$  – składowa przestrzennego wektora napięcia w układzie współrzędnych prostokątnych  $0dq$ :  $U_d = 0$ ,  $U_q = -\sqrt{2}U_p$ , gdzie  $U_p$  jest wartością skuteczną fazowego napięcia zasilania.

Składowe przestrzennego wektora strumienia skojarzonego induktora w układzie współrzędnych prostokątnych  $0dq$  zapisano w postaci (2). Są to równania umożliwiające wyznaczenie strumienia magnetycznego przechodzącego przez przestrzeń KR otrzymane zgodnie z prawem przepływu prądów w postaci (3) oraz charakterystyki magnesowania elementów obwodu magnetycznego w postaci (5).

$$\begin{aligned}\psi_d &= L_{\sigma d} I_d + C_\psi (B_{\delta 1} \cos \eta_1 + \dots + B_{\delta N} \cos \eta_N); \\ \psi_q &= L_{\sigma q} I_q + C_\psi (B_{\delta 1} \sin \eta_1 + \dots + B_{\delta N} \sin \eta_N),\end{aligned}\quad (2)$$

$$\begin{aligned}-C_H I_d \cos \eta_1 - C_H I_q \sin \eta_1 + 2F_{z1} + 2F_{\delta 1} + F_a &= 0; \\ &\vdots \\ -C_H I_d \cos \eta_N - C_H I_q \sin \eta_N + 2F_{zN} + 2F_{\delta N} + F_a &= 0,\end{aligned}\quad (3)$$

$$\Phi_\delta = C_\phi (B_{\delta 1} + \dots + B_{\delta N}),\quad (4)$$

$$\begin{aligned}F_a &= f_a(\Phi_\delta); \\ F_{z1} &= f_z(B_{\delta 1}); \\ &\vdots \\ F_{zN} &= f_z(B_{\delta N}).\end{aligned}\quad (5)$$

gdzie:

- $B_{\delta 1}, \dots, B_{\delta N}$  – wartości indukcji w węzłach jednowymiarowej siatki nałożonej wzdłuż przekroju poprzecznego induktora;  
 $C_\psi, C_\phi, C_H$  – współczynniki obliczeniowe;  
 $\eta_1, \dots, \eta_N$  – współrzędne katowe węzłów siatki obliczeniowej;  
 $F_{\delta n}$  – napięcie magnetyczne wewnątrz KR w pobliżu  $n$ -tego węzła;  
 $\Phi_\delta$  – strumień magnetyczny przechodzący przez przestrzeń KR;  
 $F_{z1}, \dots, F_{zN}$  – napięcia magnetyczne zębów w pobliżu odpowiednich węzłów siatki obliczeniowej.

Układ równań (1) – (5) składa się z  $2N + 6$  równań i zawiera tyle samo niewiadomych,  $\psi_d; \psi_q; I_d; I_q; \Phi_\delta; B_{\delta 1}, \dots, B_{\delta N}; F_a; F_{z1}, \dots, F_{zN}$ . Jest on nieliniowy ze względu na właściwości poszczególnych elementów obwodu magnetycznego o nieliniowych charakterystykach magnesowania. Do jego rozwiązania wykorzystano metodę Newtona.

Etap syntezy projektowej obejmuje również metody przybliżonej oceny strat w uzwojeniu induktora z uwzględnieniem efektu wypierania prądu, a także strat w rdzeniu induktora.

Kolejne badania w tej dziedzinie dotyczyły opracowania modelu matematycznego o wysokim poziomie adekwatności do obliczania nieustalonych procesów

elektromagnetycznych w MEM, który uwzględnia rzeczywistą konfigurację obwodu magnetycznego, jego nasycenie oraz nasycenie mielników ferromagnetycznych. Umożliwia on także określenie wartości pojemności baterii kondensatorów zastosowanych do kompensacji pobieranej mocy biernej.

Podczas opracowywania algorytmu modelu wykorzystano pojęcie charakterystyki magnetycznej MEM w postaci jawnej, która jest zależnością strumieni skojarzonych obwodów elektrycznych induktora od prądów w tych obwodach oraz pojęcie parametrów magnetycznych, które są pochodną tej charakterystyki jako funkcji wektorowej argumentu wektorowego (funkcji wektorowej wielu zmiennych) po wektorze prądu.

Charakterystyka magnetyczna młyna w postaci wektorowej przyjmuje postać:

$$\vec{\psi} = \vec{f}(\vec{i}). \quad (6)$$

gdzie:

$\vec{\psi} = [\psi_1 \ \psi_2 \ \psi_3]^T$  – wektor kolumnowy całkowitych strumieni skojarzonych obwodów elektrycznych induktora;

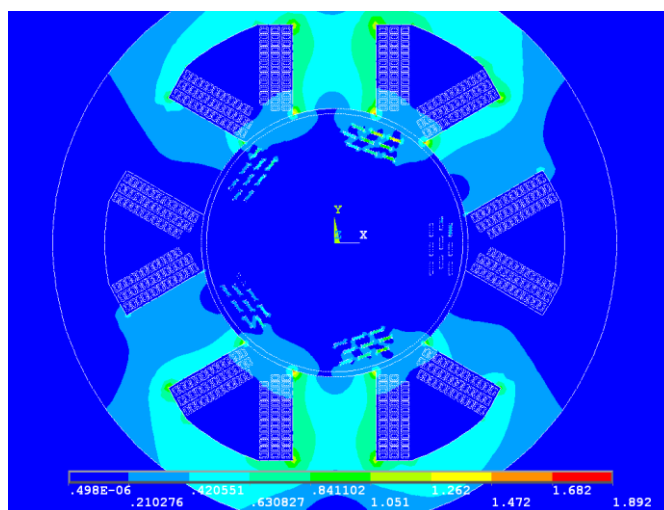
$\vec{i} = [i_1 \ i_2 \ i_3]^T$  – wektor kolumnowy prądów w obwodach elektrycznych induktora.

Pochodną charakterystyki magnetycznej w postaci jawnej (6) po argumentie tej charakterystyki przedstawiono w postaci macierzy:

$$\mathbf{L} = \frac{\partial \vec{\psi}}{\partial \vec{i}}. \quad (7)$$

Algorytm obliczania wartości charakterystyki magnetycznej młyna został sformułowany na podstawie quasi-stacjonarnego przybliżenia pola magnetycznego w ujęciu dwuwymiarowym, przy użyciu metody elementów skończonych (MES). Algorytm ten nadaje się nie tylko do obliczeń procesów dynamicznych, ale w początkowych etapach projektowania pomaga również w określeniu ustalonych wartości znamionowych wskaźników, optymalizacji wymiarów, danych nawojowych itp.

Na rysunku 3 przedstawiono rozkład modułu wektora indukcji magnetycznej w przekroju poprzecznym induktora MEM. Można na nim zauważyć, że obszar KR zawiera 5 skupisk mielników ferromagnetycznych, po 9 sztuk w każdym.



Rys. 3. Rozkład modułu wektora indukcji magnetycznej, T [M1]



Matematyczne sformułowanie zadania obliczania elektromagnetycznych procesów przejściowych, zapisano w postaci układu równań w postaci macierzowej (8).

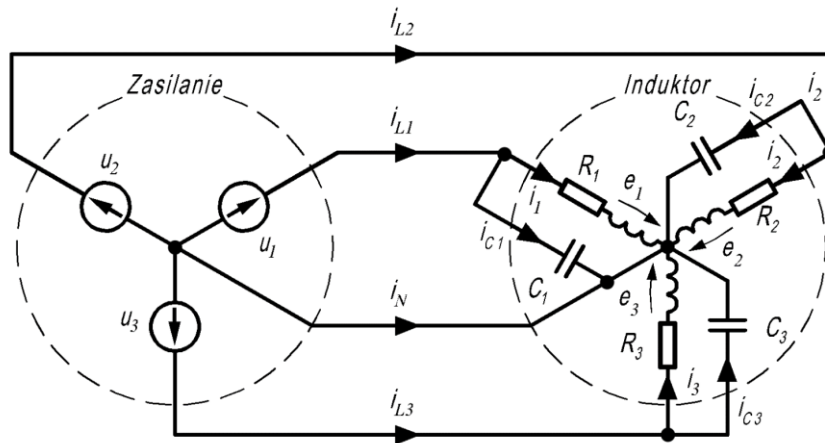
$$\begin{aligned} \frac{d\vec{\psi}}{dt} + \mathbf{R}_f \vec{i} - \vec{u} &= 0; \\ \mathbf{K1} \vec{i} + \mathbf{K2} \vec{i}_L + \mathbf{K1} \frac{d\vec{u}}{dt} &= 0; \\ \vec{\psi} &= \vec{f}(\vec{i}). \end{aligned} \quad (1)$$

gdzie macierze współczynników są następujące

$$\begin{aligned} \mathbf{R}_f &= \text{diag}(R_1, R_2, R_3), \\ \mathbf{C}_f &= \text{diag}(C_1, C_2, C_3, 0), \\ \mathbf{K1} &= \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}, \\ \mathbf{K2} &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 2 \end{bmatrix}, \end{aligned} \quad (9)$$

wektor prądów liniowych  $-\vec{i}_L = [i_{L1} \ i_{L2} \ i_{L3} \ i_N]^T$ ;  
wektor napięć zasilania  $-\vec{u} = [u_1 \ u_2 \ u_3]^T$ .

Na rysunku 4 pokazano schemat ideowy zasilania elektrycznego MEM z uwzględnieniem pojemności kompensujących moc bierną.



Rys. 4. Schemat ideowy zasilania elektrycznego MEM [M1]

Układ równań (8) składa się z 3 równań i zawiera tyle samo niewiadomych:  $\vec{i}$ ,  $\vec{i}_L$ ,  $\vec{\psi}$ . Po uwzględnieniu warunku początkowego  $\vec{i} = \vec{i}_0$ ;  $\vec{i}_L = \vec{i}_{L0}$  uzyskuje się zagadnienie Cauchy'ego.

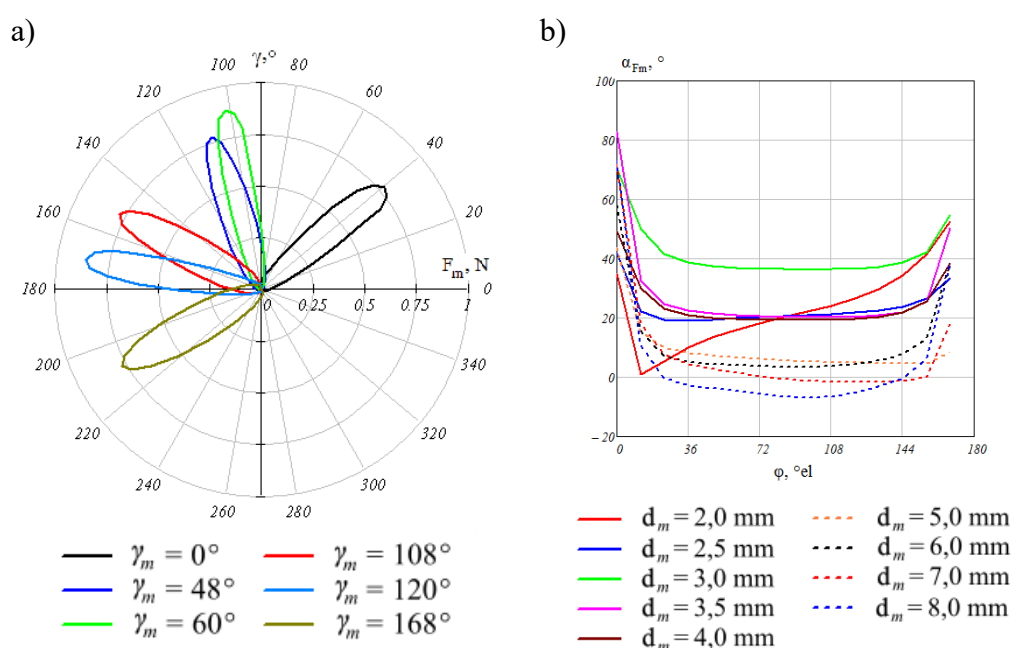
Układ równań (8) został rozwiązany niejawną metodą różnic wstecznych rzędu Q (metoda Geara).

Za pomocą opracowanego modelu otrzymano wyniki obliczeń elektromagnetycznych przebiegów nieustalonych w MEM, które potwierdzają poprawność oraz dokładność współdziałania algorytmów do obliczania charakterystyki magnetycznej i do obliczania

parametrów magnetycznych z algorytmem numerycznego całkowania układu równań różniczkowych.

Wyjaśniono czynniki, które mają decydujący wpływ na moduł  $F_m$  i położenie kątowe  $\alpha_{Fm}$  wektora siły elektrodynamicznej działającej na mielnik w KR młyna, takie jak faza wypadkowa siły magnetomotorycznej  $\varphi$  (SMM) induktora, kątowne  $\gamma_m$  i promieniowe  $r_m$  współrzędne położenia mielnika w KR, kąt obrotu mielnika  $\alpha_m$  wokół własnej osi oraz wymiary  $d_m$  i  $l_m$  samego mielnika. Przeprowadzono analizę ilościową i jakościową tego rodzaju wpływu.

Za pomocą opracowanego modelu otrzymano zależności siły elektrodynamicznej od wyżej wymienionych czynników (rys. 5).



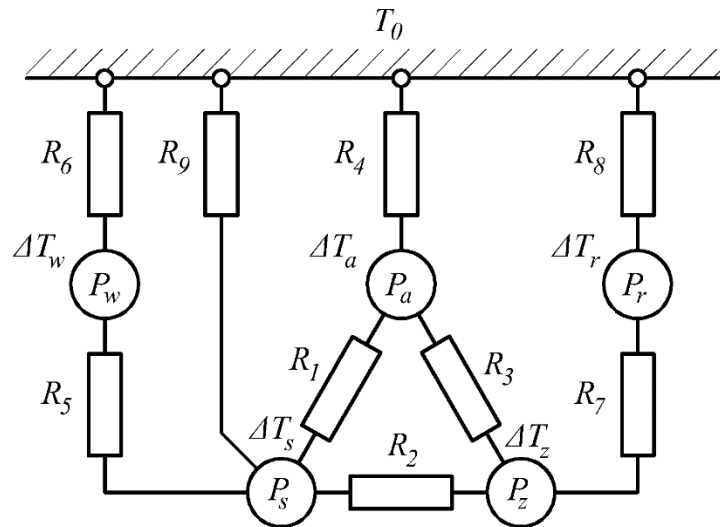
Rys. 5. Wyniki obliczeń sił elektrodynamicznych: a) hodografy wektorów sił  $F_m$  w różnych położeniach kątowych mielników  $\gamma_m$ ; b) zależności położenia kąowego  $\alpha_{Fm}$  sił  $F_m$  od fazy  $\varphi$  SMM dla różnych średnic mielników  $d_m$

Podsumowując analizę pola sił działających na mielnik ferromagnetyczny w wirującym polu magnetycznym KR MEM stwierdzono, że opis analityczny wpływu wszystkich czynników wymienionych powyżej, w powiązaniu ze sobą jest niemożliwy ze względu na jego nieliniowy charakter. Możliwe jest jednak matematyczne uwzględnienie wszystkich wyżej wymienionych wpływów na dynamiczne zachowanie układu mielników, przy wykorzystaniu aparatu matematycznego teorii interpolacji do funkcji wektorowych argumentu wektorowego. Ponadto, sformułowanie takiego problemu zmusza do uproszczenia zależności poprzez zmniejszenie liczby niezależnych zmiennych funkcji  $F_m$ .

Drugim kierunkiem badawczym, którym zajmował się autor wniosku w ramach prezentowanego osiągnięcia były procesy cieplne zachodzące w MEM oraz metody jego chłodzenia [M1, P5].

Opracowano efektywną metodę obliczeń procesów termicznych MEM opartą na modelu matematycznym, o wysokim poziomie adekwatności, do obliczeń stacjonarnego pola temperaturowego MEM na podstawie analizy FEM w ujęciu trójwymiarowym.

Przeprowadzono analizę uzyskanego rozkładu strumieni ciepłych oraz na jego podstawie syntezę termicznego schematu zastępczego (TSZ) przedstawionego na rysunku 6.



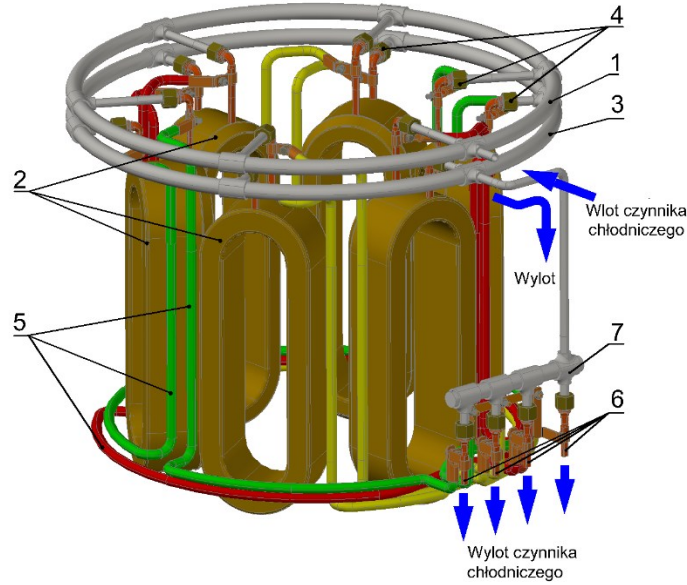
Rys. 6. Termiczny schemat zastępczy MEM z niezależnym dwuobwodowym chłodzeniem cieczowym ICW

Rezystancje termiczne [K/W] występujące w TSZ, oznaczono w następujący sposób:

- $R_1$  – rezystancja termiczna pomiędzy częścią żłobkową cewki a jarzmem induktora;
- $R_2$  – rezystancja termiczna między częścią żłobkową cewki a zębami induktora;
- $R_3$  – rezystancja termiczna między zębami a jarzmem induktora;
- $R_4$  – rezystancja termiczna pomiędzy jarzmem induktora, kadłubem i środowiskiem;
- $R_5$  – rezystancja termiczna pomiędzy częściami żłobkowymi a czołowymi cewki induktora;
- $R_6$  – rezystancja termiczna między częściami czołowymi cewki induktora, powietrzem wewnętrznym i środowiskiem;
- $R_7$  – rezystancja termiczna pomiędzy rdzeniem induktora a ścianką KR;
- $R_8$  – rezystancja termiczna między ścianką KR a środowiskiem;
- $R_9$  – rezystancja termiczna pomiędzy częścią żłobkową cewki induktora a środowiskiem.

Straty ciepłe w jednostce czasu [W] oraz średnie przyrosty temperatur odpowiednich części maszyny [K] na rysunku 6 oznaczono odpowiednio:  $P_s, \Delta T_s$  – części żłobkowej cewki induktora;  $P_w, \Delta T_w$  – części czołowej cewki induktora;  $P_z, \Delta T_z$  – zębów rdzenia induktora;  $P_a, \Delta T_a$  – jarzma rdzenia induktora;  $P_r, \Delta T_r$  – ścianki komory mielenia;  $T_0$  – temperatura środowiska.

Omówiono cechy konstrukcyjne systemu chłodzenia z bezpośrednim kanałowym chłodzeniem cewek induktora. Przekazywanie ciepła odbywa się poprzez elementy aktywne i konstrukcyjne do ciekłego czynnika chłodzącego, przepływającego w kanałach, wykonanych bezpośrednio w elementach konstrukcyjnych młyna, a dokładnie w cewkach jego induktora (rys. 7).



Rys. 7. Zespół układu chłodzenia MEM

1 – kolektor wlotowy; 2 – cewki uzwojenia; 3 – kolektor wylotowy; 4 – łączniki rurowe;  
5 – przewody łączące cewki uzwojenia; 6 – przewody rurowe łączące uzwojenie induktora z kondensatorami;  
7 – dodatkowy kolektor; [M1]

Opierając się na analitycznych rozwiązaniach równania przewodnictwa cieplnego w jednowymiarowym ustawieniu dla płaskiej i cylindrycznej ścianki sformułowano wyrażenia do obliczania parametrów TSZ – rezystancji termicznych (RT).

Założono, że przy obliczeniach procesów cieplnych, uzwojenie oraz rdzeń magnetyczny warstwowy są uważane za jednorodną bryłę odwzorowującą rzeczywiste uzwojenie oraz rdzeń i posiadającą równoważne współczynniki przewodności cieplnej, które są różne w ortogonalnych kierunkach przekazywania ciepła. Współczynniki przewodności cieplnej w tych kierunkach są równe współczynnikom rzeczywistego uzwojenia oraz rdzenia w tych samych kierunkach. Równoważny współczynnik przewodności cieplnej rdzenia warstwowego wzdłuż płyt w kierunku promieniowym i stycznym wyrażono w postaci (10).

$$\lambda_{ert} = k_{zc}\lambda_{Fe} + (1 - k_{zc})\lambda_{iz}, \quad (10)$$

gdzie  $\lambda_{Fe}$ ,  $\lambda_{iz}$  są odpowiednio współczynnikami przewodności cieplnej materiału rdzenia i warstwy izolacyjnej.

Współczynnik przewodności cieplnej rdzenia warstwowego w kierunku poprzecznego ułożenia płyt, nie biorąc pod uwagę kontaktowej wymiany ciepła, w przybliżeniu można zapisać w postaci (11).

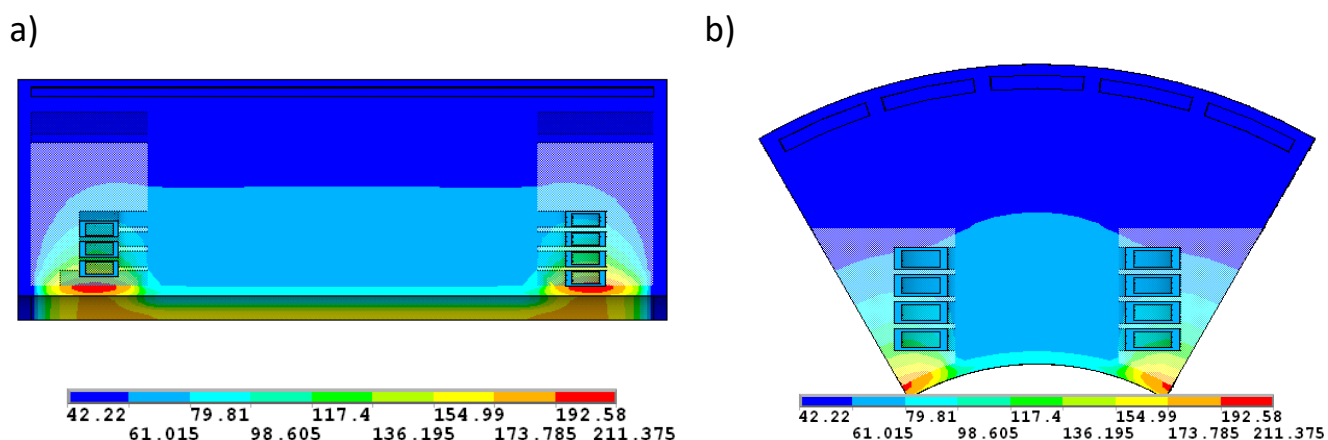
$$\lambda_{eaa} = \frac{\lambda_{Fe}\lambda_{iz}}{k_{zc}\lambda_{iz} + (1 - k_{zc})\lambda_{Fe}}. \quad (11)$$

Tym samym sposobem obliczane są równoważne współczynniki przewodności cieplnej uzwojenia induktora w kierunkach promieniowym, stycznym i osiowym.

Zastąpienie uzwojenia i rdzenia induktora homogenicznymi anizotropowymi ciałami o równoważnych współczynnikach przewodności cieplnej pozwala znacząco zmniejszyć rozmiar zadania obliczeń pola temperaturowego praktycznie bez utraty dokładności.

Sformułowanie warunków brzegowych związanych z procesem przewodzenia ciepła zostało dokonane z wykorzystaniem teorii podobieństwa.

Dla przykładu, na rysunku 8 przedstawiono rozkłady temperatur w różnych przekrojach MEM, których zewnętrzna średnica induktora wynosi 380 mm, średnica komory roboczej 200 mm, a aktywna długość rdzenia 200 mm (całkowita liczba węzłów wynosi 45 876, liczba elementów skończonych wynosi 57 867).



Rys. 8. Wyniki obliczeń rozkładu temperatury w °C:  
a) w przekroju osiowym; b) w przekroju poprzecznym

Na podstawie analizy rozkładu temperatury i gradientu temperatury dokonano syntezy i uzasadniono strukturę cieplną schematu zastępczego aktywnej części młyna, w skład którego wchodzi 5 elementów z wewnętrznym wytwarzaniem ciepła (rys. 6).

Na podstawie analizy porównawczej wyników obliczeń średnich wartości temperatur komponentów MEM z wymuszonym chłodzeniem cieczowym, uzyskanych za pomocą TSZ i MES, stwierdzono, że ich różnica dla układu chłodzenia ICW nie przekracza 10%. Dowodzi to, że struktura TSZ została prawidłowo dobrana i odzwierciedla najbardziej prawdopodobne tory rozchodzenia się strumienia ciepła. Metody obliczania RT otrzymywane na podstawie rozwiązań analitycznych równania przewodności cieplnej, zapewniają zadowalającą dokładność oszacowania stanu termicznego MEM.

W ramach tego kierunku badawczego zawarto również wzory przeznaczone do obliczania parametrów cieplnego schematu zastępczego oraz zasady formułowania układu równań do określania nieznanych temperatur.

Trzecim kierunkiem badawczym, którym autor wniosku zajmował się w ramach prezentowanego osiągnięcia było badanie dynamiki ruchu mielników w wirującym polu magnetycznym [M1, P1, P3, P4, P7].

Wyjaśniono czynniki, które wpływają na współdziałanie siłowe mieszanych substancji z ruchomymi ferromagnetycznymi mielnikami.

Opracowano model matematyczny do obliczania trajektorii mielników ferromagnetycznych ograniczonych wewnętrzną powierzchnią KR młyna i poruszających się w wirującym polu magnetycznym MEM pod wpływem sił elektrodynamicznych oraz sił oporu hydrodynamicznego. Ruch mielników opisano równaniami dynamiki ruchu figury płaskiej o dowolnym kształcie w dwuwymiarowym układzie współrzędnych. Siły wymuszające ten ruch wyznaczano na podstawie przybliżenia funkcji wektorowych tabelarycznych (FOT)  $\vec{F}(\vec{s})$ , otrzymanych za pomocą metody opisanej w rozdziale 1

monografii [M1]. FOT odzwierciedla zależność pola siły elektrodynamicznej, oddziałującej na mielnik w środku KR, od szeregu parametrów, takich jak faza  $\varphi$  wypadkowej SMM uzwojenia induktora, długości promienia położenia środka masy mielnika  $r$  i kąta nachylenia tego promienia położenia  $\gamma$ .

Matematyczne sformułowanie problemu obliczania trajektorii ruchu ciała sztywnego (mielnika) o dowolnym kształcie, które znajduje się pod wpływem sił i momentów zewnętrznych wyrażono w postaci (12).

$$\begin{aligned}\frac{d^2x_c}{dt^2} &= \frac{\sum_{i=1}^n F_{ix}}{m}; \\ \frac{d^2y_c}{dt^2} &= \frac{\sum_{i=1}^n F_{iy}}{m}; \\ \frac{d\omega_c}{dt} &= \frac{1}{J} \sum_{i=1}^n M_z(F_i) = \frac{M_z}{J}; \\ \omega_c &= \frac{d\varphi}{dt}\end{aligned}\tag{12}$$

gdzie:

- $M_z(F_i)$  – moment siły  $F_i$  względem osi  $Oz$  przechodzącej przez środek masy;
- $M_z$  – wypadkowy moment wszystkich sił zewnętrznych względem tej osi;
- $\omega_c$  – prędkość kątowna.

Omówiono metodę ilościowej oceny wydajności MEM, która opiera się na opracowaniu wyników obliczeń trajektorii mielników ferromagnetycznych w wirującym polu magnetycznym, uzyskanych za pomocą opracowanego modelu. Obliczono wartości średnie liczby zderzeń, impuls siły tych zderzeń, prędkość liniową mielników oraz zrywu.

Liczba zderzeń  $i$ -tego materiału  $KU_i$  jest określana na podstawie nierówności

$$G_i \geq G_i^{rms} \Rightarrow KU_i = KU_i + 1.\tag{13}$$

gdzie

$$G_i^{rms} = \sqrt{\frac{1}{\Delta t} \int_t^{t+\Delta t} G_i^2 dt} = \sqrt{\frac{1}{\Delta t} \sum_{k=1}^{KI} (G_{ixk}^2 + G_{iyk}^2) \cdot (t_k - t_{k-1})},\tag{14}$$

jest skuteczną wartością modułu zrywu w okresie  $\Delta t$ , KI jest liczbą kroków całkowania w przedziale czasu  $\Delta t$ , natomiast  $G_{ixk}$  i  $G_{iyk}$  są to składowe zrywu na osi  $x$  i  $y$ .

Odpowiednia składowa zrywu wzdłuż osi  $x$  (podobnie wzdłuż osi  $y$ ) lub druga pochodna prędkości zdefiniowana została jako

$$G_{ix}|_{t=t_k} = \frac{d^2v_{ix}}{dt^2} = \vec{T}(t)\mathbf{D}^2\mathbf{T}^{-1}\vec{v}_{ix},\tag{15}$$

gdzie:

- $\vec{T}(t)$  – wiersz Taylora rzędu drugiego z jedną zmienną niezależną;
- $\mathbf{T}$  – macierz Taylora;
- $\mathbf{D}$  – macierz różniczkująca wiersz Taylora;
- $\vec{v}_{ix}$  – składowa prędkości na osi  $x$  uzyskana z modelu (12).

Impuls siły (rys. 9) w każdym momencie zderzenia  $i$ -tego mielnika zdefiniowano za pomocą wzoru

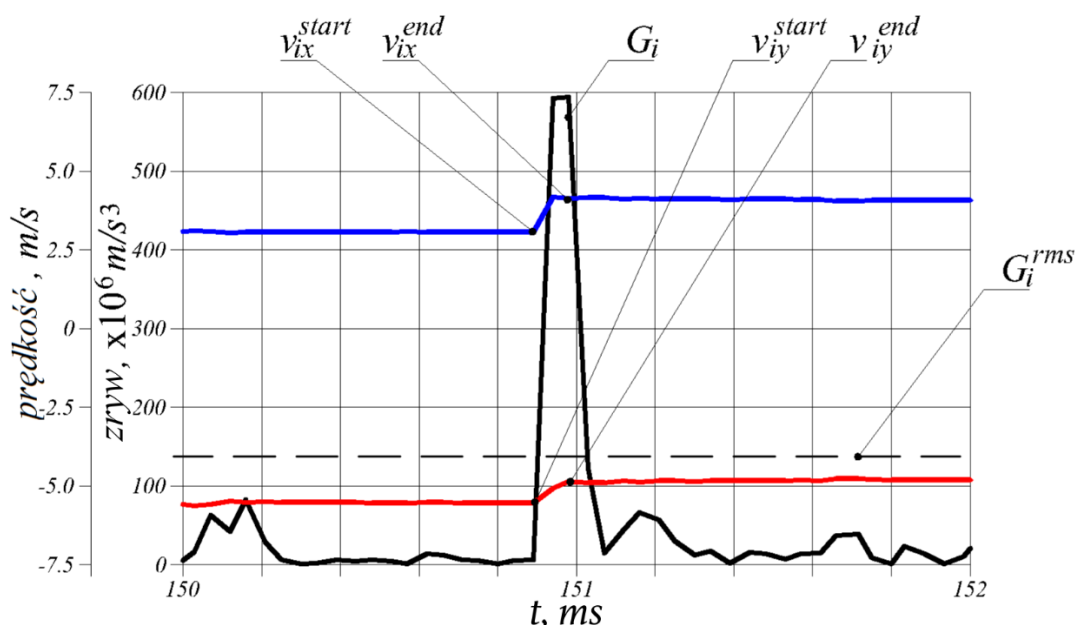
$$S_{ij} = m_i \left( (v_{ix}^{end} - v_{ix}^{start})^2 + (v_{iy}^{end} - v_{iy}^{start})^2 \right), \quad (2)$$

gdzie:

- $m_i$  – masa  $i$ -tego mielnika;
- $v_{ix}^{start}, v_{iy}^{start}$  – składowe prędkości ruchu środka mas  $i$ -tego mielnika w chwili rozpoczęcia  $j$ -tego zderzenia ( $j = 1, \dots, KU_i$ );
- $v_{ix}^{end}, v_{iy}^{end}$  – składowe prędkości ruchu środka mas  $i$ -tego mielnika w chwili zakończenia  $j$ -tego zderzenia ( $j = 1, \dots, KU_i$ ).

Średnią wartość impulsu siły  $i$ -tego mielnika w ustalonym okresie  $\Delta t$  wyznacza wzór

$$S_{usi} = \frac{1}{\Delta t} \int_t^{t+\Delta t} S_i dt = \frac{1}{KU_i} \sum_{j=1}^{KU_i} S_{ij} \quad (17)$$



Rys. 9. Określenie impulsu siły zderzenia

Do analizy MEM wprowadzono bezwymiarowy wskaźnik jego wydajności  $P_m$ , który umożliwia uwzględnienie wielu czynników, w tym wpływ efektywności procesu mielenia, parametry konstrukcyjne induktora młyna, rozmiar KR oraz ilość, kształt i wielkość mielników. Został on określony za pomocą następującego wzoru:

$$P_m = 0,124 k_w^{2,2} e^{-0,11 k_w n_m k_{us}} S_{us}, \quad (18)$$

gdzie:

- $k_w$  – współczynnik wypełnienia KR mielnikami;
- $n_m$  – liczba mielników w KR;
- $k_{us}$  – średnia wartość liczby zderzeń mielnika;

$S_{us}$  – średnia wartość impulsu siły zderzeń mielnika;

$$\begin{aligned}k_{us} &= \frac{1}{n_m} \sum_{i=1}^{n_m} k_{u_i}; \\ S_{us} &= \frac{1}{n_m} \sum_{i=1}^{n_m} S_{u_{si}}.\end{aligned}\tag{19}$$

Metoda określania wskaźnika wydajności  $P_m$  za pomocą (18) została zilustrowana graficznie na podstawie uzyskanych wyników eksperymentów matematycznych młyna o objętości KR 2090 cm<sup>3</sup> i średniej wartości indukcji magnetycznej w KR równej w przybliżeniu 0,1 T (rys. 10). Układ magnetyczny induktora zapewniał 4-biegunową konfigurację pola. Jego prędkość synchroniczna wynosiła 157 rad/s. W eksperymencie uwzględniono następujące zmienne niezależne:

- średnica mielnika  $d_m$ ;
- stosunek wielkości  $\frac{l_m}{d_m}$ ;
- wypełnienie KR mielnikami  $k_w$  lub wielkość proporcjonalna do  $k_w$ , którą jest liczba mielników w KR  $n_m$ .

Niewiadome lub zmienne zależne to:

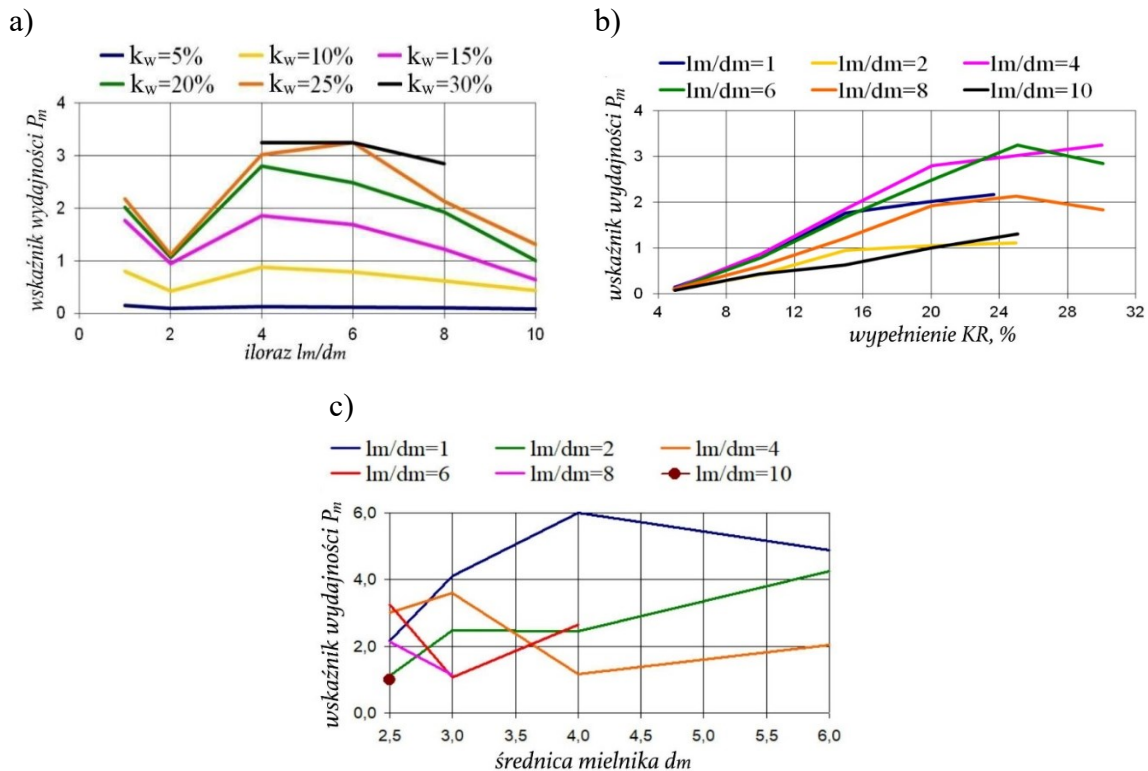
- średnia liczba zderzeń jednego mielnika  $k_{us}$ ;
- całkowita liczba zderzeń wszystkich mielników  $k_u$ ;
- średni impuls siły tych zderzeń  $S_{us}$  w ustalonym okresie 0,02 s.
- Wszystkie eksperymenty przeprowadzono dla dyskretnych zbiorów zmiennych niezależnych:
  - $d_m = 2,5; 3,0; 4,0; 6,0$  mm;
  - $l_m/d_m = 1; 2; 4; 6; 8; 10$ ;<sup>1</sup>
  - $k_w = 5; 10; 15; 20; 25; 30\%$ .

Poziom wypełnienia cząstkami SR nie zmienił się i we wszystkich eksperymentach wynosił 25%.

---

<sup>1</sup> Zakres wartości zawęży się wraz ze wzrostem średnicy mielnika.



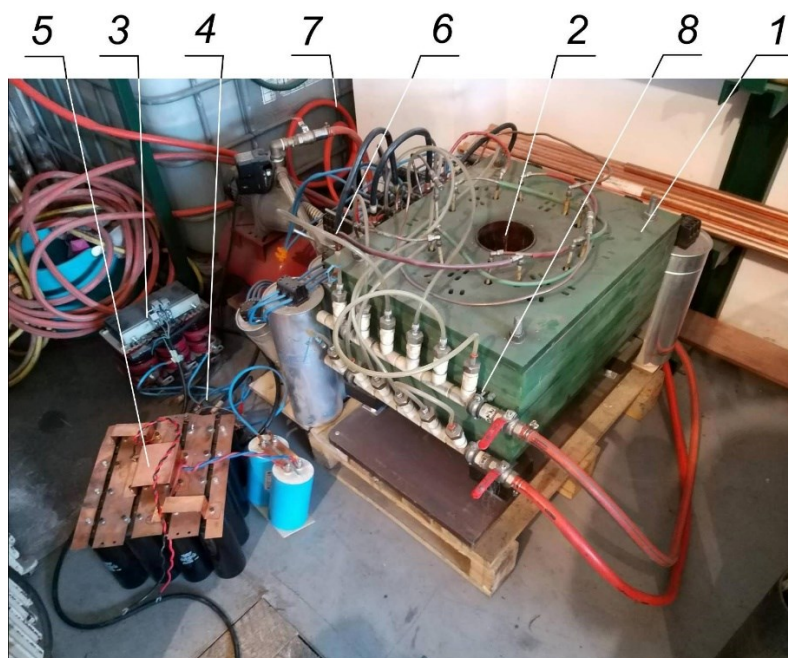


Rys. 10. Zależność wskaźnika wydajności  $P_m$  od: a) ilorazu wymiarów mielnika  $l_m/d_m$ ; b) wypełnienia KR  $k_w$ ; c) średnicy mielnika  $d_m$

Metoda ta pozwala na ilościową analizę procesu mielenia/mieszania oraz pomaga ustalić zależności między parametrami projektowymi MEM, a jego wydajnością.

Czwartym obszarem badawczym, którym autor wniosku zajmował się w ramach prezentowanego osiągnięcia, były badania eksperymentalne laboratoryjnego modelu MEM. W rezultacie tych badań uzyskano wyniki eksperymentów przeprowadzonych na specjalnie stworzonej instalacji laboratoryjnej MEM, którą opisano dokładnie w [M1]. W trakcie tych badań przeprowadzono weryfikację procedur projektowania induktora MEM, metody obliczania sił elektrodynamicznych oddziałujących na mielniki oraz matematycznego modelu sformułowanego do badania dynamiki ruchu mielników.

Stanowisko laboratoryjne, składało się z modelu laboratoryjnego MEM o objętości KR 2090 cm<sup>3</sup>, transformatora dopasowującego zasilającego uzwojenia induktora MEM i zapewniającego jego separację galwaniczną od sieci elektrycznej, prostownika półprzewodnikowego, układu kondensatorów filtracyjnych obwodu prądu stałego oraz układu chłodzenia. Zdjęcie stanowiska laboratoryjnego pokazano na rysunku 11.

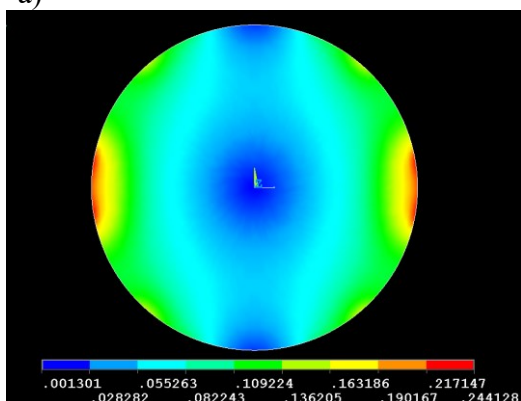


Rys. 11. Stanowisko laboratoryjne do badań MEM  
 1 - obudowa MEM; 2 - KR; 3 – transformator dopasowujący;  
 4 - prostownik półprzewodnikowy; 5 - bateria kondensatorów;  
 6 - pompa cyrkulacyjna; 7 - chłodnica; 8 - kolektor układu chłodzenia

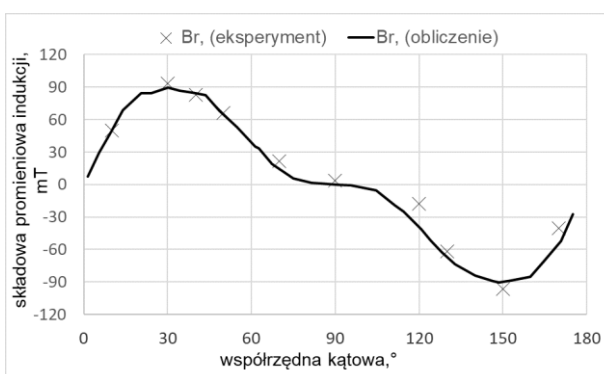
Weryfikacja procedur syntezy projektowej induktora MEM dokonana została na podstawie porównania wyników bezpośrednich pomiarów promieniowych i stycznych składowych wektora indukcji magnetycznej w środku KR z ich wartościami obliczonymi za pomocą modelu matematycznego opisanego w p. 1 monografii [M1] (rys.12).

Wymiary, dane nawojowe oraz właściwości magnetyczne materiałów, przyjęte w modelu, odpowiadają rzeczywistym parametrom projektowym modelu laboratoryjnego MEM, użytego do eksperymentu.

a)



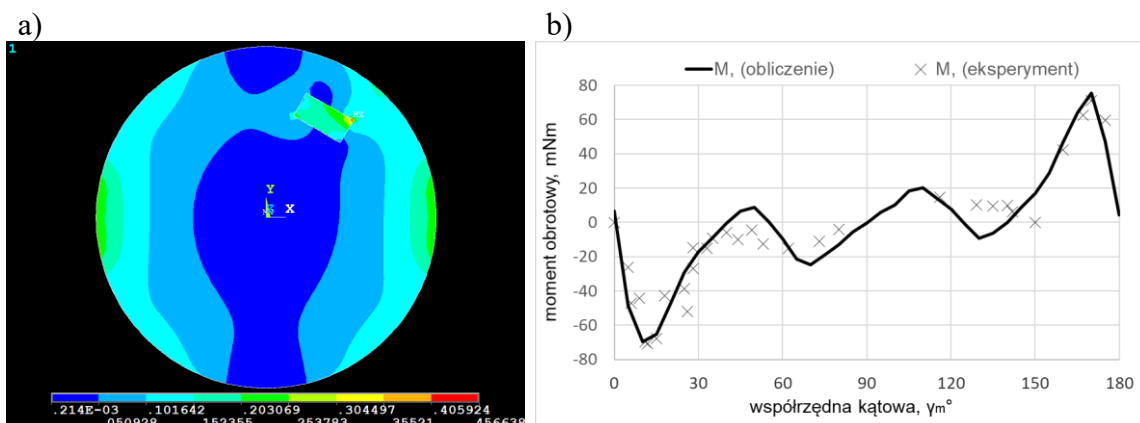
b)



Rys. 12. Wyniki weryfikacji procedur syntezy projektowej:  
 a) rozkład modułów wektora indukcji magnetycznej w KR, T;  
 b) zależności składowej promieniowej wektora indukcji magnetycznej od współrzędnej kątowej

Do walidacji wyników metody obliczania sił i momentów elektrodynamicznych, zaproponowano autorską konstrukcję urządzenia do pomiaru momentu obrotowego działającego na mielnik znajdujący się w polu magnetycznym. Wyznaczenie w sposób

obliczeniowy odpowiednich wartości siły i momentu elektromagnetycznego przeprowadzono za pomocą modelu matematycznego opisanego w p. 1 monografii [M1] (rys.13).

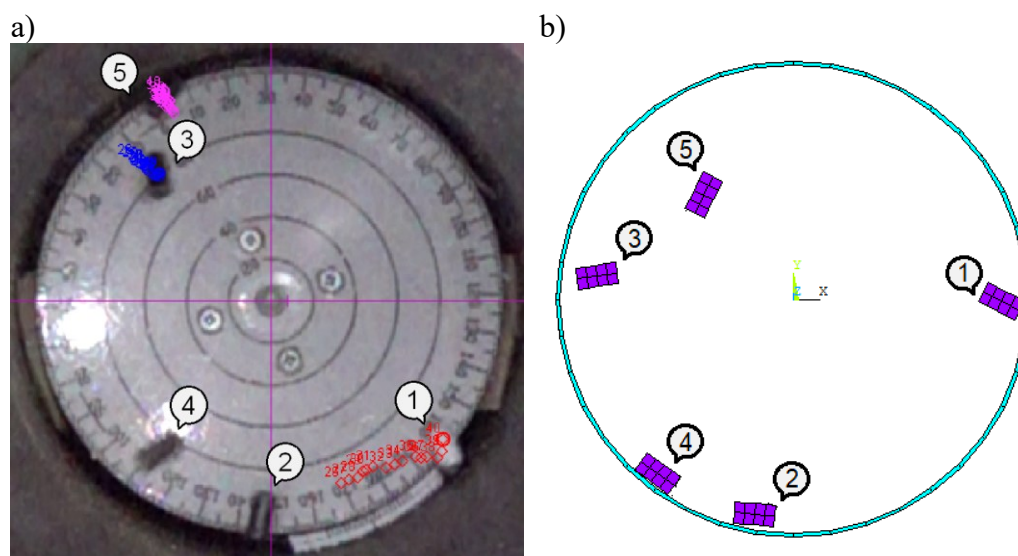


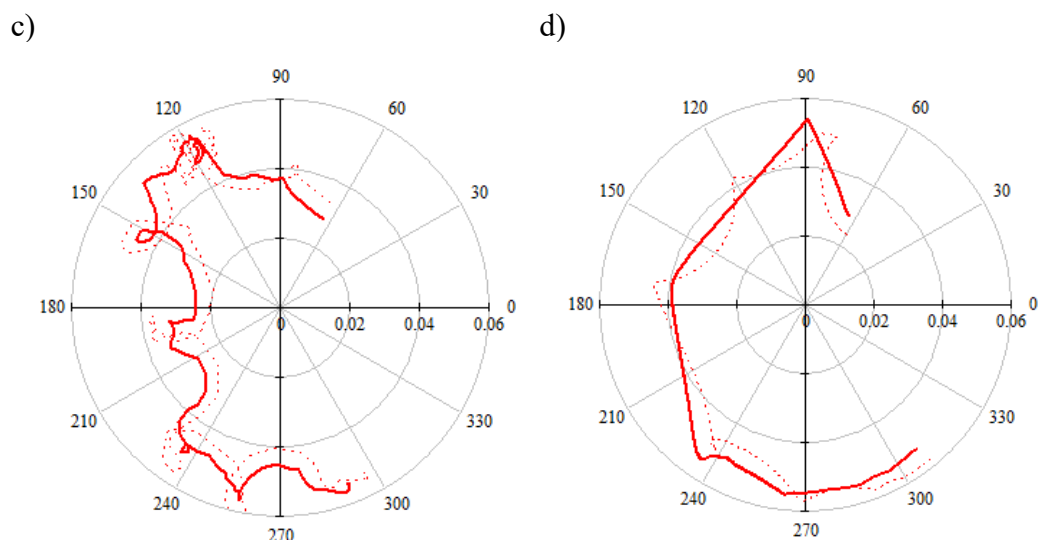
Rys. 13. Wyniki weryfikacji metody obliczania sił (momentów) elektrodynamycznych:  
 a) pole modułu wektora indukcji magnetycznej w KR, T;  
 b) zależności momentu obrotowego mielnika od współrzędnej kątowej

Weryfikacja modelu matematycznego do badania dynamiki ruchu mielników ferromagnetycznych w wirującym polu magnetycznym wewnątrz KR młyna dokonano poprzez porównanie parametrów ruchu uzyskanych za pomocą identyfikacji bezpośredniej w układzie MEM przedstawionym na rysunku 11, z analogicznymi parametrami obliczeniowymi wyznaczonymi przy użyciu modelu matematycznego opisanego w rozdziale 3 monografii [M1] (rys.14).

Do nagrania procesu ruchu mielników, wykorzystano szybko klatkową kamerę wideo ustawioną w trybie nagrywania 1000 klatek na sekundę.

Do śledzenia obiektów w czasie rzeczywistym z wykorzystaniem nagrania, powiązania ich z układem współrzędnych, kalibracji rozmiarów, określania pozycji, wartości składowych prędkości itp., użyto specjalistycznego oprogramowania Tracker 5.1 (OSP).





Rys. 14. Wyniki weryfikacji modelu matematycznego do badania dynamiki ruchu mielników: a, b) położenie mielników w KR dla czasu 0,04 s; c, d) trajektorie punktów charakterystycznych mielnika nr. 5, określone na podstawie eksperymentu (a, c) oraz na podstawie obliczeń (b, d)

Analiza porównawcza danych eksperymentalnych i obliczeniowych dowodzi, że utworzony model matematyczny uwzględnia wszystkie niezbędne czynniki wpływające na ruch mielników w wirującym polu magnetycznym oraz to, że eksperymentalne i obliczone parametry ruchu, takie jak trajektorie środków masy, prędkość i przyspieszenie są ze sobą ściśle skorelowane.

W podsumowaniu zaprezentowanych prac badawczych przedstawiono zestawienie uzyskanych wyników oraz następujące wnioski wynikające z ich analizy:

1. Utworzona baza wsparcia informacyjnego procesu projektowania i budowy młyna elektromagnetycznego, z wykorzystaniem technologii wirtualnych prototypów cyfrowych, gwarantuje zgodność projektu z wymaganiami zadania technicznego. Dzięki temu nie będzie wymagane wytwarzanie kosztownych modeli fizycznych i przeprowadzanie ich badań eksperymentalnych.
2. Sformułowane zagadnienie obliczania prądu fazowego, współczynnika mocy i średniej indukcji magnetycznej w KR młyna dla znanej wartości napięcia zasilania, stosując transformację do układu współrzędnych  $0dq$ , związanego z wypadkowym wektorem SMM, umożliwia zbudowanie skutecznego algorytmu, który nie wymaga numerycznego całkowania układu równań różniczkowych względem czasu.
3. Zastosowana w pracy metoda obliczania parametrów magnetycznych młyna pozwala na zwiększenie szybkości obliczeń w zagadnieniach badań dynamiki złożonych układów elektromechanicznych co najmniej 2 - 2,5 krotnie. Potwierdzają to wyniki obliczeń stanów nieustalonych w układzie elektromechanicznym składającym się z induktora młyna elektromagnetycznego, połączonego z baterią kondensatorów kompensacyjnych i zasilaniem. Sformułowany w tym celu model matematyczny uwzględnia wszystkie najważniejsze czynniki wpływające na przebieg procesów w tym układzie w ich wzajemnym powiązaniu. Zalicza się do nich rzeczywisty kształt przekroju poprzecznego

obwodu magnetycznego, dwuwymiarowy rozkład przestrzenny potencjału magnetycznego wektorowego, a w konsekwencji strumienie skojarzone fazowe, SEM i siły elektrodynamiczne działające na mielniki, które są wyznaczone z uwzględnieniem wszystkich przestrzennych harmonicznych rozkładu indukcji i efektu nasycenia obwodu magnetycznego.

4. Za pomocą opracowanego modelu otrzymano wyniki obliczeń nieustalonych przebiegów elektromagnetycznych w młynie elektromagnetycznym, które potwierdzają poprawność oraz dokładność współdziałania algorytmów służących do obliczania charakterystyki magnetycznej i do obliczania parametrów magnetycznych z algorytmem numerycznego całkowania układu równań różniczkowych. Sformułowano zalecenia dotyczące wielkości kroku całkowania i wymaganych środków obliczeniowych.
5. Do obliczeń termicznych MEM z metodą chłodzenia ICW zaproponowano termiczny schemat zastępczy opracowany na podstawie analizy wyników obliczeń trójwymiarowych pól temperatur i ich gradientów. Metoda obliczania parametrów tych schematów daje możliwość oceny stanu cieplnego tego rodzaju układów z dokładnością nie mniejszą niż 8-12% w stosunku do zmierzonych eksperymentalnie wartości temperatur.
6. Opracowano model matematyczny do obliczania trajektorii ruchu mielników ferromagnetycznych, które znajdują się w wirującym polu magnetycznym i są ograniczone przestrzenią KR. Przedstawiony algorytm nadaje się do badań komór roboczych i mielników o dowolnych wielkościach i kształcie. Model został zbudowany na podstawie równań dynamiki ruchu ciał w dwuwymiarowym sformułowaniu (tzw. ruch płaski). Uwzględnia on wpływ:
  - kontaktowego oddziaływania mielników z cząstkami substancji do mielenia/mieszania;
  - siły hydraulicznego oporu działające na elementy ruchome (mielniki i cząstki substancji);
  - tarcia suchego.
7. Opracowano algorytm obliczania wskaźników dynamiki ruchu mielników, czyli całkowitej liczby ich zderzeń oraz średniego impulsu siły tych zderzeń. Technika identyfikowania momentów zderzenia mielników z innymi elementami opiera się na analizie ich trajektorii z wykorzystaniem modelu matematycznego p. 3.1, to znaczy na obliczeniu wartości wektorowej zwanej zrywem.
8. Ustalono, że parametry konstrukcyjne MEM, takie jak średnica i długość mielnika, poziom wypełnienia mielnikami objętości KR oraz wskaźniki dynamiki mielników, takie jak właściwa liczba zderzeń, całkowita liczba zderzeń, średni impuls siły, w pełni charakteryzują wydajność procesu mielenia/mieszania. Biorąc pod uwagę ten fakt, opracowano oryginalną metodę ilościowego oszacowania wydajności MEM, opartą na obliczeniu tzw. miary wydajności (3.17), która uwzględnia wzajemny wpływ liczby zderzeń mielników, średniego impulsu siły tych zderzeń oraz poziomu wypełnienia KR mielnikami.

9. Na podstawie analizy danych dotyczących porównania wyników otrzymanych metodami obliczeniowymi i eksperymentalnymi można stwierdzić, że:
- sformułowany matematyczny model do obliczania pola sił działających na mielnik w wirującym polu magnetycznym adekwatnie odzwierciedla wzajemny wpływ na niego takich czynników jak rzeczywista konfiguracja obwodu magnetycznego induktora, jego nasycenie i nasycenie mielników ferromagnetycznych oraz poprawnie reaguje na zmianę wymiarów mielników, ich położenia w KR i natężenia pola magnetycznego;
  - wskaźniki wydajności procesu mielenia/mieszania (średnia liczba zderzeń mielników, średnia wartość impulsu siły tych zderzeń, wskaźnik wydajności) wyznaczone za pomocą opracowanego modelu, pozwalają ocenić wydajność tego procesu w rzeczywistym układzie technologicznym zawierającym MEM nie tylko na poziomie jakościowym, ale również ilościowym.

Rezultatem osiągnięcia autora wniosku było rozwiązanie aktualnego problemu naukowo-technicznego kształtowania teoretycznej bazy wsparcia informacyjnego procesu projektowania i budowy młyna elektromagnetycznego z wirującym polem magnetycznym, w skład której wchodzi zalecenia praktyczne i oprogramowania specjalistyczne. Umożliwia ona rozwiązywanie szerokiego zakresu problemów, a w szczególności:

- przeprowadzenie wstępnej oceny zgodności otrzymanych wskaźników młyna z wymaganiami zadania technicznego;
- przygotowanie wejściowej informacji przeznaczonej do dalszego wykorzystania w polowych modelach matematycznych, co znacznie skraca czas wielowariantowych oraz optymalizacyjnych obliczeń;
- uściślenie wskaźników projektowych za pomocą właściwych modeli matematycznych, przy uwzględnieniu czynników, które mają decydujący wpływ na przebieg procesów w młynie elektromagnetycznym we wzajemnym związku tych czynników;
- zweryfikowanie wyników na etapie decyzji projektowej.

Rezultaty pracy autora wniosku można wykorzystać do:

- planowania i optymalizacji istniejących linii technologicznych wykorzystujących procesy mielenia w celu poprawy ich efektywności i żywotności oraz uzyskania oszczędności finansowych;
- weryfikacji modeli teoretycznych z wynikami pomiarowymi uzyskanymi w czasie rzeczywistym;
- opracowania matematycznych modeli procesów, które będą uwzględniały korekty uzyskane na podstawie rzeczywistych wyników pomiarowych;
- opracowań optymalizujących trzy główne procesy mielenia: przygotowania, mielenia i separacji/selekcji uzyskanego materiału.

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

Moja działalność naukowa rozpoczęła się w 1997 r. i była związana z pracą naukową na stanowisku asystenta w Zakładzie Maszyn i Napędów Elektrycznych, Instytutu Elektroniki i Systemów Sterowania Politechniki Częstochowskiej. W dniu 21 grudnia 2006 r. obroniłem pracę doktorską pt. „Zastosowanie teorii skalowania do analizy dielektrycznego falowodu cylindrycznego”. W rezultacie tego osiągnięcia, Rada Wydziału Elektrycznego Politechniki Częstochowskiej przyznała mi stopień naukowy doktora nauk technicznych w zakresie elektrotechniki.

Moim głównym obszarem działalności są prace badawczo-rozwojowe związane z eko-innowacyjnymi rozwiązaniami z zakresu młynów elektromagnetycznych, magazynowania energii, superkondensatorów oraz odnawialnych źródeł energii. W wyniku tych prac powstało około 80 publikacji naukowych (wykaz publikacji został umieszczony w Załączniku nr 4).

Posiadam doświadczenie w realizacjach projektów krajowych i międzynarodowych, w których brałem udział jako główny wykonawca i jako kierownik. W zrealizowanych przeze mnie projektach oraz pracach badawczo-rozwojowych zajmowałem się między innymi zagadnieniami związanymi z ochroną zdrowia, ochroną środowiska i samowystarczalnością energetyczną. Zrealizowałem następujące projekty i prace badawczo-rozwojowe:

1. Wniosek o finansowanie projektu badawczego p.t. „Innowacyjne systemy magazynowania energii, sterowania i napędu w aspekcie zastosowania w pojazdach elektrycznych” w ramach konkursu „Program Operacyjny Inteligentny Rozwój 2014-2020”, Nr wniosku o dofinansowanie PIOR.01.01.02-00-0062/15, data złożenia wniosku: 22 czerwca 2015 r. **(Nie przyznano)**.

Uczestniczyłem w opracowaniu formalnym i merytorycznym wniosku.

2. Międzynarodowy projekt p.t. „Gmina samowystarczalna energetycznie”, w ramach Funduszu Współpracy Bilateralnej ze środków Norweskiego Mechanizmu Finansowego 2009-2014 dla Programu Operacyjnego PL04 „Oszczędzanie energii i promowanie odnawialnych źródeł energii”. Nr wniosku o dofinansowanie 893/2017. **(Pomysłodawca i główny wykonawca)**.

Uczestniczyłem w opracowaniu formalnym i merytorycznym wniosku. Wystąpiłem i zaprezentowałem przed polsko-norweską komisją kwalifikacyjną temat projektu. Nadzór i prace merytoryczne nad opracowaniem 18 monografii dotyczących samowystarczalności energetycznej 17 wybranych polskich gmin i miast biorących udział w projekcie.

3. Praca badawcza nr BZ-3-300-1/2018 dotycząca opracowania układu prostownika współpracującego z magazynem energii kinetycznej 1 MVA realizowana przez Politechnikę Częstochowską w ramach projektu z Programu INNOMOTO, Działanie 2.1



pt. „Opracowanie wysokoobrotowego silnika PM BLDC jako magazynu energii kinetycznej wraz z elementami infrastruktury zapewniającej doładowywanie magazynu oraz szybkie odzyskiwanie energii i przetwarzanie jej do formy i parametrów pozwalających na efektywne wykorzystywanie przez standardowe urządzenia”, współfinansowanym w ramach umowy o dofinansowanie numer: POIR.01.02.00-00-0326/16-00. Okres trwania pracy badawczej od 27.11.2017 r. do 31.12.2022 r. **(Koordynator prac ze strony Politechniki Częstochowskiej).**

Przedmiotem prac badawczo-rozwojowych w ramach Umowy było: wykonanie symulacji pracy oraz prototypu prostownika pracującego z odmiennym algorytmem pracy, przy zmieniających się w szerokim zakresie napięciach wejściowych oraz częstotliwości z utrzymaniem stałego napięcia na wyjściu i mocy 100 kVA; wykonanie pomiarów potwierdzających osiągnięcie parametrów wykonanego prototypu prostownika; wykonanie projektu docelowego prostownika o mocy 1 MVA; wykonanie układu sterowania zarządzającego pracą kompletnego magazynu energii kinetycznej.

4. Projekt pt. „Opracowanie aplikacji internetowej (medyczna platforma edukacyjna) na potrzeby zastosowań innowacyjnych technologii i sposobów leczenia w wybranych specjalizacjach medycznych - Health World Research Centre” w ramach projektu „ACCELPOINT – akcelerator inteligentnych technologii rozwiązujących problemy instytucji publicznych” w ramach Programu Operacyjnego Polska Cyfrowa 2014-2020, Osi priorytetowej III. Cyfrowe kompetencje społeczeństwa, Działania 3.3 „e - Pionier – wsparcie uzdolnionych programistów na rzecz rozwiązania zidentyfikowanych problemów społecznych lub gospodarczych”. Okres trwania projektu od 30.06.2020 r. do 02.12.2020 r. **(Pomysłodawca i kierownik projektu).**

Przedmiotem realizowanego była medyczna platforma internetowa Health WRC pełniąca funkcję edukacyjno-naukowo-technologiczną i służącą do gromadzenia wiedzy w zakresie technologicznych rozwiązań wykorzystywanych w medycynie. Docelowi odbiorcy platformy mają możliwość przechowywania swoich dotychczasowych osiągnięć naukowych w sektorze medycznym, dzielenia się opatentowanymi publikacjami naukowymi w danej dziedzinie specjalistycznej jak i pozyskiwaniem zespołów i wsparcia finansowego w celu implementacji pomysłu. Platforma w swojej ofercie zachęca możliwością poszerzania wiedzy poprzez dodawanie i aktualizowanie szkoleń, webinarów oraz dedykowanych kursów, prowadzonych przez doświadczonych mentorów.

W ramach projektu uczestniczyłem w opracowaniu formalnym i merytorycznym wniosku. Wystąpiłem i zaprezentowałem przed komisją kwalifikacyjną temat projektu. Nadzorowałem prace. Na zakończenie projektu prezentowałem uzyskane wyniki podczas odbioru prac końcowych. Opracowałem raport końcowy.

5. Projekt pt. „Rescue Energy - przeprowadzenie badań przemysłowych i prac rozwojowych oraz opracowanie innowacyjnego źródła zasilania defibrylatora opartego o autorskie superkondensatory”. Projekt współfinansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju z Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020. Działanie 1.3: Prace B+R finansowane z udziałem funduszy kapitałowych Poddziałanie 1.3.1: Wsparcie Projektów badawczo-rozwojowych w fazie preseed przez fundusze typu proof of concept



– BRIDGE Alfa. Okres trwania projektu od 01.06.2021 r. do 31.10.2022 r. **(Pomysłodawca i kierownik projektu)**.

Produktem końcowym projektu było źródło zasilania defibrylatora oparte o autorskie superkondensatory, które dzięki niskiej rezystancji wewnętrznej mogą generować większą moc, co przekłada się na krótsze czasy przyjmowania i oddawania energii (nawet pojedynczych sekund) przy zachowaniu wysokiej efektywności – bez nadmiernego nagrzewania i skracania życia magazynu energii. W ramach projektu dokonano dwóch międzynarodowych zgłoszeń patentowych za pośrednictwem kancelarii patentowej AOMB Polska Sp. z o.o. (PCT/PL2023/050032 oraz PCT/PL2023/050033). Obydwa wnioski patentowe dotyczą technologii wytwarzania nanostrukturalnego węgla, który jest używany do budowy elektrod autorskich superkondensatorów. Technologia jest niskokosztowa oraz zachowuje bardzo wysoką sprawność nawet przy dużych mocach. Ponadto opracowano technologię dotyczącą budowy autorskich superkondensatorów. Po zdobyciu kolejnej tury finansowania przewidywane jest międzynarodowe zgłoszenie patentowe tego wynalazku.

Podczas realizacji projektu uczestniczyłem w opracowaniu formalnym i merytorycznym wniosku. Wystąpiłem i zaprezentowałem przed komisją kwalifikacyjną temat projektu. Nadzorowałem i wykonywałem prace B+R. Na zakończenie projektu prezentowałem podczas odbioru prac końcowych uzyskane wyniki. Opracowałem raport końcowy Projektu.

6. Projekt pt. „ProSpeed Energy - przeprowadzenie badań przemysłowych i prac rozwojowych oraz opracowanie innowacyjnej technologii systemu szybkiego przekazywania energii w układzie źródło zasilania / odbiornik”. Projekt współfinansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju z Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020. Działanie 1.3: Prace B+R finansowane z udziałem funduszy kapitałowych Poddziałanie 1.3.1: Wsparcie Projektów badawczo-rozwojowych w fazie preseed przez fundusze typu proof of concept – BRIDGE Alfa. Okres trwania projektu od 01.09.2022 r. do 31.10.2023 r. **(Pomysłodawca i wykonawca prac B+R)**.

Przedmiotem realizowanego projektu jest opracowanie i zbudowanie inteligentnego systemu zarządzania energią i mocą, który pozwala na optymalizację procesów transferu energii ze źródła do odbiornika. System dopasowuje się do impedancji odbiornika oraz optymalnie wykorzystuje hybrydowe połączenie superkondensatorów i akumulatorów.

W ramach realizacji projektu uczestniczyłem w opracowaniu formalnym i merytorycznym wniosku. Wystąpiłem i zaprezentowałem przed komisją kwalifikacyjną temat projektu. Wykonywałem prace B+R. Obecnie uczestniczę w testach urządzenie końcowego oraz w przygotowaniu raportu końcowego z przeprowadzonych prac B+R.

W okresie od 01.05.2018 r. do 31.10.2018 r. odbyłem półroczny staż przemysłowy w firmie MEGATECH Zbigniew Gałuszkiewicz, ul. Powstańców Śląskich 4, 42-660 Kalety. W ramach stażu zapoznałem się z budową i zasadą działania młyna elektromagnetycznego (MEM), służącego do rozdrabniania lub mieszania różnego rodzaju substancji. Dzięki

uprzejmości firmy MEGATECH przeprowadziłem badania eksperymentalne MEM, które wykorzystałem do opracowania moich publikacji oraz monografii habilitacyjnej.

W okresie od 26.04.2021 r. do 29.07.2021 r. odbyłem 3-miesięczny staż naukowy na Uniwersytecie Narodowym Politechniki Lwowskiej; Instytut Energetyki i Systemów Sterowania; Katedra Elektromechatroniki i Elektromechanicznych Systemów Komputeryzowanych we Lwowie, związany tematycznie z moją pracą habilitacyjną. W ramach stażu zapoznałem się z algorytmami modeli matematycznych, służących do rozwiązywania problemów magnetostatyki w ujęciu dwuwymiarowym dla quasi-stacjonarnego przybliżenia pola magnetycznego, metodą elementów skończonych. Dodatkowo zaznajomiłem się z zaawansowanymi możliwościami pakietu oprogramowania ANSYS i sposobami obliczania pól o różnym charakterze fizycznym oraz z metodami eksperymentalnych badań charakterystyk siłowych pól magnetycznych prądu stałego i przemiennego o częstotliwości przemysłowej. Zdobytą wiedzę i doświadczenie wykorzystałem w prowadzonych przeze mnie pracach naukowo-badawczych, związanych z analizą przebiegów procesów fizycznych w młynie elektromagnetycznym z wirującym polem magnetycznym. Podczas mojego pobytu na stażu wygłosiłem referat pt. „Zastosowanie młynów elektromagnetycznych do zintensyfikowania procesów technologicznych ukierunkowanych na ekoinnowacyjne rozwiązania” oraz wraz kolegami z Politechniki Lwowskiej opracowaliśmy publikację: Makarchuk O., Krokhmalnyi B., Zubchik I., **Calus D.**, Magnetic Torque Analysis High-Performance Magnetic Gears, Academic Journals and Conferences, Electrical Power and Electromechanical Systems, SEPES, 2022, Volume 4, Number 1, pp. 62 - 71, <https://doi.org/10.23939/sepes2022.01.062> (Наукові журнали та конференції, Електроенергетичні та електромеханічні системи. – 2022. – Т. 5, №1. – С. 62–71).

W ramach aktywności naukowej byłem również promotorem pomocniczym w przewodzie doktorskim mgr Piotra Chabeckiego pt. „Właściwości dielektryczne bezwodnych cieczy i żeli jonowych w aspekcie ich zastosowania w superkondensatorach” realizowanym na Wydziale Elektrycznym Politechniki Częstochowskiej.

Moja działalność naukowa została doceniona przyznaniem mi następujących nagród:

1. Zespołowa nagroda Rektora Politechniki Częstochowskiej stopnia III za osiągnięcia publikacyjne, listopad 2018r. Przyznana zespołowi w składzie: Sylwia Całus, Tomasz Popławski, **Dariusz Całus**, Piotr Chabecki, Monika Weźgowiec, Patryk Gałuszkiewicz
2. Special Award No: INNOPA/TH/SA/11/02/2018, Zbigniew Gałuszkiewicz, Patryk Gałuszkiewicz, **Dariusz Całus**, Katarzyna Oźga – Electrical Energy Processing, Storage and Recovery System KAPS, Bangkok International Intellectual Property, Invention, Innovation Technology Exposition (IPITEX) 2018, 2-6 February 2018, Bangkok, Thailand.
3. Gold Award: Zbigniew Gałuszkiewicz, Patryk Gałuszkiewicz, **Dariusz Całus**, Katarzyna Oźga – Electrical Energy Processing, Storage and Recovery System KAPS, The 5th

- International Young Inventors Award, 19-22 September 2018, Inna Grand Bali Beach, Sanur, Bali, Indonesia.
4. Gold Medal: Zbigniew Gałuszkiewicz, Patryk Gałuszkiewicz, **Dariusz Całus**, Katarzyna Oźga – Electrical Energy Processing, Storage and Recovery System KAPS, Warsaw Invention Show IWIS 2018, 15-16 October 2018, Warsaw.
  5. Silver Medal: Zbigniew Gałuszkiewicz, Patryk Gałuszkiewicz, **Dariusz Całus**, Katarzyna Oźga – Electrical Energy Processing, Storage and Recovery System KAPS, iENA 2018, 3 November 2018, Nuremberg.
  6. NASR Award – Special Prize: Zbigniew Gałuszkiewicz, Patryk Gałuszkiewicz, **Dariusz Całus**, Katarzyna Oźga – Electrical Energy Processing, Storage and Recovery System KAPS, 3 November 2018, Nuremberg.
  7. Gold Prize: Zbigniew Gałuszkiewicz, Patryk Gałuszkiewicz, **Dariusz Całus**, Katarzyna Oźga – Electrical Energy Processing, Storage and Recovery System KAPS, The Seoul International Invention Fair 2018, The Korea Invention Promotion Association, 6-9 December 2018, Seoul, Korea.
  8. Silver Medal: Zbigniew Gałuszkiewicz, Patryk Gałuszkiewicz, **Dariusz Całus**, Katarzyna Oźga – Electrical Energy Processing, Storage and Recovery System KAPS, Bangkok International Intellectual Property, Invention, Innovation Technology Exposition, On the occasion of ‘Thailand Inventors’ Day 2019, 2-6 February 2019, Bangkok, Thailand
  9. Brązowy Krzyż Zasługi Prezydenta RP za zasługi w działalności społecznej oraz naukowo-badawczej, legitymacja nr 15-2021-1, 21.01.2021 r. Przyznano: **Dariusz Całus**

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

**a. Osiągnięcia związane z działalnością dydaktyczną**

W latach 1997 – 2005 pracowałem na stanowisku asystenta (pracownika naukowo-dydaktycznego) w Zakładzie Maszyn i Napędów Elektrycznych, Instytutu Elektroniki i Systemów Sterowania Wydziału Elektrycznego Politechniki Częstochowskiej. W 2005 roku ukończyłem Międzywydziałowe Studium Kształcenia i Doskonalenia Nauczycieli w Politechnice Częstochowskiej uzyskując uprawnienia do nauczania w szkolnictwie wyższym. Od roku 2008 pracuję na stanowisku adiunkta na Wydziale Elektrycznym Politechniki Częstochowskiej, prowadziłem zajęcia dydaktyczne w formie wykładów, ćwiczeń i laboratoriów z następujących przedmiotów:

- Maszyny Elektryczne,
- Napęd Elektryczny,
- Elektromechaniczne Systemy Napędowe,
- Podstawy programowania,
- Programowanie w języku „C++”,
- Metodyka i technika programowania,
- Algorytmy i złożoności,
- Metody numeryczne w technice,

- Metodyka i technika programowania,
- Informatyka – metody komputerowe w elektrotechnice,
- Informatyka – wstęp do informatyki,
- Informatyka,
- Technologia informacyjna,
- Zarządzanie i przetwarzanie informacji,
- Bezpieczeństwo i ochrona danych,
- Kryptografia,
- Programowanie grafiki 3D,
- Sieci teleinformatyczne.

Od roku akademickiego 2008/2009 do 2022/2023 wypromowałem 43 prace inżynierskie oraz 14 prac magisterskich.

Byłem promotorem pracy magisterskiej mgr inż. Gilberta Dębskiego pt. „Projekt stanowiska do badania napędów zwrotnic tramwajowych”, która zajęła III miejsce w konkursie „Najlepsza praca dyplomowa” w kategorii prac magisterskich organizowanym przez SEP i Wydział Elektryczny Politechniki Częstochowskiej.

W latach 2009-2012 byłem Członkiem Komisji ds. Programów Nauczania, brałem udział w tworzeniu programu kierunków studiów, specjalności i specjalizacji, w opracowaniu sylabusów, znaczących pomocy dydaktycznych, pracach służących ocenie jakości kształcenia.

W roku 2014 przeprowadziłem trzy godzinny wykład zamawiany, otwarty, na kierunku Energetyka dla studentów Wydziału Mechanicznego UTH w Radomiu im. Kazimierza Puławskiego, z zakresu wykorzystania zasobników energii w układach zasilania elektrycznego. Wykład zrealizowany był w ramach projektu POKL.04.01.02-00-119/11 pt. „Z energią do nauki”, współfinansowanego ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.

W roku 2018 byłem opiekunem dr inż. Andrzeja Andrzejewskiego (Wydział Elektryczny, Politechnika Białostocka) podczas odbytego przez niego stażu dydaktycznego w Zakładzie Maszyn i Napędów Elektrycznych na Wydziale Elektrycznym Politechniki Częstochowskiej. Staż dydaktyczny zrealizowany został w ramach programu projektu "PB2020 - Zintegrowany Program Rozwoju Politechniki Białostockiej", współfinansowanego przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego, Program Operacyjny Wiedza Edukacja Rozwój, Działanie 3.5. Przedmiotem projektu było udzielenie wsparcia dla kadry akademickiej Politechniki Białostockiej w postaci działań podnoszących kompetencje dydaktyczne kadr uczelni w zakresie zwiększenia umiejętności dydaktycznych.

W latach 2020-2021 byłem członkiem zespołu ds. uruchomienia studiów podyplomowych dla pracowników Tauron Dystrybucja z zakresu OZE i elektromobilności.

## **b. Osiągnięcia związane z działalnością organizacyjną**

Od samego początku mojej pracy na Wydziale Elektrycznym Politechniki Częstochowskiej prowadziłem bardzo aktywną działalność organizacyjną. Od 15.02.1997 r. do 30.09.2005 r. zostałem pełnomocnikiem Dziekana Wydziału Elektrycznego Politechniki Częstochowskiej d/s informatyzacji Wydziału. W tym okresie wykonałem projekt sieci komputerowej Wydziału Elektrycznego Politechniki Częstochowskiej i koordynowałem prace związane z jej wdrożeniem.

Jestem głównym pomysłodawcą oraz kluczowym organizatorem cyklicznego Sympozjum Naukowego „ProEnergó”, które jest organizowane od 2014 r. W ramach tego sympozjum do dnia dzisiejszego zorganizowałem następujące spotkania naukowe:

1. I Sympozjum Naukowego ProEnergó - Możliwości i Horyzonty Ekoinnowacyjności pt. „Zrównoważony rozwój i ekoinnowacyjność w elektroenergetyce”, Kochcice 20-21 listopad 2014 r. (Zastępca przewodniczącego Komitetu Organizacyjnego, Członek Komitetu Naukowego).
2. II Sympozjum Naukowego ProEnergó - Możliwości i Horyzonty Ekoinnowacyjności pt. „Energetyka odnawialna i magazynowanie energii”, Zawiercie 10-11 grudzień 2015 r. (Przewodniczący Komitetu Organizacyjnego, Członek Komitetu Naukowego).
3. III Sympozjum Naukowego ProEnergó - Możliwości i Horyzonty Ekoinnowacyjności pt. „Procesy zwiększające efektywność energetyczną w świetle ekorozwoju, Jedlnia Letnisko, 15-16 grudzień 2016 r. (Zastępca przewodniczącego Komitetu Organizacyjnego, Członek Komitetu Naukowego).
4. IV Sympozjum Naukowego ProEnergó - Możliwości i Horyzonty Ekoinnowacyjności pt. „Samowystarczalność energetyczna i poprawa jakości powietrza”, Warszawa Michałowice k/Janek, 27-28 wrzesień 2017 r. (Przewodniczący Komitetu Organizacyjnego, Członek Komitetu Naukowego).
5. V Sympozjum Naukowego ProEnergó - Możliwości i Horyzonty Ekoinnowacyjności pt. „Ecological Innovation Day”, Centrum Konferencyjno-Szkoleniowe Boss, Warszawa, 29-30 czerwiec 2018 r. (Przewodniczący Komitetu Organizacyjnego, Członek Komitetu Naukowego).
6. VI Sympozjum Naukowego pt. „ProEnergó – Możliwości i Horyzonty Ekoinnowacyjności” pt. „Ekorozwój i samowystarczalność energetyczna”, w Hotelu Holiday Inn Jozefów k/Warszawy, 26-27.05.2022 r. (Przewodniczący Komitetu Organizacyjnego, Członek Komitetu Naukowego).

W ramach prac organizacyjnych pełniłem i pełnię następujące funkcje:

1. członek Rady Nadzorczej Spółki WODKAN Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji S.A. w Ostrowie Wielkopolskim w latach 2006 – 2008;
2. kierownik Zakładu Maszyn i Napędów Elektrycznych w Instytucie Elektroenergetyki Wydziału Elektrycznego Politechniki Częstochowskiej w okresie od 01.04.2017 r. do

- 31.01.2019 r., po zmianie nazwy zakładu od 01.02.2019 r. do 30.09.2019 r. był kierownikiem Zakładu Energoelektroniki, Maszyn i Napędów Elektrycznych w Instytucie Elektroenergetyki Wydziału Elektrycznego Politechniki Częstochowskiej;
3. członek Rady Wydziału Elektrycznego Politechniki Częstochowskiej na kadencję 2016-2020, od 12.01.2017 r. do 30.09.2019 r.;
  4. koordynator Zespołu Badawczego w Katedrze Elektroenergetyki Wydziału Elektrycznego Politechniki Częstochowskiej w następujących okresach od 01.04.2020 r. do 31.12.2020 r. oraz od 01.04.2021 r. do 31.12.2023 r. Temat prowadzonej pracy badawczej: Synteza, praktyczna i teoretyczna analiza układów elektromechanicznych i energoelektronicznych, odnawialnych źródeł energii oraz magazynów energii;
  5. członek Kolegium Elektorów Politechniki Częstochowskiej na kadencję 2020-2024, od 06.03.2020 r. do chwili obecnej;
  6. członek Senatu Politechniki Częstochowskiej na kadencję 2020-2024, od 01.09.2020 r. do chwili obecnej;
  7. członek Rady Nadzorczej Przedsiębiorstwa Energetyki Ciepłej Geotermia Podhalańska S.A., od 21.12.2020 r. do chwili obecnej;
  8. członek Rady Naukowej Polskiego Klubu Ekologicznego – Okręg Małopolska, od 15.03.2021 r. do chwili obecnej.

Brałem udział w komitetach organizacyjnych następujących konferencji:

1. członek komitetu organizacyjnego 78 Forum „Energia – Efekt – Środowisko” o tematyce „Magazynowanie energii kluczem do nowoczesnej energetyki”, które odbyło się 10 marca 2016. Organizatorami forum byli: Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej oraz Wydział Inżynierii Mechanicznej i Informatyki Politechniki Częstochowskiej,
2. członek komitetu organizacyjnego konferencji otwierającej projekt "Gmina samowystarczalna energetycznie", Wydział Elektryczny Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa, 2 października 2017 r.,
3. członek komitetu organizacyjnego konferencji zamykającej projekt "Gmina samowystarczalna energetycznie", Wydział Elektryczny Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa, 17 listopad 2017 r.

Dodatkowo byłem inicjatorem i brałem czynny udział w 3 spotkaniach roboczych przedstawicieli Wydziału Elektrycznego Politechniki Częstochowskiej z przedstawicielami spółki TAURON Nowe Technologie S.A.:

1. W dniu 10.12.2020 r. W ramach spotkania uczestnicy przedyskutowali możliwości rozwoju współpracy w zakresie prac badawczych i wdrożeniowych związanych z fotowoltaiką, instalacją magazynów energii, budową systemów inwentaryzacji oświetlenia i zarządzania nimi. Rozmawiano również o możliwościach włączenia się w

prace dotyczące audytów energetycznych (budynków, oświetlenia itp.). Powstała także inicjatywa organizacji studiów podyplomowych z zakresu OZE i elektromobilności, na które zgłosiła zapotrzebowanie spółka TAURON Nowe Technologie. Strony uzgodniły, że pierwszym krokiem wspólnych działań będzie podpisanie Porozumienia o współpracy.

2. W dniu 12.02.2021 r. W ramach spotkania ze strony Wydziału Elektrycznego Politechniki Częstochowskiej zreferowano zrealizowane prace związane z organizacją studiów podyplomowych z zakresu OZE i elektromobilności. Materiały w postaci prezentacji zostały przekazane uczestnikom spotkania w celu zrecenzowania tematyki studiów. Przedstawiciele Wydziału Elektrycznego Politechniki Częstochowskiej przedstawili tematykę możliwej współpracy w zakresie nowych technologii magazynowania energii elektrycznej, sterowania pracą sieci rozdzielczych oraz rozwoju technologii fotowoltaicznej. Przedstawione prezentacje wzbudziły duże zainteresowanie i dyskusję.
3. W dniu 23.04.2021 r. W ramach spotkania omówiono możliwości współpracy badawczo-rozwojowej między stronami w kierunku m.in. wdrożenia rozwiązań informatycznych w zakresie zarządzania i poprawy efektywności w obszarze wytwarzania energii oraz nowych technologii ze szczególnym uwzględnieniem technologii wodorowych.

Efektym wymienionych spotkań było podpisanie listu intencyjnego o współpracy w zakresie realizacji inicjatyw badawczo-rozwojowych oraz edukacyjnych w kierunku opracowania nowych produktów i usług w zakresie zwiększenia efektywności energetycznej OZE ze szczególnym uwzględnieniem wodoru jako paliwa oraz rozwiązań Smart Grid,

Moja praca organizacyjna została doceniona przyznaniem mi następujących nagród:

1. Nagroda Rektora Politechniki Częstochowskiej, Wyróżnienie Rektora za szczególne osiągnięcia organizacyjne, 15.12.1999 r., Przyznana: **Dariusz Calus**
2. Zespołowa nagroda Rektora Politechniki Częstochowskiej stopnia III za działalność organizacyjną, 04.12.2012 r. Przyznana zespołowi w składzie: Andrzej Rusek, Andrzej Popena, Marek Lis, **Dariusz Calus**
3. Zespołowa nagroda Rektora Politechniki Częstochowskiej stopnia III za organizację Sympozjum Naukowego ProEnerg – Możliwości i horyzonty ekoinnowacyjności, 15-16.12.2016r., Jedlnia Letnisko k/Radomia, listopad 2018r. Przyznana zespołowi w składzie: Tomasz Popławski, **Dariusz Calus**, Janusz Flaszka
4. Brązowy Krzyż Zasługi Prezydenta RP za zasługi w działalności społecznej oraz naukowo-badawczej, legitymacja nr 15-2021-1, 21.01.2021 r. Przyznano: **Dariusz Calus**

#### c. **Osiągnięcia związane z działalnością popularyzującą naukę**

Moja aktywność w obszarze popularyzacji nauki przejawia się między innymi cykliczną organizacją Sympozjum Naukowego „ProEnerg”. Jako pomysłodawcy przyświecała mi idea umożliwienia spotkania przedstawicieli sektora finansowego, świata nauki, przemysłu, ochrony środowiska i samorządów. Takie spotkania miały i nadal mają na celu popularyzacji

nauki, ułatwienie przepływu doświadczeń, pomysłów i wiedzy. Efektem dotychczasowych spotkań jest realizacja wielu wartościowych projektów i innowacyjnych przedsięwzięć, korzystnych dla naszego środowiska naturalnego oraz bezpieczeństwa energetycznego.

Innym przykładem mojej działalności w obszarze popularyzacji nauki jest opracowanie koncepcji medycznej platformy internetowej Health WRC pełniącej funkcję edukacyjno-naukowo-technologiczną i służącej do gromadzenia wiedzy w zakresie technologicznych rozwiązań wykorzystywanych w medycynie. Koncepcja została zrealizowana w ramach projektu „ACCELPOINT – akcelerator inteligentnych technologii rozwiązujących problemy instytucji publicznych”, projekt pt. „Opracowanie aplikacji internetowej (medyczna platforma edukacyjna) na potrzeby zastosowań innowacyjnych technologii i sposobów leczenia w wybranych specjalizacjach medycznych - Health World Research Centre”.

Platforma umożliwia popularyzację osiągnięć naukowych w sektorze medycznym, nawiązywanie kontaktów wyniku których mogą powstawać zespoły naukowe ubiegające o wsparcia finansowe w celu implementacji powstałych pomysłów naukowych w ramach wymiany wiedzy.

W ramach promowania i popularyzowania nauki w roku 2014 przeprowadziłem trzy godzinny wykład zamawiany, otwarty, na kierunku Energetyka dla studentów Wydziału Mechanicznego UTH w Radomiu im. Kazimierza Puławskiego, z zakresu wykorzystania zasobników energii w układach zasilania elektrycznego. Wykład zrealizowany był w ramach projektu POKL.04.01.02-00-119/11 pt. „Z energią do nauki”, współfinansowanego ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.

W roku 2020 udzieliłem pomocy merytorycznej przy organizacji konferencji pt. "Międzynarodowa Innowacyjność i Konkurencyjność w XXI w. - MIK-21", której celem była i nadal jest promocja nauki wśród studentów i doktorantów. Link do strony konferencji: <https://inotech.org.pl/mik-21/>

Ponadto moja aktywność w obszarze popularyzacji nauki przejawia się uczestnictwem w międzynarodowych i krajowych konferencjach naukowych, a także działalnością w ramach Polskiego Towarzystwa Elektrotechniki Teoretycznej i Stosowanej (PTETIS), Polskiego Towarzystwa Zastosowań Elektromagnetyzmu (PTZE) oraz Stowarzyszenia Elektryków Polskich (SEP).

Dodatkowo w ramach działalności popularno-naukowej udzieliłem w roku 2019 wywiadu redaktorowi Mieczysławowi Starkowskiemu z czasopisma „Pismo Samorządu Terytorialnego”, który został opublikowany w artykule „Prąd na wagę złota”, artykuł jest dostępny na stronie internetowej: <https://wspolnota.org.pl/news-rankingi/prad-na-wage-zlota>

Moja praca związana z popularyzacją nauki została doceniona przyznaniem mi Brązowego Krzyża Zasługi Prezydenta RP za zasługi w działalności społecznej oraz naukowo-badawczej, legitymacja nr 15-2021-1, 21.01.2021 r.



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

Moja dotychczasowa praca zawodowa jest związana również z Informatyką.

1. Od 04.10.1993 r. do 14.02.1997 r. pracowałem na stanowisku informatyka d/s LBD, Z-ca Administratora Systemu Ewidencji Ludności w Ośrodku Informatyki Urzędu Wojewódzkiego w Częstochowie.
2. Od 12.03.2007 r. do 30.06.2014 r. pracowałem na stanowisku starszego specjalisty w Departamencie Informatyki Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Warszawie.
3. Od 05.07.2010 r. do 31.05.2011 r. pracowałem na stanowisku naczelnika Wydziału Informatyki w Starostwie Powiatowym w Piasecznie.
4. Od 01.07.2014 r. do 30.04.2018 r. świadczyłem usługi informatyczne w ramach umowy zlecenia dla Samodzielnego Publicznego Zakładu Opieki Zdrowotnej w Sulejówku.

Ukończyłem następujące kursy podnoszące moje kwalifikacje:

- 10-11.03.2016 r. – szkolenie z zakresu skuteczności i stabilności działania silników PM BLDC w zakresie pracy przerywanej okresowej S3;
- 13-14.01.2016 r. – szkolenie z zakresu zmiany oprogramowania regulatorów firmy APAR – AR692;
- 16-17.11.2015 r. – szkolenie z zakresu sterowania siłownikami elektrycznymi firmy Samson typu 5825-20 w połączeniu z regulatorami AR692;
- 21-23.09.2015 r. – szkolenie autoryzacyjne w zakresie sprzedaży, obsługi, wdrażania i serwisowania systemu OptiMED24;
- 08.06.2015 r. – szkolenie „Ochrona danych osobowych po nowelizacji – prawne – praktyczne aspekty legalnego przetwarzania wraz z wymaganą prawem dokumentacją”;
- 23-24.03.2015 r. – szkolenie z zakresu sposobu mocowania magnesów trwałych w wysokoobrotowych silnikach bezszczotkowych PMBLDC;
- 18-19.02.2015 r. – warsztaty „Satysfakcja e-klientów, zarządzaj doświadczeniami i twórz zakupowe zaangażowanie”;
- 12-13.01.2015 r. – szkolenie z zakresu konstrukcji oraz funkcjonowania, wysokoobrotowych bezszczotkowych silników prądu stałego, z wykorzystaniem nowego typu materiałów, a także najnowszych rozwiązań konstrukcyjnych;
- 18-19.11.2014 r. – szkolenie z zakresu konstrukcji oraz technologii budowy transformatorów oraz dławików średniej częstotliwości;
- 11.10.2012 r. – szkolenie „Idea Klienta Wewnętrznego” w ramach projektu realizowanego przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

- pt. „Przygotowanie, zorganizowanie i przeprowadzenie szkoleń w zakresie kompetencji miękkich”;
- 23.09.2010 r. – ukończyłem seminarium „Systemy informatyczne wspomagające pracę grupową oraz zarządzanie i obieg dokumentów w administracji publicznej”;
  - 27.07.2010 r. – ukończyłem szkolenie z „Usługi administracji lokalnej online: jak zapewnić ich wysoką jakość i dostępność w ramach projektów Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Mazowieckiego”;
  - 06.07.2010 r. – ukończyłem szkolenie z zakresu „Systemów pomiarowych” przeprowadzone przez Uniwersytet w Mariboru.
  - 27.09.2008 r. – ukończyłem szkolenie z zarządzania usługami IT.
  - 30-31.08.2007 r. – ukończony w stopniu zaawansowanym kurs z zarządzania projektami przy pomocy MS Project.
  - 27.10.1995 r. – ukończony kurs HP-UX System Administration;
  - 20.10.1995 r. – ukończony kurs SCO UNIX System V/386 Administration.

Dodatkowo od 09.05.2003r. posiadam uprawnienia SEP (urządzenia prądotwórcze przyłączone do krajowej sieci elektroenergetycznej bez względu na wysokość napięcia znamionowego, urządzenia, instalacje i sieci elektroenergetyczne o napięciu nie wyższym niż 1 kV, urządzenia, instalacje i sieci o napięciu znamionowym od 1 kV do 15 kV, zespoły prądotwórcze o mocy powyżej 50 kW, urządzenia elektrotermiczne, sieci elektryczne oświetlenia ulicznego, elektryczna sieć trakcyjna, aparatura kontrolno-pomiarowa oraz urządzenia i instalacje automatycznej regulacji, sterowania i zabezpieczeń dla wymienionych urządzeń i instalacji). Świadectwa kwalifikacyjne: E/114/G1/E-389/2003, E/112/G2/564/2011, E/112/G1/411/2017, E/714/G1/632/2022, świadectwo ważne do 24.04.2027r.

Jednocześnie współpracowałem i współpracuję z następującymi podmiotami gospodarczymi, gdzie moja ekspercka wiedza była niejednokrotnie wykorzystywana w projektach wdrożeniowych czy inwestycjach proekologicznych m.in.:

1. ze spółką TAURON Nowe Technologie S.A. w zakresie prac badawczych i wdrożeniowych związanych z efektywnością energetyczną OZE, wykorzystaniem wodoru jako paliwa przyszłości, elektromobilnością, magazynowaniem energii, wykorzystaniem metanu w instalacjach kogeneracyjnych;
2. ze spółką MedCool Sp. z o.o. w zakresie prac badawczych i wdrożeniowych związanych z technologią zasilania i zabezpieczeń autonomicznych systemów do transportu krwi i materiałów krwiopochodnych ze szczególnym uwzględnieniem autorskich rozwiązań w zakresie optymalizacji alternatywnych sposobów zasilania oraz poprawy efektywności energetycznej urządzeń zasilanych ze źródeł elektrycznych w tym ładowania, kontroli stanu źródeł a także doboru odpowiedniego

obciążenia istotnie wydłużającego czas pracy urządzeń w szczególnych trybach pracy tj. „eco” i „speed”;

3. ze spółką Krajowe Centrum Nowych Technologii Sp. z o.o. w zakresie prac badawczo-naukowych i wdrożeniowych.
4. ze spółką SoftBlue S.A. w zakresie opracowania i wdrożenia technologii dotyczącej pomiarów parametrów i wydajności urządzeń oraz maszyn produkcyjnych w celu optymalizacji ich działania, stworzona technologia znajduje odbiorców w sektorze firm przemysłowych.

### Podsumowanie dorobku naukowego

Mój dorobek naukowy obejmuje **12** publikacji przed uzyskaniem stopnia doktora oraz **90** publikacji po uzyskaniu stopnia doktora, w tym **16** publikacji w czasopiśmie z listy Journal Citation Reports (JRC).

**Sumaryczny Impact Factor 16** publikacji według listy JRC zgodnie z rokiem opublikowania wynosi **36,133**.

**Sumaryczna liczba punktów wszystkich publikacji** po uzyskaniu stopnia doktora na podstawie punktacji Ministerstwa Edukacji i Nauki (MEiN) zgodnie z rokiem wydania wynosi **3 981** (udział własny **862** pkt.).

Według bazy Web of Science **liczba cytowań publikacji** wynosi: **60** z autocytowaniami i **41** bez autocytowań (w bazie jest **15** publikacji), a mój indeks Hirscha wynosi **5**. Według bazy Scopus liczba cytowań wynosi: **77** z autocytowaniami i **46** bez autocytowań (w bazie jest **18** publikacji), a indeks Hirscha wynosi **5**. Natomiast według bazy Google Scholar liczba cytowań wynosi: **104** z autocytowaniami i **73** bez autocytowań (w bazie są **23** publikacje), a indeks Hirscha wynosi **6**.

Zbiorcze zestawienia osiągnięć przedstawiono w tabeli 1.

Tab. 1. Zestawienie osiągnięć

Sumaryczne wskaźniki naukometryczne autora wniosku	
Nazwa wskaźnika	Wartość
Sumaryczny Impact Factor (IF) według listy JCR po doktoracie	36,133
Indeks HIRSCHA według bazy SCOPUS	5
Liczba publikacji indeksowanych przez bazę SCOPUS	18
Liczba cytowań publikacji według bazy SCOPUS z autocytowaniami / bez autocytowań	77/46
Indeks HIRSCHA według bazy Web od Science	5
Liczba publikacji indeksowanych przez bazę Web od Science	15

Liczba cytowań publikacji według bazy Web od Science /bez autocytowań	60/41
Sumaryczna liczba pkt. z publikacji z list MEiN po doktoracie/z podziałem na współautorów	3 981/862
<b>Zestawienie osiągnięć naukowych oraz innych aktywności autora wniosku</b>	
Nazwa osiągnięcia	Wartość
Monografia naukowa	20
Rozdział w monografii naukowej	12
Redakcja monografii naukowych	7
Artykuły w czasopismach naukowych z listy MEiN (pierwszy autor i samodzielnie)	5
Wystąpienia podczas międzynarodowych lub krajowych konferencjach naukowych	10
Udział w projektach B+R, NCBR, NCN, KBN, PARP i stypendia	5
Udział w konferencjach naukowych międzynarodowych/krajowych	17
Udział w komitetach organizacyjnych i naukowych konferencji krajowych lub międzynarodowych	14
Udział w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism	1
Staż naukowy w zagranicznej instytucji naukowej	1
Członkostwo w organizacjach i stowarzyszeniach naukowych	3
Liczba wdrożeń i prac wykonanych dla przedsiębiorstw lub instytucji publicznych	4
Udział w zespołach eksperckich i konkursowych	15
Recenzowanie prac naukowych dla czasopism lub konferencji międzynarodowych	8
Liczba wykonanych ekspertyz lub innych opracowań wykonanych na zamówienie instytucji publicznych lub przedsiębiorców	1
Patenty i zgłoszenia patentowe	2/2
Promotorstwo prac magisterskich i inżynierskich	57
Promotorstwo pomocnicze w przewodzie doktorskim	1
Otrzymane odznaczenia i nagrody za działalność naukową lub organizacyjną (indywidualne/zespołowe)	2/10

.....  
(podpis wnioskodawcy)