

prof. dr hab. inż. Edward Sędek
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich
Al. prof. Sylwestra Kaliskiego 7,
85-796 Bydgoszcz

Warszawa, 20.08.2021 r.

S E K R E T A R I A T
Rady Dyscypliny AEE

Wpłynęło dnia 23. 08. 2021
Zarejestrowano pod nr
Podpis 

RECENZJA

osiągnięcia naukowego oraz istotnej aktywności naukowej w postępowaniu habilitacyjnym dr inż. Piotra Gasa

Recenzja została opracowana na podstawie pisma Przewodniczącego Rady Dyscypliny Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika, Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie z dnia 14 czerwca 2021r. Sporządzona została na podstawie art. 221 ust. 5 Ustawy z dn. 20 lipca 2018 r., „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (Dz. U. 2021, poz. 478 ze zm.) oraz paragrafu 25 Statutu Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie (Uchwała nr 137/2019 Senatu AGH z dnia 26 czerwca 2019 r.) i paragrafu 5, ust. 1 i ust.4 Uchwały nr 146/2019 Senatu AGH z dnia 25 września 2019 r. w sprawie zasad i trybu postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie z późniejszymi zmianami.

Przedstawiona do oceny dokumentacja składa się z:

Wniosku kandydata z dn. 15.01.2021 o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk **inżynieryjno-technicznych** w dyscyplinie **automatyka, elektronika i elektrotechnika**. Wniosek zawiera 10 załączników w tym między innymi autoreferat w języku polskim, kopie publikacji wchodzących w skład cyklu, wykaz osiągnięć naukowych, oświadczenia współautorów, analizę bibliometryczną sporządzoną przez Bibliotekę Główną AGH i inne informacje o kandydacie. W recenzji zamieszczono w wyrażnie zaznaczonych częściach, ocenę „osiągnięcia naukowego” oraz „istotnej aktywności zawodowej”.

Ocena osiągnięcia naukowego

Osiągnięcie naukowe stanowi cykl powiązanych tematycznie publikacji naukowych pod wspólnym tytułem:

Numeryczne modelowanie i optymalizacja hipertermii elektromagnetycznej
Kandydat ukończył Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Elektroniki z wyróżnieniem w 2007 r. uzyskując stopień magistra inżyniera na kierunku

Elektrotechnika. Pracę dyplomową pt. „Wpływ pola elektromagnetycznego na organizm człowieka” obronił z wyróżnieniem. Promotorem pracy był dr hab. inż. Eugeniusz Kurgan, prof. AGH. Stopień doktora nauk technicznych uzyskał w 2016 r., po obronie z wyróżnieniem rozprawy doktorskiej pt. *Modelowanie rozkładu temperatury i pola elektromagnetycznego w hipertermii o częstotliwości radiowej i mikrofalowej*. Promotorem rozprawy doktorskiej był również dr hab. inż. Eugeniusz Kurgan, prof. AGH. Kandydat ukończył również studia podyplomowe, bezpośrednio związane z prowadzonymi badaniami pt. *Nowoczesne narzędzia diagnostyki medycznej i terapii*. Aktualnie pracuje na stanowisku adiunkta w Katedrze Elektrotechniki i Elektroenergetyki na w/w Wydziale.

Jednolity cykl publikacji Kandydata zawiera 15 pozycji. Cykl ten zawiera 4 publikacje autorskie i 11 publikacji współautorskich, w tym 7 artykułów naukowych indeksowanych w bazie Web of Science oraz 8 rozdziałów w monografiach naukowych. Siedem z nich jest również indeksowany w bazie Web of Science. Zamieszczone kopie publikacji stanowią spójny tematycznie cykl prowadzonych przez kandydata badań naukowych w dyscyplinie *automatyka, elektronika i elektrotechnika*. Wymienione artykuły zostały opublikowane po uzyskaniu przez Kandydata stopnia doktora nauk technicznych. Tematyka badań dotyczyła numerycznego modelowania i optymalizacji hipertermii elektromagnetycznej. Źródłami energii elektromagnetycznej były różne aplikatory, w tym anteny mikrofalowe, elektrody i cewki indukcyjne pracujące na częstotliwościach radiowych.

Poniżej zostaną omówione syntetycznie główne tematy zawarte w publikacjach, stanowiących spójny tematycznie cykl i będący przedmiotem osiągnięcia naukowego. Tytuły publikacji, wraz z procentowym udziałem Kandydata, zostały podane na końcu omówienia tematów. W dalszej części recenzji przedstawiono wykaz osiągnięć naukowych Kandydata oraz podanie udziału procentowego poszczególnych współautorów i danych bibliometrycznych cyklu. W dużej części recenzji została przedstawiona istotna aktywność naukowa dr inż. Piotra Gasa. Opisano również dorobek dydaktyczny Kandydata, organizacyjny oraz nagrody i wyróżnienia. W końcowej części recenzji został sformułowany wniosek formalny.

Hipertermia elektromagnetyczna jest dziedziną interdyscyplinarną znajdującą praktyczne zastosowanie w leczeniu guzów nowotworowych. Ze względu na dużą liczbę zgonów w kraju jak i na świecie, poszukuje się w sposób ciągły nowych, bardziej skutecznych metod leczenia raka. Notowany ciągły rozwój wiedzy o terapeutycznych właściwościach pól elektromagnetycznych przyczynił się do rozwoju hipertermii, w której tkanki rakowe są niszczone za pomocą wysokiej temperatury. Z tego punktu widzenia, głównym celem Kandydata było modelowanie rozkładu temperatury w tkankach pod wpływem zewnętrznych źródeł elektromagnetycznych. Tematyka ta wpisuje się w *Narodową Strategię Onkologiczną* na lata 2020 ÷ 2030 (M.P. z 2020 r. poz. 189). Nie jest możliwe na tym etapie przeprowadzenie badań na pacjentach, gdyż potrzebne i niezbędne są do tego odpowiednie zezwolenia kliniczne. Dlatego wnioskodawca przyjął w pracy modelownię i symulacje komputerowe, które stanowią istotny etap, przed leczeniem pacjentów. Pan dr inż. Piotr Gas specjalizuje się w analizie numerycznej pól sprzężonych metodą elementów skończonych (MES) oraz

różnic skończonych w dziedzinie czasu (FDTD), w szczególności dla zjawisk związanych z hipertermią elektromagnetyczną. Wymienione metody są niezwykle przydatne do symulacji i modelowania zjawiska hipertermii w organizmie człowieka. Źródłami ciepła są zarówno sygnały generowane w zakresie częstotliwości radiowej, lub mikrofalowej. Apikatorami w zakresach częstotliwości radiowej są elektrody wieloramienne RF, zaś dla częstotliwości mikrofalowych anteny dipolowe, w szczególności szyki tych anten [1÷3]. Autor przeprowadził szczegółową analizę teoretyczną modeli śródmiąszowej hipertermii i ablacji cieplnej, z wykorzystaniem współosiowych szyków antenowych [4÷7] lub elektrod wieloramiennych [8,9]. W obu przypadkach aplikatory umieszczane są we wnętrzu guzów nowotworowych. Są to zatem metody inwazyjne. Należy podkreślić, że Kandydat jest twórcą współosiowej anteny mikrofalowej ze szczelinami powietrznymi. Konstrukcja takiej anteny zapewnia możliwość leczenia guzów o większych rozmiarach.

W publikacji [1] pt. autorstwa Piotra Gasa i Arkadiusza Miaskowskiego opisano problem optymalizacji mocy i faz podczególnych anten wieloelementowego szyku, który zbudowany jest z 16 anten dipolowych, o równej długości, otaczających dwusferyczny obiekt. Autorzy dokonali maksymalizacji współczynnika absorpcji własnej (SAR) w wewnętrznym kulistym obiekcie, przy zachowaniu jego minimalnej wartości na zewnątrz kuli. W analizie problemu uwzględniono zmiany mocy i faz źródeł napięciowych zasilających poszczególne dipole szyku antenowego. Przedstawiona metoda może być wykorzystana do modelowania zlokalizowanego guza rakowego w czasie hipertermii miejscowej. Problem ten rozwiązano numerycznie za pomocą metody różnic skończonych w dziedzinie czasu (FDTD). Do tego celu wykorzystano równania Maxwella w postaci różniczkowej. Zastosowana funkcja celu, w tym samym czasie maksymalizowała wartość współczynnika SAR w kuli wewnętrznej (model guza) i minimalizowała współczynnik SAR w kuli zewnętrznej (otaczającą guz w założonym kształcie kulowym). Przedstawiono wyniki symulacji w środowisku programowym MATLAB. Przed zastosowaniem procedury optymalizacji wszystkie anteny dipolowe pracowały z równymi mocami i zerowymi fazami. Opisany algorytm pozwolił oszacować optymalne parametry anten dipolowych. Jednym ze zjawisk niepożądanych jest wzrost temperatury w obszarach zewnętrznych, który jest nieunikniony bez zewnętrznego chłodzenia. Przedstawiona metoda optymalizacji ma pomimo tego istotne znaczenie w terapii cieplnej zlokalizowanego guza nowotworowego.

W publikacji [2] autorstwa Kandydata i A. Miaskowskiego oraz M. Subramaniana omówiono sposób oszacowania temperatury tkanek, poddanych działaniu pól elektromagnetycznych wysokiej częstotliwości. Planowanie leczenia hipertermią, można zasymulować komputerowo i poprawić miejscowe ogrzewanie tkanek piersi kobiecej przez zastosowanie aplikatorów w postaci szyków anten dipolowych. Opisano, zastosowanie 8-mio elementowego szyku anten dipolowych otaczającej tkanki piersi kobiecej. Do analizy wykorzystano równania Maxwella sprzężone ze zmodyfikowanym równaniem biociepłnym Pennesa, które rozwiązano w modelowanych tkankach piersi metodą różnic skończonych w dziedzinie czasu

(FDTD). Rozkład pola elektromagnetycznego wokół guza został zamodelowany za pomocą ośmiu skróconych do połowy anten dipolowych pracujących na częstotliwości 1 GHz. Dla tych anten przyjęto warunki pracy z różnymi mocami wejściowymi i fazami. Całkowita moc wejściowa ośmiodipolowego szyku antenowego wynosiła 8 W. Moc tę tak dobrano, aby w guzie piersi nie przekroczyć temperatury 42°C. Głównym celem autorów w tym przypadku było optymalne ustawienie anten dipolowych. Autorzy przeprowadzili symulacje elektrotermiczne dla guzów o różnych promieniach, w celu potwierdzenia prawidłowości działania procedury optymalizacyjnej. Przeprowadzone symulacje pokazały, że procedura działa poprawnie niezależnie od wielkości guza. Przeprowadzone symulacje pokazały, że każdy przypadek kliniczny raka piersi powinien być rozpatrywany niezależnie (indywidualnie).

W publikacji [3] autorstwa Piotra Gasa, Arkadiusza Miaskowskiego i Dariusza Dobrowolskiego skupiono się na numerycznej analizie zmodyfikowanego równania Pennesa w celu oceny profili temperaturowych kobiecego guza piersi, z zależną od temperatury perfuzją krwi. Symulacje przeprowadzono na fantomie kobiecej piersi, wykorzystując do tego celu metody elementów skończonych. Cztery modele perfuzji guza poddano analizie porównawczej, a mianowicie: stały (niezależny od temperatury), liniowy, nieliniowy oraz całkowicie pozbawiony przepływu krwi. Najwyższe temperatury były rejestrowane w miejscu guza. Najszybciej temperatura guza osiągała stan ustalony w przypadku modelu z perfuzją liniową, a najwolniej bez perfuzji. Równocześnie w modelu bez przepływu krwi temperatura osiągała najwyższy poziom. Autorzy wykazali, że wybór odpowiedniego modelu perfuzji krwi może odgrywać istotną rolę w procedurze leczenia raka piersi u kobiet.

W artykule [4] autorstwa Kandydata było określenie właściwego rozmieszczenia szczelin powietrznych w współosiowym szyku antenowym pracującym na częstotliwości 2,45 GHz, w celu zapewnienia właściwej termoterapii. W badaniach symulacyjnych sosowano tkankę wątroby, dla której obliczono pożądany profil temperatury za pomocą metody elementów skończonych. Minimalizowano współczynnik macierzy rozszerszenia S_{11} , który w istocie jest zespolonym współczynnikiem odbicia, który gwarantuje najlepsze dopasowanie impedancji antena-tkanka. Ponadto proponowana wieloetapowa iteracyjna procedura numeryczna, pozwala na modelowanie optymalnego rozmieszczenia szczelin powietrznych w szyku antenowym oraz wymaganych poziomów mocy wejściowej zarówno wewnątrz guza jak i w jego otoczeniu.

Publikacja [5], autorstwa Kandydata jest kontynuacją artykułu [4] i jej celem było wyznaczenie optymalnej lokalizacji i rozmiarów szczelin powietrznych w antenie współosiowej. Rozpatrywany był ten sam model, jak w artykule [4]. Zgodnie z przypuszczeniami zaobserwowano maksimum temperatury w pobliżu wierzchołka szczeliny. Stwierdzono, że liczba szczelin promieniujących ma duży wpływ na dopasowanie impedancyjne anteny do tkanki badanej, co przekłada się na efektywność grzania mikrofalowego. Ustalono dwuetapowy algorytm leczenia raka. W pierwszym etapie wykonywana jest analiza składowej S_{11} macierzy rozproszenia i doprowadzenie do minimalnej wartości tej składowej, w drugim etapie dostosowuje się poziom mocy wejściowej anteny do wartości granicznych, poniżej których

temperatura tkanki nie przekracza wartości terapeutycznych dla hipertermii i ablacji. Najlepszą przydatność zaobserwowano dla anten z trzema i czterema szczelinami promieniującymi dla tkanek mózgu, wątroby oraz piersi i nerek.

W publikacji [6] autorstwa Piotra Gasa i B. Szymanika przedstawiono zagadnienia związane z ablacją – metodą medyczną stosowaną do usuwania guzów wątroby. Na podstawie wyników badań przedstawionych w pracy [5], autorzy wybrali do badań trójszczelinową antenę współosiową. W pierwszym etapie przeprowadzono optymalizację rozmiarów szczelin powietrznych i ich odległości od siebie oraz odległość od końcówki anteny. Optymalizację wykonano w paśmie częstotliwości grzejnym $2,45 \text{ GHz} \pm 0,05 \text{ GHz}$. W drugim etapie optymalizacji określono poziomy mocy mikrofalowej w antenie w taki sposób, aby temperatura tkanki nie przekraczała wartości granicznych dla ablacji termicznej $50 \div 110^{\circ}\text{C}$.

W artykule [7] autorstwa Piotra Gasa i Eugeniusza. Kurgana przedstawiono metodę oszacowania temperatury i profil Arrheniusa uszkodzeń termicznych tkanki wątroby wytwarzanych przez wieloszczelinową antenę współosiową. Publikacja związana jest z poprzednimi, w części opisującej współosiową antenę mikrofalową, natomiast nowością jest rozdział poświęcony modelowi Arrheniusa termicznego uszkodzenia tkanki. Przystawiono model destrukcji termicznej nowotworowej tkanki wątrobowej, ponieważ w sposób statystyczny przewiduje obumarcie komórek nowotworowych w warunkach wysokiej temperatury. Omówione podejście jest w pełni wystarczające w większości terapii termicznych.

Publikacja [8] autorstwa Piotra Gasa i J. Wyszkwowskiej dotyczy analizy modelu 3D wieloramiennego aplikatora, w którym zmiany ablacyjne w tkance nowotworowej, mogą być oszacowane metodą elementów skończonych. Aplikatory takie mogą być stosowane w leczeniu nowotworów wątroby i stanowią alternatywną grupę, w stosunku do aplikatorów mikrofalowych, pracującą w paśmie kilkuset KHz. Podskórna ablacja na częstotliwości radiowej jest jedną z metod leczenia nieoperacyjnych guzów wątroby. Omawiany model zawierał od dwóch do pięciu ramion wyjściowych. W podstawowym modelu dwuramiennym określili optymalne wartości napięcia przyłożone do wejścia elektrody, które nie powodują przekroczenia terapeutycznego zakresu temperatur stosowanych podczas zabiegu ablacji termicznej. Ponadto, poprzez wybór odpowiedniej konfiguracji elektrod można wpływać na wielkość i kształt zmian ablacyjnych wewnątrz leczonej tkanki, a tym samym dopasować typ aplikatora do guza wątroby u konkretnego pacjenta. W przypadku nagrzewania ablacyjnego w temperaturze 110°C uzyskanego z elektrody dwuramiennej, część matwiczka komórek osiąga temperaturę maksymalną po 25 sek.

Publikacja [9] Piotra Gasa omawia termiczną ablację tkanki wątroby za pomocą aplikatora wieloramiennego przedstawionego w poprzednim artykule [8]. Model aplikatora był umieszczony w tkance wątroby blisko naczynia z przepływającą krwią. Temperatura otaczającej tkanki była regulowana za pomocą zmiany napięcia na elektrodzie. Omówiono wpływ zależnych od temperatury i stałych parametrów tkanki wątrobowej na termiczną skuteczność zabiegu ablacji na częstotliwościach radiowych (RF). Wykazano, że przepływ krwi w zewnętrznym naczyniu krwionośnym powoduje ochładzanie tkanki, co wiąże się z koniecznością zwiększenia napięcia na

elektrodzie, w celu utrzymania żądanej temperatury. Omówiono również parametry tkanek zależne od temperatury. Przedstawiono wykresy przewodności termicznej i elektrycznej.

W publikacji [10], autorstwa Piotr Gasa i Arkadiusza Miaskowskiego zaprezentowano wyniki badań eksperymentalnych temperatury płynu magnetycznego (ferrofluidu) z wykorzystaniem nanocząstek magnetytu o średnicy 15,2 nm. Określono parametry ferrofluidu istotnych z punktu widzenia hipertermii magnetyczno-cieczowej. Pomiar temperatury wykonano w układzie pomiarowym wykorzystując zjawisko równoległego rezonansu. Badania eksperymentalne temperatury przeprowadzono dla pięciu próbek, których obserwowano rezonans równoległy. Układ pomiarowy został przedstawiony i omówiony. Dla posiadanego ferrofluidu HyperMAG^{OC} najbardziej skuteczna okazała się próbka, poddana działaniu częstotliwości rezonansowej $f = 532,1$ kHz. Na podstawie uzyskanych wyników określono parametry grzewcze ferrofluidu tzn. współczynnik absorpcji (SAR) oraz straty mocy w badanych nanocząstkach. Należy podkreślić, że autorzy dokonali usystematyzowania wiedzy na ten temat.

Publikacja [11], autorstwa Piotra Gasa i Eugeniusza Kurgana dotyczy analizy efektów chłodzenia wodą we wnętrzu induktorów przeznaczonych do magnetycznej hipertermii cieczowej (MFH). Przeprowadzono analizę sprzężonego problemu elektrotermicznego (równania Maxwella i równanie biocielne Pennesa) wykorzystującą metodę elementów skończonych, pozwalającą na oszacowanie wpływu strat ciepła spowodowanych chłodzeniem wodą, na temperaturę obszaru badanego. Wykazano, że zimna woda przepływająca wewnątrz uzwojeń miedzianych powoduje znaczne ochłodzenie cewek indukcyjnych i starza do badań ferrofluidowych. Ponadto zapewnia niezawodną pracę czujników temperatury umieszczonych wewnątrz cewek indukcyjnych. Efekty te są wysoce użyteczne w zastosowaniu magnetycznej hipertermii cieczowej (MFH).

Artykuł [12], autorstwa Piotra Gasa jest zamieszczony w formie streszczenia. Dostęp do niego jest płatny i nie będzie on szczegółowo przedstawiony. Dotyczy on, podobnie jak poprzedni [11] cewek indukcyjnych chłodzonych wodą do celów magnetycznej hipertermii cieczowej (MFH). W przeprowadzonej analizie numerycznej uwzględniono nieliniową przewodność uzwojenia cewki miedzianej i przepływ wody wewnątrz kanału chłodzącego. Autor rozwiązał, jak podaje w streszczeniu, problem wymiany ciepła dla modelu osiowo-symetrycznego w cylindrycznym układzie współrzędnych metodą elementów skończonych.

Publikacja [13] autorstwa Eugeniusza Kurgana i Piotra Gasa opisuje modelowanie numeryczne indukowanego magnetycznie podgrzewania tkanek w głębokiej hipertermii, w ferrofluidzie umieszczonym w sinusoidalnie zmieniającym się polu elektromagnetycznym. Zachodzą wtedy mechanizmy rotacji cząstek Browna i relaksacji Neela, które powodują wytwarzanie ciepła. W publikacji omówiono problem pola sprzężonego wynikający z równania Maxwella i równania biocielnego Pennela. Oba układy równań zostały rozwiązane metodą elementów skończonych. Przy obliczeniach numerycznych przyjęto założenie równomiernego rozkładu nanocząstek w guzie. Do modelowania wykorzystano uproszczony model klatki piersiowej człowieka z mechanizmem perfuzji krwi i umieszczonym w nim guzem nowotworowym. Źródłem generacji ciepła w guzie były nanocząstki ferromagnetyczne. Omówiono

możliwości grzewcze nanocząstek i odpowiedni dobór prądu wzbudzającego, który pozwala na oszacowanie rozkładu ciepła w tkankach oraz natężenia pola magnetycznego, które nie może przekroczyć wartości 1,7 kA/m. Dla tej wartości temperatura nie przekracza 38^o C (dla tej temperatury zdrowe tkanki nie ulegają przegrzaniu). Wyniki pracy są zilustrowane wykresami rozkładu temperatury w klatce piersiowej i natężenia pola magnetycznego.

W publikacji [14], autorstwa Eugeniusza Kurgana i Piotra Gasa przedstawiono metodę skutecznego sposobu umieszczania stałych nanocząstek ferromagnetycznych w obszarze guza nowotworowego, na czas trwania leczenia. Metoda ta oparta została na zjawisku magnetoforesy, czyli wpływu pola magnetycznego o silnie zminiającym się gradiencie na indukowany magnetycznie moment magnetyczny cząstki. Podejście to ma duże znaczenie w technikach rozdzielania cząstek. Wykazano, że wielkość pola magnetycznego wymaganego do tego procesu musi być rzędu 200 kA/m, a siła magnetoforesy wynosiła około 33 pN dla cząsteczek o rozmiarach i właściwościach jak w podanym przykładzie. Dla cząstek o innych rozmiarach, wartości te będą inne. W artykule pokazano trajektorie cząstek, dla różnych wartości magnetyzacji magnesów w przedziale od 100 kA/m do 700 kA/m. Badania wykazały, że większe objętości magnesów, wymagają mniejszych wartości ich momentów magnetycznych, aby uzyskać takie samo natężenie pola magnetycznego w obszarze oddziaływania.

W publikacji [15], autorstwa Eugeniusza Kurgana i Piotra Gasa przedstawiono metody obliczenia sił magnetycznych działających na cząstki w cieczach magnetycznych. Opisano zjawisko magnetoforesy polegające na oddziaływaniu, w niejednorodnym polu magnetycznym, sił ferromagnetycznych. Siły te są wynikiem wzajemnej reakcji między indukowanym momentem magnetycznym w cząstce, przyłożonym zewnętrznym polem magnetycznym. Magnetoforesa wykorzystywana jest w między innymi do separacji stałych cząstek magnetycznych zawieszonych w cieczach. Przedstawiono dwie metody obliczania sił działających na cząstkę magnetyczną zawieszoną w cieczy magnetycznej. Pierwsza z nich nazywana jest metodą równoważnego momentu dipolowego (EDM), natomiast druga metodą tensora naprężeń Maxwella (MST). Obie metody mogą być wykorzystywane w hipertermii bazującej na cieczach magnetycznych, dostarczanych pacjentowi poprzez krew. Siły te mają za zadanie spowodować umieszczenie mikroskopijnych cząstek ferromagnetycznych w odpowiednim miejscu w ciele pacjenta, a następnie powinny być wykorzystane do wytworzenia ciepła oddziałującego z guzem nowotworowym. Przetworzono wykresy porównujące siły dla obu metod i omówiono ich skuteczność.

Wykaz publikacji w ramach cyklu:

1. **Gas P.** (60%), Miaskowski A., SAR optimization for multi-dipole antenna array with regard to local hyperthermia, *Przegląd Elektrotechniczny*, 2019, 95 (1): 17–20.
2. **Gas P.** (60%), Miaskowski A., Subramanian M., In silico Study on Tumor-sized-dependent Thermal Profiles inside Anthropomorphic Female Breast Phantom

- Subjected to Multi-dipole Antenna Array, *International Journal of Molecular Sciences*, 2020, 21 (22): 8597.
3. **Gas P.** (60%), Miaskowski A., Dobrowolski D., Modelling the tumor temperature distribution in anatomically correct female breast phantom, *Przegląd Elektrotechniczny*, 2020, 96 (2): 146–149.
 4. **Gas P.** (100%), The S11-Parameter Analysis of Multi-Slot Coaxial Antenna with Periodic Slots, *Lecture Notes in Electrical Engineering*, vol. 452, Springer International Publishing, Switzerland, 2018, Chapter 24, pp. 367–376.
 5. **Gas P.** (100%), Optimization of multi-slot coaxial antennas for microwave thermotherapy based on the S11-parameter analysis, *Biocybernetics and Biomedical Engineering*, 2017, 37 (1): 78–93.
 6. **Gas P.** (65%), Szymanik B., Shape optimization of the multi-slot coaxial antenna for local hepatic heating during microwave ablation, *2018 International Interdisciplinary PhD Workshop (IIPhDW)*, IEEE, 2018, pp. 319–322.
 7. **Gas P.** (70%), Kurgan E., Evaluation of Thermal Damage of Hepatic Tissue During Thermotherapy based on the Arrhenius Model, *2018 Progress in Applied Electrical Engineering (PAEE)*, IEEE, 2018, art. no. 8441065 [pp. 1–4].
 8. **Gas P.** (80%), Wyszowska J., Influence of multi-tine electrode configuration in realistic hepatic RF ablative heating, *Archives of Electrical Engineering*, 2019, 68 (3): 521–533.
 9. **Gas P.** (100%), Modelling the temperature-dependent RF ablation produced by the multi-tine electrode, *Przegląd Elektrotechniczny*, 2020, 96 (1): 48–51.
 10. **Gas P.** (60%), Miaskowski A., Specifying the ferrofluid parameters important from the viewpoint of Magnetic Fluid Hyperthermia, *2015 Selected Problems of Electrical Engineering and Electronics (WZEE)*, IEEE, 2016, pp. 1–6.
 11. **Gas P.** (70%), Kurgan E., Cooling effects inside water-cooled inductors for Magnetic Fluid Hyperthermia, *2017 Progress in Applied Electrical Engineering (PAEE)*, IEEE, 2017, pp. 1–4.
 12. **Gas P.** (100%), Behavior of helical coil with water cooling channel and temperature dependent conductivity of copper winding used for MFH purpose, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2019, 214 (1): 012124.
 13. Kurgan E., **Gas P.** (50%), Analysis of Electromagnetic Heating in Magnetic Fluid Deep Hyperthermia, *2016 17th International Conference Computational Problems of Electrical Engineering (CPEE)*, IEEE, 2016, pp. 1–4.
 14. Kurgan E., **Gas P.** (50%), Magnetophoretic Placement of Ferromagnetic Nanoparticles in RF Hyperthermia, *2017 Progress in Applied Electrical Engineering (PAEE)*, IEEE, 2017, pp. 1–4.
 15. Kurgan E., **Gas P.** (50%), Methods of Calculation the Magnetic Forces Acting on Particles in Magnetic Fluids, *2018 Progress in Applied Electrical Engineering (PAEE)*, IEEE Xplore, 2018, pp. 1–5.

Najważniejsze oryginalne osiągnięcia Kandydata w cyklu publikacji

Do najważniejszych oryginalnych osiągnięć dr inż. Piotra Gasa zaliczam:

- optymalizację mocy i faz poszczególnych anten dipolowych otaczających anatomiczny model piersi kobiecej pod kątem maksymalizacji współczynnika absorpcji własnej (SAR) w tkance rakowej [1–2],
- porównanie różnych modeli perfuzji guzów piersi kobiecej (model stały, liniowy, nieliniowy oraz model całkowicie pozbawiony przepływu krwi) [3],
- koncepcję współosiowej anteny mikrofalowej zawierającej w swojej strukturze wiele szczelin powietrznych (ang. *multi-slot coaxial antenna*) [4–7]
- optymalizację rozmiarów anteny, w oparciu o charakterystyki współczynnika macierzy rozproszenia S_{11} [4–6],
- metodę określania optymalnych wartości mocy wejściowej wieloszczelinowej anteny mikrofalowej w czasie leczenia hipertermią i ablacją cieplną [4–7],
- koncepcję wieloramiennego aplikatora RF (ang. *multi-tine electrode*) [8,9],
- metodę określania optymalnych wartości napięcia przyłożonego do poszczególnych ramion wieloramiennego aplikatora RF w czasie leczenia hipertermią i ablacją cieplną [8,9],
- metodę określenia prawdopodobieństwa zniszczenia tkanki rakowej w oparciu o model Arrheniusa [7,8],
- metodę określenia wpływu dużego naczynia z przepływającą krwią oraz zależnych od temperatury parametrów wątroby na grzanie tkanki [9],
- zaproponowanie modeli upraszczających do wyznaczenia podstawowych parametrów cieczy magnetycznej dla pomiarów kalorymetrycznych: SAR_{MNP} , P_{MNP} (model 1: $C_{MF} \approx C_{H_2O}$, model 2: $\rho_{MF} C_{MF} \approx \rho_{H_2O} C_{H_2O}$) [10],
- metodę określenia pola wewnątrz cewki do hipertermii magnetycznej o skończonej długości i grubości uzwojeń [11],
- metodę określenia wpływu cewki chłodzonej wodą na hipertermię cieczy magnetycznej [11,12],
- określenie wpływu nieliniowej przewodności cewki miedzianej na hipertermię cieczy magnetycznej oraz parametry cewki do hipertermii magnetycznej (indukcyjność, rezystancja, impedancja) [12],
- omówienie wpływu grzania relaksacyjnego nanocząsteczek magnetycznych w uproszczonym modelu krągni człowieka [13],
- omówienie podstaw elektromagnetycznej terapii celowanej guzów nowotworowych w oparciu o siłę magnetoforesy działającej na cząsteczki magnetyczne w polu magnesów trwałych [14,15],
- porównanie skuteczności wyznaczania siły magnetoforesy metodą równoważnego dipola (EDM) [14] oraz metodą tensora naprężenia Maxwella (MST) [15] w terapii celowanej guzów nowotworowych.

Dane bibliometryczne dla cyklu publikacji

(stan na dzień 7 grudnia 2020)

- 15 publikacji w bazie Scopus
- 14 publikacji w bazie Web of Science
- sumaryczny IF równy 5.930 → **7.297 wg JCR z 2021 roku** (²⁰²⁰IF)

- sumaryczna liczba punktów MNiSW równa 365
- 103 cytowania według WoS, 94 według Sopus bez autocytowań
- *H*-indeks równy 6 według WoS, 5 według Scopus bez autocytowań

W podsumowaniu tej części wniosku stwierdzam, że przedstawione w osiągnięciu naukowym dokonania Kandydata stanowią nowatorskie podejście do analizy i modelowania rozkładów temperatur guzów nowotworowych, w szczególności w piersiach kobiecych. Zastosowane metody analizy z wykorzystaniem sprzężonych równań Maxwella i Pennesa oraz ich rozwiązań metodą różnic skończonych jest istotnie efektywne dla proponowanych w pracy modeli. Uważam, że dokonania te będą z powodzeniem wykorzystane w procesie leczenia guzów nowotworowych. Udział procentowy dr inż. Piotra Gaca w omówionych pracach jest wysoki, na poziomie ponad 60%. Osiągnięte dokonania naukowe dr inż. Piorta Gasa stanowią istotny wkład dla rozwoju hipertermii elektromagnetycznej.

Ocena istotnej aktywności naukowej realizowanej w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej.

Kandydat aktywnie współpracuje z zagranicznymi i krajowymi uczelniami, których owocem są wspólne publikacje wymienione we wniosku. Do nich należą:

a) Imperial College London (UK)

- Dr. Mahendran Subramanian, wspólna publikacja (po obronie doktoratu)

b) Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

- dr hab. inż. Arkadiusz Miaskowski, wspólne publikacje (po obronie doktoratu):

c) Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu – dr Joanna Wyszowska, mgr Milena Jankowska, wspólne publikacje (po obronie doktoratu):

d) Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie – dr Barbara Grochowalska (Szymanik), wspólna publikacja (po obronie doktoratu):

e) Wyższa Szkoła Przedsiębiorczości i Administracji w Lublinie – dr Dariusz Dobrowolski, wspólna publikacja (po obronie doktoratu):

f) Politechnika Śląska

- dr inż. Marcin Szczygieł, wspólna publikacja (po obronie doktoratu):

g) Politechnika Częstochowska

prof. dr hab. inż. Andrzej Krawczyk, wspólna publikacja (po obronie doktoratu):

Współpraca z zagranicznymi i krajowymi uczelniami badawczymi przy organizacji konferencji naukowych:

a) Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

2018 International Interdisciplinary PhD Workshop (IIPhDW 2018) – *charman sesji naukowej (po obronie doktoratu)*

b) Uniwersytet Adama Mickiewicza w Poznaniu

2019 International Conference on Biotechnology and Bioengineering (9th ICBB 2019) – członek komitetu organizacyjnego (po obronie doktoratu)

c) Hochschule Wismar. University of Applied Sciences Technology, Business and Design w Wismar (Niemcy) 2019 International Interdisciplinary PhD Workshop (IIPhDW 2019) – członek komitetu naukowego (po obronie doktoratu)

Koordynowanie prac zagranicznych czasopism naukowych:

- a) **Applied Computational Electromagnetics Society Journal** (USA, ISSN: 1054-4887, indexed by Journal Citation Reports, ²⁰¹⁹IF: **0.680**) – edytor pomocniczy (Associate Editor-in-Chief) czasopisma od lipca 2018 roku (po obronie doktoratu)
- b) **Frequenz** (Niemcy, ISSN: 0016-1136, indexed by Journal Citation Reports, 2019IF: 0.543) – członek komitetu redakcyjnego (Editorial Board) czasopisma od października 2018 roku (po obronie doktoratu)
- c) **International Journal of RF and Microwave Computer-Aided Engineering** (USA, ISSN: 1096-4290, indexed by Journal Citation Reports, ²⁰¹⁹IF: **1.528**) – członek komitetu redakcyjnego (Editorial Board) czasopisma od stycznia 2019 roku (po obronie doktoratu)
- d) **Journal of Testing and Evaluation** (USA, ISSN: 0090-3973, indexed by Journal Citation Reports, 2019IF: 0.899) – członek komitetu redakcyjnego (Editorial Board) czasopisma od lutego 2018 roku (po obronie doktoratu)
- e) **Journal of Fundamental and Applied Sciences** (Algeria, ISSN: 1112-9867, indexed by Web of Science) – członek komitetu redakcyjnego (Editorial Board) czasopisma od maja 2018 roku (po obronie doktoratu)
- f) **International Journal of Advanced and Applied Sciences** (Taiwan, ISSN: 2313-626X, indexed by Web of Science) – członek komitetu redakcyjnego (Editorial Board) czasopisma od października 2017 (po obronie doktoratu)
- g) **World Journal of Engineering** (Chiny, ISSN: 1708-5284, indexed by Web of Science) – członek komitetu redakcyjnego (Editorial Advisory Board) czasopisma od listopada 2018 roku (po obronie doktoratu)
- h) **Applied Sciences** (Szwajcaria, ISSN: 2076-3417, indexed by Journal Citation Reports, 2019IF: 2.474) – redaktor tematyczny (Topic Editor) czasopisma od października 2020 (po obronie doktoratu)
- i) **Frontiers in Bioengineering and Biotechnology** (Szwajcaria, ISSN: 2296-4185, indexed by Journal Citation Reports, ²⁰¹⁹IF: **3.644**) – redaktor recenzji (Review Editor) czasopisma od sierpnia 2020 (po obronie doktoratu)
- j) **Micromachines** (Szwajcaria, ISSN: 2072-666X, indexed by Journal Citation Reports, ²⁰¹⁹IF: **2.524**) – członek komitetu recenzji (Review Board) czasopisma od września 2020 (po obronie doktoratu)
- k) **Nanomaterials** (Switzerland, ISSN: 2079-4991, indexed by Journal Citation Reports, ²⁰¹⁹IF: **4.324**) – członek komitetu recenzji (Review Board) czasopisma od lipca 2020 (po obronie doktoratu)

Aktywność przy recenzowaniu artykułów naukowych w czasopismach o zasięgu międzynarodowym:

Acta Physica Polonica A (Polska, ²⁰¹⁹IF: 0.579)
Applied Computational Electromagnetics Society Journal (USA, ²⁰¹⁹IF: 0.680)
Archives of Electrical Engineering (Polska, WoS)
Biocybernetics and Biomedical Engineering (Holandia/Polska, ²⁰¹⁹IF: 2.537)
BioMed Research International (UK, ²⁰¹⁹IF: 2.276)
Brazilian Journal of Chemical Engineering (Niemcy, ²⁰¹⁹IF: 1.027)
Bulletin of the Polish Academy of Sciences: Technical Sciences (Polska, ²⁰¹⁹IF: 1.385)
Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering (Anglia, ²⁰¹⁹IF: 1.502)
Computers in Biology and Medicine (Anglia, ²⁰¹⁹IF: 3.434)
Electromagnetic Biology and Medicine (USA, ²⁰¹⁹IF: 1.820)
Electronics Letters (Anglia, ²⁰¹⁹IF: 1.316)
European Polymer Journal (Anglia, ²⁰¹⁹IF: 3.862)
Experimental and Molecular Pathology (USA, ²⁰¹⁹IF: 2.280)
IEEE Transactions on Magnetics (USA, ²⁰¹⁹IF: 1.626)
IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques (USA, ²⁰¹⁹IF: 3.413)
Inorganics (Szwajcaria, WoS)
International Journal of Antennas and Propagation (Anglia, ²⁰¹⁹IF: 1.207)
International Journal of Heat and Mass Transfer (Anglia, ²⁰¹⁹IF: 4.947)
International Journal of Molecular Sciences (Szwajcaria, ²⁰¹⁹IF: 4.556)
International Journal of RF and Microwave Computer-Aided Engineering (USA, ²⁰¹⁹IF: 1.528)
International Journal of Thermal Sciences (Francja, ²⁰¹⁹IF: 3.476)
Journal of Testing and Evaluation (USA, ²⁰¹⁹IF: 0.899)
Journal of Thermal Biology (Anglia, ²⁰¹⁹IF: 2.361)
Materials (Szwajcaria, ²⁰¹⁹IF: 3.057)
Measurement (Anglia, ²⁰¹⁹IF: 3.364)
Nanomaterials (Szwajcaria, ²⁰¹⁹IF: 4.324)
Pharmaceutics (Szwajcaria, ²⁰¹⁹IF: 4.421)
Przegląd Elektrotechniczny (Polska, WoS)
Technologies (Szwajcaria, WoS)
World Journal of Engineering (Chiny, WoS)

Osiągnięcia dydaktyczne i organizacyjne dr inż. Piotra Gasa

- zajęcia dydaktyczne:

Podstawy Elektrotechniki wykład, ćwiczenia tablicowe, laboratoria
Elektrotechnika z Elektroniką wykład, ćwiczenia tablicowe, laboratoria
Teoria Pola Elektromagnetycznego ćwiczenia tablicowe
Teoria Obwodów I ćwiczenia tablicowe
Teoria Obwodów II ćwiczenia tablicowe

- promotor 5 prac inżynierskich (2016-2020)
- recenzent 5 prac inżynierskich (2016-2020)

- dyżury w Laboratorium Elektrotechniki w czasie Dni Otwartych AGH oraz Spotkań z Uczelnią
- pomoc w organizacji Ogólnopolskiej Olimpiady Wiedzy Elektrycznej i Elektronicznej
- dyplom dziekana Wydziału EAIIB AGH dla Najlepszego Dydaktyka (2018)
- działalność organizacyjna:
 - członek Okręgowej Komisji Wyborczej nr 3 działającej na Wydziale EAIIB (2012-2016)
 - członek Wydziałowej Komisji Rekrutacyjnej (2012-2016, 2016-2019)
 - członek Centrum Rekrutacji AGH (od 2019 roku)
 - członek Rady Wydziału EAIIB (2018-2019)
 - członek Kolegium Wydziału EAIIB (2019-2020)
 - członek Rady Dyscypliny Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika od 2019 (przedstawiciel grupy nauczycieli akademickich nieposiadających stopnia naukowego doktora habilitowanego)
 - członek Komisji Dyplomowania Studentów na studiach pierwszego stopnia na kierunku Elektrotechnika (od 2020 roku)

Otrzymane nagrody i wyróżnienia

- a) odznaczenia państwowe: *Brązowy medal za Długoletnią Służbę* (po doktoracie)
- b) nagrody naukowe uczelniane: **Nagroda Rektora indywidualna III stopnia za osiągnięcia naukowe** (3 przed doktoratem, 4 po doktoracie)
- c) wyróżnienia naukowe wydziałowe: 2016 – **wyróżnienie rozprawy doktorskiej**
- d) wyróżnienia dydaktyczne wydziałowe: **dyplom dziekana Wydziału EAIIB dla Najlepszego Dydaktyka** (po doktoracie)
- e) wyróżnienia naukowe katedralne: **wyróżnienie kierownika Katedry Elektrotechniki i Elektroenergetyki za najlepszą działalność publikacyjną wśród młodych pracowników katedry** (2 przed doktoratem, 3 po doktoracie)
- f) wyróżnienia naukowe ogólnopolskie: 2016 – **dyplom Polskiego Towarzystwa Zastosowań Elektromagnetyzmu dla laureata konkursu na najlepszą pracę doktorską z dziedziny elektromagnetyzmu**
- g) wyróżnienia referatów naukowych na międzynarodowych konferencjach: (3 przed doktoratem)
- h) wyróżnienie planu biznesu – jedno

Całościowe podsumowanie osiągnięć naukowych przed i po doktoracie

- 41 publikacji w bazie Scopus
- 35 publikacji w bazie Web of Science (w tym 11 z IF)
- sumaryczny IF równy 8.276 → **9.643 wg JCR z 2021 roku** (2020 IF)
- sumaryczna liczba punktów MNiSW równa 755
- 260 cytowania według WoS 241 według Sopus bez autocytowań
- H-indeks równy 10 według WoS 10 według Scopus bez autocytowań
- 1 monografia, 24 artykuły naukowe, 17 rozdziałów w monografiach,
- 34 referaty na konferencjach naukowych (w tym 21 wygłoszonych ustnie)
- kierownik 10 grantów dziekańskich (lata 2011 2020)

- 79 recenzji artykułów naukowych (w tym 66 w czasopismach z IF wg Publons)
- 17 recenzji referatów konferencyjnych (w tym 14 indeksowanych w WoS)
- członek komitetów redakcyjnych, redaktor pomocniczy, redaktor tematyczny oraz redaktor recenzji w 11 czasopismach o zasięgu międzynarodowym (w tym czasopismach z IF)
- członek komitetów naukowych i organizacyjnych trzech konferencji o zasięgu międzynarodowym (w tym jednej zagranicznej)
- współpraca z 7 jednostkami naukowymi (w tym z **Imperial College London** oraz **Dongguk University-Seoul**)
- liczne wyróżnienia i nagrody, w tym 7 nagród Rektora AGH indywidualnych III st. (lata 2011 2013 oraz 2016 2019)
- staż przemysłowy w Centrum Badawczym Sp. z o.o. ABB w Krakowie

Dokonując podsumowania drugiej części wniosku tzn. istotnej aktywności naukowej dr inż. Piotra Gasa stwierdzam, na podstawie załączonej dokumentacji, że aktywność ta jest na najwyższym poziomie. Kandydat współpracuje z ośrodkami naukowymi w kraju jak i z zagranicą publikując wspólne prace. Jest aktywnym członkiem 11. zagranicznych komitetów redakcyjnych oraz recenzuje publikacje w 29. czasopismach naukowych o zasięgu międzynarodowym, zarówno zagranicznych jak i krajowych. Aktywność ta zasługuje na wyróżnienie.

Pozytywnie oceniam osiągnięcie naukowe dr inż. Piotra Gasa dotyczące numerycznego modelowania i optymalizacji hipertermii elektromagnetycznej stanowiące znaczący wkład w rozwój nauki nad hipertermią elektromagnetyczną. Kandydat wykazuje aktywność naukową na najwyższym poziomie. Pozytywnie oceniam całościowe Jego dokonania przed i po doktoracie.

Stwierdzam, że dr inż. Piotr Gas spełnia wszystkie warunki określone na podstawie art. 221 ust. 10 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1668 ze zm.).

Wnioskuje zatem, o nadanie doktorowi inżynierowi Piotrowi Gasowi stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie **nauk inżynieryjno-technicznych** w dyscyplinie: **automatyka, elektronika i elektrotechnika**.

prof. dr hab. inż. Edward Sędek