

XXIX

**SYMPOZJUM
ŚRODOWISKOWE
PTZE**

PATRONAT HONOROWY:
Polska Izba Informatyki
i Telekomunikacji

PIIT

ZASTOSOWANIA ELEKTROMAGNETYZMU WE WSPÓŁCZESNEJ INŻYNIERII I MEDYCYNIE



Polskie Towarzystwo
Zastosowań Elektromagnetyzmu



Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki,
Uniwersytet Rolniczy, Kraków



Centrum Badawczo-Rozwojowe Netrix S.A.



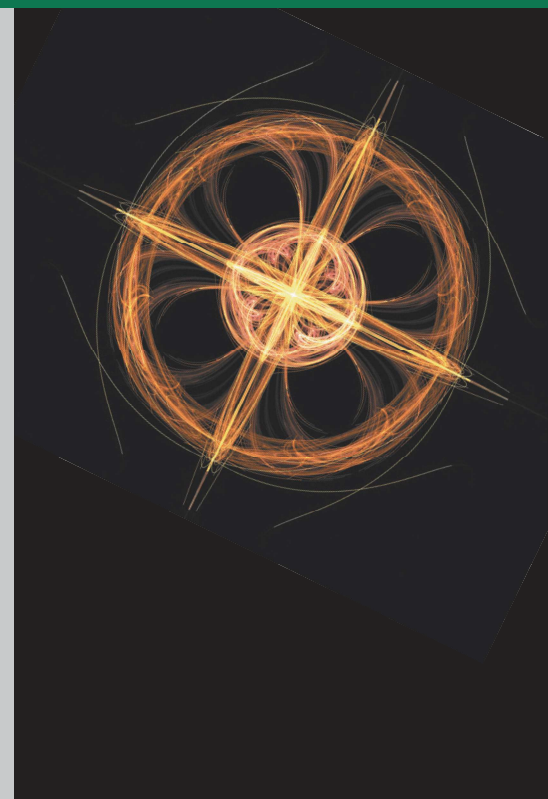
Wyższa Szkoła Ekonomii i Innowacji, Lublin



Wydział Elektrotechniki, Elektroniki,
Informatyki i Automatyki, Politechnika Łódzka



Lubelskie Towarzystwo Naukowe





POLSKIE TOWARZYSTWO ZASTOSOWAŃ ELEKTROMAGNETYZMU

Współorganizatorzy:

POLSKIE TOWARZYSTWO ZASTOSOWAŃ ELEKTROMAGNETYZMU

WYDZIAŁ INŻYNIERII PRODUKCJI I ENERGETYKI – UNIwersYTET ROLNICZY, KRAKÓW

CENTRUM BADAWCZO-ROZWOJOWE NETRIX S.A.

WYŻSZA SZKOŁA EKONOMII I INNOWACJI W LUBLINIE

WYDZIAŁ ELEKTROTECHNIKI, ELEKTRONIKI, INFORMATYKI I AUTOMATYKI – POLITECHNIKA ŁÓDZKA

LUBELSKIE TOWARZYSTWO NAUKOWE

XXIX SYMPOZJUM ŚRODOWISKOWE PTZE

**ZASTOSOWANIA
ELEKTROMAGNETYZMU
WE WSPÓŁCZESNEJ INŻYNIERII I MEDYCYNIE**

JANÓW PODLASKI, 9 – 12 czerwca 2019 r.

© Copyright by Polskie Towarzystwo Zastosowań Elektromagnetyzmu

Warszawa 2019

ISBN 978-83-88131-01-1



POLSKIE TOWARZYSTWO ZASTOSOWAŃ ELEKTROMAGNETYZMU

XXIX SYMPOZJUM ŚRODOWISKOWE

ZASTOSOWANIA ELEKTROMAGNETYZMU WE WSPÓŁCZESNEJ INŻYNIERII I MEDYCYNIE

JANÓW PODLASKI, 9 – 12 czerwca 2019 r.

Komitety naukowy

Przewodniczący:

Karol Bednarek

Członkowie:

Paweł Bienkowski

Liliana Byczkowska-Lipińska

Katarzyna Ciosk

Barbara Grochowicz

Sławomir Hausman

Leszek Kasprzyk

Jarosław Kieliszek

Paweł Kiełbasa

Ewa Korzeniewska

Romuald Kotowski

Andrzej Krawczyk

Roman Kubacki

Anna Pławiak-Mowna

Tomasz Rymarczyk

Aleksander Sieroń

Andrzej Wac-Włodarczyk

Joanna Wyszowska

Komitety organizacyjny

Przewodniczący:

Anna Koziorowska

Członkowie:

Przemysław Adamkiewicz

Tomasz Drózd

Łukasz Januszkiewicz

Józef Mróz

Piotr Murawski

Mikołaj Skowron

WPROWADZENIE

Tegoroczne XXIX Sympozjum PTZE odbywa się w Janowie Podlaskim, miejscu znanym w Polsce i na świecie z ciekawej historii, ale też, a może współcześnie bardziej, ze stadniny koni. Konie arabskie z Janowa Podlaskiego znane są, i cenione, w całym świecie, a doroczne aukcje ściągają do Janowa najbogatszych hodowców, szejków arabskich, aktorów, muzyków. Nie wydaje się, żeby uczestnikami czynnymi aukcji byli ludzie nauki, ale nie jest konieczne kupno koni, żeby się nimi zachwycić. Uczestnicy konferencji będą mieli taką okazję...

Mocno już ugruntowaną tradycją spotkań konferencyjnych PTZE jest to, że odbywają się one w miejscach historycznych, takich jak Kraków, Rydzyna, Zamość, Książ, Lubliniec, Sandomierz, Wieliczka czy Wrocław, ale też w miejscach ciekawych ze względu na specyfikę, jak Mierzęcין (winnice), Białowieża (puszcza), Zakopane (wiadomo), Ciechocinek (tężnie), Worliny na Warmii (jeziora), Hucisko w Jurze Krakowsko-Częstochowskiej, czy ostatnio Raclawice ze wspomnieniem zwycięskiej batalii kościuszkowskich kosynierów.

Tym razem wybrane zostało miejsce, które jest zarówno historyczne, o czym wspomniano już w poprzednim akapicie, jak i ładne krajobrazowo (jest dokąd spacerować). Miejsce konferencji przygotowane jest również na wariant B, czyli na złą pogodę. Zamek Biskupi w Janowie oferuje bowiem bogato wyposażone spa, z basenem i gabinetami odnowy. Ale aktywność przy dobrej i przy złej pogodzie polecamy w czasie wolnym od przewidzianego programu konferencji....

Konferencje Polskiego Towarzystwa Zastosowań Elektromagnetyzmu mają od pierwszej swojej edycji charakter interdyscyplinarny. Uczestnikami spotkań naukowych PTZE są na nich inżynierowie elektrycy, energetycy, elektronicy, ale też fizycy, biolodzy i lekarze, czasami socjologowie i prawnicy. W różnych okresach relacje ilościowe między poszczególnymi dziedzinami zmieniały się. W ostatnich latach daje się zauważyć rosnąca liczba referatów z obszaru zastosowania pola elektromagnetycznego w medycynie i biologii, i to nie tylko ze strony lekarzy, którzy uczestniczą w konferencji, ale też od strony inżynierów i fizyków coraz śmielej eksplorujących obszary medycyny. Z takiego połączenia mogą powstać tylko udane inicjatywy badawcze. Od kilku lat widoczny jest też udział badaczy z obszaru zastosowania pola elektromagnetycznego w biologii, a szczególnie w bioinżynierii spożywczej. Istnieje też problem zaradzania różnym niepokojom społecznym, związanym z powszechnym występowaniem pola elektromagnetycznego w środowisku. Problem ten jest w dużej mierze związany z psychologią i socjologią, stąd też w tegorocznej konferencji pojawi się ważki i ważny referat, ukazujący źródła tych niepokojów, czyli technik dezinformacyjnych.

Istotny udział w konferencji mają też badacze, zajmujący się klasycznym związkiem elektromagnetyzmu z elektrotechniką. Prezentują oni referaty dotyczące maszyn elektrycznych, transformatorów i innych urządzeń elektrycznych. W ostatnich latach widoczny jest też wzrost referatów, dotyczących nowych, niekonwencjonalnych, źródeł zasilania oraz nowoczesnych

PORÓWNANIE HIPERTERMII MAGNETYCZNEJ I ULTRADŹWIĘKOWEJ W PRÓBKACH AGAROWYCH Z DODATKIEM NANOCZĄSTEK MAGNETYCZNYCH

Eleonora KRUGLENKO, Marcin KRAJEWSKI, Ryszard TYMKIEWICZ,
Jerzy LITNIEWSKI, Barbara GAMBIN

Zakład Ultradźwięków, IPPT PAN, Warszawa

Hipertermia lokalna jako terapia medyczna polega na podwyższeniu temperatury w ograniczonych obszarach tkanki wewnątrz ciała człowieka. Ogrzanie tkanki w zakresie 42°C - 46 °C skutkuje inicjacją w komórkach tkanki ścieżki sygnałowej szoku cieplnego, w czasie którego podwyższa się stężenie tzw. białek opiekuńczych, czyli białek szoku cieplnego (ang. HSP, Heat Shock Proteins). Hipertermia ablacyjna podwyższająca temperaturę powyżej 46 °C jest stosowana do „wypalania” zmienionej chorobowo tkanki, głównie tkanki rakowej. Już obecnie przeprowadza się „wypalanie” ultradźwiękami łatwo dostępnymi obszarów tkanki np. guzy prostaty. Interesują nas dwa sposoby wywoływania wzrostu temperatury w zlokalizowanych obszarach tkanek, mianowicie działanie na tkankę polem ultradźwiękowym lub zmiennym polem magnetycznym. Oba pola są niejonizujące, a dozowane w odpowiednio ograniczonych dawkach, takich jak w obrazowaniu ultradźwiękowym i obrazowaniu metodą rezonansu magnetycznego, są całkowicie bezpieczne dla żywych tkanek. Terapeutyczny, zlokalizowany, kontrolowany wzrost temperatury powodujący zmiany w komórkach żywych (trwałe lub nietrwałe) związany z konwersją energii ultradźwiękowej na ciepło, można uzyskać dzięki użyciu głowic ogniskujących o odpowiednich mocach. Wiadomo również, że dodanie dodatkowych specjalnych cząstek tzw. uczulaczy na dźwięki (ang. sonosensitizers) do tkanki zwiększa absorpcję ultradźwięków, a więc podwyższa przyrost temperatury. Bezpieczne dla człowieka, zmienne pole magnetyczne, może w sposób istotny dla danych celów podwyższyć temperaturę tkanki wszędzie tam, gdzie wprowadzimy materiał ferromagnetyczny. W laboratoriach, ale również częściowo w klinikach, przebadano biogodność cząstek tlenków żelaza, które w postaci cząstek o nano rozmiarach wykazują właściwości superparamagnetyczne i są silnymi „termo-uczulaczami” pod wpływem działania zmiennego pola magnetycznego. Są one klinicznie używane jako kontrast w obrazowaniu rezonansem magnetycznym. Nasze ostatnie badania potwierdziły, że są one również dobrymi „termo-uczulaczami” w polu ultradźwiękowym. Do badań nad skutecznością działania obu typów hipertermii niezbędne są wzorce z materiału naśladującego tkankę żywą. Do badań hipertermii ultradźwiękowej materiały te powinny mieć właściwości akustyczne takie, jak tłumienie, prędkość dźwięku czy rozproszenie podobne do tkanek. Natomiast w badaniu hipertermii magnetycznej wzorce takie muszą zawierać cząstki magnetyczne, których istnienie powinno zapewnić planowany wzrost temperatury. Jednym z takich tkanko-podobnych materiałów był używany przez nas materiał na bazie agaru zawierający nanocząstki magnetyczne. Właściwości akustyczne próbek takiego materiału z nanocząstkami rzędu 100 nm były przez nas zmierzone i zostały opublikowane. Przeprowadziliśmy również wstępną analizę wydajności hipertermii ultradźwiękowej materiałów z różną zawartością wtrąceń takich nanocząstek wywołanej ultradźwiękową wiązką zogniskowaną o różnych mocach.

Celem prezentowanej pracy jest wstępne porównanie skuteczności (wydajności) działania obu typów hipertermii magnetycznej i ultradźwiękowej w próbkach z materiału tkanko-podobnego, mianowicie próbkach agarowych z dodatkiem nanocząstek magnetycznych tlenku żelaza o rozmiarach poniżej 20 nanometrów. Aby porównanie poprzez pomiary wzrostu temperatury wywołanego działaniem różnych pól fizycznych było bardziej wiarygodne, wytworzyliśmy w nadźwiękawanym próbkach pole ultradźwiękowe o przestrzennie jednorodnej intensywności, gdyż działanie pola magnetycznego na

równomiernie rozłożone w materiale nanocząstki tlenku żelaza jest jednorodne przestrzennie. Do badań użyto nanocząstki tlenku żelaza o rozmiarze $11,3 \pm 2,7$ nm, wyprodukowane w ZU. Badany materiał próbek zawierał 0.5% agaru (Agarose Broad Range, Carl Roth) z dodatkiem nanocząstek tlenku żelaza Fe_3O_4 w ilości 40 mg/ml (4%). Zmierzono właściwości akustyczne próbek średnią wartość współczynnika tłumienia ultradźwięków, w zakresie 3-8 MHz oraz średnią prędkość dźwięku, które wynosiły 0,53 dB/(MHz·cm) i 1500 m/s, odpowiednio. Obie te wartości mieszczą się w zakresie parametrów dla tkanek miękkich. Przeprowadzono szereg doświadczeń nagrzewania próbek zmiennym polem magnetycznym oraz ultradźwiękowym na wykonanym w ZU stanowisku. Stanowisko miało wmontowany podwójny hydrauliczny system chłodzenia zapewniający izolację cieplną od efektów termicznych związanych z zewnętrznymi źródłami ciepła takimi jak wzmacniacze, głowica ultradźwiękowa, grzanie się cewki indukcyjnej, itp. Wartości parametrów obu pól, mianowicie natężeń i częstotliwości, były zgodnymi z dopuszczalnymi parametrami w terapiach termicznych. Układ wytwarzający zmienne pole magnetyczne składał się z solenoidu o średnicy 9 cm i wysokości 21 cm, posiadał 47 zwojów połączonych z baterią kondensatorów, pobudzany był generatorem Agilent Technologies 33250A z wzmacniaczem ENI 100W. Próbką, umieszczona w pojemniku z wodą znajdującego się wewnątrz cewki, była poddawana działaniu zmiennego pola magnetycznego o częstotliwości 400 kHz i natężeniu 3,1 kA/m. Druga część układu umożliwiała nadźwiękowanie próbek przez ultradźwięki, wytwarzane przez okrągły jednoelementowy ogniskujący przetwornik z częstotliwością środkową 2,5 MHz, o średnicy 3 cm i ogniskowej 6 cm. Planując w przyszłości badania nad dwumodalną, ultradźwiękowo-magnetyczną, hipertermią wykorzystującą efekty termiczne działania obu pól jednocześnie, przetwornik ultradźwiękowy umieszczono poza wpływem pola magnetycznego. Badana próbka została umieszczana na osi wiązki w odległości 15 cm od przetwornika wewnątrz pojemnika z wodą, tzn. poza ogniskiem, aby zapewnić jednorodne natężenie pola ultradźwiękowego w obszarze próbki, w którym mierzymy wzrost temperatury. Każda próbka była poddawana kolejno działaniu pola ultradźwiękowego i magnetycznego przez 3 min. Do pomiaru temperatury w przedstawionych badaniach wykorzystano termometr optyczny FOTEMP1-H z sensorem TS3 (OPTOCON, Germany). Aby oddzielić efekt grzewczy związany tylko z istnieniem nanocząstek wykonano analogiczne pomiary porównawcze dla próbki czysto agarowej. Pod wpływem zmiennego pola magnetycznego nagrzewanie w próbkach z nanocząstkami było prawie równomiernie w całej objętości i temperatura wzrastała równomiernie, z czasem lekko zmniejszając tempo wzrostu. Maksymalna osiągnięta temperatura w próbkach po 3 min grzania wynosiła $3,4^\circ C$; a w próbce z czystym agarem nie zaobserwowano wzrostu temperatury. Podczas naświetlania ultradźwiękami miał miejsce szybki wzrost temperatury na początku grzania (w pierwszych 5-10 s), a następnie spowolnienie tempa grzania do prawie równomiernego. Ten efekt nie jest charakterystyczny dla próbek z nanocząstkami, gdyż występuje również w próbkach z czystego agaru. Maksymalna osiągnięta temperatura w próbkach z nanocząstkami po 3 min grzania wynosiła $1,4^\circ C$. Reasumując, zadane parametry obu pól prowadziły do oczekiwanego równomiernego, prawie liniowego przyrostu temperatury oraz umożliwiły oddzielenie wpływu istnienia cząstek na początkowy wzrost temperatury przy grzaniu materiału ultradźwiękami od innych efektów termicznych, np. czułości termometru optycznego na pole ultradźwiękowe. Otrzymane wyniki potwierdzają wystarczającą jakość wykonanego systemu pomiarowego do oszacowania efektywności jednoczesnego działania obu pól i ewentualnego znalezienia istnienia wzajemnych skutków termicznych oddziaływań pól ultradźwiękowych i magnetycznych w materiale z nanocząstkami magnetycznymi.