

Nowe podejście do projektowania urządzeń używanych w terapii polem elektromagnetycznym

Streszczenie. W artykule przedstawione zostały metody terapii polem elektromagnetycznym. Zaprezentowano trzy główne obszary terapii elektromagnetycznej, zarówno w aspekcie medycznym jak i technicznym. Przedstawione metody terapeutyczne poddane zostały krytyce, zarówno w aspekcie ich efektywności klinicznej, jak i parametrów technicznych. Autorzy zaproponowali nowe urządzenia magnetoterapeutyczne, które mogą stanowić alternatywne rozwiązanie dla urządzeń stosowanych do tej pory.

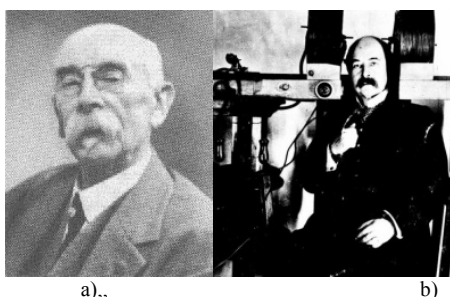
Abstract. Methods of electromagnetic therapy have been presented in the paper. Three main areas of electromagnetic therapy have been briefly described and critically discussed both in clinical and technical aspects. The authors proposed new magneto therapeutic devices which can be an alternative solution for the devices hitherto used (**New approach to designing of the devices used in the electromagnetic field therapy**).

Keywords: electromagnetic therapy, simulation of electromagnetic field

Słowa kluczowe: terapia polem elektromagnetycznym, symulacja pola elektromagnetycznego.

Wprowadzenie

Terapia z wykorzystaniem pola elektromagnetycznego jest procedurą medyczną, wykorzystywaną szczególnie w rehabilitacji ale też w leczeniu klinicznym. Pierwsze próby stosowania pola elektromagnetycznego w medycynie realizowane były na przełomie XIX i XX wieku, i można tutaj wymienić dwóch badaczy z obszarów fizyki, medycyny i inżynierii, Jaguesa Arsena d'Arsonvala i Silvanusa P. Thompsona. Obaj uczeni badali techniki magnetostymulacji i jako pierwsi prowadzili prace eksperymentalne w tej dziedzinie. Przy okazji tych prac odkryli efekt magnetofosfenów (rys. 1) [1].



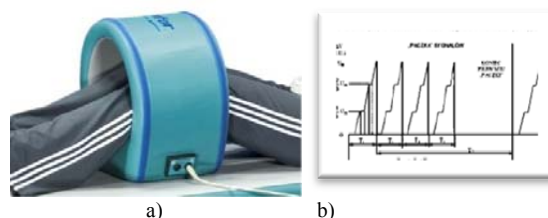
Rys. 1 a) Jean Jacques d'Arsonval, b) Silvanus P. Thompson

Współcześnie medycyna elektromagnetyczna rozwinęła wiele innych technik, które, oprócz stymulacji tkanek, wykorzystywane są, na przykład w podgrzewaniu (hipertermie, diatermie, itp.). Zainteresowania zespołu badawczego, złożonego z pracowników Wojskowego Instytutu Medycznego i Politechniki Częstochowskiej, koncentrują się na technikach stymulacyjnych. Techniki te wykorzystywane są głównie w fizjoterapii. Ze względu na parametry elektromagnetyczne stymulacji wprowadzony został, w polskiej literaturze, podział na dwie grupy: magnetostymulację i magnetoterapię. Obie techniki służą głównie w leczeniu narządu ruchu, choć istnieją próby wykorzystywania procedur magnetostymulacyjnych do leczenia chorób spoza obszaru dysfunkcji narządu ruchu [2]. Opis magnetostymulacji i magnetoterapii zostanie przypomniany w następnym rozdziale.

Magnetostymulacja

Technika magnetostymulacji jest wykorzystaniem pola magnetycznego o stosunkowo niskich wartościach indukcji magnetycznej, rzędu kilkunastu do kilkudziesięciu

mikrotlesli, i częstotliwości do 3 kHz. Źródłem pola magnetycznego w aplikatorach są cewki zmontowane w postaci solenoidu (Rys. 2a). Składowa magnetyczna pola elektromagnetycznego emitowanego przez urządzenie ma, według specyfikacji producenta, przebieg trójkątny (Rys.2b).

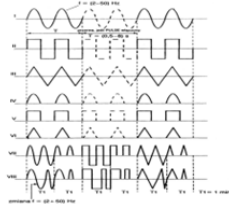


Rys. 2 Obraz magnetostymulacji a) widok ogólny, b) przebieg pola magnetycznego (podany przez producenta)

Pozytywne działanie magnetostymulacji wykazano w leczeniu wielu chorób narządu ruchu: opóźniony wzrost kostny, stawy rzekome, zespoły typu Sudeck, stany pourazowe stawów i tkanek miękkich okołostawowych – tj. zwłknięcia, skręcenia, stłuczenia, uszkodzenia więzadeł, urazy ścięgien – osteoporoza, stany zapalne stawów, stany po operacjach stawów, oraz chorób układu nerwowego (stany po urazach czaszkowo-mózgowych, zaburzenia czynności nerwów czaszkowych i obwodowych, neuralgie, nerwobóle, nerwiaki, bóle fantomowe). Leczenie polem magnetycznym stosuje się również w utrudnionym gojeniu się ran, bólach głowy, itp. Często stosuje się je do uśmierzania bólu, zapobiegania stanom zapalnym i rozluźnienia napiętych mięśni, oraz w zaburzeniach obwodowego układu krążenia [2].

Magnetoterapia

Pole elektromagnetyczne stosowane w magnetoterapii generowane jest przez solenoid (Rys. 3a) zwykle o częstotliwości od 10 do 100 Hz i indukcji magnetycznej rzędu 0,1 mT do 20 mT. W przypadku magnetoterapii, producenci podają przebiegi składowej magnetycznej pola elektromagnetycznego: rys. 3b. Jak widać, istnieje zasadnicza różnica w parametrach urządzeń magnetostymulacyjnych i magnetoterapeutycznych, zarówno w parametrach ilościowych (indukcja i częstotliwość), jak i jakościowych, tzn. generowane przebiegi pola magnetycznego.



Rys. 3 Obraz magnetoterapii a) widok ogólny, b) przebiegi generowanego pola magnetycznego (podane przez producenta)

W magnetoterapii istnieje możliwość wyboru przebiegu czasowego pola magnetycznego, a zatem powstały reguły przypisujące konkretny przebieg czasowy konkretnym chorobom. Wykaz tych zasad stanowi jednocześnie listę chorób i dysfunkcji traktowanych w magnetoterapii. Wypracowano zasady, iż przebieg:

- sinusoidalny stosowany jest w schorzeniach nerwów i mięśni, skóry, narządów mięsziowych.
- prostokątny – w schorzeniach kości,
- trójkątny – w schorzeniach chrząstek stawowych, ścięgien, więzadeł.

Wydaje się jednak, że zwiążanie choroby z przebiegiem pola magnetycznego nie ma uzasadnienia – stanowi to jedno ze źródeł licznych wątpliwości związanych z magnetostymulacją i magnetoterapią.

Wielu badaczy poddaje w wątpliwość efektywność działań magnetoterapeutycznych w rozumieniu zdolności do wywołania skutecznego efektu terapeutycznego. Podstawowym źródłem tych wątpliwości jest brak wiarygodnych badań, opisujących mechanizmy fizyczne i fizjologiczne działania pola elektromagnetycznego na dane schorzenie, jak choćby, wspomniane wyżej, zwiążanie przebiegu pola magnetycznego z leczonym schorzeniem. Tego typu wątpliwości powinny być rozstrzygane w obszarze medycyny, poprzez wypracowanie pewnych obiektywnych kryteriów oceny efektywności terapii. Takie prace w naszym zespole są prowadzone i jako jedno z kryteriów oceny proponowane są badania termograficzne [3]. Równoległe do medycznego, istnieje drugi obszar wątpliwości, tym razem o charakterze fizycznym i technicznym. Najważniejsze z nich to:

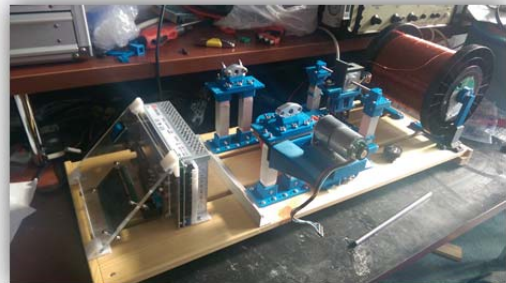
- sposób doboru parametrów stymulacji, wartości indukcji składowej magnetycznej pola elektromagnetycznego, która szczególnie w magnetostymulacji jest bardzo mała, częstotliwości oraz przebiegów czasowych, które wydają się być przypadkowe (pomiar przeprowadzone przez autorów wskazały na rozbieżność pomiędzy przebiegami podawanymi przez producentów a realnie występującymi w urządzeniach),
- przyjęty sposób stymulacji – największa grupa stymulatorów zwiążana jest z paradygmatem wykorzystania składowej magnetycznej pola elektromagnetycznego, skierowanej wzdłuż narządu ruchu poddanego terapii.

Nowa konstrukcja stymulatorów

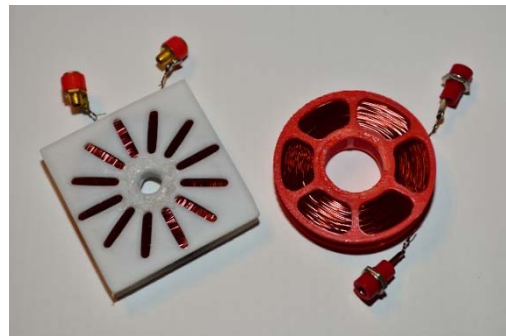
Wspomniane wyżej wątpliwości i zastrzeżenia doprowadziły do próby opracowania nowego rodzaju stymulatorów. Nie są one w pełni pozbawione wad omówionych konstrukcji tradycyjnych, dają jednak możliwość kontroli nad nimi. Biorąc pod uwagę dobór parametrów, a szczególnie zwiększenie wartości indukcji składowej magnetycznej, wprowadzony został do cewki rdzeń żelazny. Wiąże się to z drugim punktem listy wątpliwości technicznych, a mianowicie z odejściem od wzbudzania osiowego. W nowym podejściu zmieniamy ten paradygmat, wykorzystując w terapii pole magnetyczne poprzeczne w stosunku do narządu ruchu. W ten sposób uzyskujemy

znacznie silniejsze pole magnetyczne skoncentrowane na stosunkowo niewielkim obszarze ciała.

Cewki do stymulacji zostały wyprodukowane w laboratorium Oddziału Teleinformatyki Wojskowego Instytutu Medycznego. W tym celu zbudowany został automatyczny system nawijania cewek na karkasach otrzymanych w wyniku druku trójwymiarowego (tzw. druk 3D). Takie podejście daje duże możliwości badawcze, a w konsekwencji aplikacyjne. Układ do nawijania cewek pokazano na rys.4, a wyprodukowane cewki na rys.5.



Rys. 4 Układ do nawijania cewek

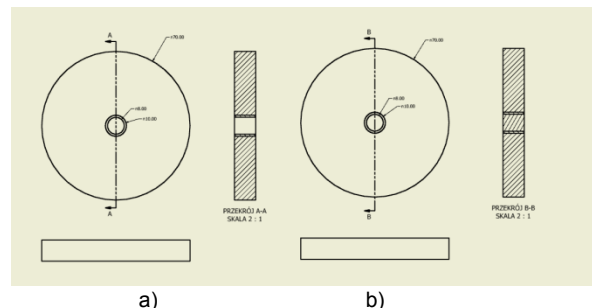


Rys.5 Przykłady cewek

Symulacje komputerowe

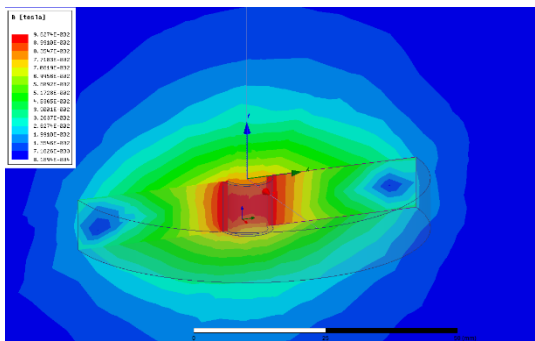
Dla wybranej cewki przeprowadzone badania symulacyjne, mające na celu pokazanie wpływu rdzenia stalowego na wartość indukcji składowej magnetycznej. Obliczenia wykonano za pomocą oprogramowania ANSYS MAXWELL wersja 16.2.

Dla uproszczenia założono, że rdzeń stalowy posiada liniową charakterystykę magnesowania; przenikalność magnetyczna $\mu = 4000$. Przyjęto, że wymuszenie cewek wynosi 2496 amperozwojów przy przebiegu sinusoidalnym o częstotliwości 50 Hz. Model cewki przedstawiono na rys.6

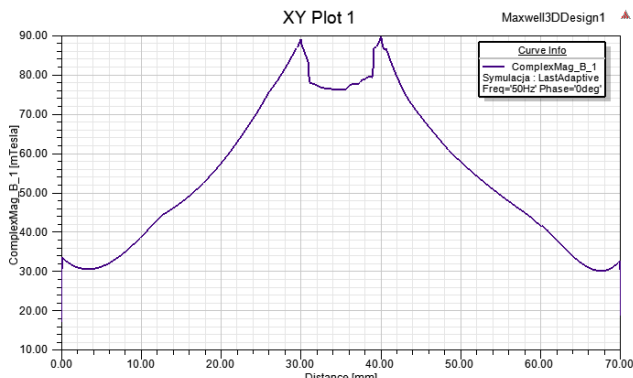


Rys. 6 Dane geometryczne cewek a) cewka powietrzna, b) cewka z rdzeniem

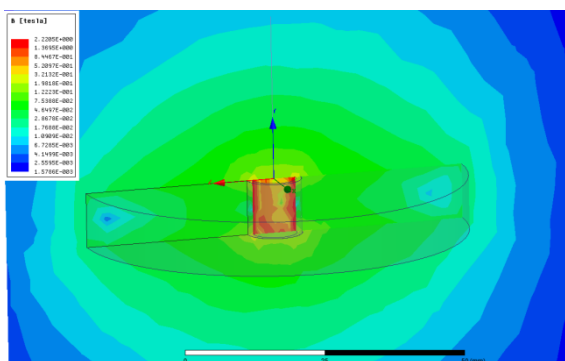
Wyniki symulacji pokazane zostały na kolejnych rysunkach.



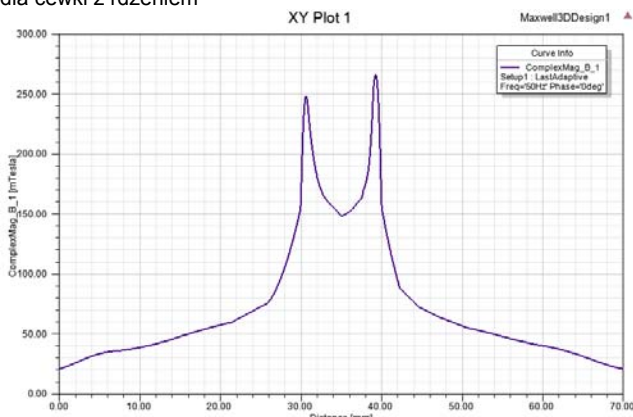
Rys. 7 Wartości składowej y pola magnetycznego w płaszczyźnie xy dla cewki powietrznej



Rys.8 Rozkład indukcji magnetycznej (składowej y) wzdłuż osi x (promienia cewki) dla cewki powietrznej



Rys.9 Wartości składowej y pola magnetycznego w płaszczyźnie xy dla cewki z rdzeniem



Rys.10 Rozkład indukcji magnetycznej (składowej y) wzdłuż osi x (promienia cewki) dla cewki z rdzeniem

Dyskusja wyników i wnioski

Przedstawione wyżej wyniki obliczeń wskazują jednoznacznie na znaczny wzrost indukcji magnetycznej w otworze cewki. Jest to wniosek oczywisty z punktu widzenia wiedzy o elektromagnetyzmie, jednak z punktu widzenia medycyny już taki oczywisty nie jest.

Możliwość wytwarzania cewek o bardzo różnych konstrukcjach stwarza duże możliwości eksperymentowania w obszarze magnetostymulacji i magnetoterapii. Prezentowany artykuł sygnalizuje takie badania i wskazuje na kierunki, na których badania te powinny się koncentrować:

1. poszukiwanie kształtów cewek, generujących oczekiwany rozkład pola magnetycznego,
2. konstrukcji cewek, koncentrujących pole magnetyczne na bardzo małym obszarze ciała,
3. doboru odpowiednich sygnałów zasilających cewki.

Praca wykonana w ramach realizacji zadań projektu nr POIG.02.03.00-14-005/13 „**TeleMedNet II - rozbudowa platformy pozyskania i analizy naukowej danych medycznych**” dofinansowanego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka ze środków Unii Europejskiej.

LITERATURA

1. Krawczyk A., Łada-Tondyry E. (2010): Pierwsze próby stymulacji magnetycznej – historia odkryć dwóch uczonych, *Przegląd Elektrotechniczny*, r. LXXXVI, No.12. pp. 202-205
2. Sieroń A., Cieślak G. (2013): Pola magnetyczne i światło w medycynie i fizjoterapii, *α-medica press*
3. Kalicki B., Krawczyk A., Jung A. et al., Efekty termiczne stosowania magnetostymulacji i magnetoterapii w obrazowaniu termograficznym (2014) *Przegląd Elektrotechniczny*, r. XC, No.12. pp. 21'8-220
4. Krawczyk A., Miaskowski A., Ishihara Y. (2010): Healing of orthopedic diseases by means of electromagnetic field, *Przegląd Elektrotechniczny*, r. LXXXVI, No.12, pp. 72-75.

Autorzy: dr inż. Piotr Murawski, Wojskowy Instytut Medyczny, ul. Szaserów 128, 04-141 Warszawa, e-mail: pmurawski@wim.mil.pl; prof. dr hab. inż. Andrzej Krawczyk, Wojskowy Instytut Medyczny, ul. Szaserów 128, 04-141 Warszawa, e-mail: ankra.new@gmail.com, lic. Andrzej Kowalski, Wojskowy Instytut Medyczny, ul. Szaserów 128, 04-141 Warszawa, e-mail: akowalski1@wim.mil.pl dr hab. n. med. Bolesław Kalicki, Wojskowy Instytut Medyczny, ul. Szaserów 128, 04-141 Warszawa, e-mail: boleslawkalicki@gmail.com, dr n. med. Józef Mróz, Wojskowy Instytut Medyczny, ul. Szaserów 128, 04-141 Warszawa, E-mail: jmroz@wim.mil.pl, mgr inż. Ewa Łada-Tondyry, Politechnika Częstochowska, Wydział Elektryczny, Al. Armii Krajowej 17, 42-200 Częstochowa, e-mail: ewalada@interia.eu