

WYZNACZANIE STREF ODDZIAŁYWANIA POLA MAGNETYCZNEGO W GABINETACH STOSUJĄCYCH APARATURĘ DO MAGNETOTERAPII

Wojciech Kraszewski
Mikołaj Skowron
Przemysław Syrek

Akademia Górniczo-Hutnicza
Wydział Elektrotechniki Automatyki Informatyki i Elektroniki
al.Mickiewicza 30, 30-059 Kraków
e-mail: (wkraszew, mskowron, syrekp)@agh.edu.pl

Streszczenie: Pola magnetyczne niskich częstotliwości stosowane są w leczeniu wielu schorzeń. Szczególną rolę odgrywają przy stymulacji wzrostu kostnego. W przypadku każdego ze schorzeń, pole może osiągać wartości, które według polskich przepisów wymagają skracania czasu ekspozycji, co dotyczy personelu medycznego przebywającego w pobliżu aplikatora. Środowisko MatLab, ze względu na bardzo bogaty zestaw funkcji umożliwiających prezentację wyników, jest narzędziem bardzo użytecznym, umożliwiającym obliczenia rozkładu pola, jak i jego przestrzenną prezentację. Pozwala to ocenić rozkład pola w obrębie leczonych narządów, jak również podział otoczenia na odpowiednie strefy, ze względu na zagrożenie z nim związane.

Słowa kluczowe: Strefy ochronne, pole magnetyczne, magnetoterapia, MatLab

Determination of zones due to influence of magnetic field in surgeries using magnetotherapy's instruments

Abstrakt: Low-frequency magnetic fields are used in therapy of many diseases. They have a special role in stimulation of adhesion of bone fractures. Healing of any illness involves magnetic field, that may reach values of a danger level, and its application, due to polish regulations, urges medical staff to shorten the time of exposition to field in surrounding of applicators. MatLab environment, for the sake of its very rich set of graphical functions, is very useful tool, and provides programmers the possibility to solve field problems, and to introduce its three-dimensional presentation. It allows user to evaluate distribution of field within treated organs, and to split surrounding into adequate zones, with respect to danger connected with field value.

Keywords: Protective zones, magnetic field, magnetotherapy, MatLab

1. WSTĘP

Przypadki pozytywnego oddziaływania prądu elektrycznego na zrostanie się złamań odkryto już w XIX wieku. Dynamiczny rozwój terapii oraz odkrywanie i opis zjawisk zachodzących w kościach, rozpoczął się w latach pięćdziesiątych ubiegłego stulecia. Urządzenia wspomagające leczenie kości, podzielić można na trzy grupy według metody działania: wykorzystujące prąd stały, przy użyciu wszczepianych elektrod; umieszczanie

elektrod naskórných i stosowanie prądu o częstotliwości rzędu kilku Hz (metoda pojemnościowa); zastosowanie prądu zmiennego, generowanego poprzez zmienne w czasie pole magnetyczne (metoda nieinwazyjna).

Pola magnetyczne stosowane są w ramach specjalizacji medycznej o nazwie medycyna fizykalna. Jedną z metod leczenia jest magnetoterapia, która stosowana jest w leczeniu szerokiej gamy schorzeń. Jednym z najczęstszych zastosowań jest wspomaganie leczenia złamań kończyn. Stosowane są pola magnetyczne o częstotliwości nieprzekraczającej 100 Hz i wartościach od 0,1 do 20 mT [3]; dla porównania,

ziemskie pole magnetyczne osiąga wartości od 30 do 60 μT (w zależności od szerokości geograficznej).

2. STREFY OCHRONNE

Oddziaływanie pola magnetycznego na pacjenta, w przypadku leczenia jest niezbędne, na tym polega istota leczenia, a negatywne oddziaływanie jest krótkotrwałe – od kilkunastu do kilkudziesięciu minut na dobę. Personel medyczny narażony jest na wspomniane oddziaływanie przez cały czas pracy. Należy zatem w każdym z gabinetów stosujących aparaturę do magnetoterapii odpowiednio określić usytuowanie przestrzenne miejsc przebywania personelu. W Polsce, przepisy i normy dotyczące bezpieczeństwa i higieny pracy, wyszczególniają możliwość oraz dopuszczalny czas przebywania w polu magnetycznym. Czas zależy od wartości natężenia pola (w publikacji przeliczono wartości natężenia i podawana jest wartość indukcji). Czas przebywania nie podlega ograniczeniom jedynie w strefie bezpiecznej (o indukcji poniżej 83 μT). W strefie ochronnej, przebywanie dozwolone jest pod warunkiem skracania czasu ekspozycji, strefa ta podzielona jest na trzy obszary [2]: pośredni (83-251 μT), zagrożenia (251 μT – 2,5 mT) oraz niebezpieczny (powyżej 2,5 mT). Gdy stanowisko pracy znajduje się w jednej ze stref ochronnych, wówczas warunki ekspozycji powinny być okresowo kontrolowane, wraz z jednoczesnym wymogiem okresowych, specjalistycznych badań lekarskich dla pracowników.

3. WYZNACZANIE ROZKŁADU POLA MAGNETYCZNEGO

Ze względu na skomplikowany kształt cewek stosowanych w aplikatorach, oraz różne wymiary i rodzaje samych aplikatorów, pole magnetyczne może być wyznaczane jedynie numerycznie. Ponieważ przyjmuje się pewne uproszczenia dotyczące obszaru otaczającego aplikator (stała przenikalność magnetyczna w całym otoczeniu), a częstotliwości stosowane nie przekraczają 1 KHz, do wyznaczania pola stosuje się prawo Biota-Savarta [1]:

$$dB_{P_i} = \frac{\mu I}{4\pi} \frac{dl_i \times r_{P_i}}{|r_{P_i}|^3}$$

gdzie odpowiednio dB_{P_i} –wektor pola magnetycznego od elementarnego fragmentu cewki, dl_i –elementarny odcinek

cewki, r_{P_i} –odległość punktu P_i od środka odcinka l_i . Pole magnetyczne w punkcie P_i jest sumą (całką) z powyższego wyrażenia, po wszystkich elementach l_i , na które podzielono cewkę.

Ze względu na to, iż większość cewek zbudowana jest z wielu (kilkudziesięciu zwojów), krok dyskretyzacji (dl) należy dobrać w rozsądnych granicach. Uwzględniając realne wymiary przekrojów przewodów, a także fakt, iż w tym zagadnieniu, nie jest konieczne obliczanie pola w odległościach mniejszych niż 10 mm od samych przewodów (obudowa, zabezpieczenia), cewka może zostać opisana jako nieskończenie cienki przewód wiodący prąd. Odnosząc rozwiązanie numeryczne do analitycznego w przypadku prostych kształtów (np. cewka kołowa), błąd względny przy podziale okręgu na 100 równych elementów ma wartość poniżej 0,1%.

4. ŚRODOWISKO OBLICZENIOWE

Obliczenia wykonano w środowisku MatLab. Dzięki bardzo bogatym możliwościom prezentacji wyników(szczególnie w przypadkach 3D), możliwe jest zaprezentowanie wyników i przedstawienie rozkładu pola magnetycznego zarówno na leczonych częściach ciała, jak i na powierzchniach, na których oddziaływanie pola jest niepożądane.

Generowanie dowolnej powierzchni odbywa się za pomocą instrukcji:

```
Powierzchnia =surface(x, y, z);
```

gdzie macierze x , y , z –zawierają przygotowane odpowiednio punkty tworzące wybrana powierzchnię (kość, tułów itp.).

Dowolna cewka (lub kilka cewek) opisana jest jako macierz o wymiarach $N \times 3$, gdzie N -liczba odcinków którymi została przybliżona, a każdy wiersz macierzy zawiera początek danego odcinka, będący zarazem końcem poprzedniego.

```
Cewka(i, :) =[rx ry rz];
```

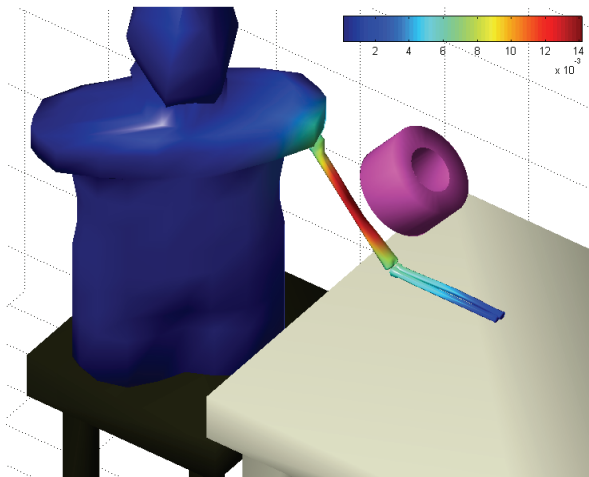
Dodatkowo program zawiera kilka funkcji umożliwiających obracanie, przesuwanie powierzchni i cewek, a także ich skalowanie.

Poniżej przedstawiony został fragment, w którym obliczana jest wartość modułu pola magnetycznego w każdym z elementów, za pomocą których tworzona jest wybrana powierzchnia.

```
x=get(powierzchnia,'XData');
y=get(powierzchnia,'YData');
z=get(powierzchnia,'ZData');
for k=1:size(x,1)
for m=1:size(x,2)
    Point=[ x(k,m) y(k,m) z(k,m) ];
    B=[0 0 0];
    for i=1:size(cewka,1)-1
        dli = cewka(i+1,:)-cewka(i,:);
        rPi = Point - cewka(i,:);
        dB =cross(dli, rPi) / (rPi.^(3/2));
        B = B+dB;
    end
    B= mi*I / (4*pi) *B;
    Bmodul=sqrt(B(1)^2+B(2)^2+B(3)^2);
    set(powierzchnia(k,m),'CData',Bmodul)
end
end
caxis([0 max(max(...
    get(powierzchnia('Cdata'))))])
```

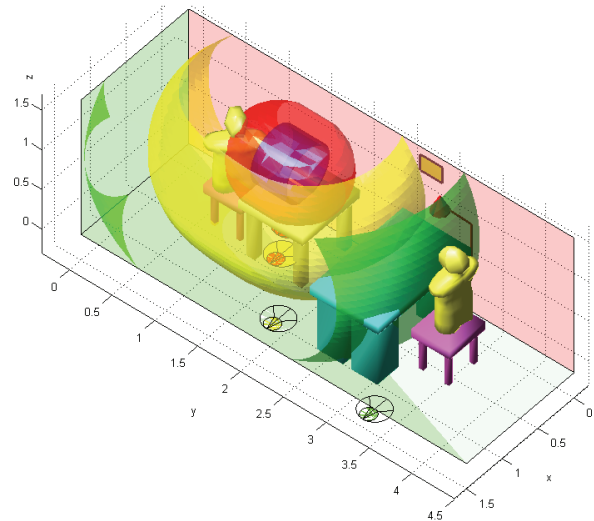
5. WYNIKI

Program umożliwia przedstawienie wyników obliczeń. Na rys.1, pokazano rozkład pola magnetycznego na powierzchni kości (ramienna, łokciowa, promieniowa) oraz na powierzchni tułowia i głowy. Maksymalna wartość osiągnęła 14 mT (na powierzchni kości ramiennej).



Rysunek 1 Rozkład pola magnetycznego na powierzchni kości i tułowia

Kolejna możliwość programu -wykreślanie powierzchni ekwipotencjalnych (isosurface), użyta została do przedstawiania kolejnych stref (wg norm); dzięki temu łatwo przedstawić kolejne powierzchnie, oddzielające poszczególne strefy, wyróżnione w normach dotyczących bezpieczeństwa (rys.2). W tej części oprócz pacjenta, przedstawiono również możliwe umiejscowienie stanowiska terapeuty.



Rysunek 2. Przykładowe usytuowanie pacjenta, terapeuty i aplikatora oraz powierzchnie oddzielające kolejno: strefę bezpieczną, pośrednią, zagrożenia i niebezpieczną

6. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Program umożliwia prezentację wyników, która jest łatwa w interpretacji. Na podstawie uzyskanych wyników, można ocenić wpływ zastosowanego aplikatora na rozkład pola również poza leczonym obszarem. Z rys.2 widać, że stanowisko pracy terapeuty znajduje się na granicy strefy bezpieczeństwa i strefy pośredniej (w odległości około 2 metrów od aparatury). Powierzchnie mają w przybliżeniu kształt elipsoidy, których dłuższy promień pokrywa się z osią aplikatora. W przypadku braku możliwości przeniesienia stanowiska terapeuty, konieczne jest obrócenie o 90 stopni (w płaszczyźnie 0xy) samego aplikatora, co zmniejszy wartość pola przy biurku terapeuty.

Literatura

1. Cieśla A.: Elektrotechnika : elektryczność i magnetyzm w przykładach i zadaniach, AGH Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, Kraków 2006.
2. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej, W sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy, Zał. 2/E: Pola i promieniowanie elektromagnetyczne z zakresu częstotliwości 0 Hz-300 GHz, Dziennik Ustaw nr 217, Warszawa, 29.11.2002
3. Sieroń A., i Inn.: Zastosowanie pól magnetycznych w medycynie. II wyd., α-medica press, Bielsko-Biała 2002