

POLE ELEKTROMAGNETYCZNE

Cel ćwiczenia

Celem jest zapoznanie się z podstawami pomiarów oraz oceny ekspozycji na czynniki fizyczne na przykładzie pola magnetycznego i elektromagnetycznego (pole-EM).

Zagadnienia podstawowe (niezbędne do wykonania zadania):

1. Podstawy wykonywania pomiarów narażenia na czynniki fizyczne
2. Definicja pola elektromagnetycznego oraz wielkości opisujące ekspozycję na PEM
 - Wielkości opisujące ekspozycję na pole-EM: wektor indukcji magnetycznej, wektor natężenia pola magnetycznego, wektor natężenia pola elektrycznego, gęstość mocy oraz SAR= tempo pochłaniania właściwego. Definicja i jednostki.
 - Równania Maxwella, siła Lorentza
 - Zjawisko indukcji elektromagnetycznej (prawo Faraday'a), reguła Lenza, prądy wirowe
 - Czym jest klatka Faradaya i jakie ma zastosowanie w życiu codziennym.

Zagadnienia uzupełniające (dodatkowo obowiązujące na kolokwium):

1. Co to jest pole elektromagnetyczne (pole-EM)? Kiedy mamy do czynienia z promieniowaniem elektromagnetycznym? Uwzględnij długość fali i odległość od źródła.
2. Naturalne i sztuczne źródła pola-EM. Pole geomagnetyczne.
3. Ocena ekspozycji na pole-EM. Normy i limity.
4. Wykorzystanie pole-EM w terapii i diagnostyce medycznej.
 - Podaj przykłady metod diagnostycznych i terapeutycznych stosowanych wykorzystujące pole magnetyczne lub/i elektromagnetyczne (zastosowanie z uwzględnieniem **parametrów PEM**, tj. częstotliwość, indukcja magnetyczna oraz zastosowanie).
 - Dlaczego metalowe elementy w ciele pacjenta są przeciwwskazaniem do badania z wykorzystaniem tomografii rezonansu magnetycznego (NIE CHODZI (!) o „obniżenie wartości diagnostycznej uzyskanego obrazu”, chodzi o zjawiska fizyczne)? Odpowiedź uzasadnij w oparciu o obserwacje z doświadczenia „V Zjawisko indukcji elektromagnetycznej”.
5. Promieniowanie jonizujące- definicja, jednostki, dozymetria, źródła
 - Co to jest dozymetria?
 - Podaj przykłady naturalnych źródeł promieniowania jonizującego.
 - Jakie wartości promieniowania jonizującego występują w środowisku naturalnym a jakie towarzyszą nam np. w czasie lotu samolotem, wykonywania zdjęcia RTG oraz badania tomografem komputerowym? Jakie wartości stanowią zagrożenie dla zdrowia i życia.

UWAGA:

Do Państwa dyspozycji oddane są **profesjonalne** mierniki. Prosimy o ostrożne i przemyślane użytkowanie.

- **Najpierw czytamy instrukcję pomiarów a następnie włączamy źródło pola-EM i miernik** (bezpośrednio po wykonaniu pomiarów **wyłączamy źródło pole-EM oraz miernik**).
- Zmierzone wartości **zależą** od ustawienia "czujnika" miernika względem źródła (linii pola magnetycznego).
- Pomiary wykonujemy **po ZBLIŻENIU** (nie dotknięciu!) miernika do źródła.
- **Nie wolno poruszać** miernikiem w czasie pomiaru.
- Pomiary powtarzamy zmieniając ustawienie (**sprawdzamy każdą płaszczyznę** położenia) miernika względem źródła.
- Notuj zawsze **wartość maksymalną**.

Część I -Wzbudnik pola magnetycznego (cewka)

W tej części zadania wykorzystany zostanie zestaw, w którym pole-EM (50 Hz) generowane jest przez solenoid- aplikator o średnicy 20 cm wykorzystywany w magnetoterapii oraz układu zasilającego (50 Hz) (ryc. 1.)



Ryc. 1. Zestaw doświadczalny: cewka o średnicy 20 cm - (C), autotransformator, którym regulujemy wielkość napięcia zasilającego cewkę (A) oraz miernik uniwersalny (M), którym mierzymy wartość natężenia prądu elektrycznego płynącego przez uzwojenia cewki.

Cewka (solenoid) - stanowi wiele zwojów przewodnika nawiniętych jeden obok drugiego i w takiej liczbie, że jego długość jest znacznie większa od średnicy. Służy do generowania jednorodnego (takie samo co do wartości i kierunku) pola (elektro)magnetycznego.

Pole magnetyczne wewnątrz solenoidu jest proporcjonalne do natężenia prądu (I) i gęstości zwojów solenoidu (n/d). Można je wyznaczyć wykorzystując prawo Ampere'a, które dla solenoidu przyjmuje postać uproszczoną:

$$H \approx \frac{nI}{L}$$

Gdzie H – natężenie pola magnetycznego [A/m]; n – liczba zwojów, L – długość solenoidu [m]; I – natężenie prądu płynącego przez cewkę [A]

W wyniku oddziaływania pola magnetycznego, wytworzonego przez prąd płynący w cewce, z ośrodkiem w materiale wypełniającym cewkę indukuje się pole opisywane wektorem indukcji magnetycznej $B = \mu\mu_0 H$

$$B \approx \mu\mu_0 \frac{nI}{L}$$

gdzie $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T}\cdot\text{m/A}$ oznacza przenikalność magnetyczną próżni; μ - względny współczynnik przenikalności magnetycznej ośrodka – wielkość niemianowana

Obliczenie indukcji magnetycznej w cewce rzeczywistej jest praktycznie bardzo trudne, gdyż na wartość indukcji magnetycznej ma wpływ nie tylko geometria układu, ale i rzeczywiste właściwości ośrodka wypełniającego cewkę.

Dla przedstawienia ogólnej zależności oraz uproszczenia pomiarów można założyć stałość oporu drutu nawojowego. Wtedy, wykorzystując prawo Ohma pomiary można ograniczyć do mierzenia napięcia zasilającego cewkę.

Pomiary pola-EM (50 Hz) wykonane zostaną miernikiem **EMF-827 Lutron**.

UWAGA:

Ustawiając zasilanie-napięcie na autotransformatorze, **nie przekraczaj wartości 3 A** (kontroluj wartości wyświetlane na amperomierzu- oznaczony jako M-ryc.1.)!

II A. Zależność wartości pola magnetycznego od natężenia płynącego prądu

Przy pomocy miernika/testera pola-EM należy wyznaczyć **zależność między natężeniem prądu płynącego przez solenoid a wartością generowanego pola-EM**. Pomiar pozwoli doświadczalnie wykazać, że wartość pola-EM zależy właśnie od natężenia prądu. Świadomość takiej zależności z kolei pozwala na wstępną ocenę „poziomu ekspozycji na pola-EM” w otoczeniu potencjalnych źródeł.

1. Pomiar natężenia prądu przeprowadzić przy pomocy miernika uniwersalnego (**ustawić zakres pomiarowy miernika na AC/~20A (lub ~10A)**).
2. Tester umieścić w stałej odległości względem cewki, zgodnie z kierunkiem linii pola magnetycznego (Ryc. 2.).



Ryc. 2. Ocena zależności wartości pola magnetycznego od natężenia prądu

Odczytaj wartości indukcji magnetycznej z wyświetlacza testera pola-EM dla odpowiednich wartości natężenia prądu płynącego przez uzwojenie cewki. Zależność dla **min 5 pomiarów** przedstaw na **wykresie**. Podaj **wnioski** na podstawie uzyskanych wyników.

II B. Zależność pola magnetycznego od odległości od źródła

Przy pomocy miernika/testera pola-EM wyznacz **zależność wartości indukcji magnetycznej od odległości od solenoidu**. Pomiar pozwoli doświadczalnie wykazać, że wartość pola-EM „szybko maleje” wraz z odległością od źródła. Świadomość takiej zależności również pozwala na racjonalną i wstępną ocenę „poziomu ekspozycji na pola-EM” w otoczeniu potencjalnych źródeł.



Ryc. 3. Ocena zależności pola magnetycznego od odległości od źródła

1. Wykonaj pomiary wartości indukcji magnetycznej dla 5 różnych odległości (np. co 5 cm) od płaszczyzny solenoidu (Ryc.3.).
2. Pomiary powtórz dla trzech wartości natężenia prądu płynącego w cewce: 1 A, 2 A i 3 A. Zależności przedstaw na wykresie.

Uwaga:

jeśli wyniki na mierniku „skaczą” wybieramy wartość w okolicach średniej.
Na wykresie **punktów nie łączymy** tylko prowadzimy tzw. linię trendu.

CZĘŚĆ II – „Domowe” źródła pola elektromagnetycznego

W tym zadaniu wykorzystaj miernik **EMF-827 Lutron**. Przed przystąpieniem do pomiarów zapoznaj się z dołączoną instrukcją obsługi.

1. Mając do dyspozycji różne źródła pola-EM (50 Hz) **sporządź tabelę** (Tab. 1 w karcie odpowiedzi) przedstawiającą wartości natężenia pola elektromagnetycznego, prądu oraz napięcia zasilającego w wybranych urządzeniach (parametry elektryczne można odczytać z tabliczek informacyjnych znajdujących się na odbiornikach energii elektrycznej lub w instrukcjach obsługi tych urządzeń)
2. Zmierz wartości emitowanego pola-EM wokół badanych urządzeń i przewodów zasilających. Zapisz zmierzone wartości maksymalne.

Przykładowe źródła pola-EM (50 Hz):

- lampka (75 W),

- kuchenka mikrofalowa- „ZASILANIE” (dla ustawienia $P_{\max}=800$ W, sprawdź wartości pola-EM przy kablu zasilającym i magnetronie),
- czajnik elektryczny

III- Pomiary składowej elektrycznej pola-EM z zakresu radiowego

W tej części wykorzystany zostanie miernik **TENMARS TM-196** (ryc.4a). M-196 jest przeznaczony do pomiaru i monitorowania częstotliwości radiowych (RF) natężenia pola elektrycznego (mV/m, V/m) dla zakresu częstotliwości **10 MHz ÷ 8 GHz**. Miernik przelicza wyniki pomiarów na natężenie pola magnetycznego ($\mu\text{A/m}$, mA/m) oraz gęstości mocy ($\mu\text{W/m}^2$, mW/m², $\mu\text{W/cm}^2$).

UWAGA:

Miernik automatycznie dobiera zakres pomiarowy. Należy za każdym razem sprawdzić jednostkę (czy miernik mierzy w mV/m czy V/m).

1. Pomiar PEM (składowej elektrycznej) pochodzącego od **krótkofalówki- Walkie Talkie CB Style Original NS-881** (ryc.4b)



Ryc.4. Urządzenia wykorzystywane w pomiarach składowej elektrycznej PEM z zakresu radiowego: miernik TENMARS TM-196 (A), krótkofalówki- Walkie Talkie CB (B)

Krótkofalówki (popularne w latach 90tych) pozwalały na komunikację osób niewiele oddalonych od siebie, według producenta około 50 metrów. Jakość odbioru odbiegała od doskonałości, jednak musimy sobie uzmysłwić, że w tamtych czasach wszystko co nie potrzebowało kabla, aby ze sobą porozmawiać budziło podziw. Walkie Talkie działają na częstotliwości **27 MHz** i zasilane są bateriami 9 V.

2. **Światłówka jest również** źródłem pola-EM o częstotliwości **22 – 45 kHz**. Emitowane przez nią pole magnetyczne jest bardzo słabe, ale za to natężenie pole elektrycznego osiąga 20 – 30 V/m. Sprawdź wartości pola elektrycznego wokół światłówki dostępnej na pracowni.
3. **Kuchenka mikrofalowa** (emisja mikrofal)

- a) Sprawdź czy dostępna na pracowni kuchenka „przecieka”: porównaj wartości zmierzone w okolicy szyby w drzwiach i metalowej obudowy.
- b) Sprawdź jak zmienia się wartość zmierzona przy szybie z odległością: porównaj wartość zmierzoną w odległości 0 i 20 cm od szyby (zachowaj to samo ułożenie sondy)

Parametry elektryczne oraz zmierzone wartości pola-EM dla powyższych urządzeń umieść dodatkowo w Tabeli 1.

IV- Promieniowanie jonizujące

Za pomocą licznika dozymetru TERRA-P zmierz wartość promieniowania w otoczeniu tzw. tła.

V- Zjawisko indukcji elektromagnetycznej

1. W tej części zadania wykorzystany zostanie zestaw składający się z trzech rurek (miedzianej, aluminiowej, plastikowej) o jednakowych średnicach, magnesu neodymowego oraz pręcika niemagnetycznego wykonanego z mosiądzu. Pręcik i magnes mają takie same wymiary.
2. Zmierz czasu przelotu magnesu oraz mosiężnego pręcika przez rurki wykonane z różnych materiałów. Podaj wyniki i ich interpretację (jakie zjawiska zachodzą i jaki to może mieć związek z badaniem tomografią rezonansu magnetycznego (nie chodzi o „zakłócenia”!)).

VI – Magnesowanie ciał

UWAGA: żaden miernik nie może znajdować się w pobliżu cewki w trakcie tego doświadczenia

1. OSTROŻNIE sprawdź efekty oddziaływania silnego pola-EM generowanego (powoli (!) ustaw wartość na autotransformatorze: $U=200\text{ V}$) w cewce z dostępnymi w przedmiotami metalowymi (np. pęseta, magnes neodymowy na sznurku)
2. Przez pocieranie silnym magnesem neodymowym namagnetyzuj pęsetę. Efekt namagnesowania sprawdź wkładając pęsetę do pojemnika z gwoździkami lub śrubkami. Następnie włóż, trzymając w dłoni, pęsetę na chwilę do cewki generującej silne pola (powoli (!) ustaw wartość na autotransformatorze: $U=200\text{ V}$) i powtórnie sprawdź jej namagnesowanie. Zapisz obserwację, w raporcie wyjaśnij obserwowane zjawiska

Literatura:

Fizyka dla szkół wyższych. Tom 2, Rozdz. 11-13, 16. <https://openstax.org>