

ĆWICZENIE NR 4

ZAKŁÓCENIA ELEKTRYCZNE W APARATURZE ELEKTROMEDYCZNEJ

Cel ćwiczenia

Identyfikacja zakłóceń generowanych przez otoczenie i przez aparaturę elektryczną oraz elektromedyczną. Badanie wpływu zakłóceń na działanie aparatury elektromedyczej.

Program ćwiczenia

1. Identyfikacja aktualnie pracujących w otoczeniu urządzeń - źródeł zakłóceń.
2. Pomiar zakłóceń generowanych do sieci przez wskazane urządzenie elektryczne.
3. Określenie rodzaju oraz pomiar poziomu zakłóceń wysyłanych przez urządzenie Terapuls. Określenie warunków, w jakich zakłócenia te będą wpływały na pracujące w pobliżu inne urządzenia elektromedycjne.

Aparatura

- miernik zakłóceń NLMZ-4/50
- sonda magnetyczna SM – 600
- sonda elektryczna SE – 600
- sztuczna sieć NSMZ-5/50
- miernik zakłóceń LMZ-4/50
- zespół anten AMZ-3A/50
- miernik pola EMF-822 Field Tester
- nanowoltomierz selektywny typ 237
- cewka identyfikacyjna

Problemy

1. Charakterystyka sygnałów elektromedycznych na tle zakłóceń. Wpływ zakłóceń w szerokim paśmie częstotliwości na jakość odbioru sygnałów biologicznych.
2. Charakterystyka norm dotyczących zakłóceń.
3. Warunki pomiaru zakłóceń i zakres ich wykorzystania.
4. Funkcja sztucznej sieci.
5. Zakłócenie jako zagrożenie bezpieczeństwa pacjenta.
6. Zakłóceniami wymagania stawiane współpracującej aparaturze elektromedyczej oraz pomieszczeniom, w których instalowana jest ta aparatura.
7. Zasada działania wzmacniacza EKG ze sterowaniem na prawą nogę.

Literatura

1. Ellis N., Electrical interference handbook. Oxford, Newnes, 1998.
2. Meyer-Waarden K., Wprowadzenie do biologicznej i medyczej techniki pomiarowej. WKŁ Warszawa 1980.

3. Norma – Przemysłowe zakłócenia radioelektryczne. Urządzenia w.cz. do celów przemysłowych, medycznych, naukowych i pokrewnych. PN-EN 55011:1997.
4. Ott H.W., Metody redukcji zakłóceń i szumów w układach elektronicznych. WNT Warszawa 1979.
5. Pławiak-Mowna A., Badania interferencji elektromagnetycznych występujących w obszarze kardiostymulatora. II Konferencja Krajowa KNWS, 2005, s. 155-160.
6. Widera M., Wróbel J., Horoba K. i in.: Filtracja zakłóceń w strumieniowym systemie przetwarzania sygnałów. W: Współczesne problemy sieci Komputerowych, red. Węgrzyn S. i in., WNT Warszawa, 2004, s. 367-377.
7. Wtorek J., Bezpieczny sprzęt elektromedyczny. Politechnika Gdańska (strona internetowa).

Pytania

1. Określić relację częstotliwościową między sygnałami biologicznymi i zakłóceniami zewnętrznymi.
2. Podać źródła artefaktów technicznych i fizjologicznych w pomiarach medycznych.
3. Wymienić rodzaje i drogi rozchodzenia się zakłóceń elektromagnetycznych.
4. Podać sposoby ochrony urządzeń przed zakłóceniami elektromagnetycznymi.
5. Wyjaśnić, co to jest CMRR i jak się go wyznacza. Podać, jaką wartością tego współczynnika powinien charakteryzować się wzmacniacz biologiczny. Podać, jakie wymagania muszą być spełnione, aby wzmacniacz różnicowy charakteryzował się maksymalną wartością CMRR.
6. Narysować wzmacniacz różnicowy i podać drogę przechodzenia sygnału użytecznego oraz drogę przechodzenia sygnału zakłócającego.
7. Naszkicować rozkład linii sił pola elektrostatycznego, elektrycznego oraz magnetycznego w otoczeniu monitora komputerowego.

Ogólna charakterystyka zakłóceń w aparaturze elektromedycznej

Zakłócenia elektromagnetyczne stanowią poważne utrudnienie przy obserwacji sygnałów biologicznych. Amplitudy sygnałów zakłócających mają wartości od ułamków mikrowoltów do dziesiątków miliwoltów, a często znacznie więcej. Częstotliwość jest stosunkowo niska i obejmuje pasmo od ułamków herców do kilkunastu kHz. Poziom sygnałów biologicznych jest porównywalny z poziomem zakłóceń, a często zakłócenia znacznie przewyższają sygnały użyteczne.

Nałożenie się sygnału zakłócającego o amplitudzie porównywalnej, a nawet niższej od amplitudy sygnału użytecznego na ten sygnał powoduje znaczne jego zniekształcenia określone mianem **artefaktów**. Powoduje to w efekcie zmianę kształtu i wartości parametrów badanego sygnału biologicznego.

Artefakty towarzyszące działającej aparaturze elektromedycznej mogą być:

- fizjologiczne
- techniczne.

Artefaktem fizjologicznym jest każdy potencjał, który jest wytworzony przez inny niż aktualnie badany układ biologiczny. I tak, podczas rejestracji potencjałów czynnościowych serca zakłócający wpływ mają potencjały generowane przez mięśnie oddechowe lub mięśnie kończyn. Natomiast przy rejestracji potencjałów czynnościowych mózgu zakłócający wpływ mają mięśnie twarzy (podczas ruchu gałek ocznych, podczas duchów mimicznych).

Zakłócenia techniczne można ogólnie podzielić na dwie grupy: zewnętrzne i wewnętrzne w stosunku do aparatury, na którą mogą wpływać.

Zakłócenia zewnętrzne pochodzą zwykle z następujących źródeł:

- z otaczającej przestrzeni, tj. od pracujących w otoczeniu urządzeń elektrycznych, powodując:
 - ✓ wyindukowanie się prądów zakłócających w przewodach doprowadzających sygnały użyteczne,
 - ✓ powstanie napięć zakłócających w miejscu połączenia elektroda-skóra,
 - ✓ powstanie zakłóceń na pacjencie, który jest potencjalną anteną odbiorczą zakłóceń z otoczenia (poprzez pojemności rozproszone), szczególnie od wszelkich urządzeń zasilanych z linii energetycznej,
- bezpośrednio z linii energetycznych, po których przenoszą się zakłócenia od innych urządzeń tej samej sieci.

Najbardziej typowy jest sygnał zakłócający o częstotliwości 50 Hz. Amplituda jego znacznie przewyższa amplitudę sygnałów biologicznych uniemożliwiając ich obserwację. Dlatego jednym z podstawowych bloków każdego urządzenia służącego do badania sygnałów biologicznych jest filtr wycinający 50 Hz. Służy on do oddzielenia zakłóceń sieciowych od sygnału użytecznego.

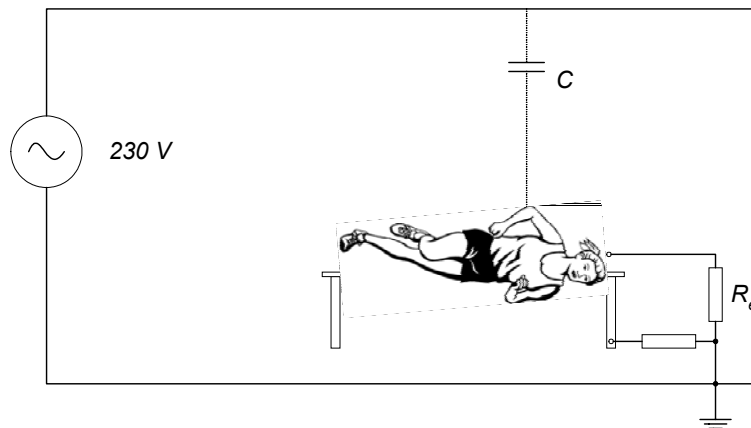
Oprócz zakłóceń sieciowych, których źródłem jest linia zasilająca 230 V/50 Hz mogą wystąpić zakłócenia o innych częstotliwościach, generowane przez różnego typu urządzenia elektryczne pracujące w pobliżu źródeł sygnałów biologicznych. Z tego powodu istotna jest znajomość emisji zakłóceń różnych urządzeń pracujących w otoczeniu pacjenta.

Zakłócenia wewnętrzne występują bezpośrednio w danym urządzeniu elektromedycznym i mogą być spowodowane:

- szumami użytych elementów elektronicznych,
- zakłócającym wpływem współpracujących bloków urządzenia.

Zakłócający wpływ urządzeń pracujących w otoczeniu pacjenta

Pracujące urządzenia elektryczne przyczyniają się do wygenerowania zakłóceń o częstotliwościach, które wynikają z trybu pracy tych urządzeń (np. elektrostymulatory). Rozprowadzenia sieci zasilającej 230 V / 50 Hz (rozkład przewodów w pomieszczeniach) i kabli doprowadzających sieć do urządzeń stanowią, wraz z pojemnościami rozproszonymi, układ przenikania tych zakłóceń do obiektu, jakim jest pacjent (rys. 1).



Rys. 1. Źródło powstawania zakłóceń sieciowych (50 Hz) na pacjencie. C – pojemność rozproszenia między instalacją elektryczną a pacjentem uziemionym elektrodą o rezystancji R_e

Pojemność rozproszenia może być znaczna (rzędu kilku do kilkuset pF). Powstałe tu zakłócenia są często porównywalne z użytecznymi biopotencjami (które dla EKG i EMG są rzędu kilku mV, zaś dla EEG - kilkuset μ V), a nawet mogą znacznie je przewyższać.

Przykład źródeł zakłóceń:

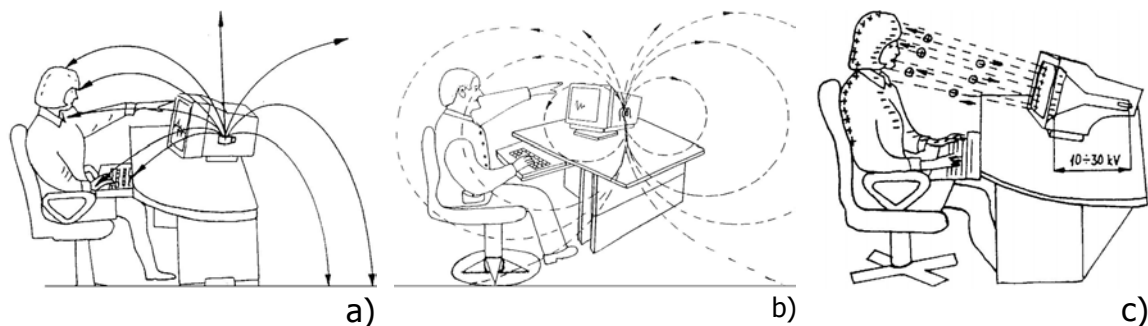
- nakładanie się prądu sieciowego na krzywą EKG,
- pracujące w pobliżu urządzenia elektryczne,
- niewłaściwie uziemiony elektryczny sprzęt do obciążania wysiłkiem,
- niedostateczne przygotowanie skóry, powodujące zwiększenie rezystancji elektroda-skóra,
- sucha lub zanieczyszczona elektroda, powodujące zwiększenie rezystancji elektroda-skóra,
- dotykanie ściany lub metalowych przedmiotów przez pacjenta w czasie jego pomiarów.

Niektóre czynniki fizyczne towarzyszące działaniu monitorów

Monitor komputerowy lub kardiomonitor to urządzenia, które towarzyszą pracy zarówno inżyniera jak i lekarza. Działanie monitora nie zakłóca pracy większości urządzeń elektromedycznych. Jednak jego pole magnetyczne może zakłócać pracę rozrusznika serca.

W otoczeniu monitora zaobserwować można następujące zjawiska (rys. 2):

1. Pole elektromagnetyczne zmienne (ELF i VLF):
 - a) 45 Hz ÷ 90 Hz ELF – krańcowo małe częstotliwości;
 - b) częstotliwości będące w zakresie 50 Hz ÷ 100 Hz pochodzą od zasilacza 50 Hz i od układu odchylenia pionowego wiązki elektronów,
 - c) 15 Hz ÷ 45 kHz VLF – bardzo małe częstotliwości;
 - d) częstotliwości leżące w zakresie 31 Hz ÷ 48,4 kHz pochodzą od transformatora i od cewek odchylenia poziomego wiązki elektronów.



Rys. 2. a) układ pola elektrycznego w otoczeniu monitora komputerowego, b) układ linii pola magnetycznego w otoczeniu monitora komputerowego, c) schemat ilustrujący powstanie pola elektrostatycznego w wyniku ruchu jonów ujemnych i dodatnich w tym polu

2. Pole elektrostatyczne (ES) wynika z dodatnio naładowanego ekranu monitora i występuje pomiędzy ekranem i ciałem operatora. Ładunki dodatnie ekranu wpływają na zmianę ilości jonów powietrza (głównie jonów ujemnych) na stanowisku operatora (rys. 2).
3. Promieniowanie X pochodzi od układu wysokiego napięcia, ale wskazuje bardzo słabe natężenie o wartościach wykrywalnych w odległości do 5 cm przed ekranem.

Badania epidemiologiczne i wyniki obserwacji długotrwałego oddziaływania pola elektromagnetycznego małej częstotliwości wskazują na możliwość wpływu tego pola na rozwój różnego rodzaju chorób. Jeśli częstotliwość tak generowanych sygnałów pokryje się z pasmem działania organizmu ludzkiego to procesy bioelektryczne zachodzące w organizmie mogą zostać zaburzone tym silniej ile większe jest natężenie pola zakłócającego i im dłuższy jest czas jego oddziaływania.

Typowymi źródłami takiego pola są różnego rodzaju urządzenia elektryczne (zasilanie sieciowe często wymaga obecności transformatora), który jest źródłem pola magnetycznego o częstotliwości sieci), a szczególnie monitory komputerowe i kardiomonitory (z lampą elektropromieniową).

W zakresie małych częstotliwości charakter oddziaływania składowej elektrycznej i składowej magnetycznej pola elektromagnetycznego na człowieka jest różny.

Zakres małych częstotliwości zwykle dzieli się na dwa podzakresy:

- I - ekstremalnie małe częstotliwości (ang. skrót ELF) obejmujące pasmo 5 Hz ÷ 2 kHz
- II - bardzo małe częstotliwości (ang. skrót VLF) obejmujące pasmo 2 kHz do 400 kHz.