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 elektromedycznej.

Część 4.1.

Badanie pola zakłóceń występujących w otoczeniu pracujących urządzeń medycznych i niemedycznych

4.1.1. Identyfikacja tła pola zakłóceń występujących w otoczeniu przy braku pracujących urządzeń.
4.1.2. Identyfikacja aktualnie pracujących w otoczeniu urządzeń – potencjalnych źródeł zakłóceń.
4.1.3. Badanie rozkładu pola elektromagnetycznego wokół różnego rodzaju monitorów.

Część 4.2.

Urządzenie do terapii polem magnetycznym w.cz. jako źródło zakłóceń emitowanych i przewodzonych

4.2.1. Określenie rodzaju zakłóceń oraz pomiar poziomu zakłóceń wysyłanych przez urządzenie do diatermii krótkofalowej.
4.2.2. Określenie warunków, w jakich zakłócenia te będą wpływały na pracujące w pobliżu inne urządzenia elektromedyczne i niemedyczne.
4.2.3. Pomiar zakłóceń generowanych do sieci przez urządzenie do diatermii krótkofalowej.

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
- tester pola EMF-822
- 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. Źródła zakłóceń przewodzonych i emitowanych.
3. Drogi rozchodzenia się zakłóceń elektromagnetycznych.
4. Podać źródła artefaktów technicznych i fizjologicznych w pomiarach medycznych
5. Charakterystyka norm dotyczących zakłóceń.
6. Warunki pomiaru zakłóceń i zakres ich wykorzystania.
7. Funkcja sztucznej sieci.
8. Zakłócenie jako zagrożenie bezpieczeństwa pacjenta używającego aparaturę elektromedyczną.
9. Zakłóceniowe wymagania stawiane współpracującej aparaturze elektromedycznej oraz pomieszczeniom, w których instalowana jest ta aparatura.
10. Sposoby ochrony urządzeń przed zakłóceniami elektromagnetycznymi.

Literatura

1. Ellis N.: Electrical interference handbook. Oxford, Newnes, 1998.
2. Hasse L. i in.: Zakłócenia w aparaturze elektronicznej. Radioelektronik sp z o.o. Warszawa 1995.
3. Norma – Przemysłowe zakłócenia radioelektryczne. Urządzenia w.cz. do celów przemysłowych, medycznych, naukowych i pokrewnych. PN-EN 55011:1997.
4. Pławiak-Mowna A.: Badania interferencji elektromagnetycznych występujących w obszarze kardiostymulatora. II Konferencja Krajowa KNWS, 2005, s. 155-160.

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.

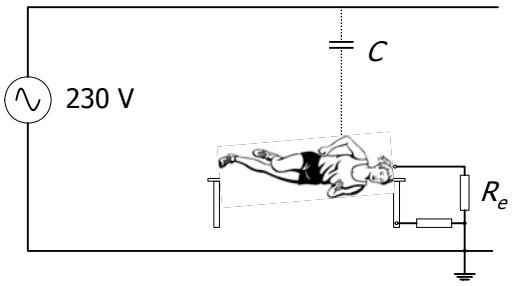
Oprócz zakłóceń sieciowych, których źródłem jest linia zasilająca 230 V/50 Hz mogą wystąpić zakłócenia o innych częstotliwościach, generowane przez różnego typu urządzenia elektryczne pracujące w pobliżu źródeł sygnałów biologicznych. Z tego powodu istotna jest znajomość emisji zakłóceń różnych urządzeń 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 biopotencjałami (które dla EKG i EMG są rzędu kilku mV, zaś dla EEG – kilkuset μV), a nawet mogą znacznie je przewyższać.

Przykład źródeł zakłóceń oraz przyczyny ich pojawienia się:

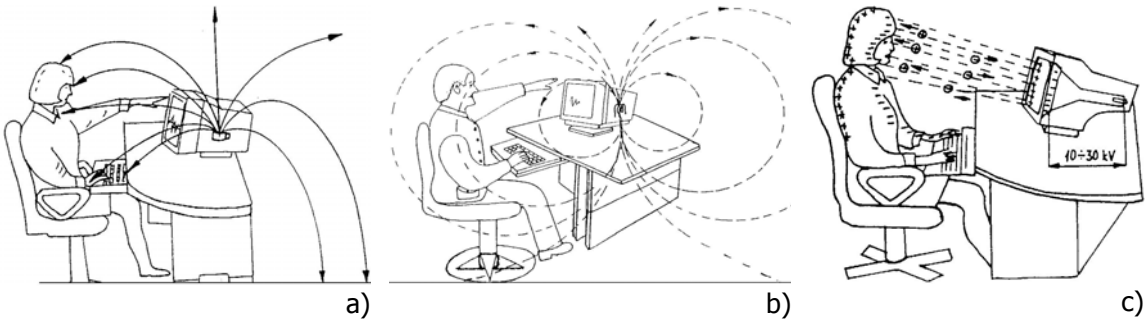
- nakładanie się prądu sieciowego na krzywą EKG,
- pracujące w pobliżu urządzenia elektryczne,
- niewłaściwie uziemiony elektryczny sprzęt do obciążania wysiłkiem,
- niedostateczne przygotowanie skóry, powodujące zwiększenie rezystancji elektroda-skóra,
- sucha lub zanieczyszczona elektroda, powodujące 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 ÷ 100) Hz pochodzą od zasilacza 50 Hz i od układu odchylania 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 odchylania poziomego wiązki elektronów.



Rys. 2. Monitor komputerowy (typu kineskopowego): 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 procesu 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.

Pomiar zakłóceń

Dwa typy zakłóceń emitowane z/do otoczenia (drogą promieniowania) oraz przewodzone mierzone są za pomocą woltomierza selektywnego. Do identyfikacji zakłóceń emitowanych są stosowane odpowiednie czujniki składowej elektrycznej lub składowej magnetycznej. Dla zakłóceń o niskich częstotliwościach (do ok. 100 kHz) stosuje się sondy o niewielkich rozmiarach. Wysokie częstotliwości (powyżej 100 kHz) wymagają stosowania anten znacznych rozmiarów: anteny ramowej do identyfikacji składowej magnetycznej, a do identyfikacji składowej magnetycznej – anteny prętowej. Współpracujący miernik wyskalowany jest on najczęściej w wartości skutecznej.

Specjalnego układu pomiarowego wymaga pomiar zakłóceń przewodzonych. Tego typu sygnały i w taki sposób wytwarzają aparaty, które pracują impulsowo przełączając znaczne moce. Do takich właśnie zaliczane jest urządzenie do terapii polem magnetycznym w.cz. – terapuls GS-200. Wytwarza on sygnał o częstotliwości 27,12 MHz i o mocy w impulsie dochodzącej nawet do 1 kW. Aby uchwycić zakłócenia jakie przesyła on do sieci, z jakiej jest zasilany, podłącza się go do specjalnego układu zwanego sztuczną siecią.

Sztuczna sieć służy do znormalizowania parametrów rzeczywistej sieci zasilającej. Spełnia ona trzy funkcje:

1. tłumi zakłócenia przenikające z rzeczywistej sieci zasilającej do badanego urządzenia,
2. tłumi zakłócenia przenikające z urządzenia badanego do sieci zasilającej,
3. oddziela wejścia miernika zakłóceń od napięcia zasilającego.

Wynika stąd, że sztuczną sieć stanowią dwa typy filtrów: przepustowy i zaporowy. To równocześnie oznacza, że sztuczną sieć będzie charakteryzować częstotliwościowy zakres pracy, tak samo jak współpracujący z tą siecią miernik zakłóceń.