

Laboratorium Elektroniczna Aparatura Medyczna

Ćwiczenie „Stymulatory”

Opracowała

- mgr inż. Edyta Jakubowska

Zakład Inżynierii Biomedycznej
Instytut Metrologii i Inżynierii Biomedycznej
Wydział Mechatroniki Politechniki Warszawskiej

Warszawa 2009



1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z budową i działaniem:

- stymulatorów implantowanych zasilanych na zasadzie przekazywania energii z zewnątrz drogą sprzężenia indukcyjnego obwodów elektrycznych (zewnętrznego-wzbudzającego i wewnętrznego-odbiorczego) przeznaczonych do stymulacji rdzenia kręgowego, nerwów obwodowych oraz mięśnia organizmu człowieka
- stymulatora elektrycznego zewnętrznego stosowanego w diagnostyce i terapii

Program przewiduje badania techniczne stymulatorów.

2. Wymagane wiadomości

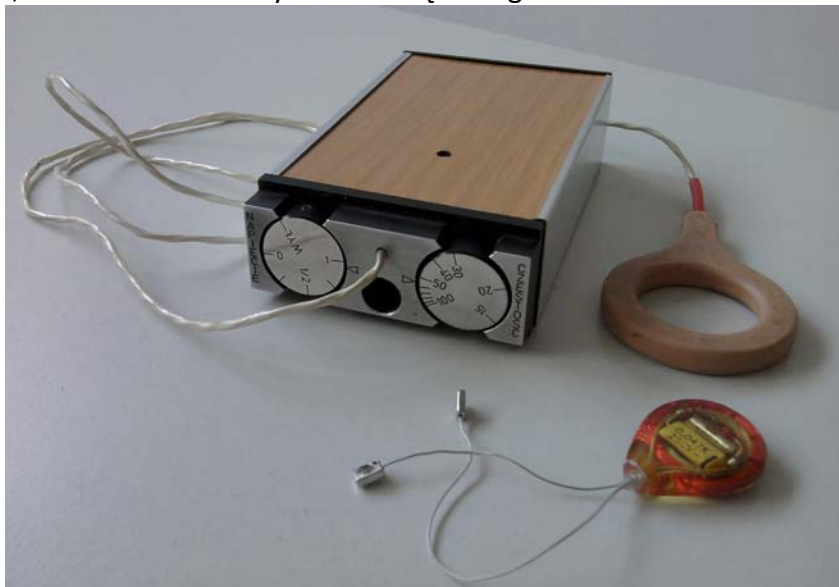
- Parametry impulsów elektrycznych stosowanych do stymulacji (kształt, czas trwania, czas narastania, czas opadania, czas przerwy, reobaza, chronaksja, współczynnik akomodacji itp.)
- Mechanizm pobudzenia i wymagania medyczne stymulacji mięśni zdrowych i uszkodzonych (selektywne działanie prądu, wymagana amplituda impulsu, czas narastania, kształt)
- Techniki stymulacji (dwuelektrodowa, jednobiegunowa)
- Rodzaje prądów stosowanych do stymulacji (prąd stały, impulsowy, prądy diadynamiczne, neofaradyczne, Träberta, stymulacja parami impulsów, itp.)
- Wykorzystanie prądu impulsowego i stałego do stymulacji (galwanizacja, jonoforeza, elektroliza itp.)
- Rodzaje stymulatorów stosowanych w kardiologii i ich konstrukcja (stymulatory implantowane o rytmie: sztywnym, sterowane rytmem komór, sterowane rytmem przedsionków, „na żądanie”)
- Zasada działania stymulatorów implantowanych SIS-1 i SKT-1, znajomość schematu blokowego części nadawczej tych urządzeń

3. Aparatura

- Stymulator SIS–1.
- Stymulator STK–1.
- Aparat do terapii prądem stałym i prądami niskiej częstotliwości STYMAT S-120
- Aparat do terapii prądami impulsowymi (Bernarda) i galwanicznymi STYMAT S-210
- Oscyloskop OS – 352
- Rezystory dekadowe
- Uniwersalny częstotściomierz/czasomierz PFL–20
- Miernik uniwersalny

Stymulator SIS-1

Aparat SIS–1 jest stymulatorem implantowanym stosowanym do stymulacji rdzenia kręgowego, nerwów obwodowych oraz mięśni organizmu człowieka.



Fot.1. Stymulator SIS-1

Dane techniczne:

- Regulacja napięcia w granicach 0–40 V.
- Regulacja częstotliwości 20–100Hz.
- Napięcie zasilające 9V

Stymulator STK-1

Aparat STK–1 jest stymulatorem implantowanym stosowanym do stymulacji rdzenia kręgowego, nerwów obwodowych oraz mięśni organizmu człowieka.



Fot.2. Stymulator SKT-1

Dane techniczne:

- Regulacja napięcia w granicach 0-34 V.
- Regulacja częstotliwości w granicach 0-100Hz.
- Regulacja czasu trwania.
- System zmian sygnałów stymulujących (prostokątny, trójkątny, sinusoidalny).

Stymulator STYMAT S-120

Aparat STYMAT S-120 jest uniwersalnym stymulatorem stosowanym w terapii i diagnostyce prądami impulsowymi prostokątnymi i trójkątnymi oraz prądem galwanicznym. Możliwość programowania parametrów prądów w bardzo szerokich granicach pozwala na realizację praktycznie wszystkich stosowanych w medycynie rodzajów stymulacji.



Fot.3. Stymulator S-120

Dane techniczne:

Prąd w obwodzie pacjenta - regulacja płynna w trzech zakresach:

- 0 ÷ 1 mA
- 0 ÷ 10 mA
- 0 ÷ 100 mA

Rodzaje prądów wytwarzanych przez aparat;

- Prąd impulsowy regulowany płynnie od trójkąta poprzez trapez do prostokąta, o czasach trwania impulsu i przerwy regulowanych niezależnie w pięciu podzakresach.
- Prąd prostokątny T (Träberta) o czasach $t_i = 2$ ms, $t_p = 5$ ms
- Prąd trójkątny NF (neofaradyczny) o czasach $t_i = 1$ ms, $t_p = 19$ ms
- Prądy impulsowe jak w a), b), c) modulowane przebiegiem o kształcie prostokątnym lub trapezowym i czasach trwania impulsu i przerwy regulowanych niezależnie w pięciu podzakresach.
- Pojedynczy impuls o czasie trwania i kształcie jak w punkcie a) wyzwalany;
 - bez zwłoki;

- ze zwłoką równą nastawionej przerwie
- f) Grupa impulsów o czasie trwania i kształcie jak w punkcie d) wyzwalana:
 - bez zwłoki;
 - ze zwłoką równą nastawionej przerwie.
- g) Prąd galwaniczny.
- h) Prąd impulsowy i galwaniczny jednocześnie.

Pomiar wartości średniej i szczytowej prądu pacjenta.

Szybki układ zabezpieczenia pacjenta przed niekontrolowanym przepływem prądu.

Aparat jest wykonany w II klasie ochrony przeciwporażeniowej typu BF.

Stymulator STYMAT S-210

Aparat do terapii prądami Bernarda STYMAT S-210 wytwarza prądy małej częstotliwości i prąd galwaniczny, wykorzystywane do leczenia chorób układu nerwowego oraz mięśni. Aparaty tego typu znalazły zastosowanie w leczeniu nerwobólów, stanów zapalnych i pourazowych, żylaków, migren, przykurczy i niedowładów mięśniowych oraz w przeprowadzaniu elektrogimnastyki. Mogą być również wykorzystywane do przeprowadzania jontoforezy, elektroforezy i elektrolizy.



Fot.4. Stymulator S-210

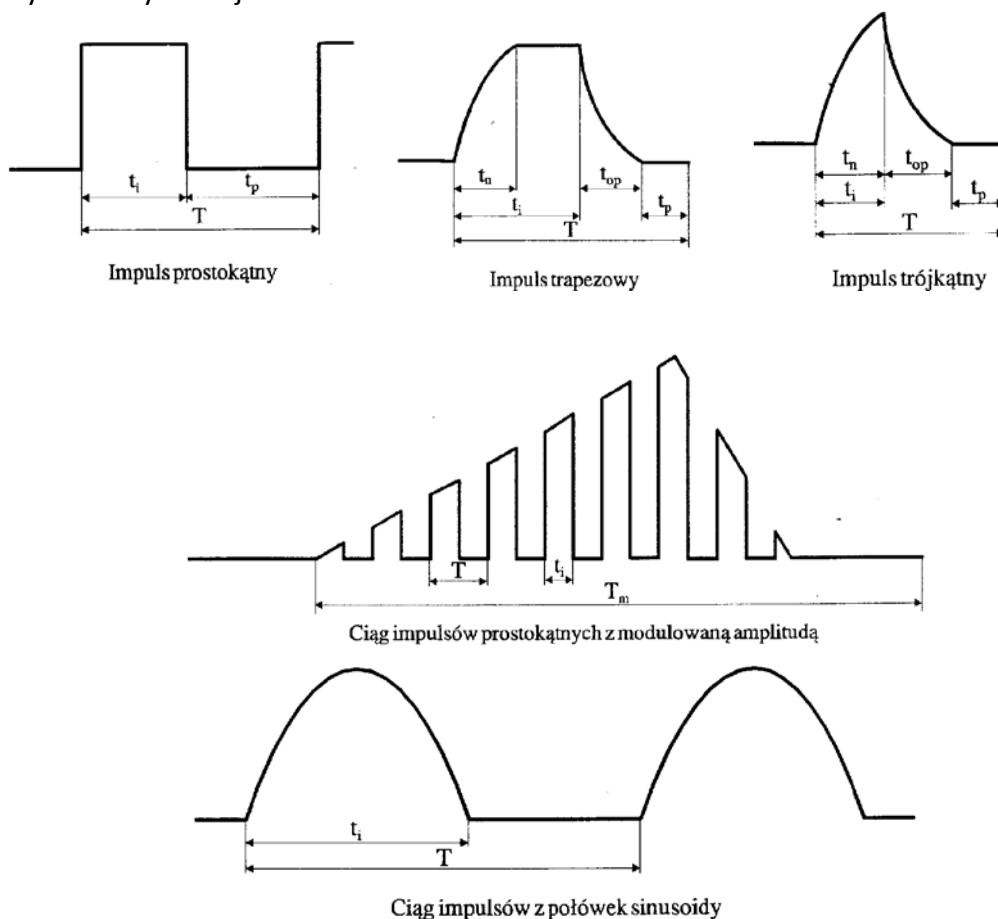
Dane techniczne:

- Amplituda prądu galwanicznego 15 mA
- Rodzaje i amplituda prądów impulsowych - według tablicy
- System zabezpieczenia obwodu pacjenta przed przepływem nadmiernego prądu aplikacyjnego
- Aparat jest wykonany w II klasie ochrony przeciwporażeniowej
- Rezystancja pacjenta 0 - 3 k Ω

4. Wprowadzenie

W stymulacji wykorzystuje się zdolność tkanek (mięśni, nerwów) do reagowania na bodźce. Bodźce elektryczne w najmniejszym stopniu uszkadzają pobudzone struktury.

Stymulatory elektryczne są to urządzenia wytwarzające impulsy prądu lub napięcia o określonych parametrach (kształt, amplituda, częstotliwość). Parametry te łatwo daje się zmieniać i kształtować, co umożliwia proste „dawkowanie” bodźca elektrycznego w zależności od potrzeb. Stymulatory elektryczne wykorzystuje się do diagnostyki i terapii oraz do badań naukowych. W zależności od zastosowania i rodzaju stymulacji różnią się one konstrukcją i parametrami wyjściowymi. Na Rys.1 podano przykłady impulsów elektrycznych stosowanych do stymulacji.



Rys.1. Różne kształty impulsów stymulujących

Oznaczenia:

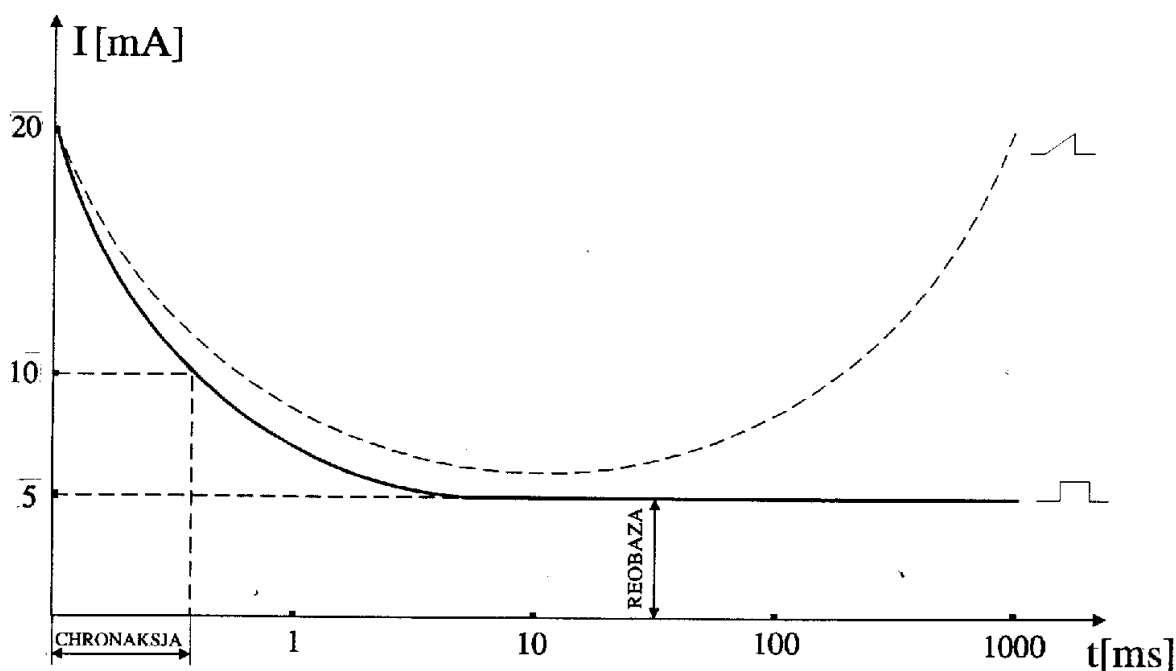
- t_i – czas trwania impulsu
- t_p – czas trwania przerwy
- t_n – czas narastania
- t_{op} – czas opadania
- T – okres
- T_m – czas modulacji

Zgodnie z wymaganiami medycznymi prąd powinien działać selektywnie tzn. wywoływać pobudzenie uszkodzonych mięśni bez równoczesnej stymulacji nieuszkodzonych. Natężenie prądu powinno być wystarczające do wywołania skurczu mięśnia, Wymagane są też odpowiednio długie przerwy pomiędzy kolejnymi bodźcami. Selektywne działanie prądu elektrycznego otrzymuje się np. przy stosowaniu impulsów prądu o zmiennym czasie narastania. Zdrowe mięśnie mają zdolność akomodacji (przystosowania) i nie reagują przy dłuższych czasach narastania prądu. Przy stymulacji doprowadza się bodziec elektryczny do

nerwów i mięśni za pośrednictwem elektrod (stymulacja bezpośrednia) lub poprzez skórę (stymulacja pośrednia). Stosuje się technikę dwuelektrodową, w której dwie jednakowe elektrody umieszcza się na krańcach pobudzanej tkanki, lub tzw. technikę jednobiegunową – wówczas jedną elektrodę czynną o małej powierzchni umieszcza się w miejscu, gdzie należy wywołać pobudzenie, a drugą obojętną, o dużej powierzchni umieszcza się możliwie daleko od miejsca stymulacji.

Z uwagi na różną zdolność pobudzania elektrody dodatniej i ujemnej należy zmieniać biegunowość elektrod. W zdrowym systemie nerwowo-mięśniowym przy włączaniu prądu pobudzenie następuje najpierw pod elektrodą ujemną (katodą) przy niższym natężeniu prądu, a przy dalszym zwiększeniu prądu pod elektrodą dodatnią (anodą). Przy dalszym zwiększaniu natężenia prądu występuje również pobudzenie przy włączaniu prądu najpierw pod anodą, potem pod katodą. Wartości progowe, przy których występują te pobudzenia zwiększają się w różnym stopniu przy uszkodzeniu nerwu, a czasem może nawet zmienić się ich kolejność.

Próg pobudzenia przy bodźcach elektrycznych zależy od czasu trwania i kształtu impulsu. Zależność tę ilustruje Rys.2.



Rys.2. Wyznaczenie wartości reobazy i chronaksji dla impulsu prostokątnego oraz współczynnika akomodacji

Dla impulsów prostokątnych dłuższych od pewnej wartości (na ogół 5 ms) amplituda impulsu wywołującego pobudzenie jest stała. Tę wartość amplitudy nazywamy **reobazą**. Przy krótszych impulsach dla wywołania pobudzenia potrzebna jest większa amplituda impulsu. **Chronaksją** nazywamy czas trwania impulsu wywołującego pobudzenie, którego amplituda równa jest podwójnej wartości reobazy. Wartości reobazy i chronaksji dostarczają informacji o stopniu uszkodzenia mięśnia. Trzecią ważną diagnostycznie wielkością jest wielkość współczynnika akomodacji.

Jest to stosunek amplitudy impulsu trójkątnego do amplitudy impulsu prostokątnego wywołujących minimalne pobudzenie przy czasie trwania impulsu równym 1000 ms.

Dla zdrowych mięśni, które mają zdolność przystosowania, wartość tego współczynnika wynosi od 3 do 6, maleje dla mięśnia uszkodzonego. Nerwy i mięśnie reagują niezależnie na każdy kolejny impuls tylko wtedy, gdy przerwa między nimi jest dostatecznie długa, aby mięsień czy nerw zdołał całkowicie się rozkurczyć.

Największa częstotliwość impulsowy, przy której jest to możliwe, wynosi od około 8 imp/s dla mięśnia do kilkuset imp/s dla niektórych włókien nerwowych.

Najważniejszymi wskazaniami leczniczymi do stosowania bodźców prądowych są:

- a) choroby układu nerwowego;
- b) choroby mięśni (głównie zjawisko unieruchomienia mięśni a wynika z przerywania zasilania nerwowego, które prowadzi do degeneracji mięśnia, a istnieje szansa przywrócenia zasilania i uruchomienia mięśnia);
- c) kardiostymulacja (omówiona szczegółowo dalej).

W terapii znalazły również zastosowanie tzw. prądy diadynamiczne (zwane także prądami Bernarda). Są to prądy złożone z impulsów o kształcie połówki sinusoidy. Powstają one w wyniku prostowania prądu sinusoidalnie zmiennego 50 Hz. Szczególną ich cechą jest silnie wyrażone działanie przeciwbólowe i przekrwienne.

Mechanizm działania przeciwbólowego prądów diadynamicznych nie jest dostatecznie wyjaśniony. Uważa się, że działanie to polega na podwyższeniu progu odczuwania bólu. Oznacza to, że bodziec o określonym natężeniu, który w normalnych warunkach powoduje wystąpienie bólu, po zadziałaniu prądami diadynamicznymi nie daje tego odczucia, ponieważ jego natężenie jest niewystarczające na skutek podwyższenia progu bólu.

W zakresie prądu stałego wykorzystuje się stymulatory do galwanizacji, jontoforezy i elektrolizy.

- Galwanizacja - przepuszczenie przez organizm prądu stałego, który powoduje naruszenie przepuszczalności membranowej, zmiany w przemianie materii komórkowej oraz wywołuje utrzymujące się długo przekrwienie.

- Jontoforeza - wprowadzanie do organizmu leków przy pomocy prądu. Wykorzystuje się zjawisko przepływu prądu przez roztwór elektrolityczny. Jony takiego roztworu wędrują do odpowiednich elektrod, w miejscu, które ma być leczone przykładamy płytkę z gazą nasączoną substancją leczniczą, do niej załączamy odpowiednią elektrodę (dodatnią lub ujemną). Jontoforeza np. z nowokainy daje skuteczne znieczulenie wybranego obszaru ciała.

- Elektroliza - przy stosowaniu większych gęstości prądu następuje wydzielanie się tlenu na anodzie, co powoduje koagulację białka i zniszczenie tkanek. Elektrolizę stosuje się do usuwania niepożądanego owłosienia (prąd kilka miliamperów, elektroda igłowa, przy operacjach przyklejania siatkówki (prąd rzędu 20 mA, czas impulsu 10 sek), przy wypalaniu tkanek (prąd od 30 do 80 mA).

W kardiologii stosuje się stymulatory do leczenia zaburzeń rytmu serca przy zbyt wolnej akcji serca wymagającej wspomaganie lub przy całkowitym jej zaniku. Zaburzenia akcji serca mogą wynikać z zaburzeń pobudliwości oraz zaburzeń przewodzenia. Mogą one prowadzić nawet do nagłego zatrzymania akcji serca. Zaburzenia nagłe i przemijające są wskazaniem do zastosowania stymulacji zewnętrznej, krótkotrwałej. Stymulacja zewnętrzna powoduje dodatkowo silny i bardzo bolesny skurcz mięśni szkieletowych, gdyż wymaga stosowania impulsów o dużym natężeniu. Stany chorobowe utrwalone i leczenie długotrwałe

wymagają stosowania urządzeń implantowanych na stałe w ciele pacjenta. Elektrody mocuje się wtedy operacyjnie bezpośrednio na mięśniu sercowym lub wprowadza za pomocą elektrody-cewnika poprzez żyłę szyjną lub podobojczykową.

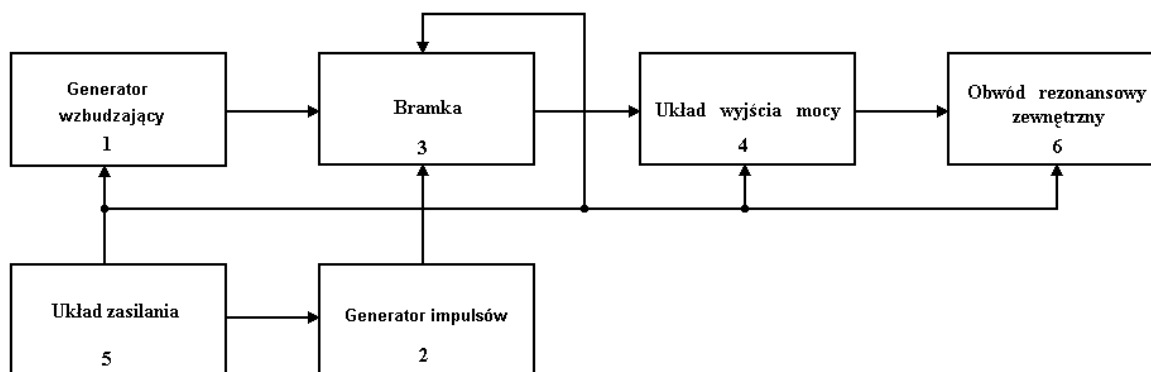
Spotykamy następujące typy stymulatorów implantowanych:

- Stymulatory o rytmie sztywnym - zwykle 70 imp/min (czasem 95 z możliwością przełączenia, a nawet zmiany tej częstotliwości na drodze elektromagnetycznej).
- Stymulatory takie możemy stosować tylko wtedy, gdy jesteśmy pewni, że nie wystąpi własna akcja serca. Interferencja rytmu własnego serca pacjenta z rytmem narzuconym przez stymulator prowadzić może do wystąpienia bardzo niebezpiecznego zjawiska migotania komór,
- Stymulatory sterowane rytmem komór - gdy zanika własna czynność serca stymulator ten pracuje rytmem sztywnym 55 imp/min, gdy pojawia się akcja własna, częstotliwość impulsów stymulatora synchronizowana jest impulsem zespołu QRS.
- Stymulator sterowany rytmem przedsionków - synchronizacja rytmu pracy stymulatora załamkiem P, odbieranym z przedsionka serca i opóźnianym o około 100 ms.
- Stymulatory na żądanie („on demand”) - blokowanie rytmem komór.

Gdy istnieje własna akcja serca, stymulator nie pracuje, jest zablokowany. Uruchomienie stymulatora następuje po czasie około 1-1 s po poprzednim zespole ORS, jeżeli nie nastąpił następny: częstotliwość pracy serca nie spada wtedy poniżej 55 imp/min. Stymulatory takie odznaczają się mniejszym poborem mocy niż stymulatory sterowane rytmem komór, co znacznie przedłuża ich czas pracy. Szczególną odmianą kardiostymulacji jest stymulacja parami impulsów (stymulacja sprzężona). Metoda ta pozwala wpływać nie tylko na rytm serca, lecz i na mechanikę jego skurczu.

Stymulatory implantowane wymagają odpowiedniej konstrukcji mechanicznej. Cały układ elektroniczny wraz z baterią zalewa się zwykle żywicą poliestrową, tworzącą obudowę w kształcie pastylki. Stosowane są również obudowy z tytanu, spawane laserowo w osłonie argonu. Obecnie aparaty osiągają masę 20 g, przy grubości 4 mm. Bateria litowa zapewnia czas pracy rzędu 10 lat, a więc dla ogromnej większości pacjentów jeden stymulator wystarcza do końca życia (średni wiek pacjenta w chwili pierwszej implantacji - 70 lat, średnie przeżycie - 8 lat). Czas trwania impulsu wynosi od 1 ms do 2 ms, wymagana energia w zależności od progu pobudliwości serca pacjenta - kilkanaście do kilkudziesięciu, a nawet kilkuset μJ . Serce stanowi dla układu stymulatora obciążenie rzędu 300 - 500 Ω .

Układ stymulatora SKT-1 i stymulatora SIS-1 pracuje na zasadzie zdalnego przekazywania energii elektrycznej za pomocą fali elektromagnetycznej wysokiej częstotliwości do implantowanego stymulatora złożonego z elementów biernych. Wymaga sprzężenia obwodów rezonansowych: antenowego z wszczepianym. Urządzenie umożliwiające regulację i dobór parametrów elektrycznych impulsów stymulacyjnych znajdujące się w układzie zewnętrznym. Stymulatory SKT-1 i SIS-1 są przeznaczone do stymulacji rdzenia kręgowego nerwów obwodowych oraz mięśnia organizmu człowieka.



Rys. 3. Schemat blokowy części nadawczej układu stimulatora biernego.

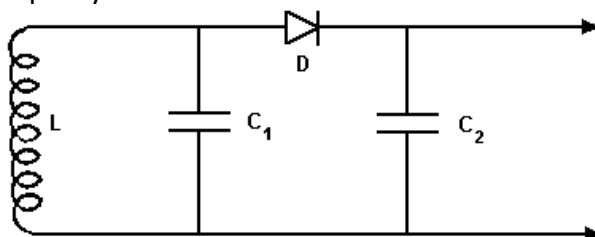
Rys. 3. przedstawia schemat blokowy części nadawczej zewnętrznego urządzenia zasilającego układu stimulatora biernego. Jego zadaniem jest wytworzenie napięcia sinusoidalnego wysokiej częstotliwości, modulowanego przebiegiem odpowiadającym elektrycznemu bodźcowi stimulatoryjnym.

Składa się z następujących podzespołów: generatora wzbudzającego (1), generatora impulsów (przebieg modulujący) (2), bramki (3), układu wyjściowego mocy (4), układu zasilania (5) i obwodu rezonansowego zewnętrznego (6), który jest obwodem wzbudzającym. Generator wzbudzający wykonany w układzie generatora Colpittsa pracującego na częstotliwości 465 ± 5 kHz jest źródłem fali nośnej. Napięcie sinusoidalne w. cz. z wyjścia generatora podawane jest na wejście bramki (3), która jest otwierana impulsami z multiwibratora. Na wyjściu bramki otrzymuje się przebieg w.cz. (~ 500 kHz) modulowany napięciem wyjściowym generatora impulsów (multiwibratora astabilnego) (2) (głębokość modulacji bliska 100%). Na wejście wzmacniacza mocy układu wyjściowego (4), w obwodzie kolektorowym którego znajduje się obwód rezonansowy zewnętrzny (6), podawane jest napięcie z generatora wzbudzającego tylko w czasie trwania impulsu stimulatoryjnego. W związku z tym obwód rezonansowy (6) dostrojony do częstotliwości wzbudzającej zasilany jest energią jedynie w okresie trwania impulsu stimulatoryjnego, natomiast w czasie przerw między impulsami jest on odcięty od zasilania. Obwód ten jest jednocześnie obwodem wzbudzającym. Sprzężenie obwodów oraz odczepy uzwojeń: zewnętrznego urządzenia zasilającego (wzbudzającego) i układu implantowanego (odbiorczego) dobrano tak, aby na wyjściu części wszczepianej (na elektrodach) uzyskać impulsy o maksymalnej mocy. Uzwojenie zewnętrzne oblane tworzywem o małej stratności, uformowanym w kształcie płytki o grubości około 5mm, połączone jest z układem za pośrednictwem elastycznego przewodu w ekranie. Układ zasilania (5) składa się z 9 woltowej baterii ogniw lub akumulatorów, która jest źródłem energii elektrycznej oraz elementów kondensatorów, diody i rezystorów zapewniających niezależność i niewielkie spadki napięcia zasilania każdego z podzespołów w czasie trwania impulsu stimulatoryjnego (piki prądowe stopnia mocy osiągają wartość około 0.8 A). Wymiary pudełka stimulatora SIS-1, w którym zamontowano całość układu łącznie z baterią wynoszą 85x75x25. Masa całości wynosi około 300g. Układ stimulatora daje możliwość wpływu z zewnątrz na wartość każdego z parametrów elektrycznego bodźca stimulatoryjnego. Nastawienie czasu trwania i częstotliwości powtarzania impulsów dokonuje się przez zmianę stałych czasowych multiwibrator (układu zewnętrznego). Regulację wielkości amplitudy uzyskuje się w wyniku

zmiany stopnia sprzężenia obwodów wzbudzającego z odbierającym, zmianęysterowania stopnia wyjściowego – mocy, lub zmianę napięcia źródła zasilania.

Na wyjściu części wszczepianej otrzymuje się impulsy prostokątne o czasie trwania regulowanym w zakresie od 0,7 ms do 4 ms, częstotliwości powtarzania impulsów 18–30 Hz i amplitudzie do około 12 V przy pełnymysterowaniu i sprzężeniu obwodów. Średni pobór prądu ze źródła zasilania przy ustawieniu parametrów impulsów: czas trwania – 4ms, częstotliwość – 22 Hz, amplituda – 12 V wynosi około 35 mA.

Zastosowanym materiałem zabezpieczającym jako osłona biologicznie obojętna stymulatora jest żywica epoksydowa.



Rys. 4. Schemat ideowy stymulatora biernego (część wszczepiana).

Rysunek 4 przedstawia schemat ideowy części wszczepianej układu stymulatora biernego. Jak wynika ze schematu układ nie zawiera ani jednego elementu czynnego. Składa się on z obwodu rezonansowego odbierającego energię, diody półprzewodnikowej – prostownika, kondensatora wygładzającego i elektrod stymulacyjnych.



Fot.5. Część wszczepiana stymulatora

5. Program ćwiczenia

5.1. Zapoznanie się z budową i obsługą stymulatora SIS–1

- 5.1.1. Wyznaczyć częstotliwość pracy stymulatora – częstotliwość na której przekazywana jest energia do układu implantowanego (465 ± 5 % kHz).
- Na zasilaczu ustawić napięcie 9V i podłączyć stymulator
 - Do oscyloskopu podłączyć sondę i uformować z niej obwód odbiorczy dla cewki nadawczej stymulatora
 - Wykonać kilka pomiarów częstotliwości i z odczytanych wartości obliczyć wartość średnią częstotliwości nadawczej

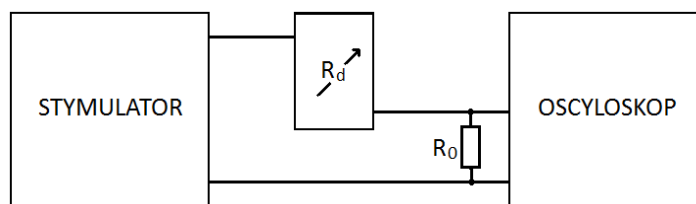
- Jeśli obliczona wartość częstotliwości znacznie odbiega od wartości oczekiwanej należy ją dostroić
- 5.1.2. Obserwacja kształtu impulsu generowanego przez stymulator
- Do elektrod układu odbiorczego dołączyć rezystor ok. 500Ω , który zastąpi rezystancję tkanek i podłączyć sondę
 - Na oscyloskopie zaobserwować kształt przebiegu dla wybranej amplitudy i częstotliwości
 - Obliczyć czas narastania i opadania, wyznaczyć stałą czasową
- 5.1.3. Pokrętko „napięcie” nie jest wyskalowane – sprawdzić wartości napięcia odpowiadające poszczególnym wartościom na gałce
- 5.1.4. Sprawdzić dokładność nastaw częstotliwości
- 5.1.5. Sprawdzić jak układ reaguje na spadek napięcia zasilającego
- Stopniowo zmniejszając wartości napięcia zasilającego zapisać zmiany wartości amplitudy impulsu (jeśli jakieś zostaną zaobserwowane)
 - Zaproponować odpowiednią ilość punktów pomiarowych
 - Wyniki przedstawić również na wykresie
- 5.1.6. Wyznaczyć charakterystykę wyjściową układu w zależności od odległości obwodów wzbudzającego i odbiorczego $U=f(d)$
- Obwody umieścić bezpośrednio jeden nad drugim (**centrycznie!**). Pierwszy pomiar wykonać dla odległości $0[\text{mm}]$
 - Za pomocą przekładek dielektrycznych stopniowo zwiększać odległość do około $200[\text{mm}]$ i odczytywać wartości amplitudy napięcia na elektrodach układu implantowanego
- 5.1.7. Sprawdzić pracę układu w przypadku umieszczenia płytki przewodzącej pod, nad i pomiędzy obwodami.
- 5.2. Zapoznanie się z budową i obsługą stymulatora SKT-1
- 5.2.1. Wyznaczyć częstotliwość pracy stymulatora (analogicznie jak w pkt. 4.1.1.)
- 5.2.2. Sprawdzić kształt i dokładność nastaw parametrów impulsów stymulacyjnych za pomocą regulatorów
- Układ odbiorczy obciążyć rezystorem o wartości ok. 500Ω i uzyskać obraz na oscyloskopie
 - Sprawdzić dokładność nastaw amplitudy, czasu trwania i częstotliwości dla pojedynczych impulsów prostokątnych
 - Sprawdzić czy w przypadku przebiegów trójkątnych, prostokątnych i sinusoidalnych możliwa jest regulacja czasu trwania i częstotliwości
 - Sprawdzić kształt i częstotliwość obwiedni modulujących

5.3. Zapoznanie się z budową i obsługą stymulatora STYMAT S-120

- 5.3.1. Sprawdzić poprawność działania układów zabezpieczenia obwodu pacjenta
- Układ obciążyć za pomocą rezystora dekadowego (ustawić 500Ω) i podłączyć do oscyloskopu
 - Przed włączeniem aparatu ustawić regulatorem „IMP” wybraną wartość amplitudy i sprawdzić czy po włączeniu układ podaje prąd na wyjściu
 - Zaobserwować jak układ reaguje na zmianę wartości zakresu i amplitudy prądu stymulacyjnego
- 5.3.2. Sprawdzić kształt generowanych impulsów, płynność zmiany impulsu prostokątnego na trójkątny

Dla trybu modulacji sprawdzić czy istnieje możliwość regulacji częstotliwości i kształtu sygnału modulowanego

- 5.3.3. Pomiar parametrów czasowych impulsów
- Dla trzech wybranych nastaw z każdego zakresu dokonać pomiaru czasów t_i i t_p impulsów
 - Dla trzech wybranych nastaw z każdego zakresu dokonać pomiaru czasów t_i i t_p obwiedni
 - Porównać parametry zmierzone z nastawionymi
- 5.3.4. Wyznaczyć impedancję wyjściową generatora prądowego stymulatora
- Podłączyć układ wg schematu poniżej



$$R_{obc} = R_d + R_0$$

- Przy zerowej wartości R_d odczytać wartość amplitudy sygnału otrzymanego na oscyloskopie
 - Stopniowo zmieniając wartość R_d uzyskać połowę wartości amplitudy odczytanej w poprzednim punkcie
 - Znając wartość R_d obliczyć impedancję wyjściową wg podanego wzoru
- 5.3.5. Stymulacja nerwu lub mięśnia przedramienia. Zaobserwować różnice dla impulsów o różnym kształcie, natężeniu, częstotliwości i polaryzacji

5.4. Zapoznanie się z budową i obsługą stymulatora STYMAT S-210

Zmierzyć czasy charakterystyczne t_1 , t_2 , T_i oraz T_z dla prądów MF, DF, LP, CP, RS oraz MM. Porównać czasy zmierzone z podanymi w instrukcji obsługi.

6. Sprawozdanie

Sprawozdanie powinno zawierać:

- temat ćwiczenia, datę, oznaczenie zespołu, listę osób wykonujących ćwiczenie

Dla każdego z podpunktów 4.x.x. należy przedstawić:

- krótki opis sposobu pomiaru danego parametru
- w zależności od podpunktu: otrzymane przebiegi, zmierzone parametry, obliczenia, wykresy, charakterystyki wyjściowe
- błędy zmierzonych parametrów amplitudowo - czasowych w stosunku do wartości nastawionych
- komentarz i wnioski

7. Literatura

- Paśniczek R.: *Badanie procesów wymuszania czynności mechanicznych porażonych narządów ustroju metodami elektrostymulacji*, Warszawa 1974.
- Mika T., Kasprzak W.: *Fizjoterapia*, PZWL 2006
- Millner R., Richwien R.: *Podstawy elektroniki medycznej*, PZWL 1973.
- Millner R., Richwien R.: *Elektronika Medyczna.*, Cz. I. WKiŁ, 1972.
- Zimmermann R. *Biomedyczne przyrządy pomiarowe*, WKiŁ., 1969.
- Straburzyński G. i in. : *Fizykoterapia*. PZWL, 1988.

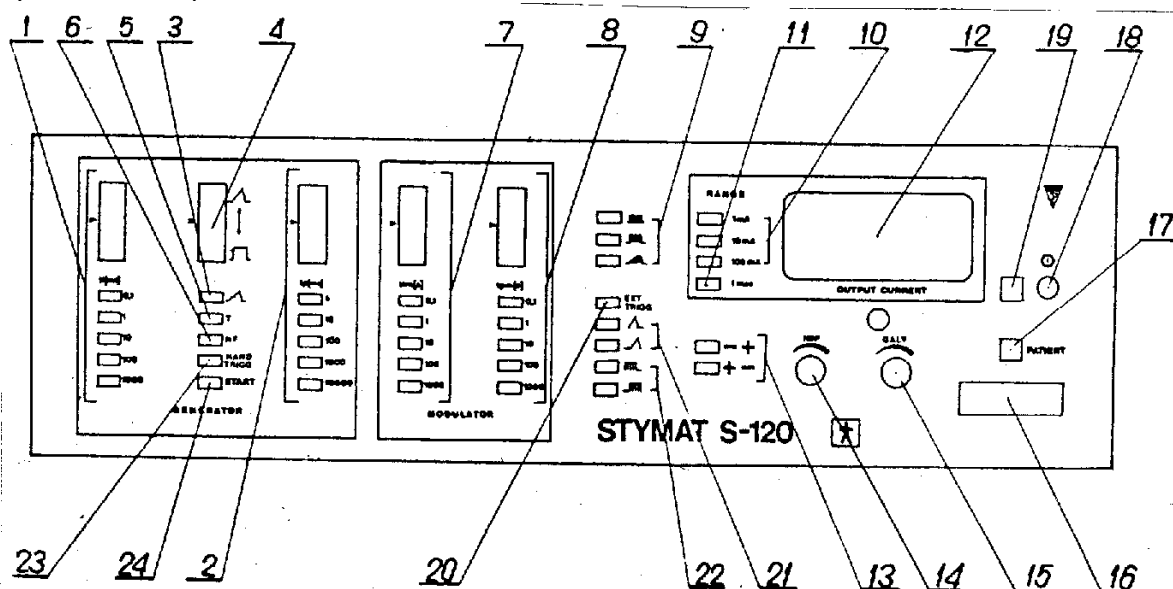
8. Materiały źródłowe

- Mika T., Kasprzak W.: *Fizjoterapia*, PZWL 2006
- Instrukcja do zajęć laboratoryjnych: Stymulatory elektryczne. Laboratorium Urządzeń Elektromedycznych. Instytut Inżynierii Precyzyjnej i Biomedycznej PW
- Instrukcja do zajęć laboratoryjnych: Stymulator implantowany. Laboratorium Urządzeń Elektromedycznych. Instytut Inżynierii Precyzyjnej i Biomedycznej PW

9. Załączniki

STYMAT S-120

Płyta czołowa aparatu:



Opis płyty czołowej;

1. Zespół regulacji czasu trwania impulsu t_i . Składa się z 5 przycisków do przełączania podzakresów i pokrętła płynnej regulacji.
2. Zespół regulacji czasu przerwy między impulsami t_p . Składa się z 5 przycisków do przełączania podzakresów i pokrętła płynnej regulacji.
3. Przycisk załączający prąd impulsowy o parametrach ustawionych w 1, 2, 4.
4. Pokrętło płynnej regulacji kształtu impulsu od trójkąta poprzez trapez do prostokąta przy prądzie impulsowym.
5. Przycisk załączający prąd Träberta.
6. Przycisk załączający prąd neofaradyczny.
7. Zespół regulacji czasu trwania impulsu przebiegu modulującego t_{im} . Składa się z 5 przycisków do przełączania podzakresów i pokrętła płynnej regulacji.
8. Zespół regulacji czasu przerwy między grupami impulsów t_{pm} . Składa się z 5 przycisków do przełączania podzakresów i pokrętła płynnej regulacji.
9. Przełączniki modulacji prądu impulsowego. Można załączyć prąd impulsowy niemodulowany bądź modulowany przebiegiem prostokątnym lub trójkątnym.
10. Przełącznik zakresów prądu wyjściowego. Służy do ustalenia maksymalnego prądu wyjściowego możliwego do nastawienia w danym zakresie.
11. Przycisk do pomiaru wartości szczytowej prądu wyjściowego. W położeniu stabilnym przycisku miernik wskazuje wartość średnią prądu wyjściowego, przy wciśniętym – wartość szczytową.
12. Miernik prądu wyjściowego.
13. Przełącznik polaryzacji prądu wyjściowego.
14. Pokrętło regulacji prądu impulsowego.
15. Pokrętło regulacji prądu galwanicznego.
16. Gniazdo do podłączenia przewodu z elektrodami zabiegowymi.



17. Lampka sygnalizująca podłączenie elektrod do wyjścia aparatu. Przy niepodłączonych elektrodach lampka nie świeci, a prąd wskazywany przez miernik płynie przez obciążenie zastępcze.
18. Przycisk włączający aparat do sieci.
19. Lampka sygnalizująca włączenie aparatu do sieci.
Przycisk przełączający aparat z pracy ciągłej na wyzwalaną zewnątrz (ręcznie – przycisk 24 lub sygnałem z drugiego aparatu S-120, doprowadzonym do gniazda IN na płycie tylnej).
21. Zespół wyzwalania pojedynczego impulsu.
Możliwa jest tu praca ze zwłoką lub bez zwłoki,
22. Zespół wyzwalania grupy impulsów.
Możliwa jest tu praca ze zwłoką lub bez zwłoki.
23. Przycisk włączający ręczne wyzwalanie impulsu lub grupy impulsów według programu nastawionego przyciskami 21 i 22.
24. Przycisk ręcznego wyzwalania impulsu lub grupy impulsów.

Przygotowanie aparatu do pracy:

- Dołączyć aparat do sieci elektrycznej, wybrać żądany rodzaj prądu, jego zakres i biegunowość.
- Dołączyć przewód z elektrodami przymocowanymi do pacjenta,
- Włączyć zasilanie.
- Pokrętła 14 i 15 należy przekręcić w lewe skrajne położenie aż do zadziałania wyłączników, co spowoduje świecenie Lampki 17. Oznacza to, że przewód elektrod został połączony z wyjściem.
- Pokrętłami 14 lub/i 15 ustawić żądaną wartość prądu wyjściowego.
- Podczas pracy aparatu zmiana zakresu lub polaryzacji prądu wyjściowego oraz chwilowe zaniki napięcia w sieci elektrycznej powodują odłączenie przewodu elektrod od wyjścia aparatu i zgaśnięcie lampki 17. w takich przypadkach należy pokrętła 14 i 15 skręcić w lewo i po zapaleniu się lampki 17 ponownie ustawić prąd wyjściowy pokrętłami 14 i 15.

