



ĆWICZENIE NR 5

APARATURA DO TERAPII PRĄDEM ZMIENNYM MAŁEJ I ŚREDNIEJ CZĘSTOTLIWOŚCI

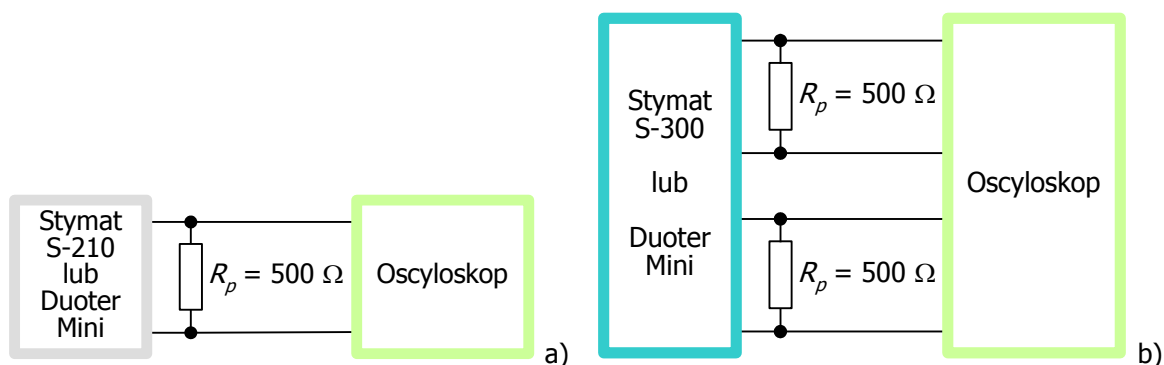
Cel ćwiczenia

Zapoznanie się z budową i parametrami urządzeń do terapii prądem małej i średniej częstotliwości. Poznanie metod pomiaru parametrów generowanych sygnałów terapeutycznych.

Część 5.1.

Obserwacja parametrów sygnału leczącego

- 5.1.1. Zrealizować układ pomiarowy wg schematu przestawionego na rys. 5.1.
- 5.1.2. Dla każdego z urządzeń terapeutycznych Stymat S-210, Stymat S-300, Duoter Mini, zaobserwować, a następnie scharakteryzować wybrane przez siebie sygnały, symulując w każdym przypadku rezystancję pacjenta $R_p = 500 \Omega$. W uzasadnionych przypadkach korzystać z oscyloskopu dwukanałowego pracującego w trybie X-Y.
- 5.1.3. Sprawdzić odczucia własne przy aplikowaniu różnego typu prądów. Test przeprowadzić na przedramieniu lewej ręki. Należy pamiętać o odłączeniu oscyloskopu, który nie jest urządzeniem medycznym!
- 5.1.4. Porównać wyniki uzyskane dla dwóch osób, zwracając uwagę na zachowanie odpowiednich warunków eksperymentu.



Rys. 5.1. Schematy podłączeń urządzeń terapeutycznych podczas badania za pomocą oscyloskopu

Część 5.2.

Pomiary parametrów technicznych urządzeń do terapii prądowej

- 5.2.1. Zidentyfikować schematy blokowe urządzeń terapeutycznych znajdujących się na stanowisku. Na podstawie *Instrukcji obsługi* lub *Instrukcji serwisowej* ustalić parametry metrologiczne generowanych sygnałów.

- 5.2.2. Dla każdego urządzenia skontrolować parametry jednego wybranego przebiegu. Symulować rezystancję pacjenta $R_p = 500 \Omega$. Wykonać pomiary oscyloskopowe. Ustalić, jaka wartość prądu (chwilowa, średnia, skuteczna) wskazywana jest przez miernik umieszczony w urządzeniu terapeutycznym.
- 5.2.3. Porównać wyniki pomiaru parametrów sygnałów z wartościami nominalnymi. Wskazać wszystkie źródła błędów pomiarowych.
- 5.2.4. Przeprowadzić analizę metrologiczną uzyskanych rezultatów.

Cześć 5.3.

Pomiary cech sygnałów terapeutycznych generowanych przez urządzenie do terapii prądem zmiennym małej i średniej częstotliwości Stymat S-300

- 5.3.1. Uruchomić urządzenie Stymat S-300. Symulować rezystancję pacjenta $R_p = 500 \Omega$. Zaobserwować na oscyloskopie sygnały generowane w dwóch torach przy braku modulacji amplitudowej i częstotliwościowej. Obserwacje przeprowadzić przy podłączeniu jednokanałowym (sygnały oglądać oddzielnie).
- 5.3.2. Powtórzyć obserwacje z punktu 5.3.1 przy podłączeniu dwukanałowym. Zwrócić uwagę na znaczenie funkcji "synchronizacja" oscyloskopu. Dostroić jeden z generatorów urządzenia Stymat S-300. Wyciągnąć wnioski.
- 5.3.3. Określić stabilność generatorów przy podłączeniu do oscyloskopu XY (obserwacja krzywych Lissajous).
- 5.3.4. Zmierzyć częstotliwość sygnałów w obu torach. Przy interpretacji wyników pomiaru zwrócić uwagę na rodzaj pomiaru częstotliwości (wartość chwilowa, wartość średnia).
- 5.3.5. Wyznaczyć współczynnik zniekształceń dla sygnałów generowanych w obu torach.
- 5.3.6. Włączyć w urządzeniu Stymat S-300 funkcję „modulacja amplitudy”. Zaobserwować relacje między sygnałami w obu torach. W tym celu wykorzystać funkcję XY oscyloskopu (obserwacja krzywych Lissajous).
- 5.3.7. Określić cechy sygnału modulacji amplitudowej. Wyznaczyć okres modulacji amplitudowej oraz głębokość modulacji.
- 5.3.8. Poczyń podobne obserwacje przy włączeniu funkcji „modulacja częstotliwości” (automatyczna oraz ręczna).
- 5.3.9. Wyznaczyć okres modulacji częstotliwościowych oraz dewiację częstotliwości.
- 5.3.10. Określić widmo sygnałów: niemodulowanego, zmodulowanego amplitudowo, zmodulowanego częstotliwościowo. Dla sygnału zmodulowanego zaobserwować wstęgę boczną. Dla każdej modulacji wskazać cechy kilku prążków (częstotliwość i amplituda).

Cześć 5.4.

Badania porównawcze sygnałów terapeutycznych generowanych przez urządzenia do terapii prądem zmiennym małej i średniej częstotliwości Stymat S-210 i Duoter Mini

- 5.4.1. Na podstawie *Instrukcji obsługi* urządzeń terapeutycznych Stymat S-210 i Duoter Mini wskazać te sygnały, które są takiego samego typu. Jeśli jest to konieczne w obu urządzeniach należy ustawić zbliżone parametry sygnałów. Decyzję uzasadnić. Zaobserwować te sygnały na oscyloskopie. Symulować rezystancję pacjenta $R_p = 500 \Omega$. Zwrócić uwagę na charakter sygnałów generowanych przez oba urządzenia.

5.4.2. Wyznaczyć współczynnik zniekształceń. Uzasadnić wybór.

5.4.3. Zidentyfikować widma poszczególnych sygnałów.

Aparatura

- Stymat S-210
- Stymat S-300
- Duoter Mini
- Stimul 3
- opornica dekadowa
- częstotłomierz cyfrowy PFL-23
- miernik zniekształceń PMZ-9
- analizator widma SR-760
- oscyloskop dwukanałowy
- stoper

Zagadnienia do rozważenia

1. Schemat blokowy urządzenia do elektroterapii prądem zmiennym.
2. Rodzaje sygnałów stosowanych do terapii prądem małej i średniej częstotliwości i ich cechy.
3. Metody pomiarów parametrów sygnałów w terapii prądowej. Dokładność metod pomiarowych.
4. Wymagania dotyczące bezpieczeństwa stosowania terapeutycznej aparatury elektromedycznej.

Literatura

- [1]. Mika T., Fizykoterapia, PZWL, Warszawa 2001.
- [2]. Norma ZN-81/596-506.
- [3]. Norma BN-83/596-407.
- [4]. Tadeusiewicz R., Augustyniak P. (red.), Podstawy inżynierii biomedycznej. t. II, Wyd. AGH, Kraków 2009.

Ogólna charakterystyka urządzeń do terapii prądem stałym i prądem zmiennym

Aparaty przeznaczone do elektrolecznictwa noszą nazwę elektrostymulatorów. Lecznicze działanie prądu stałego związane jest między innymi z występowaniem w tkankach organizmu zjawisk elektrochemicznych. Prąd stały używa się do galwanizacji oraz jonoforezy (wprowadzenia jonów leczniczych do tkanek siłami pola elektromagnetycznego).

1. Prądy małej częstotliwości (0,5 Hz do 500 Hz) przybierają najczęściej kształt:
 - a) impulsów prostokątnych, trójkątnych, trapezowych, fal półsinusoidalnych,
 - b) przebiegu modulowanego amplitudowo lub niemodulowanego, po wyprostowaniu jedno- lub dwupołówkowym prądu sinusoidalnego 50 Hz, aplikowanego w odpowiednich odstępach czasu lub w sposób ciągły. Są to tzw. prądy diadynamiczne (zwane także prądami Bernarda).
2. Prądy średniej częstotliwości wykazujące działanie lecznicze posiadają częstotliwości leżące w zakresie (4 ÷ 5) kHz. Ich zaletami są: słabsze ich wyczuwanie przez pacjenta, mniejszy wpływ elektrochemiczny na tkanki, lepsze przenikanie w głąb tkanek.

Najczęściej prądy średniej częstotliwości modulowane są amplitudowo unipolarnie lub bipolarnie z częstotliwością od (0 do 150) Hz. Stosowane są także tzw. prądy o działaniu interferencyjnym. W tym przypadku na dwóch parach elektrod występują prądy o częstotliwościach różniących się nieznacznie od siebie. Elektrody umieszcza się na ciele pacjenta w taki sposób, aby interferencja zachodziła w głębi tkanek w miejscu procesu chorobowego.

Aby zabieg mógł być wykonany poprawnie, czyli zgodnie z zaleceniem lekarza, aparat musi być sprawny tzn. posiadać parametry zgodne z tymi podanymi w instrukcji obsługi. Ponieważ efekty lecznicze zależą od parametrów stosowanego sygnału toteż parametry te podlegają ścisłym definicjom. Także pojęcia używane w instrukcjach obsługi muszą być zdefiniowane w sposób jednoznaczny. Konstrukcja aparatu (zespół bloków wewnętrznych oraz organy regulacji i wskaźniki w obrębie płyty czołowej) musi zapewniać bezpieczeństwo pacjentowi i personelowi obsługującemu aparat.

Rodzaje sygnałów stosowanych podczas terapii

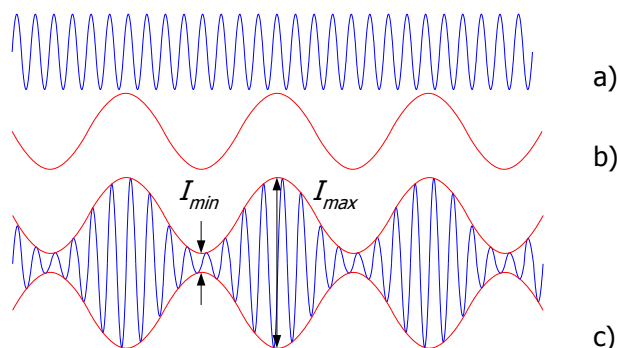
Na sygnały stosowane podczas terapii prądem zmiennym małej i średniej częstotliwości można popatrzeć z punktu widzenia ich opisu w funkcji czasu bądź w funkcji częstotliwości. Najprostszym do scharakteryzowania jest sygnał sinusoidalny o częstotliwości f (okresie $T = 1/f$) i amplitudzie I_A . O jego czystości świadczy współczynnik zniekształceń h definiowany jako:

$$h = \frac{\sqrt{\sum_{i=2}^n I_i^2}}{I_1} \quad (5.1)$$

gdzie I_1 – amplituda składowej podstawowej, I_i – amplituda składowej harmoniczej.

Jeżeli sygnał jest czystą sinusoidą czyli posiada tylko pierwszą (podstawową) harmoniczną to jego miarą jest amplituda I_A , wartość skuteczna $I_{sk} = I_A / \sqrt{2}$ bądź wartość średnia, która w tym przypadku jest równa zero. Sinusoidzie tak opisanej odpowiada w dziedzinie częstotliwości jeden prążek.

Sygnał ten można zmodulować amplitudowo, np. za pomocą innego sygnału sinusoidalnego o amplitudzie I_m i częstotliwości f_m ($f_m < f$). Wtedy amplituda sygnału modulowanego zmienia się proporcjonalnie do sygnału modulującego (rys. 5.2).



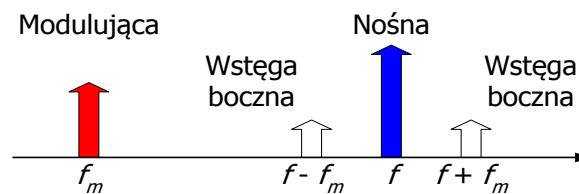
Rys. 5.2. Modulacja amplitudowa: a) fala niemodulowana (nośna) o amplitudzie I_A oraz częstotliwości f , b) sygnał modulujący o amplitudzie I_m oraz częstotliwości f_m , c) fala zmodulowana amplitudowo

Dla tak zmienionego przebiegu określa się istotny współczynnik zwany głębokością modulacji m . Jest on równy stosunkowi amplitud sygnału modulującego I_m oraz sygnału

modulowanego I . Można go wyznaczyć eksperymentalnie na podstawie zależności (por. rys. 5.2):

$$m = \frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} + I_{min}} \quad (5.2)$$

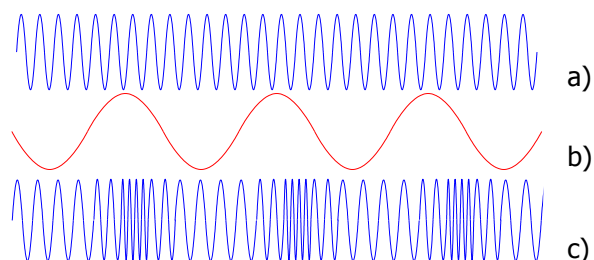
Widmo takiego sygnału ulega zmianie. Zamiast jednego prążka o częstotliwości f i amplitudzie I_A pojawiają się (oprócz prążka o częstotliwości modulującej f_m i amplitudzie I_m) dodatkowe dwa boczne prążki (rys. 5.3) o częstotliwości $f - f_m$ oraz $f + f_m$. Ich amplituda jest równa $I_A \cdot \frac{m}{2}$.



Rys. 5.3. Widmo częstotliwościowe sygnału zmodulowanego amplitudowo

W przypadku modulacji częstotliwościowej amplituda sygnału modulowanego pozostaje stała natomiast zmienia się cyklicznie wartość chwilowa jego częstotliwość (rys. 5.4). Przy takiej modulacji widmo jest bardziej złożone, bowiem pojawiają się prążki wokół częstotliwości sygnału modulowanego f o wartościach $f \pm f_m$, $f \pm 2f_m$, $f \pm 3f_m$ itd. Charakterystycznym parametrem tak zmodulowanego przebiegu jest wskaźnik Δf , zwany dewiacją częstotliwości. Jest to różnica między najniższą i najwyższą częstotliwością fali nośnej występująca w trakcie modulacji. Czasem określa się także wskaźnik modulacji częstotliwościowej m_f , definiowany jako $m_f = \Delta f / f_m$. Ponieważ wskaźnik ten przybiera różne wartości, dlatego do standardów należy podanie tylko jednej wartości, która wynika ze stosunku maksymalnej dopuszczalnej dewiacji Δf_{max} oraz maksymalnej częstotliwości modulującej f_m :

$$m_{f_{max}} = \frac{\Delta f_{max}}{f_{m_{max}}} \quad (5.3)$$



Rys. 5.4. Modulacja częstotliwościowa: a) fala niemodulowana, b) sygnał modulujący, c) fala zmodulowana częstotliwościowo

Sygnał leczący może mieć także inne kształty: sinusoidy wyprostowanej jednopółkowo lub dwupółkowo, trójkąta, prostokąta itd. Ze względu na to, że podczas aplikacji prądu leczącego operuje się miarą wartości średniej toteż należy przypomnieć, jakie relacje występują między amplitudą sygnału a wartością średnią. Odpowiednie przeliczniki przedstawia tabela 5.1.

Tabela 5.1. Relacje między amplitudą sygnału I_A a jego wartością średnią I_{sr}

Lp.	Kształt sygnału	Wartość średnia
1.	Sinusoida wyprostowana jednopołówkowo	I_A/π
2.	Sinusoida wyprostowana dwupołówkowo (wartość średnia modułu)	$2I_A/\pi$
3.	Prostokątny o współczynniku wypełnienia 1/2 wartość średnia modułu	I_A
4.	Trójkątny wartość średnia modułu	$I_A/2$

Podsumowując: powyższe rozważania wskazują, że sygnał leczący postrzegany w dziedzinie częstotliwości charakteryzuje się:

- jednym prążkiem, np. sinusoida,
- kilkoma prążkami, np. sinusoida zmodulowana amplitudowo,
- dużą liczbą prążków (ograniczone widmo dyskretne), np. sygnał prostokątny, sygnał trójkątny, kształt sygnału wygenerowanego drogą cyfrową.

Znana jest także metoda rejestracji odpowiednich, patologicznych sygnałów pacjenta: sygnał taki wzmacniania się. Po tym zabiegu sygnał wraca do pacjenta po to, aby skompensować istniejący sygnał patologiczny. Widmo tego sygnału jest bardzo szerokie i leży w paśmie wyższych częstotliwości. Wartości prądów są bardzo znikome (rzędu mikroamperów). Terapia nosi nazwę *terapii informacyjnej** i nie jest jeszcze rozpowszechniona.

Zasada działania urządzeń i schematy blokowe

Urządzenia do terapii prądowej działają na dwóch zasadach: generacji prądu stałego, bądź też generacji prądu zmiennego (przemennego). W pierwszym przypadku bazą jest zasilacz prądu stałego o regulowanym prądzie wyjściowym. W prostszych rozwiązaniach stosuje się baterie lub akumulatory. Drugi typ urządzeń bazuje na generatorach prądu zmiennego o różnych kształtach, w których zapewniona jest szeroka regulacja różnorodnych parametrów sygnałów (por. tab. 5.2).

Do urządzeń profesjonalnych, stosowanych w ośrodkach rehabilitacji należy Stymat S-210, Stymat S-300, Duoter Mini. Odpowiednie schematy blokowe przedstawiono na rys. 5.5 i rys. 5.6. Duoter Mini łączy funkcje obu urządzeń typu Stymat.

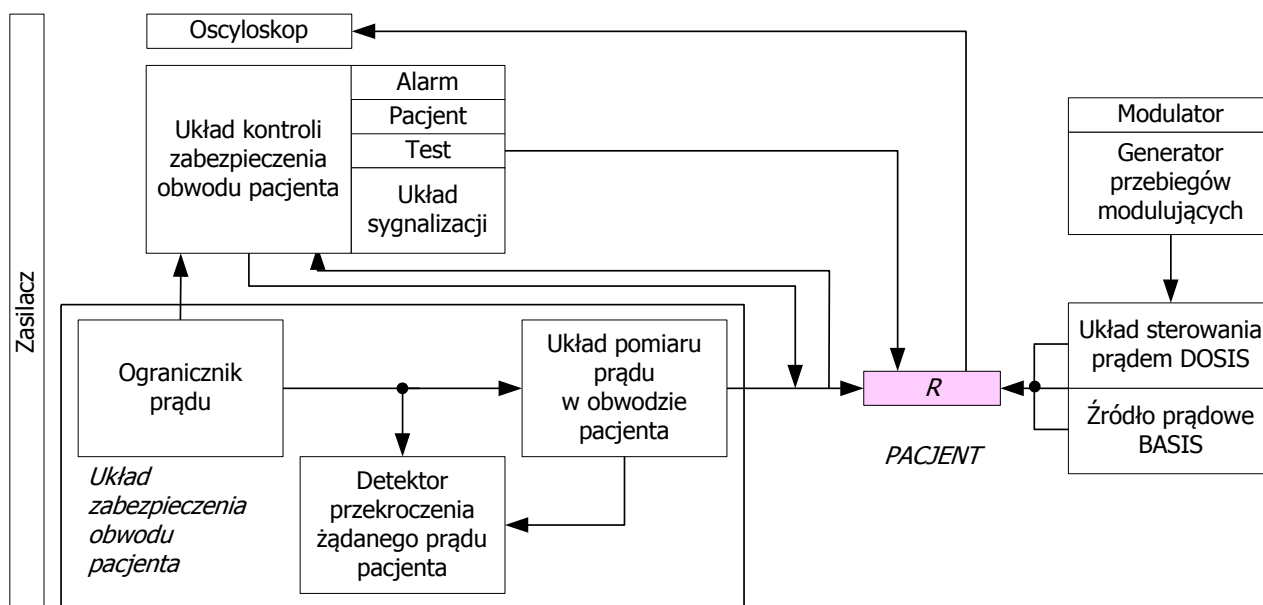
Różnica między urządzeniami tkwi w sposobie formowania prądu leczącego. Starsze urządzenia generują sygnały analogowe. Duoter Mini należy do nowej generacji i sygnały leczące są uformowane w sposób cyfrowy. Istnieją także szerokie możliwości doboru parametrów prądów do indywidualnych potrzeb pacjenta i zapamiętanie ich w pamięci urządzenia.

Stymulator miniaturowy Stimul 3 należy do urządzeń przeznaczonych do użytku domowego. Jest nim generator napięciowych impulsów prostokątnych zasilany z baterii.

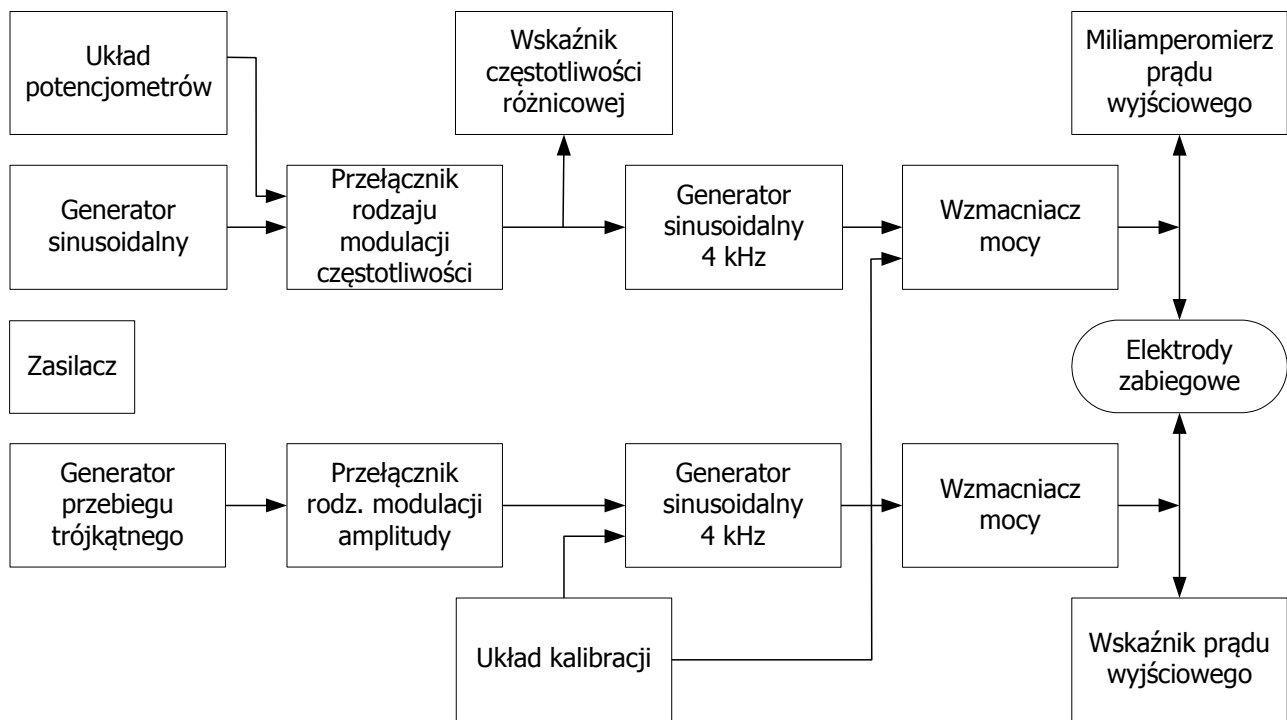
* Maciejewski B., Systemowa terapia informacyjna. SYMBIONICS, Warszawa 1997.

Tabela 5.2. Rodzaje typowych sygnałów terapeutycznych i ich parametry

Lp.	Kształt sygnału	Parametry sygnału
1.	Sinusoidalny,	Składowa stała Amplituda Częstotliwość
2.	Sinusoida wyprostowana jednopołówkowo	
3.	Sinusoida wyprostowana dwupołówkowo	
4.	Prostokątny	Składowa stała Amplituda Częstotliwość Czas trwania
5.	Trapezowy	Składowa stała Amplituda Częstotliwość Czas trwania Czas narostu (szybkość narostu) Czas opadania (szybkość opadania)
6.	Trójkątny (piłozębny)	



Rys. 5.5. Schemat blokowy urządzenia terapeutycznego Stymat S-210



Rys. 5.6. Schemat blokowy urządzenia terapeutycznego Stymat S-300

APARATURA DO TERAPII PRĄDEM ZMIENNYM MAŁEJ I ŚREDNIEJ CZĘSTOTLIWOŚCI

Wyposażenie stanowiska

Lp.	Aparatura	Dokumentacje	Osprzęt
1.	-	Instrukcja do ćwiczenia	1 kabel do S-210
2.	<u>Stymat S-210</u>	Instrukcja obsługi	1 kabel do S-300
3.		Instrukcja serwisowa	1 + 4 kable do Duoter Mini
4.		Norma zakładowa	4 elektrody gumowe
5.		Stymat S-300	Instrukcja obsługi
6.	Instrukcja serwisowa		2 trójniki BNC
7.	Norma zakładowa		2 kolki
8.	Duoter Mini	Instrukcja obsługi	2 krokodylki
9.	Stimul 3	Instrukcja obsługi	2 chwytaki
10.	Miernik zniekształceń PMZ-9	Instrukcja obsługi	2 opornice dekadowe
11.	Analizator widma SR-760	Instrukcja obsługi	
12.	Częstościomierz PFM 1300	Instrukcja obsługi	
	Oscyloskop pamiętający	Instrukcja obsługi	