

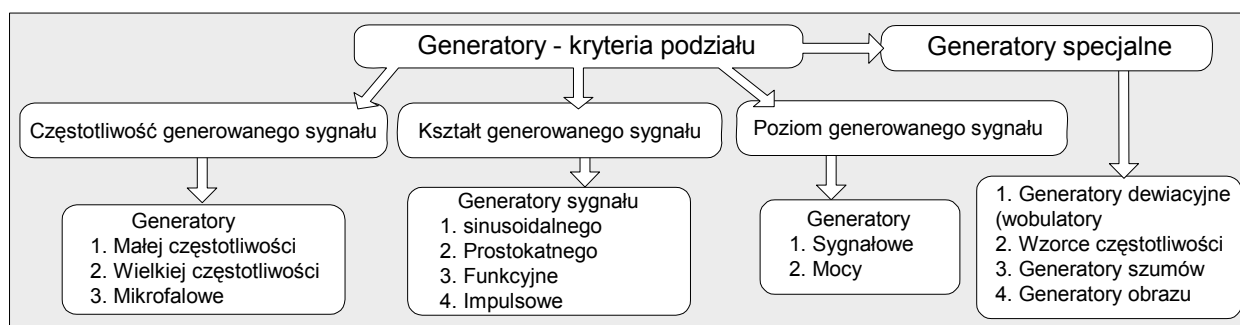
## Ćwiczenie nr 8. Generatory przebiegów elektrycznych

**Cel ćwiczenia:**

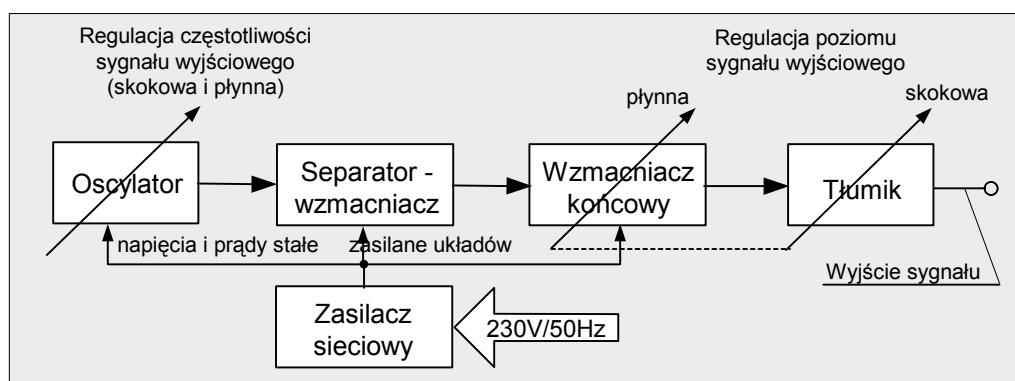
Celem ćwiczenia jest zapoznanie studentów z podstawowymi właściwościami generatorów przebiegów elektrycznych to jest źródeł małej mocy generujących przebiegi elektryczne. Przewidywane jest również (w miarę możliwości czasowych) uruchomienie i określenie niektórych właściwości prostych, jedno-tranzystorowych generatorów sygnałów małej częstotliwości.

**1. Wprowadzenie w tematykę ćwiczenia**

Generator przebiegu elektrycznego jest urządzeniem zamieniającego energię dostarczaną przez źródło zasilania (źródło prądu stałego) na energię drgań elektrycznych (sygnał zmienny). Generatory przebiegów elektrycznych są produkowane jako autonomiczne przyrządy służące między innymi w różnych technikach pomiarowych. Generatory można podzielić na różne klasy, przy czym podstawowymi kryteriami podziału są: częstotliwość generowanego sygnału, kształt generowanego sygnału i poziom generowanego sygnału (rys. 1). Możliwe są praktyczne wszystkie kombinacje wymienionych pozycji; generator mocy sygnału sinusoidalnego małej częstotliwości lub generator sygnałowy wielkiej częstotliwości itp.. Osobną grupę stanowią tak zwane generatory specjalne. Strukturę typowego generatora na poziomie schematu blokowego przedstawia rysunek 2.

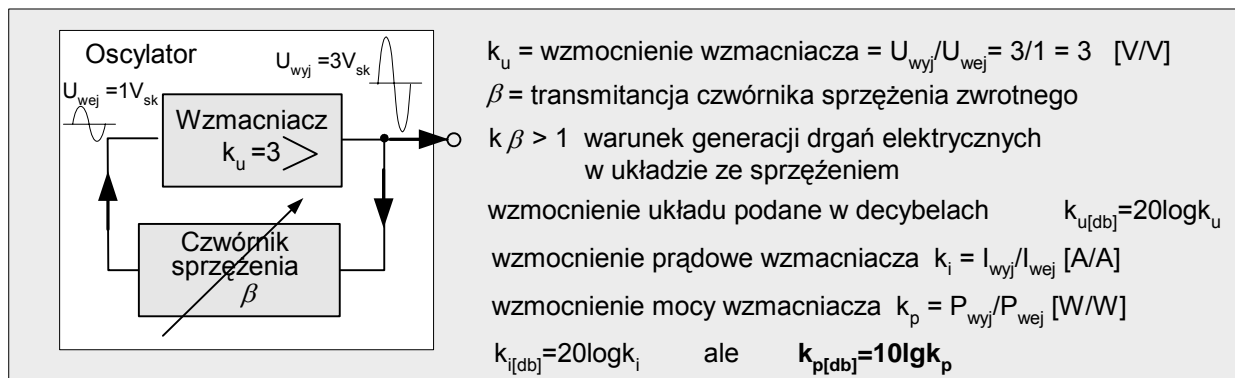


Rys. 1. Podział generatorów na grupy (jeden z możliwych)



Rys. 2. Schemat blokowy typowego prostego generatora przebiegu (sygnału) zmiennego

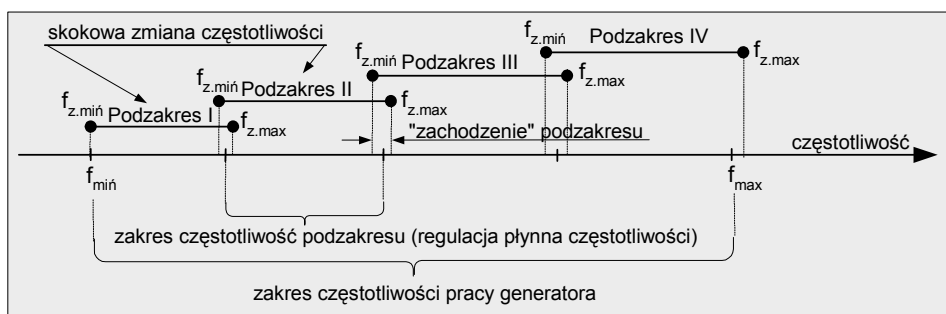
Obecnie niegasnące oscylacje (drgania) elektryczne uzyskiwane są elektronicznych układach wzmacniających z pętlą (lub pętlami) sprzężenia zwrotnego (rys. 3). Parametry czwórnika sprzężenia zwrotnego (transmitancja czwórnika sprzężenia) decyduje o wzbudzeniu drgań elektrycznych oraz sposobie zmian wartości częstotliwości generowanych drgań i zakresie wartości, w którym te zmiany są możliwe (zakres przestrajania oscylatora). Oscylator jest bardzo wrażliwy na zmiany obciążenia. Z tego względu konieczne jest stosowanie separatora. Końcową wartość sygnału wyjściowego uzyskuje się na drodze wzmocnienia sygnału z wyjścia separatora i podzieleniu sygnału wyjściowego z wzmacniacza końcowego (mocy) w układzie tłumika.



Rys. 3. Ilustracja idei generacji drgań elektrycznych w układzie wzmacniacza ze sprzężeniem zwrotnym

## 2. Parametry generatorów przebiegów elektrycznych

2.1. *Zakres zmian częstotliwości sygnału generowanego.* Zmiana wartości częstotliwości generowanego sygnału jest najczęściej dwustopniowa, skokowa związana ze zmianami podzakresów i płynna w aktualnie załączonym zakresie (rys. 4). Przedział płynnej zmiany wartości częstotliwości w podzakresie określony jest jako stosunek maksymalnej częstotliwości generowanej na danym podzakresie do minimalnej częstotliwości generowanej na tym samym podzakresie (pokrycie  $f_{\max}/f_{\min} \approx 3$  lub 10). Drugim parametrem z tej grupy jest całkowity zakres zmian częstotliwości generowanego sygnału; minimalna częstotliwość na najniższym podzakresie i maksymalna na najwyższym podzakresie.



Rys. 4. Zakres częstotliwości przebiegów elektrycznych generowanych przez generator, podział na podzakresy, „zachodzenie” podzakresów częstotliwości.

2.2. *Stołość częstotliwości generowanego sygnału.* Parametr ten określa stosunek zmian częstotliwości  $\pm \Delta f_x$  wokół częstotliwości  $f_x$  nastawionej na generatorze. Stołość częstotliwości generatorów zawiera się w przedziale  $10^{-4} \leq \pm \Delta f_x / f_x \leq 10^{-7}$  ( $10^{-8} \div 10^{-10}$  w przypadku wzorców częstotliwości).

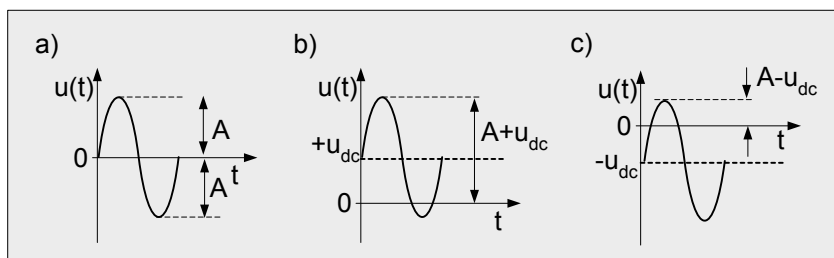
2.3. *Kształt generowanego sygnału.* Podstawowym kształtem generowanego sygnału jest kształt sinusoidy. W tak zwanych generatorach funkcyjnych generowane są sygnały o kształcie prostokąta, trójkąta i sinusoidy (standardowy zestaw sygnałów). Generatory sygnałów sinusoidalnych są z reguły generatorami o lepszej stabilności częstotliwości a generowany sygnał zawiera mało harmonicznych (tak zwane generatory sygnałowe). Generatory funkcyjne wykazują gorszą stołość częstotliwości a sygnały wyjściowe są często kiepskiej jakości (kształty sygnału trójkątnego i sinusoidalnego odbiegają od kształtu idealnego trójkąta i idealnej sinusoidy).

2.4. *Wartość i zakres regulacji amplitudy sygnału wyjściowego.* Poziom (amplituda) generowanego sygnału zależy od rodzaju generatora. W przypadku generatorów sygnałowych jest to maksymalna wartość amplitudy rzędu jednego wolta a w przypadku generatorów mocy mogą to być wartości amplitud od kilku do kilkudziesięciu woltów. Minimalna wartość generowanego sygnału jest rzędu dziesiątych części wolta w generatorach mocy i poniżej mikrowolta w przypadku generatorów

## Ćwiczenie nr 8. Generatory przebiegów elektrycznych

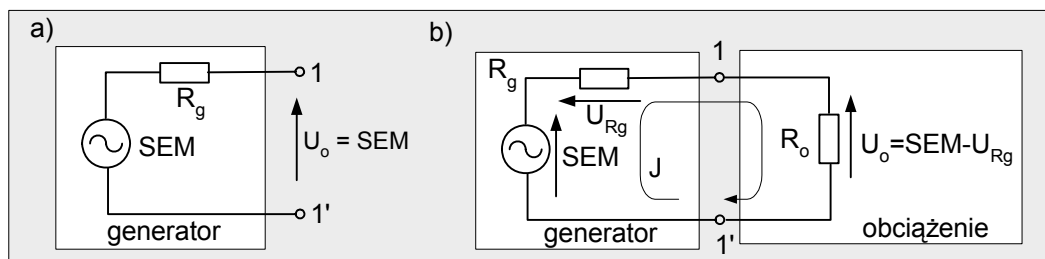
sygnałowych. Regulacja amplitudy jest najczęściej dwustopniowa; skokowa przy zmianie zakresów i płynna na wybranym podzakresie. Kolejnym parametrem z tej grupy jest dokładność nastawienia zadanej wartości amplitudy.

2.5. *Polaryzacja sygnałem stałoprądowym.* Polega ona na sumowaniu (superpozycji) generowanego sygnału wyjściowego i dodatkowego sygnału stałego (rys. 5). Polaryzujące napięcie stałe zmienia się zarówno na plus jak i na minus względem poziomu zera woltów (poziomu masy). Zakres zmian wartości tego napięcia jest najczęściej równy wartości amplitudy generowanego sygnału. Funkcje offsetu (podpolaryzowania) mają najczęściej generatory funkcyjne. Generatory sygnałowe tej funkcji nie posiadają.



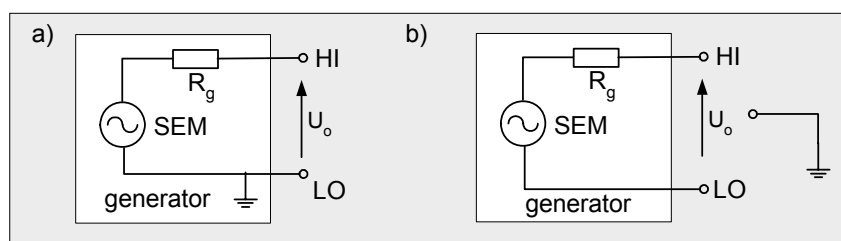
Rys. 5. Superpozycja sygnału sinusoidalnego i napięcia stałego; (a) sinusoida o amplitudzie  $A$ , brak napięcia stałego; (b) sinusoida o amplitudzie  $A$  i polaryzujące napięcie stałe o wartości  $+u_{dc}$ ; (c) sinusoida o amplitudzie  $A$  i polaryzujące napięcie stałe o wartości  $-u_{dc}$ .

2.6. *Oporność wyjściowa generatora.* Generator jest źródłem sygnału elektrycznego. Tak jak każde rzeczywiste źródło napięcia charakteryzuje się skończoną wartością oporności wewnętrznej (rys.6a). Oddziaływanie tej oporności wewnętrznej generatora na rozptył prądów w obwodzie elektrycznym jest takie samo jak w przypadku źródeł napięcia stałego (rys.6b). Oporności wewnętrzne generatorów mają najczęściej standardowe wartości  $R_g = 50\Omega$ ,  $R_g = 75\Omega$  lub  $R_g = 600\Omega$ .



Rys. 6. Generator rzeczywisty jako źródło sygnału; (a) napięcie wyjściowe generatora nieobciążonego; (b) napięcie wyjściowe generatora obciążonego opornością  $R_o$

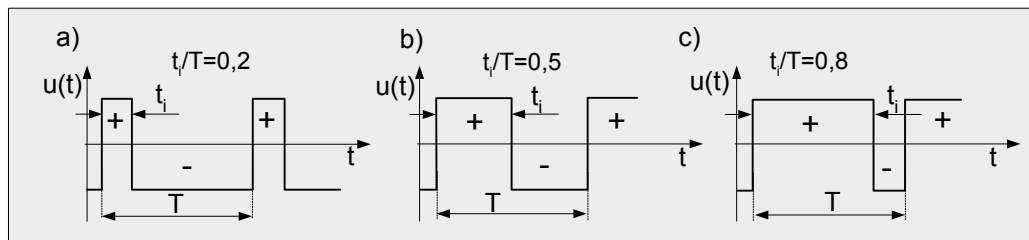
2.7. *Symetryczne i asymetryczne wyjście generatora.* Wyjście asymetryczne generatora oznacza, że jeden z zacisków wyjściowych jest połączony bezpośrednio z masą (LO) a drugi zacisk jest tak zwanym zaciskiem gorącym (HI). W przypadku wyjścia symetrycznego żaden z zacisków wyjściowych generatora nie jest połączony bezpośrednio z masą układu (rys.7). Zaciski wyjściowe generatora są symetryczne względem masy generatora.



Rys. 7. Rodzaje wyjść generatorów; (a) generator o wyjściu niesymetrycznym; (b) generator o wyjściu symetrycznym

**Ćwiczenie nr 8. Generatory przebiegów elektrycznych**

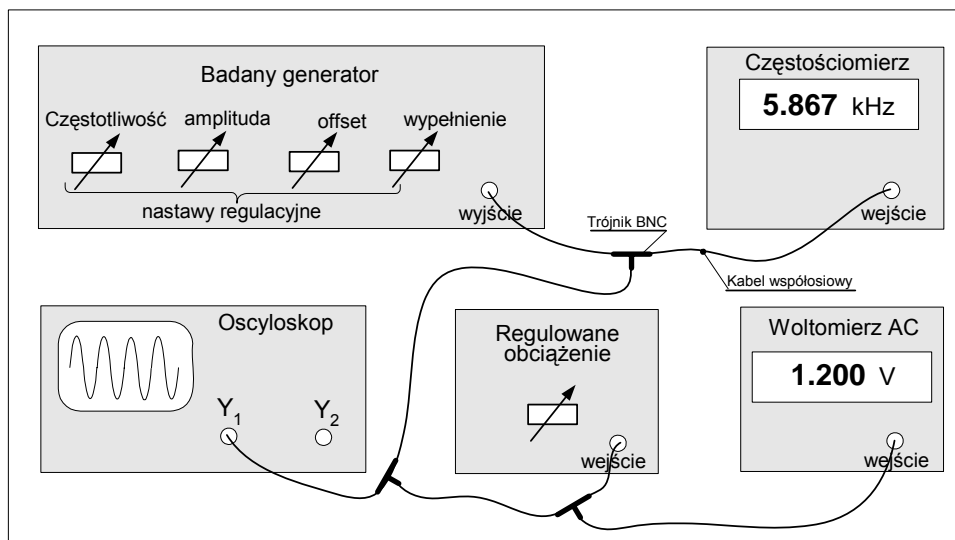
2.8. *Inne, wybrane parametry generatorów; wypełnienie sygnału, modulacja.* W przypadku bardziej rozbudowanych generatorów funkcyjnych oraz w przypadku generatorów sygnałów prostokątnych możliwa jest regulacja tak zwanego wypełnienia sygnału prostokątnego jak również w przypadku generatorów funkcyjnych może być dostępna funkcja modulacji amplitudowej jak również częstotliwościowej sygnału wyjściowego generatora. Wypełnienie sygnału prostokątnego (rys.8) związane jest z zmianą czasu trwania np. dodatniej części sygnału przy zadanym czasie trwania okresu sygnału prostokątnego. Standardowy zakres regulacji wypełnienia przebiegu prostokątnego zawiera się w przedziale  $0,1 \div 0,9$ .



Rys. 8. Interpretacja tak zwanego wypełnienia przebiegu prostokątnego; (a) sygnał o wypełnieniu 0,2; (b) sygnał o wypełnieniu 0,5; (c) sygnał o wypełnieniu 0,8. T – okres sygnału prostokątnego,  $t_i$  – czas trwania dodatniej części sygnału

**3. Wykonanie ćwiczenia - pomiary wybranych parametrów generatorów**

W tym celu złożyć na stanowisku laboratoryjnym układ pomiarowy składający się z badanego generatora, oscyloskopu analogowego, cyfrowego częstościomierza, woltomierza napięcia zmiennego oraz rezystancyjnego obciążenia (rys. 9). Do pomiaru poszczególnych parametrów układ pomiarowy może zawierać tylko część przyrządów z rysunku 9.



Rys. 9. Schemat blokowy układu do pomiaru wybranych właściwości generatora przebiegów elektrycznych

3.1. Wyznaczanie poprawki do skali częstotliwości. W układzie jak na rysunku 9 niezbędny jest generator badany i częstościomierz cyfrowy (zalecany jest oscyloskop analogowy). Ustawić generator w funkcji generowania sygnału prostokąta lub sinusoidy, poziom stałego napięcia podkładu na który nałożony jest przebieg zmienny (offset- podpolaryzowanie) ustawić na wartość zero woltów. Generowany sygnał obserwować na ekranie lampy oscyloskopowej. Amplitudę sygnału ustawić na poziomie wystarczającym do prawidłowego wystereowania układów wejściowych częstościomierza cyfrowego (zalecana wartość amplitudy sygnału  $0,2 \div 0,5$  V).

*Wykonanie pomiarów.* Na badanym generatorze wybrać najniższy podzakres generowanych

częstotliwości. Wybierać na podziałce skali kolejno wartości częstotliwości. Wybierać „równe” wartości częstotliwości na przykład w punktach opisanych na podziałce skali lub inne charakterystyczne punkty częstotliwości. Po ustawieniu częstotliwości na generatorze zmierzyć jej wartość częstotliciomierzem. Określić różnicę między wartością częstotliwości zadanej na generatorze a wartością częstotliwości zmierzonej częstotliciomierzem cyfrowym. Pomiarów wykonać na wszystkich podzakresach częstotliwości generatora. Wyniki zebrać w tabeli poprawek. Zalecane wykonanie wykresów. Dodatkowo określić „zachodzenie” podzakresów częstotliwości generatora oraz określić ich wartość.

3.2. Określenie zakresu regulacji wartości napięcia sygnału wyjściowego. W układzie jak na rysunku 9 niezbędne są: badany generator, woltomierz napięcia zmiennego i obciążenie o wartości równej oporności wewnętrznej generatora (obciążenie nominalne) oraz zalecany oscyloskop. Podpolaryzowanie sygnału ustawić na wartość zero woltów. Częstotliwość generowanego sygnału ustawić na wartość leżącą w zakresie pomiarów woltomierza. W przypadku braku woltomierza oszacowanie zakresu zmian wartości amplitudy sygnału wyjściowego generatora oszacować na podstawie obrazu sygnału obserwowanego na ekranie lampy oscyloskopowej.

*Wykonanie pomiarów.* Zmierzyć woltomierzem wartości minimalne i maksymalne amplitudy generowanego sygnału na poszczególnych podzakresach regulacji amplitudy. Oszacować precyzję regulacji wartości amplitudy. Obserwować generowany sygnał na ekranie lampy oscyloskopowej. Pomiarów wykonać w miarę możliwości dla kilku częstotliwości generowanego sygnału.

3.3. Określenie zakresu regulacji podpolaryzowania. W układzie jak na rysunku 9 niezbędne są: badany generator, obciążenie nominalne, oscyloskop. Pomiarów dokonaj przy generatorze obciążonym opornością nominalną. Na podstawie analizy obrazu sygnału na ekranie lampy oscyloskopowej oszacuj zakres regulacji podpolaryzowania. Wyjaśnienia sposobu wykonania tego pomiaru szukaj na rysunku 5. Sprawdź czy istnieje zależność między ustawionym podzakresem napięcia wyjściowego generowanego sygnału a zakresem regulacji wartości napięcia podpolaryzowania. Oszacuj jak precyzyjnie można ustawić wartość tego napięcia

3.4. Oszacowanie wartości oporności wewnętrznej generatora. Mierzając napięcie sygnału na wyjściu generatora dla dwu różnych wartości obciążenia oszacować wartość oporności wewnętrznej generatora. W celu wyliczenia wartości oporności wewnętrznej generatora przyjąć do obliczeń układ jak na rysunku 6b. Ułożyć dwa równania liniowe dla układu z rysunku 6b dla dwu różnych wartości oporności obciążenia wiedząc jakie odpowiadają im wartości napięć występujących na obciążeniu (wyjściu generatora). Pomiarów wartości napięć wykonać w zakresie częstotliwości pracy woltomierza (zalecana wartość częstotliwości to  $f = 1$  kHz).

3.5. Badanie zakresu regulacji wypełnienia sygnału. Jeżeli badany generator ma możliwość regulacji wypełnienia sygnału określ zakres tej regulacji. Oszacowania dokonaj na podstawie analizy obrazu generowanego sygnału obserwowanego na ekranie lampy oscyloskopowej.

#### 4. Pytania kontrolne

1. Podaj kryteria podziału generatorów na różne grupy.
2. Podaj ogólny prosty schemat blokowy generatora i krótko go omów.
3. Wyjaśnij, co to jest podpolaryzowanie (offset) w generatorze przebiegów elektrycznych?
4. Jak jest określane „wypełnienie” w przypadku sygnałów prostokątnych?
5. Podaj, w jaki sposób można oszacować wartość oporności wewnętrznej generatora.

#### 5. Literatura

- [1] B. Konorski.: *Podstawy elektrotechniki*. PWN Warszawa 1967
- [2] T. Cholewicki.: *Elektrotechnika teoretyczna*. WNT Warszawa 1967
- [3] J. Rydzewski.: *Pomiary oscyloskopowe*. WNT, Warszawa 1994
- [4] A. Jelonek, Z. Karkowski.: *Miernictwo radiotechniczne*. WNT, Warszawa 1972, wydanie IV
- [5] J. Parchański.: *Miernictwo elektryczne i elektroniczne*. WSiP Warszawa 1996

Opracował: dr inż. Piotr Ruszel

Instytut Inżynierii Biomedycznej i Pomiarowej Wydziału PPT Politechniki Wrocławskiej