



# **AKADEMIA MORSKA W SZCZECINIE**

**JEDNOSTKA ORGANIZACYJNA:**  
ZAKŁAD KOMUNIKACYJNYCH TECHNOLOGII MORSKICH

## **INSTRUKCJA**

**ELEKTROTECHNIKA I ELEKTRONIKA**  
**Laboratorium**  
**Ćwiczenie nr 7: Generatory**

|                            |  |
|----------------------------|--|
| Opracował:                 | dr inż. Marcin Mąka, dr inż. Piotr Majzner |
| Zatwierdził:               | dr inż. Piotr Majzner                      |
| Obowiązuje od: 24. IX 2012 |  |

## **Spis treści**

**7.1. Cel i zakres ćwiczenia**

**7.2. Opis stanowiska laboratoryjnego**

**7.3. Przebieg ćwiczenia**

**7.4. Warunki zaliczenia**

**7.5. Część teoretyczna**

**7.6. Literatura**

**7.7. Efekty kształcenia**

## 7. GENERATORY

### 7.1 Cel i zakres ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest opanowanie wiedzy z zakresu budowy, parametrów, charakterystyk i zastosowania generatorów.

### Zagadnienia

1. Definicja generatora.
2. Klasyfikacja generatorów.
3. Warunki wzbudzenia generatorów z pętlą dodatniego sprzężenia zwrotnego.
4. Generatory LC.
5. Generatory RC.
6. Generatory kwarcowe.

### Pytania kontrolne

1. Co to jest generator ?
2. Jakie parametry charakteryzują generator ?
3. Jakie są warunki generacji ?
4. Omów klasyfikacje generatorów.
5. Omów idee działania generatora Meissnera, Colpittsa, Hartleya i Clappa.
6. Jaka jest idea działania generatora RC ?
7. Co to są generatory relaksacyjne ?
8. Omów przeznaczenie i parametry generatora podstawy czasu.
9. Podaj przykłady praktycznego zastosowania poszczególnych typów generatorów.

### 7.2. Opis układu pomiarowego

Zestaw przyrządów:

- zasilacz stabilizowany,
- oscyloskop
- płytki montażowe generatora Meissnera,
- płytki montażowe generatora Colpittsa,
- płytki montażowe generatora RC,
- płytki montażowe multiwibratora astabilnego.

Każdy generator zasilany jest innym napięciem. Należy zwrócić szczególną uwagę aby nie uszkodzić układu badanego.

### 7.3. Wykonanie ćwiczenia

#### 7.3.1. Badanie generatora Meissnera

Zmontować układ pomiarowy z rys. 7.3.1.



Rys. 7.3.1. Układ pomiarowy do badania generatorów

- Do obwodu rezonansowego włączyć pojemność  $C = 22 \text{ nF}$ , pomierzyć okres generowanego przebiegu.
- Przy pomocy wkrętaka potencjometrem  $P_s$  regulować wielkość dodatniego sprzężenia zwrotnego. Zwrócić uwagę na moment pojawienia się zniekształceń sinusoidy przy zbyt dużym sprzężeniu i moment zaniku drgań przy zbyt małym sprzężeniu. Uwagi zanotować.
- Do obwodu rezonansowego włączyć pojemność  $C = 0.22 \text{ }\mu\text{F}$ . Wyregulować właściwą wartość sprzężenia  $P_s$  (maksymalna amplituda bez zniekształceń). Pomierzyć okres drgań i porównać go z pomiarem poprzednim, zanotować wnioski.

#### 7.3.2. Badanie generatora Colpitsa

- Zmontować układ pomiarowy z rys. 7.3.1.
- Pomierzyć okres drgań dla  $C = 47 \text{ nF}$  i  $C = 68 \text{ nF}$ , porównać wyniki, zanotować wnioski.

#### 7.3.3. Badanie generatora RC

- Zmontować układ pomiarowy z rys. 7.3.1.
- Pomierzyć okres drgań, zwrócić uwagę na budowę generatora.

#### 7.3.4. Badanie multiwibratora astabilnego

- Zmontować układ pomiarowy z rys. 7.3.1.
- Pomierzyć czas trwania impulsów i okres powtarzania dla par pojemności  $C_1 = 47 \text{ nF}$  i  $C_2 = 22 \text{ nF}$  oraz  $C_1 = 0.068 \text{ }\mu\text{F}$  i  $C_2 = 0.22 \text{ }\mu\text{F}$ . Porównać wyniki, zanotować wnioski.

#### 7.3.5. Badanie generatora podstawy czasu

- W układzie jak poprzednio do multiwibratora pracującego przy  $C_1 = 22 \text{ nF}$  i  $C_2 = 47 \text{ nF}$  dołączyć układ całkujący zbudowany na tej samej płycie.
- Na wyjściu układu całkującego zaobserwować przebiegi piłokształtne tak skonstruowanego prymitywnego generatora podstawy czasu. Pomierzyć dokładnie czas trwania części roboczej przebiegu piłokształtnego i jego amplitudę

- Dostroić oscyloskop tak, aby na ekranie widać było pojedynczy impuls piłokształtny (korzystać z płynnej regulacji wzmocnienia i z płynnej regulacji podstawy czasu). Przerysować dokładnie impuls wykorzystując w tym celu siatkę ekranu oscyloskopu.

#### 7.4. Warunki zaliczenia ćwiczenia

Warunkiem zaliczenia ćwiczenia jest:

- napisanie z wynikiem pozytywnym krótkiego sprawdzianu na początku zajęć;
- wykonanie ćwiczenia;
- sporządzenie sprawozdania według instrukcji zawartej poniżej;
- obrona sprawozdania na następnych zajęciach;
- potwierdzenie opanowania zakresu ćwiczenia na ostatnich zajęciach zaliczeniowych;

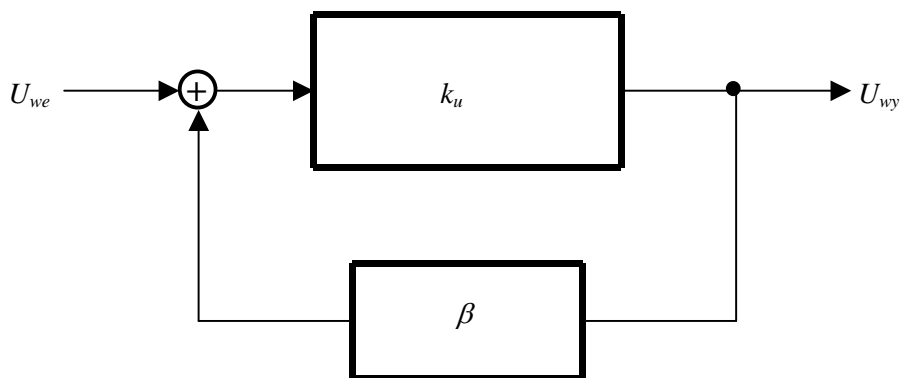
Sprawozdanie powinno zawierać:

- dokładne oscylogramy generowanych przebiegów na papierze milimetrowym,
- na podstawie zmierzonych okresów policzyć częstotliwości generowanych przebiegów,
- opis, jaki jest wpływ nadmiernego lub zbyt małego wzmocnienia na kształt generowanego sygnału,
- zakładając, że do oscyloskopu dołączony jest przebieg podstawy czasu jak w punkcie 7.3.5. narysować na jego ekranie jak będzie wyglądał oscylogram, jeżeli na płytce Y podano ciąg impulsów szpilkowych o  $f = 10$  kHz a długość podstawy czasu na ekranie została rozciągnięta na odległość  $l = 10$  cm. Linia przerywana zaznaczyć jakie powinny być położenia impulsów gdyby generator podstawy czasu generował prawidłowy sygnał

## 7.5. Zasada pracy generatorów

Generatorem nazywamy układ lub urządzenie elektroniczne służące do wytwarzania napięć zmiennych kosztem energii prądu stałego pobieranej ze źródła zasilania. Wytwarzane napięcia zmienne mogą mieć regulowaną amplitudę i częstotliwość, można też uzyskiwać różne kształty wytwarzanych przebiegów – sinusoidalne, prostokątne, trójkątne itp.

Ponieważ najczęściej spotyka się generatory drgań sinusoidalnych, omówiona tutaj zostanie zasada pracy tej grupy generatorów. Generatory sinusoidalne budowane są zwykle w oparciu o dodatnie sprzężenie zwrotne. Układem wyjściowym jest wzmacniacz objęty pętlą dodatniego sprzężenia zwrotnego, jak pokazano na rys. 7.5.1.



Rys. 7.5.1. Układ z dodatnim sprzężeniem zwrotnym

Układ takiego wzmacniacza ze sprzężeniem zwrotnym stanie się generatorem wtedy, gdy spełnione zostaną dwa warunki: zgodności fazy i wartości amplitudy.

**Warunek zgodności fazy** polega na tym, że napięcie sprzężenia zwrotnego doprowadzone do wejścia wzmacniacza z jego wyjścia musi mieć tę samą fazę co i napięcie na wejściu. Jeśli wzmacniacz przesuwa napięcie o określony kąt, to w pętli sprzężenia zwrotnego musi być dokonane dalsze przesunięcie tak, aby przesunięcie sumaryczne było równe  $n \cdot 360^\circ$ .

**Warunek wartości amplitudy** polega na tym, że napięcie sprzężenia zwrotnego doprowadzane do wejścia wzmacniacza musi mieć taką wartość, aby podtrzymywało wzbudzone drgania. Wzmocnienie wzmacniacza z dodatnim sprzężeniem zwrotnym wyraża się zależnością:

$$k_{uf} = \frac{k_u}{1 - \beta \cdot k_u} \quad 7.5.1$$

gdzie:

- $k_u$  – wzmocnienie wzmacniacza bez sprzężenia zwrotnego,
- $\beta$  – współczynnik podziału napięcia w pętli sprzężenia zwrotnego.

Ponieważ generator musi pracować bez obecności napięcia wejściowego (zaznaczonego na rys. 7.5.1 jako  $U_{we}$ ), wzmocnienie układu, będące stosunkiem napięcia wyjściowego do wejściowego musi być nieskończenie wielkie, co oznacza, że mianownik w wyrażeniu 7.5.1 musi być równy zero. Warunek amplitudy można więc wyrazić zależnością:

$$\beta \cdot k_u = 1 \quad 7.5.2$$

W przypadku gdy  $\beta \cdot k_u$  będzie mniejsze od jedności drgania w obwodzie nie pojawią się, a gdy  $\beta \cdot k_u$  będzie większe od jedności, drgania wprawdzie pojawią się, lecz będzie to sinusoida zniekształcona o spłaszczonych wierzchołkach.

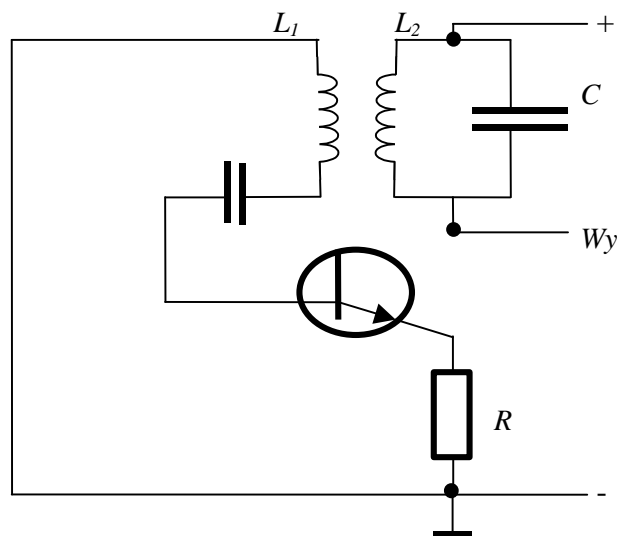
W zależności od sposobu budowy można wyróżnić następujące typy generatorów:

- generatory  $LC$ ,
- generatory  $RC$ ,
- generatory kwarcowe.

### 7.5.1. Generatory $LC$

Podstawą budowy generatorów z tej grupy jest wzmacniacz selektywny objęty pętlą dodatniego sprzężenia zwrotnego. W zależności od sposobu pobierania napięcia do obwodu sprzężenia zwrotnego, występują różne rozwiązania generatorów  $LC$ . Najczęściej spotykane typy generatorów w tej grupie to: generator Meissnera, generator Colpittsa oraz generator Hartleya.

**Generator Meissnera** przedstawiono na rys. 7.5.2. Jest to schemat uproszczony, oddający zasadę pracy generatora, bez zaznaczenia elementów służących do nalarzacji tranzystora.

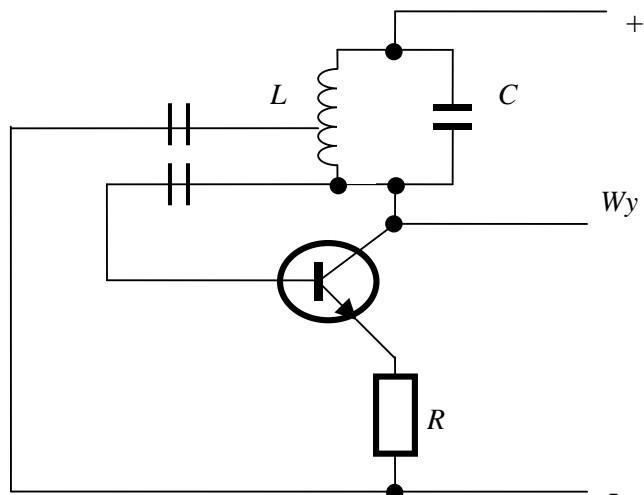


Rys.7.5.2. Generator Meissnera

Napięcie z obwodu wyjściowego wzmacniacza selektywnego z cewki  $L_2$  przenosi się indukcyjnie do uzwojenia  $L_1$  podłączonego do wejścia wzmacniacza. Ponieważ wzmacniacz jednostopniowy przesuwają fazę napięcia o  $180^\circ$ , więc dla spełnienia **warunku fazy**, musi wystąpić w transformatorze dodatkowe przesunięcie fazy o  $180^\circ$ . Uzyskuje się to poprzez odwrotny kierunek nawinięcia uzwojeń  $L_2$  i  $L_1$ . **Warunek amplitudy** jest tu spełniany przez właściwy dobór ilości zwojów na uzwojeniach  $L_2$  i  $L_1$ . Uzwojenie  $L_1$  musi mieć w stosunku do uzwojenia  $L_2$  tyle razy mniej zwojów, ile wynosi wzmocnienie wzmacniacza. Częstotliwość drgań w generatorze Meissnera jest równa:

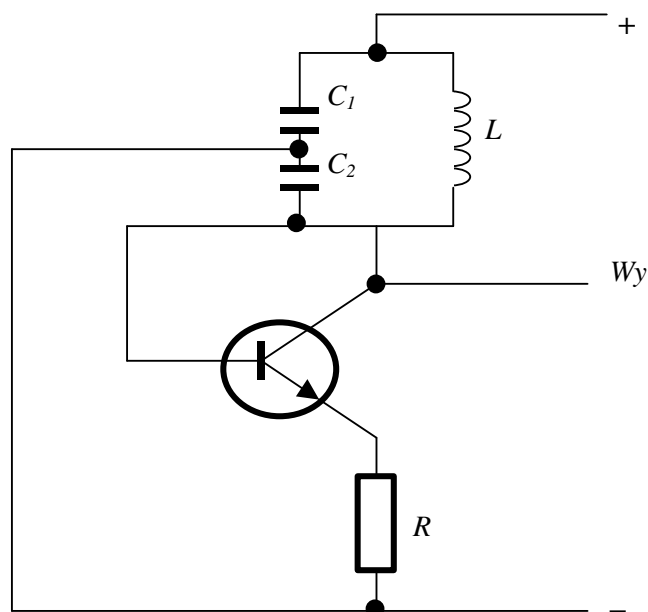
$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad 7.5.3$$

Uproszczony schemat **generatora Hartleya** przedstawiono na rys. 7.5.3. Napięcie do obwodu dodatniego sprzężenia zwrotnego pobierane jest metodą autotransformatorową z odczepu na uzwojeniu  $L$ . Dla spełnienia **warunku amplitudy** ilość zwojów na części uzwojenia, z której jest pobierane napięcie sprzężenia zwrotnego musi być tyle razy mniejsza od całkowitej ilości zwojów uzwojenia  $L$ , ile wynosi wzmocnienie wzmacniacza. **Warunek fazy** jest spełniany przez taki dobór końcówek w obwodzie sprzężenia zwrotnego, aby napięcie podawane na bazę tranzystora było przesunięte o  $180^\circ$  w stosunku do napięcia wyjściowego wzmacniacza.



Rys. 7.5.3. Generator Hartleya

Na rys. 7.5.4 przedstawiono uproszczony schemat **generatora Colpittsa**. W generatorze tym napięcie sprzężenia zwrotnego jest pobierane z dzielnika pojemnościowego  $C_1$ ,  $C_2$ . **Warunek amplitudy** jest tu spełniany przez odpowiedni dobór pojemności w dzielniku, a **warunek fazy** jest spełniany przez taki dobór końcówek w obwodzie sprzężenia zwrotnego, aby napięcie podawane na bazę tranzystora było przesunięte o  $180^\circ$  w stosunku do napięcia wyjściowego wzmacniacza.



Rys. 7.5.4. Generator Colpittsa

#### Charakterystyka generatorów $LC$

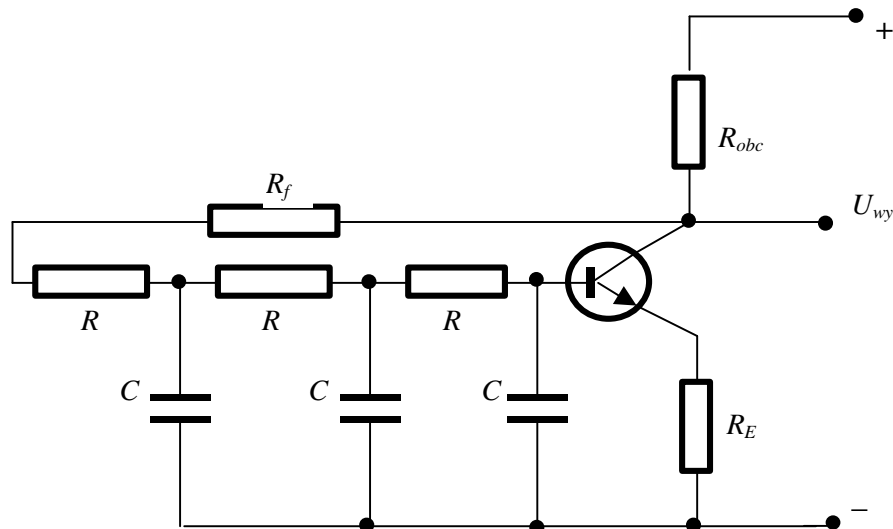
- są to generatory przestrajalne. Przestrajanie częstotliwości uzyskuje się przez zmianę pojemności bądź indukcyjności w obwodzie  $LC$ , z tym, że w praktyce przestrajalność ogranicza się do jednej dekady,
- z uwagi na nioską dobroć cewek o dużych indukcyjnościach, generatory te nie mogą pracować na małych częstotliwościach. W praktyce stosuje się je dla częstotliwości większych od 1 kHz, górna granica częstotliwości to kilkadziesiąt MHz



- stabilność częstotliwości zależy od stałości parametrów elementów  $L$  i  $C$ , w praktyce uzyskuje się ją na poziomie 0.1 do 1 %,
- stabilność amplitudy zależy od wrażliwości tranzystorów na zmiany temperatury, napięcia zasilania itp. Dla jej poprawy stosuje się dodatkowo układy ujemnego sprzężenia zwrotnego, w praktyce uzyskuje się ją na poziomie 0.1 do 1 %,
- generatory z tej grupy stosuje się głównie jako generatory lokalne (heterodyny) w układach przemiany częstotliwości.

### 7.5.2. Generatory RC

Generatory z tej grupy buduje się w oparciu o wzmacniacz szerokopasmowy z układem dodatniego sprzężenia zwrotnego zawierającym elementy  $R$  i  $C$ . Jednym z częściej stosowanych rozwiązań jest układ generatora RC z przesuwnikiem fazowym przedstawiony na rys. 7.5.5.



Rys. 7.5.5. Generator RC z przesuwnikiem fazowym

W generatorze tym zastosowano wzmacniacz jednostopniowy dający przesunięcie fazy  $180^\circ$ , w związku z tym przesuwnik fazowy, dla spełnienia **warunku fazy**, musi dawać również przesunięcie o  $180^\circ$ , aby otrzymać przesunięcie sumaryczne  $360^\circ$ . Ponieważ przesuwnik składa się z trzech jednakowych ogniw, każde ogniwo powinno zapewniać przesunięcie fazy o  $60^\circ$ . Przesunięcie fazowe w obwodzie składającym się z oporności i pojemności zależy od stosunku reaktancji pojemnościowej do oporności, a reaktancja pojemnościowa zależy od częstotliwości, będzie więc tylko jedna częstotliwość spełniająca ten warunek. Można ją wyznaczyć ze wzoru:

$$f_0 = \frac{1}{2\sqrt{6} \cdot \pi RC} \quad 7.5.4$$

**Warunek amplitudy** jest tu spełniany przez taki dobór opornika  $R_f$ , aby sumaryczne tłumienie sygnału na tym oporniku oraz w przesuwniku fazowym  $\beta$  było równe wzmocnieniu wzmacniacza.

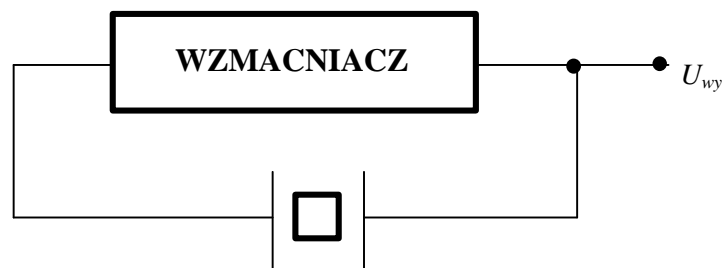
Innym rozwiązaniem generatora z grupy RC jest generator z **mostkiem Wiena**. Podstawą budowy takiego generatora jest wzmacniacz dwustopniowy przesuwający fazę napięcia o  $360^\circ$ . W pętli dodatniego sprzężenia zwrotnego zastosowany jest więc mostek Wiena, zbudowany z elementów  $R$  i  $C$ , który dla jednej częstotliwości daje przesunięcie fazy równe zero. Drgania powstaną na tej właśnie częstotliwości, ponieważ tylko dla niej będzie spełniony **warunek fazy**.

Charakterystyka generatorów  $RC$ :

- są to generatory przestrajalne. Płynne przestrajanie częstotliwości uzyskuje się przez zmianę pojemności, a skokowe przez zmianę oporności w przesuwniku fazowym. Zakres przestrajania może rozciągać się nawet na dziesięć dekad,
- z uwagi na brak elementów indukcyjnościach, generatory te mogą pracować w zakresie bardzo małych częstotliwościach. W praktyce stosuje się je dla częstotliwości od 0.1 Hz do kilku MHz
- stabilność częstotliwości zależy od stałości parametrów elementów  $R$  i  $C$ , w praktyce uzyskuje się ją na poziomie 0.1 do 1 %,
- stabilność amplitudy zależy od wrażliwości tranzystorów na zmiany temperatury, napięcia zasilania itp. Dla jej poprawy stosuje się dodatkowo układy ujemnego sprzężenia zwrotnego, w praktyce uzyskuje się ją na poziomie 0.05 do 1 %,
- generatory te, z uwagi na ich uniwersalność stosuje się zwykle jako laboratoryjne do badania innych układów, takich jak wzmacniacze, głośniki itp.

### 7.5.3. Generatory kwarcowe

Kwarc jest minerałem charakteryzującym się efektem piezoelektrycznym. Polega on na tym, że jeżeli płytka kwarcowa zostanie wprawiona w drgania mechaniczne, to na jej ściankach pojawi się napięcie zmienne o częstotliwości równej częstotliwości drgań mechanicznych. Ponieważ częstotliwość tych drgań zależy od wymiarów geometrycznych płytki, więc można tak dobrać te wymiary aby uzyskać dowolną, założoną częstotliwość. Bardzo istotną właściwością kwarcu jest prawie zerowy współczynnik termiczny, tzn. płytka kwarcowa nie zmienia swoich wymiarów, a więc i częstotliwości drgań przy zmianach temperatury. Ideowy schemat generatora kwarcowego przedstawiono na rys. 7.5.6.



Rys. 7.5.6. Generator kwarcowy

Generator składa się ze wzmacniacza z kwarcem włączonym w obwód dodatniego sprzężenia zwrotnego. W momencie załączenia napięcia zasilającego na płytce kwarcowej skokowo pojawia się impuls wprawiający ją w drgania o częstotliwości określonej jej wymiarami. Drgania te powodują powstanie napięcia zmiennego, które wzmacniane jest przez wzmacniacz, co powoduje ich podtrzymywanie. W rezultacie na wyjściu pojawi się napięcie o częstotliwości zależnej od zastosowanego kwarcu.

Generatory kwarcowe z natury są nie przestrajalne. Zmiana częstotliwości możliwa jest jedynie przez włączenie do obwodu sprzężenia zwrotnego innego kwarcu. Główną zaletą generatorów kwarcowych jest wysoka stabilność częstotliwości. Stosuje się je w nadajnikach radiowych do wytwarzania sygnału fali nośnej oraz w odbiornikach SSB do odtwarzania tej że fali potrzebnej dla procesu detekcji. Inne szeroko spotykane zastosowanie generatorów kwarcowych wiąże się z pomiarami czasu. Z uwagi na wysoką stabilność są one często stosowane do budowy precyzyjnych zegarów. Zegary kwarcowe, z punktu widzenia dokładności, zajmują drugie miejsce po zegarach atomowych.

### 7.6 Literatura

1. Rusek M., Pasierbiński J., *Elementy i układy elektroniczne w pytaniach i odpowiedziach*, WNT 1997.

2. Koziej E., Sochoń B., *Elektrotechnika i elektronika*, Warszawa 1986.
3. Przeździecki F., *Elektrotechnika i elektronika*, Warszawa, PWN 1985.
4. *Elektrotechnika i elektronika dla nieelektryków*, Praca zbiorowa, WNT 2006.
5. Jaczewski J., Opolski A., Stolz J., *Podstawy elektroniki i energoelektroniki*, WNT 1981.
6. Pilawski M., *Podstawy elektrotechniki*, WSiP 1982.
7. Rusek A., *Podstawy elektroniki*, WSiP 1989.
8. Stacewicz T., Kotlicki A., *Elektronika w laboratorium naukowym*, PWN 1994.

## 7.7 Efekty kształcenia

| <b>Metody i kryteria oceny</b>  |  |  |  |   |
|---|--|--|--|---|
| <b>EK1</b>  | Ma podstawową wiedzę w zakresie pojęć, praw z zakresu elektrotechniki i elektroniki.   |  |  |   |
| Metody oceny  | egzamin pisemny, egzamin ustny, sprawdziany i prace kontrolne w semestrze.   |  |  |   |
| Kryteria/ Ocena   | 2  | 3  | 3,5 - 4  | 4,5 - 5   |
| Kryterium 1<br>Wiedza w zakresie pojęć elektrotechniki i elektroniki.   | Brak lub niewystarczająca podstawowa wiedza w zakresie pojęć i definicji związanych z tematem.   | Opanowana podstawowa wiedza w zakresie pojęć i definicji związanych z tematem.                     | Zna i potrafi scharakteryzować/o mówić podstawowe pojęcia i definicje<br>Zna i potrafi scharakteryzować/o mówić podstawowe i rozszerzone pojęcia, definicje.   | Zna i potrafi przeanalizować pojęcia i definicje oraz wskazać możliwości ich wykorzystania w technice morskiej<br>Biegłe zna i potrafi przeanalizować oraz wskazać możliwości wykorzystania w technice morskiej.                      |
| Kryterium 2<br>Wiedzę w zakresie praw elektrotechniki i elektroniki.  | Brak lub niewystarczająca podstawowa wiedza w zakresie praw związanych z tematem.  | Opanowana podstawowa wiedza w zakresie praw związanych z tematem.                                  | Zna i potrafi scharakteryzować/o mówić podstawowe prawa<br>Zna i potrafi scharakteryzować/o mówić podstawowe i rozszerzone prawa.  | Zna i potrafi przeanalizować prawa oraz wskazać możliwości ich wykorzystania w technice morskiej<br>Biegłe zna i potrafi przeanalizować oraz wskazać możliwości wykorzystania w technice morskiej.                                    |
| <b>EK2</b>  | Posiada umiejętność wykorzystania podstawowych praw elektrotechniki i elektroniki do analizy rachunkowej podstawowych elementów i obwodów elektronicznych. |  |  |   |
| Metody oceny  | zaliczenie ćwiczeń, laboratoriów/ symulatorów, sprawozdanie/ raport.   |  |  |   |
| Kryteria/ Ocena   | 2  | 3  | 3,5 - 4  | 4,5 - 5   |
| Kryterium 1<br>Umiejętność wykorzystania podstawowych praw elektrotechniki i elektroniki do analizy rachunkowej podstawowych elementów i obwodów elektronicznych. | Brak lub niewystarczająca podstawowa wiedza w zakresie wykorzystania pojęć, definicji i praw związanych z tematem.   | Opanowana podstawowa wiedza w zakresie wykorzystania pojęć, definicji i praw związanych z tematem. | Zna i potrafi wykorzystać podstawowe pojęcia, definicje i prawa do analizy podstawowych obwodów<br>Zna i potrafi wykorzystać podstawowe i pochodne pojęcia, definicje i prawa do analizy podstawowych obwodów w technice morskiej. | Zna i potrafi wykorzystać podstawowe i pochodne pojęcia, definicje i prawa oraz wzajemne zależności między nimi w technice morskiej<br>Biegłe zna i potrafi przeanalizować oraz wskazać możliwości wykorzystania w technice morskiej. |
| <b>EK3</b>  | Ma podstawową wiedzę teoretyczną w zakresie struktury, przetwarzania, transmisji i pomiarów sygnałów elektrycznych.  |  |  |   |
| Metody oceny  | egzamin pisemny, egzamin ustny, sprawdziany i prace kontrolne w semestrze.   |  |  |   |
| Kryteria/ Ocena   | 2  | 3  | 3,5 - 4  | 4,5 - 5   |

|                 |  |  |   |   |
|-----------------|--|--|---|---|
| Kryterium 1     | Brak lub niewystarczająca podstawowa wiedza w zakresie struktury, przetwarzania, transmisji i pomiarów sygnałów elektrycznych. | Opanowana podstawowa wiedza w zakresie struktury, przetwarzania, transmisji i pomiarów sygnałów. | Zna i potrafi scharakteryzować/omówić podstawowe pojęcia z zakresu struktury, przetwarzania, transmisji i pomiarów sygnałów<br>Zna i potrafi scharakteryzować/omówić podstawowe i rozszerzone pojęcia z zakresu struktury, przetwarzania, transmisji i pomiarów sygnałów występujących w technice morskiej. | Zna i potrafi przeanalizować pojęcia z zakresu struktury, przetwarzania, transmisji i pomiarów sygnałów występujących w technice morskiej<br>Biegłe zna i potrafi przeanalizować pojęcia z zakresu struktury, przetwarzania, transmisji i pomiarów sygnałów występujących w technice morskiej.                  |
| <b>EK4</b>      | Posiada umiejętności pomiarów, analizy i przetwarzania sygnałów elektrycznych.   |  |   |   |
| Metody oceny    | zaliczenie ćwiczeń, laboratoriów/ symulatorów, sprawozdanie/ raport.   |  |   |   |
| Kryteria/ Ocena | 2  | 3  | 3,5 - 4   | 4,5 - 5   |
| Kryterium 1     | Brak lub niewystarczające podstawowe umiejętności w zakresie pomiarów, analizy i przetwarzania sygnałów.                       | Opanowane podstawowe umiejętności w zakresie pomiarów i analizy sygnałów.                        | Opanowane podstawowe umiejętności w zakresie pomiarów, analizy i przetwarzania sygnałów<br>Opanowane w stopniu dobrym podstawowe umiejętności w zakresie pomiarów, analizy i przetwarzania sygnałów występujących w technice morskiej.  | Opanowane w stopniu bardzo dobrym podstawowe umiejętności w zakresie pomiarów, analizy i przetwarzania podstawowych sygnałów występujących w technice morskiej<br>Biegłe zna i potrafi przeanalizować pojęcia z zakresu pomiarów, analizy i przetwarzania złożonych sygnałów występujących w technice morskiej. |
| <b>EK5</b>      | Ma podstawową wiedzę w zakresie zasad działania, budowy, eksploatacji podstawowych obwodów i urządzeń elektronicznych.         |  |   |   |
| Metody oceny    | egzamin pisemny, egzamin ustny, sprawdziany i prace kontrolne w semestrze.   |  |   |   |
| Kryteria/ Ocena | 2  | 3  | 3,5 - 4   | 4,5 - 5   |

|   |  |  |   |   |
|---|--|--|---|---|
| Kryterium 1<br>Wiedza w zakresie zasad działania, budowy, eksploatacji podstawowych obwodów i urządzeń elektronicznych.                           | Brak lub niewystarczająca podstawowa wiedza w zakresie zasad działania, budowy, eksploatacji podstawowych obwodów i urządzeń.              | Opanowana podstawowa wiedza w zakresie zasad działania, budowy, eksploatacji podstawowych obwodów i urządzeń.        | Zna i potrafi scharakteryzować/omówić podstawowe i rozszerzone pojęcia z zakresu zasad działania, budowy, eksploatacji podstawowych obwodów i urządzeń.   | Zna i potrafi przeanalizować pojęcia z zakresu zasad działania, budowy, eksploatacji podstawowych obwodów i urządzeń Biegłe zna i potrafi przeanalizować pojęcia z zakresu zasad działania, budowy, eksploatacji podstawowych obwodów i urządzeń występujących w technice morskiej.                                       |
| <b>EK6</b>  | Posiada umiejętność analizy działania, pomiaru parametrów oraz wyznaczania charakterystyk podstawowych obwodów i urządzeń elektronicznych. |  |   |   |
| Metody oceny  | zaliczenie ćwiczeń, laboratoriów/ symulatorów, sprawozdanie/ raport.   |  |   |   |
| Kryteria/ Ocena   | 2  | 3  | 3,5 - 4   | 4,5 - 5   |
| Kryterium 1<br>Umiejętność analizy działania, pomiaru parametrów oraz wyznaczania charakterystyk podstawowych obwodów i urządzeń elektronicznych. | Brak lub niewystarczające podstawowe umiejętności w zakresie analizy działania, pomiaru parametrów oraz wyznaczania charakterystyk.        | Opanowane podstawowe umiejętności w zakresie analizy działania i pomiaru parametrów podstawowych obwodów i urządzeń. | Opanowane podstawowe umiejętności w zakresie analizy działania, pomiaru parametrów oraz wyznaczania charakterystyk podstawowych obwodów i urządzeń Opanowane w stopniu dobrym podstawowe umiejętności w zakresie analizy działania, pomiaru parametrów oraz wyznaczania charakterystyk podstawowych obwodów i urządzeń. | Opanowane w stopniu bardzo dobrym analizy działania, pomiaru parametrów oraz wyznaczania charakterystyk podstawowych obwodów i urządzeń Biegłe opanowane umiejętności w zakresie analizy działania, pomiaru parametrów oraz wyznaczania charakterystyk podstawowych obwodów i urządzeń występujących w technice morskiej. |