



AKADEMIA MORSKA W SZCZECINIE

JEDNOSTKA ORGANIZACYJNA:
ZAKŁAD KOMUNIKACYJNYCH TECHNOLOGII MORSKICH

INSTRUKCJA

ELEKTROTECHNIKA I ELEKTRONIKA
Laboratorium
Ćwiczenie nr 11: Przesunięcie fazowe

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

Spis treści

11.1. Cel i zakres ćwiczenia

11.2. Opis stanowiska laboratoryjnego

11.3. Przebieg ćwiczenia

11.4. Warunki zaliczenia

11.5. Część teoretyczna

11.6. Literatura

11.7. Efekty kształcenia

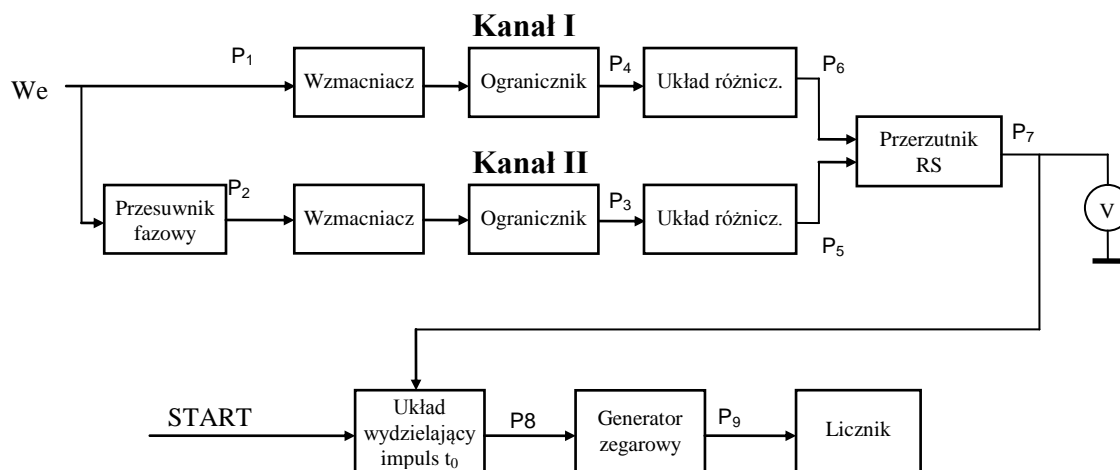
11. POMIAR PRZESUNIĘCIA FAZOWEGO

11.1. Pytania kontrolne.

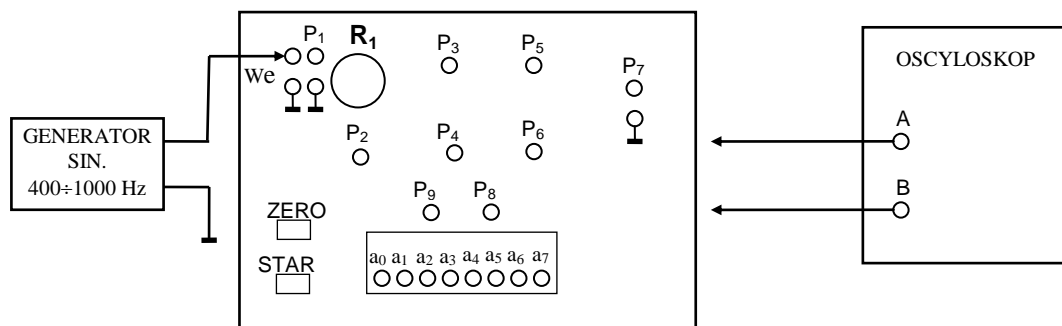
1. Jak opisuje się drgania (fale) elektromagnetyczne ?
2. Co to jest faza drgań, różnica faz dwóch przebiegów ?
3. Jak można matematycznie zapisać fazę, różnicę faz w czasie i w przestrzeni ?
4. Na czym polega pomiar różnicy faz przy wykorzystaniu oscyloskopu ?
5. Czy można dokonać pomiaru kąta przesunięcia fazowego każdym oscyloskopem ?
6. Jaka jest zasada działania fazomierza przerzutniowego ?
7. Jaką rolę spełnia woltomierz na wyjściu fazomierza przerzutniowego ?
8. Opisać cyfrową metodę pomiaru przesunięcia fazowego.
9. Od czego zależy dokładność pomiaru przesunięcia fazowego fazomierzem cyfrowym ?

11.2. Opis układu pomiarowego.

Blokowy schemat układu badanego przedstawia rys. 11.2.1. natomiast schemat układu pomiarowego przedstawia rys. 11.2.2.

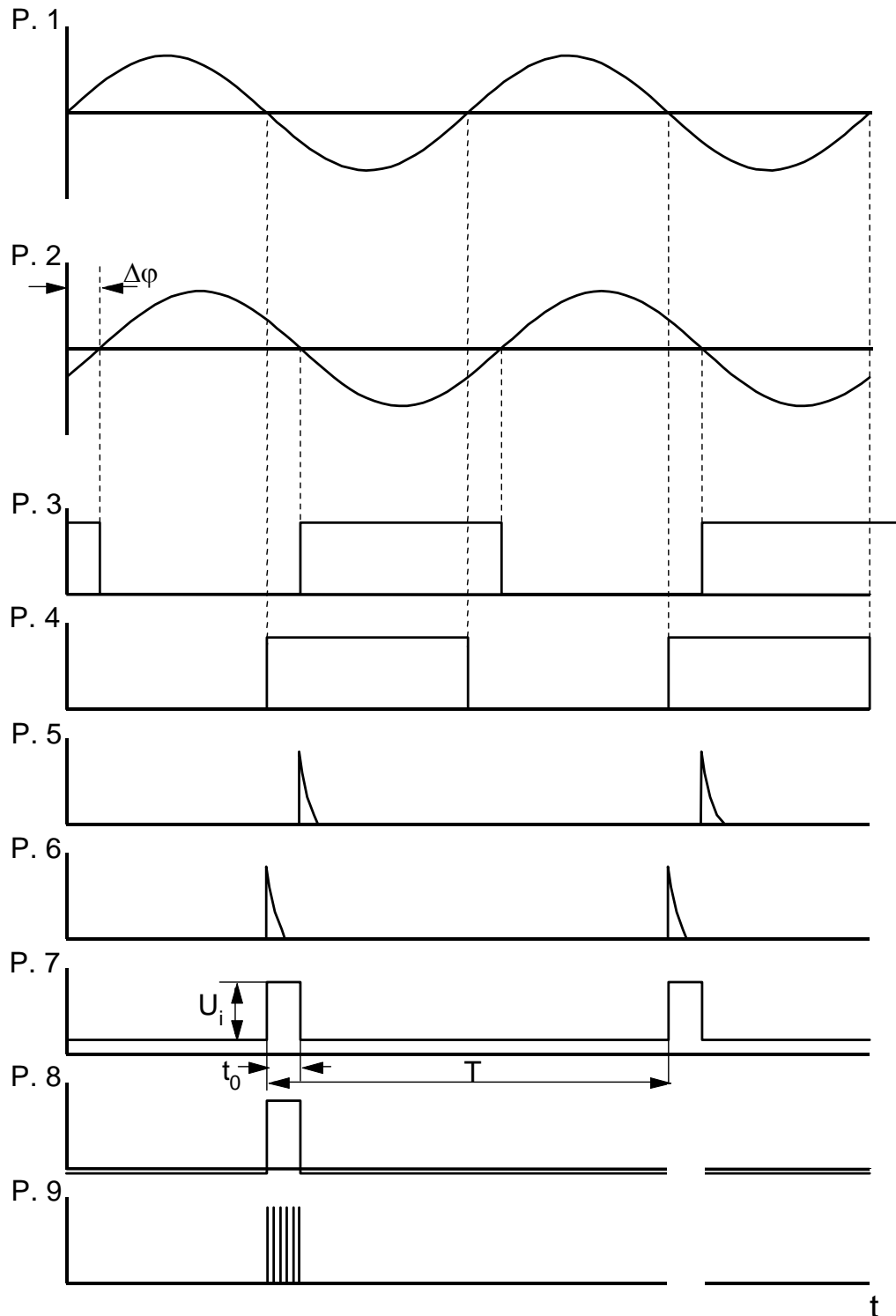


Rys. 11.2.1. Schemat blokowy układu badanego.



Rys. 11.2.2. Schemat układu pomiarowego.

Dla celów ćwiczenia aby uzyskać dwa przebiegi przesunięte w fazie zastosowano przesuwnik fazowy RC. Po przez zmianę rezystancji potencjometru R_I przesuamy napięcie przechodzące przez przesuwnik.



Rys. 11.2.3. Przebiegi w punktach **P₁** - **P₉**.

Obydwa przesunięte względem siebie napięcia wprowadza się do dwóch oddzielnych kanałów gdzie następuje ich kształtowanie (rys.11.2.3). W układzie wzmacniacza i obcinacza uzyskuje się przemianę napięcia wejściowego na przebieg prostokątny (punkty P₃ i P₄). Przebieg ten różniczkuje się i obcina (punkty P₅ i P₆), w wyniku czego powstaje ciąg ostrych impulsów “szpilkowych” powtarzających się z częstotliwością napięcia wejściowego i występujących w chwilach, gdzie napięcie to przechodzi przez zero. Impulsy otrzymane z napięcia U₂ będą przesunięte względem impulsów otrzymanych z napięcia U₁ o czas t₀ proporcjonalny do mierzonego przesunięcia fazowego. Oba przesunięte względem siebie ciągi impulsów doprowadza się do bistabilnego układu spustowego - przerzutnika. Pierwszy impuls spustowy powoduje wygenerowanie na wyjściu przerzutnika stanu wysokiego - “1” a drugi powoduje powrót wyjścia przerzutnika do stanu niskiego - “0”. W ten sposób na wyjściu przerzutnika pojawi się impuls prostokątny o czasie trwania t₀ (punkt P₇). Pozostała część układów za przerzutnikiem RS rozwiązuje problem pomiaru przesunięcia fazowego za pomocą licznika dwójkowego. Układ składa się z układu wydzielającego pojedynczy impuls t₀, generatora zegarowego i licznika dwójkowego. Zadaniem układu wydzielającego pojedynczy impuls t₀ jest przepuszczenie sygnału z przerzutnika RS na wejście generatora zegarowego w momencie naciśnięcia przycisku “START”. Przepuszczony impuls z przerzutnika RS uruchamia generator zegarowy, który generuje impulsy szpilkowe na czas trwania impulsu t₀. Impulsy te podawane są na licznik dwójkowy który je zlicza, a wynik podaje do deszyfratora zbudowanego na diodach elektroluminescencyjnych. Wartość stanu licznika określona jest przez wzór:

$$Z = A_0 \cdot 2^0 + A_1 \cdot 2^1 + A_2 \cdot 2^2 + A_3 \cdot 2^3 + A_4 \cdot 2^4 + A_5 \cdot 2^5 + A_6 \cdot 2^6 + A_7 \cdot 2^7$$

gdzie: A₀ - A₇ pozycje liczników o wartości 0 lub 1.

11.3. Wykonanie ćwiczenia.

11.3.1. Pomiar kąta przesunięcia fazowego przy pomocy oscyloskopu dwukanałowego

Na wejście układu badanego załączyć generator generator. Oscyloskop dwukanałowy połączyć z wejściem układu (punkt P1) a wyjście układu z wyjściem przesuwnika fazowego (punkt P₂). Częstotliwość pomiarową przyjąć z zakresu 400 Hz ÷ 1000 Hz, według wskazówek prowadzącego a amplitudę ustawić na U = 5V. Wartość częstotliwości f zapisać w tabeli pomiarowej. Korzystając z oscyloskopu zmierzyć przesuniecie fazowe dla wszystkich parzystych nastaw potencjometru R₁ (od 2 do 20). Podstawę czasu oscyloskopu ustawić tak, aby pół okresu zajmowało jak największą całkowitą liczbę centymetrów. Obliczając przesuniecie fazowe skorzystać z zależności:

$$\varphi = 180 \cdot \frac{l_f}{l_p} \quad (11.3.1)$$

gdzie:

- φ - przesunięcie fazowe w stopniach
- l_f - przesuniecie fazowe odczytane z oscyloskopu wyrażone w centymetrach
- l_p - długość połowy okresu odczytane z oscyloskopu wyrażone w centymetrach.

Tab.1 Pomiar przesunięcia fazowego oscyloskopem dwukanałowym

Nastawa	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
l_p (cm)										
l_f (cm)										
φ (deg)										

11.3.2. Pomiar przesunięcia fazowego za pomocą fazomierza przerzutnikowego

1. Pokręcając potencjometrem R_1 zapoznać się z oscylogramami w punktach pomiarowych $P_1 - P_9$. Dla maksymalnej wartości potencjometru R_1 (położenie 20), zdjęć oscylogramy.
2. Oscyloskop połączyć na wejście układu (punkt P_1) oraz na wyjście przerzutnika (punkt P_7). Zmieniając położenie potencjometrem R_1 od 2 do 20 zmierzyć za pomocą oscyloskopu:
 - amplitudę impulsu U_i ,
 - czas trwania impulsu t_0 ,

Tab.2 Pomiar przesunięcia fazowego metodą napięcia średniego

Nastawa	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
U_i [V]										
t_0 [ms]										
U_{sr} [V]										
φ (deg)										

Obliczyć U_{sr} ze wzoru:

$$U_{sr} = U_i \cdot t_0 \cdot f \quad (11.3.2)$$

gdzie:

- U_i – amplituda impulsu,
- t_0 – czas trwania impulsu,
- f – częstotliwość obserwowanego przebiegu.

Policzyć przesunięcie fazowe ze wzoru:

$$\varphi = 360 \cdot t_0 \cdot f \quad (11.3.3)$$

gdzie:

- φ – przesunięcie fazowe w stopniach
- t_0 – czas trwania impulsu,
- f – częstotliwość obserwowanego przebiegu.

3. Podłączyć na wyjście układu przerzutnikowego (punkt P_7) woltomierz analogowy (zakres 1V). Zmieniając położenie potencjometrem R_1 od 2 do 20 zmierzyć napięcie średnie na wyjściu układu przerzutnikowego. Porównać je z napięciem policzonym według punktu 2.

Tab.3 Pomiar przesunięcia fazowego metoda miernika wskazówkowego

Nastawa	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
U_{sr} [V]										
φ (deg)										

Policzyć przesunięcie fazowe dokonując przeskalowania napięcia na przesunięcie według zaproponowanej przez siebie metody

11.3.3. Cyfrowy pomiar przesunięcia fazowego.

Zmierzyć czas trwania jednego impulsu T_{imp} pojedynczego impulsu zegarowego w punkcie P₉ przy wyłączonym pomiarze cyfrowym. Wynik zapisać na karcie pomiarowej. Ponownie załączyć pomiar cyfrowy.

Korzystając z licznika dwójkowego oraz potencjometru R_1 dokonać pomiaru przesunięcia fazy dla kolejnych parzystych nastaw potencjometru R_1 (od 2 do 20). Przed każdym pomiarem należy licznik wyzerować (wcisnąć przycisk „ZEROWANIE”), wówczas przyciśnięcie przycisku „START” spowoduje wyświetlenie stanu licznika. Dioda świecąca oznacza poziom „1”, a dioda nie świecąca poziom „0”.

$$Z_{10} = A_0 \cdot 2^0 + A_1 \cdot 2^1 + A_2 \cdot 2^2 + A_3 \cdot 2^3 + A_4 \cdot 2^4 + A_5 \cdot 2^5 + A_6 \cdot 2^6 + A_7 \cdot 2^7 \quad (11.3.4)$$

gdzie: $A_0 - A_7$ pozycje liczników o wartości 0 lub 1.

Tab.4 Pomiar przesunięcia metodą cyfrową.

Nastawa		4	6	8	10	12	14	16	18	20
A_0										
A_1										
A_2										
A_3										
A_4										
A_5										
A_6										
A_7										
Z_{10}										
φ (deg)										

Policzyć przesunięcie fazowe ze wzoru:

$$\varphi = 360 \cdot Z_{10} \cdot T_{imp} \cdot f \quad (11.3.5)$$

gdzie:

- φ – przesunięcie fazowe w stopniach
- Z_{10} – liczba impulsów,
- T_{imp} – czas trwania jednego impulsu,
- f – częstotliwość obserwowanego przebiegu.

11.3.4. Analityczne wyliczenie przesunięcia fazowego

Policzyć przesunięcie fazowe ze wzoru:

$$\varphi = \arctg(\omega \cdot R \cdot C) \quad (11.3.6)$$

gdzie:

- φ – przesunięcie fazowe policzone w radianach,
- ω – pulsacja $\omega = 2\pi f$
- f – częstotliwość obserwowanego przebiegu,
- C – pojemność kondensatora zastosowanego w przesuwniku wynosząca 68 nF
- R – zmienna rezystancja zastosowana w przesuwniku o wartości 4700 Ω dla nastawy 20, dla pozostałych nastaw proporcjonalnie mniej.

11.4. 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;

W sprawozdaniu należy zamieścić:

- kartę pomiarową;
- schemat blokowy układu badanego;
- przebiegi w punktach $P_1 - P_9$ układu badanego;
- wykres napięcia średniego policzonego w funkcji nastaw potencjometru przesuwnika fazowego;
- wykres napięcia średniego zmierzonego w funkcji nastaw potencjometru przesuwnika fazowego;
- wykres liczby impulsów w funkcji nastaw potencjometru przesuwnika fazowego;
- policzone przesunięcie fazowe według wzoru 11.3.1;
- policzone przesunięcie fazowe według wzoru 11.3.3;
- policzone przesunięcie fazowe na podstawie pomiaru napięcia średniego miernikiem wskazówkowym według zaproponowanej przez siebie metody przeskalowania. Swoj sposób liczenia przesunięcia fazowego opisać i uzasadnić;
- policzone przesunięcie fazowe według wzoru 11.3.5;
- policzone przesunięcie fazowe według wzoru 11.3.6;
- wykres przesunięcia fazowego w funkcji nastaw potencjometru R_l dla wszystkich metod na jednym rysunku;
- wyjaśnienie, dlaczego napięcie średnie na wyjściu fazomierza przerzutniowego mierzone oscyloskopem było nieco inne niż mierzone miernikiem wskazówkowym;
- wyjaśnienie, jaka jest zaleta stosowania miernika wskazówkowego na wyjściu fazomierza przerzutniowego;
- wykres względnego błędu przesunięcia fazowego, zakładając że rzeczywista wartość przesunięcia fazowego jest policzona według punktu 11.3.4.
- własne wnioski i spostrzeżenia.

11.5. Opis teoretyczny

11.5.1 Pojęcie fazy i różnicy faz.

Dla celów tego ćwiczenia pojęcie to zostanie wyjaśnione na przykładzie drgań sinusoidalnych. Drgania tego typu występują powszechnie, czego przykładem może być napięcie w sieci elektrycznej, fale radiowe itp.

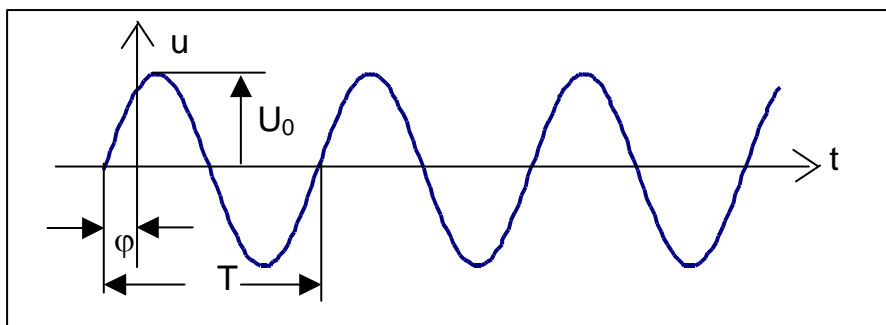
W drganiach sinusoidalnych obserwowana wielkość zmienia się okresowo w czasie zgodnie z opisującą go funkcją matematyczną sinus, co w przypadku napięcia można przedstawić zależnością:

$$u(t) = U_0 \sin(\omega t + \varphi)$$

gdzie:

- $u(t)$ - wartość chwilowa napięcia,
- U_0 - amplituda napięcia,
- ω - pulsacja,
- φ - faza drgań.

Pulsacja $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$ określa szybkość zachodzących drgań. Opisany przebieg można przedstawić graficznie:



Rys. 11.5.1 Wykres funkcji $u = f(t)$

Faza φ określa stan drgań w danej chwili (np. czy jest to moment, gdy dranie osiąga wartość maksymalną, minimalną czy jakkolwiek inną). Ponieważ argumentem funkcji sinus jest wartość kąta, fazę drgań określa się jednoznacznie podając jaką część kąta pełnego (odpowiadającego okresowi drgań) stanowi kąt φ . W przykładzie na rysunku, faza φ stanowi w przybliżeniu jedną szóstą kąta pełnego, a więc wynosi 60° lub $\frac{\pi}{3}$ radiana.

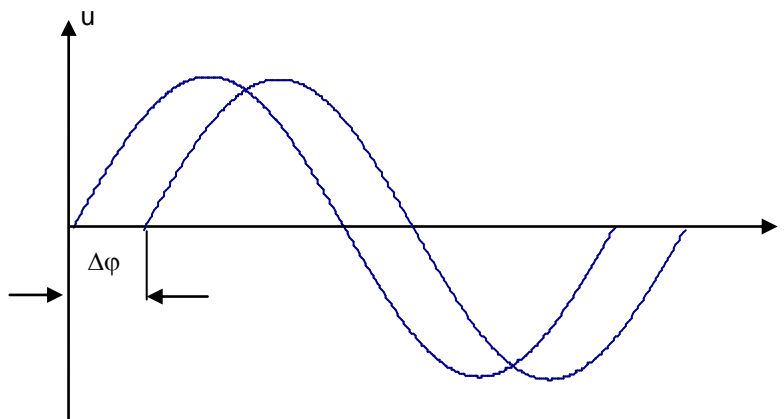
Z praktycznego punktu widzenia bardzo istotne jest pojęcie różnicy faz lub przesunięcia fazowego, występujące w przypadku dwóch sygnałów sinusoidalnych o tej samej częstotliwości. Dwa przebiegi sinusoidalne o tej samej częstotliwości a różnych fazach możemy zapisać jako:

$$u_1(t) = U_0 \sin(\omega t + \varphi_1) \text{ oraz } u_2(t) = U_0 \sin(\omega t + \varphi_2)$$

W takim przypadku różnica faz, czyli przesunięcie fazowe między nimi będzie wynosić:

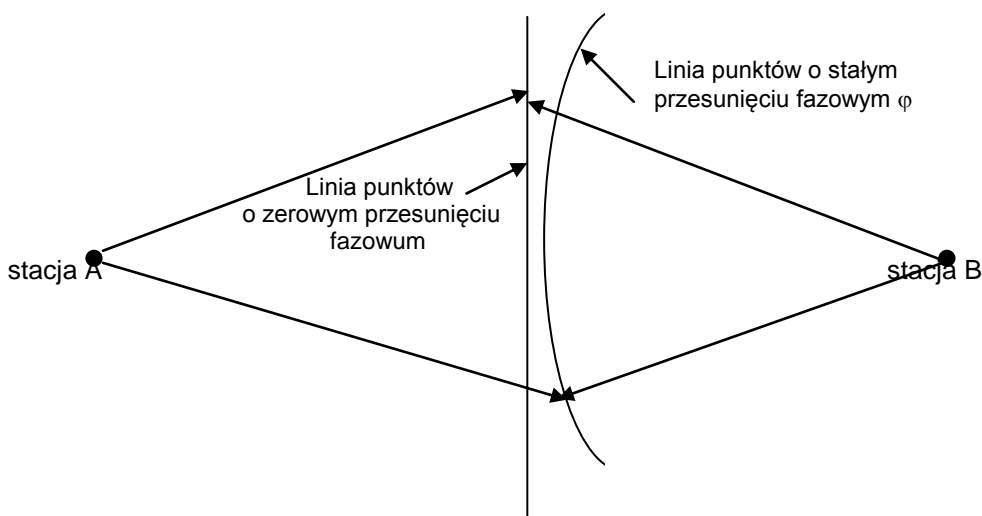
$$\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$$

Zostało to przedstawione na rysunku 11.5.2



Rys 11.5.2 Definicja przesunięcia fazowego

Pomiary przesunięcia fazowego są często stosowane w technice np. przy badaniu jak zachowuje się napięcie wyjściowe wzmacniacza w stosunku do napięcia wejściowego. Innym zastosowaniem jest pomiar przesunięcia fazowego do określenia położenia np. statku na powierzchni Ziemi. W tak zwanych systemach hiperbolicznych bazuje się na odbiorze sygnałów radiowych o tej samej częstotliwości z dwóch stacji radiowych i pomiarze przesunięcia fazowego między nimi. Jeżeli odbiornik znajduje się w jednakowej odległości od obu stacji, odbiera obie fale radiowe w tej samej fazie, a więc pomierzone przesunięcie fazowe będzie zerowe. Punkty o zerowym przesunięciu fazowym tworzą linię prostą będącą symetralną odcinka łączącego obie stacje (rys. 11.5.3).



Rys.11.5.3 Zasada określania pozycji za pomocą pomiaru przesunięcia fazowego

Jeżeli odbiornik znajduje się w różnej odległości od stacji, fale radiowe mają różną drogę do pokonania i docierają do odbiornika z pewnym przesunięciem fazowym. Z zasad geometrii wynika, że punkty o tej samej różnicy odległości o obu stacji będą leżały na hiperboli. Tak więc pomiar przesunięcia fazowego między odebranymi sygnałami pozwala wyznaczyć konkretną linię pozycyjną. Dokonanie podobnego pomiaru przesunięcia fazowego między odebranymi sygnałami z dwóch innych stacji, wyznaczą drugą linię pozycyjną, a ich przecięcie się wyznaczy pozycję odbiornika.

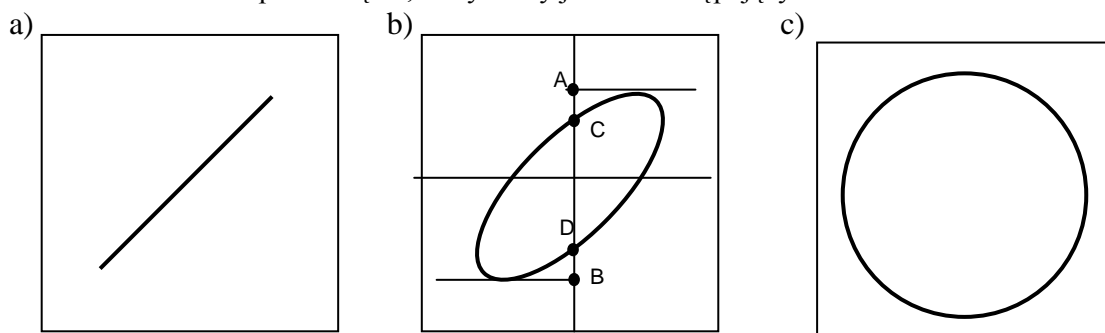
11.5.2. Metody pomiaru przesunięcia fazowego.

W technice można spotkać się z wieloma metodami pomiaru przesunięcia fazowego. W niniejszej instrukcji opisane zostaną następujące metody pomiaru:

- metoda z użyciem oscyloskopu jednostrumieniowego,
- metoda z użyciem oscyloskopu dwustrumieniowego,
- metoda przerzutnikowa,
- metoda cyfrowa.

11.5.3. Metoda z użyciem oscyloskopu jednostrumieniowego.

Dwa przebiegi napięcia u_1 i u_2 , między którymi chcemy mierzyć przesunięcie fazowe należy doprowadzić odpowiednio do płytek X i Y oscyloskopu. Dla ułatwienia pomiaru, należy pokrętłami wzmocnienia oscyloskopu wyrównać amplitudy obu przebiegów. Na ekranie oscyloskopu, w zależności od wartości przesunięcia, otrzymamy jeden z następujących obrazów:



Rys. 11.5.4. Pomiar przesunięcia fazowego za pomocą oscyloskopu jednostrumieniowego

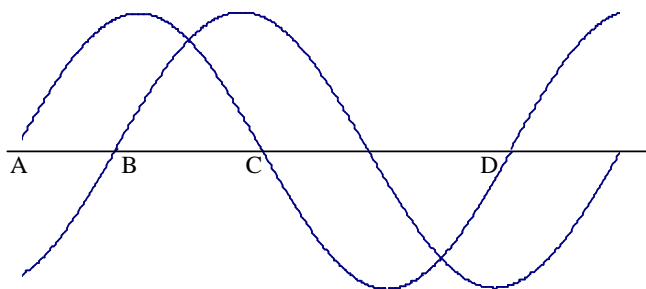
Zasada pomiaru przedstawiona jest na rysunku B. Za pomocą pokręteł położenia należy wycentrować obraz na ekranie oscyloskopu, a następnie pomierzyć odcinki AB oraz CD.

$$\sin \Delta \varphi = \frac{CD}{AB} \quad \text{stąd} \quad \Delta \varphi = \arcsin \frac{CD}{AB}$$

na rysunku A mamy przypadek $\Delta \varphi = 0^\circ$ a na rysunku C $\Delta \varphi = 90^\circ$.

11.5.4. Metoda z użyciem oscyloskopu dwustrumieniowego.

Dwa przebiegi napięcia u_1 i u_2 , między którymi chcemy mierzyć przesunięcie fazowe należy doprowadzić odpowiednio do wejść kanałów A i B oscyloskopu. W celu określenia przesunięcia fazowego należy pomierzyć odcinki BC oraz AC lub AD.



Rys. 11.5.5 Pomiar przesunięcia fazowego oscyloskopem dwukanałowym.

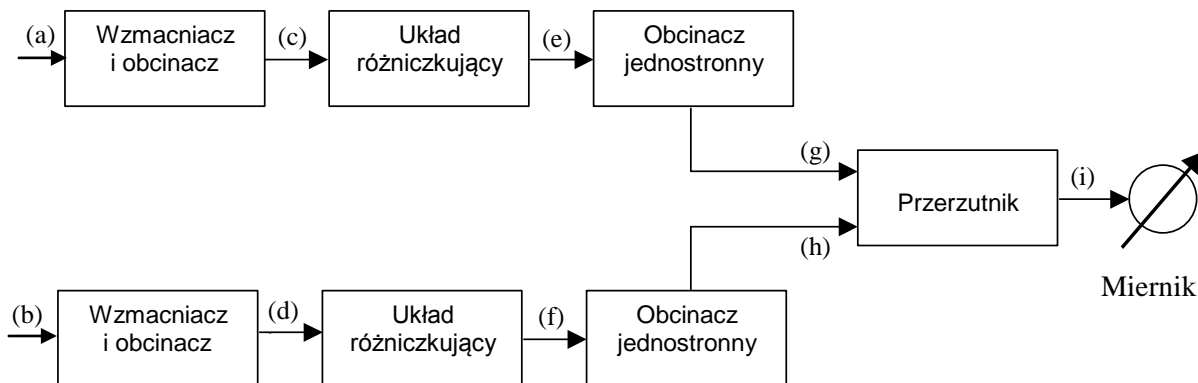
Przesunięcie fazowe oblicza się z zależności:

$$\Delta \varphi \frac{AB}{AD} \cdot 360^\circ = \frac{AB}{AC} \cdot 180^\circ$$

Pomiary oscyloskopowe oboma metodami są obarczone stosunkowo dużymi błędami wynikającymi z małej dokładności pomiaru długości odcinków na ekranie oscyloskopu. Im większy ekran, tym mniejsze błędy pomiaru.

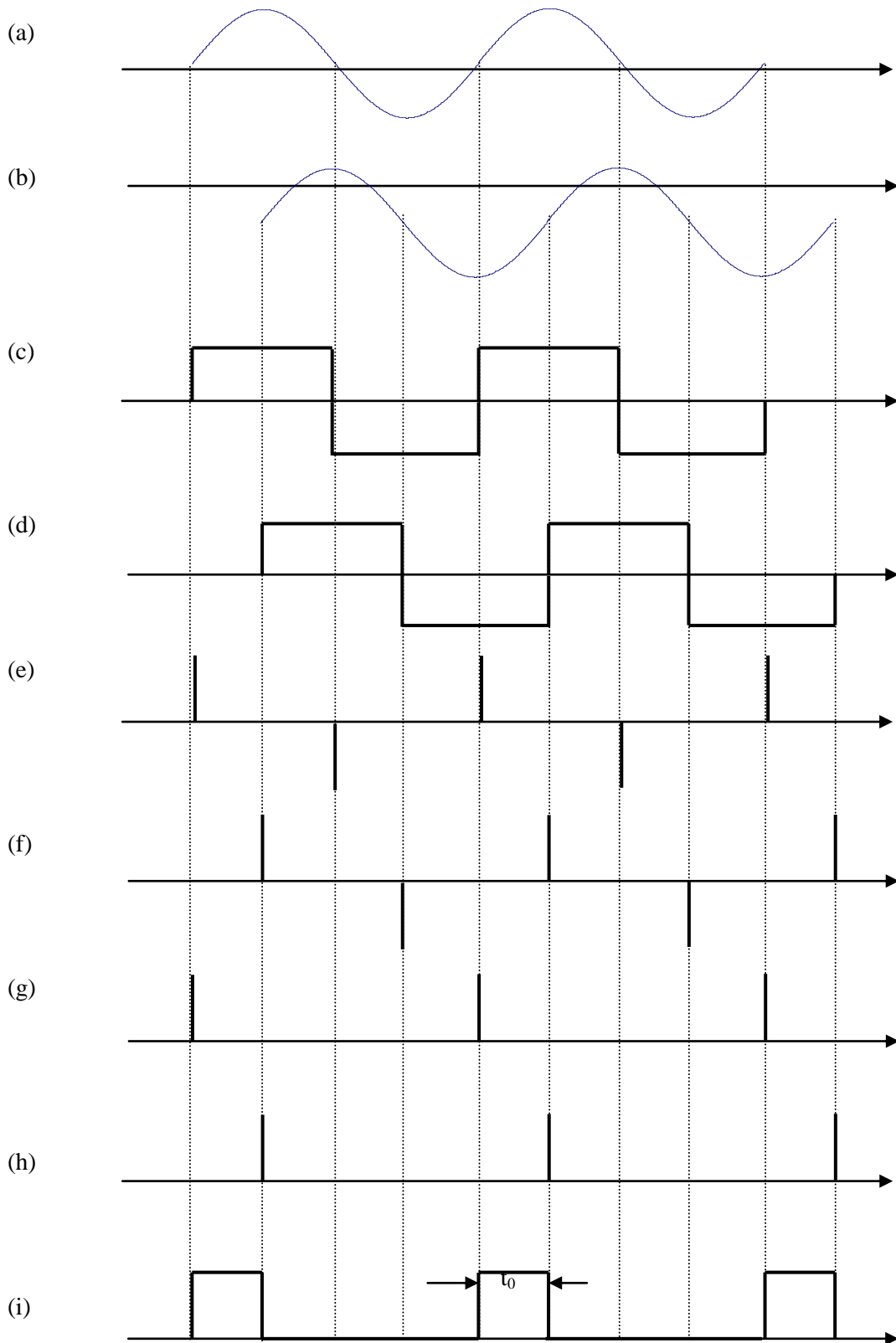
11.5.5. Metoda przerzutnikowa.

Schemat blokowy fazomierza przerzutnikowego przedstawiono na rysunku 11.7.6, a przebiegi czasowe w tym układzie na rysunku 11.5.7.



Rys. 11.5.6. Schemat blokowy fazomierza przerzutnikowego.

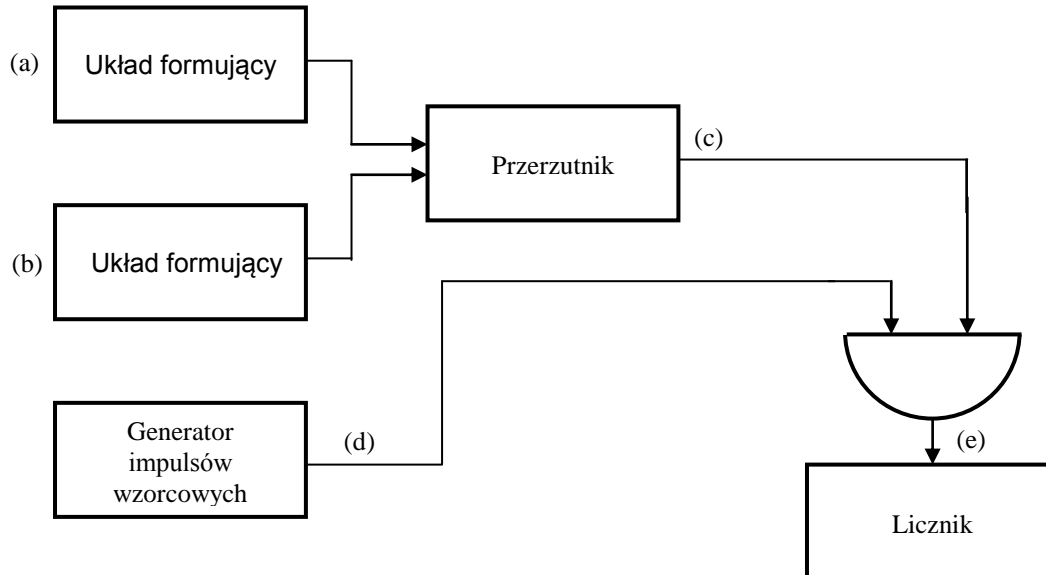
Przebiegi napięciowe, których przesunięcie ma być mierzone (a, b), wprowadzane są na wejścia dwóch kanałów fazomierza. Są wzmacniane i obcinane na pewnym poziomie co skutkuje zamianą napięć sinusoidalnych na prostokątne. Napięcia prostokątne są w dalszym ciągu przesunięte o ten sam kąt, co poprzednio napięcia sinusoidalne (c, d). Tak uformowane napięcia są następnie różniczkowane. Przednie zbocze daje pochodną dodatnią, a tylne zbocze impulsu prostokątnego pochodną ujemną (e, f). Układ obcinacza jednostronnego eliminuje pochodne ujemne. W rezultacie na wyjściu pierwszego kanału otrzymujemy serię impulsów szpilkowych odpowiadających narastającym zboczom jednego napięcia (g), a na wyjściu drugiego kanału serię odpowiadającą narastającym zboczom drugiego napięcia (h). Impulsy serii (g) podawane są na wejście ustawiające przerzutnika, a impulsy serii (h) na wejście zerujące przerzutnika. Pod wpływem impulsów ustawiających na wyjściu przerzutnika pojawia się napięcie (logiczna jedynka), a pod wpływem impulsów zerujących napięcie zanika (logiczne zero). Na wyjściu przerzutnika mamy więc napięcie prostokątne (i) o czasie trwania T proporcjonalnym do wartości przesunięcia fazowego. Dołączony miernik mierzy wartość średnią tego napięcia, może więc być wyskalowany w jednostkach kąta przesunięcia.



Rys. 11.5.7. Przebiegi czasowe fazomierza przerzutnikowego.

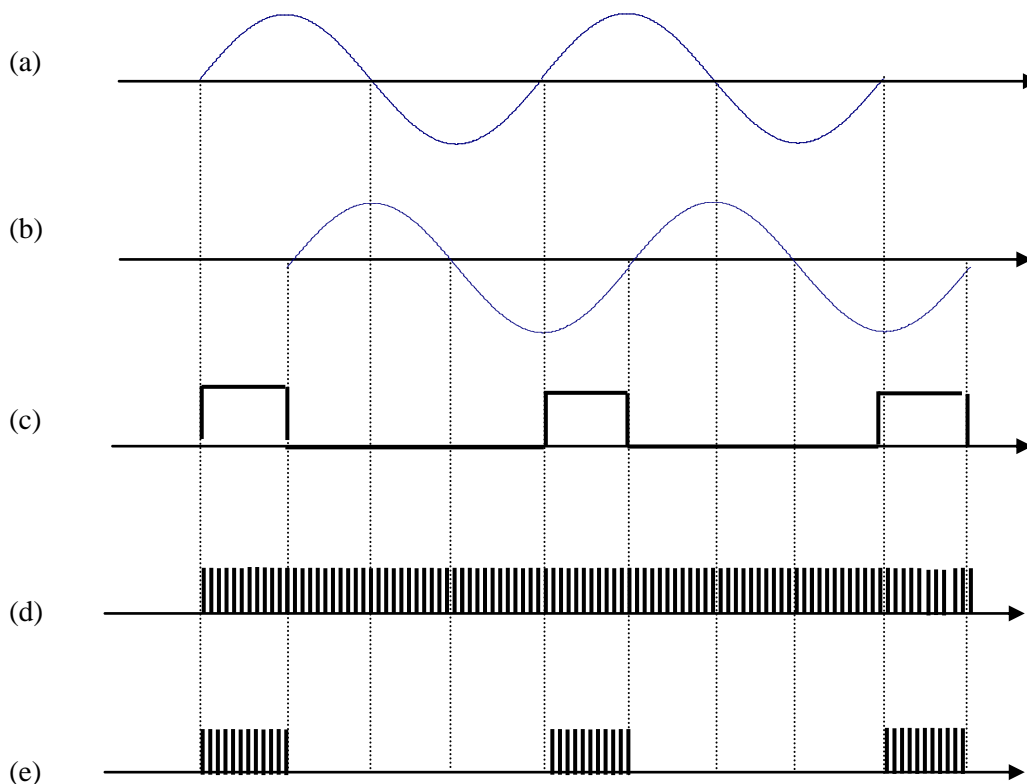
11.5.6. Metoda cyfrowa.

Metoda cyfrowa polega na pomiarze za pomocą licznika impulsów czasu między narastającymi zboczami obu przebiegów. Schemat blokowy fazonierza cyfrowego przedstawiono na rysunku 11.5.8, a przebiegi czasowe w układzie na rysunku 11.5.9.



Rys.11.5.8. Schemat blokowy fazonierza cyfrowego.

Przebiegi napięciowe, których przesunięcie ma być mierzone (a, b), wprowadzane są na wejścia dwóch układów formujących.



Rys. 11.5.9. Przebiegi czasowe fazonierza cyfrowego.

Układy formujące składają się ze wzmacniacza z obcinaczem, układu różniczkującego, oraz obcinacza jednostronnego. Układy te działają podobnie jak w układzie fazomierza przerzutnikowego. Podobnie również sterują przerzutnikiem, na wyjściu którego otrzymamy przebieg (c) o czasie trwania proporcjonalnym do przesunięcia fazowego. Jest on podawany na jedno z wejść bramki logicznej AND. Bramka ta realizuje funkcję iloczynu logicznego. Na jej wyjściu pojawia się napięcie jedynie wówczas, gdy na obu wejściach jednocześnie są napięcia. Na drugie wejście bramki podawana jest seria impulsów o bardzo krótkim czasie trwania (d), wytwarzana przez generator impulsów wzorcowych. Do wejścia licznika przejdzie więc tyle impulsów wzorowych, ile się zmieści w czasie trwania impulsu z przerzutnika. Zliczona przez licznik ilość impulsów będzie więc proporcjonalna do wartości przesunięcia fazowego. Układ fazomierz cyfrowego musi zawierać dodatkowo, nie pokazany na schemacie, układ automatycznego zerowania licznika przed każdym pomiarem

Dokładność pomiarów metodą cyfrową zależy przede wszystkim od dokładności uchwycenia przez układy formujące momentów przejścia przez zero badanych przebiegów oraz od stosunku częstotliwości generatora wzorcowego do częstotliwości badanych przebiegów. Łatwo zauważyć, że jeżeli generator wzorcowy będzie miał częstotliwość 360 razy większą niż badane przebiegi, licznik wskaże kąt przesunięcia bezpośrednio w stopniach. Jeżeli stosunek częstotliwości będzie wynosił 3600, odczyt będzie w dziesiątych częściach stopnia i t.d. Przy innych stosunkach częstotliwości należy odpowiednio przeskalować otrzymany wynik.

11.6 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. Staciewicz T., Kotlicki A., *Elektronika w laboratorium naukowym*, PWN 1994.

11.7 Efekty kształcenia

Metody i kryteria oceny				
EK1	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 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 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 Biegłe zna i potrafi przeanalizować oraz wskazać możliwości wykorzystania w technice morskiej.
Kryterium 2 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 Zna i potrafi scharakteryzować/o mówić podstawowe i rozszerzone prawa.	Zna i potrafi przeanalizować prawa oraz wskazać możliwości ich wykorzystania w technice morskiej Biegłe zna i potrafi przeanalizować oraz wskazać możliwości wykorzystania w technice morskiej.
EK2	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 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 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 Biegłe zna i potrafi przeanalizować oraz wskazać możliwości wykorzystania w technice morskiej.
EK3	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 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 Biegłe zna i potrafi przeanalizować pojęcia z zakresu struktury, przetwarzania, transmisji i pomiarów sygnałów występujących w technice morskiej.
EK4	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 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 sygnałów podstawowych występujących w technice morskiej Biegłe zna i potrafi przeanalizować pojęcia z zakresu pomiarów, analizy i przetwarzania złożonych sygnałów występujących w technice morskiej.
EK5	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 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.
EK6	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 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.

11.7 Efekty kształcenia

Metody i kryteria oceny				
EK1	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 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 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 Biegłe zna i potrafi przeanalizować oraz wskazać możliwości wykorzystania w technice morskiej.
Kryterium 2 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 Zna i potrafi scharakteryzować/o mówić podstawowe i rozszerzone prawa.	Zna i potrafi przeanalizować prawa oraz wskazać możliwości ich wykorzystania w technice morskiej Biegłe zna i potrafi przeanalizować oraz wskazać możliwości wykorzystania w technice morskiej.
EK2	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 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 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 Biegłe zna i potrafi przeanalizować oraz wskazać możliwości wykorzystania w technice morskiej.
EK3	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 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 Biegłe zna i potrafi przeanalizować pojęcia z zakresu struktury, przetwarzania, transmisji i pomiarów sygnałów występujących w technice morskiej.
EK4	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 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 sygnałów występujących w technice morskiej Biegłe zna i potrafi przeanalizować pojęcia z zakresu pomiarów, analizy i przetwarzania złożonych sygnałów występujących w technice morskiej.
EK5	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 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.
EK6	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 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.