



AKADEMIA MORSKA W SZCZECINIE

JEDNOSTKA ORGANIZACYJNA:
ZAKŁAD KOMUNIKACYJNYCH TECHNOLOGII MORSKICH

INSTRUKCJA

ELEKTROTECHNIKA I ELEKTRONIKA
Laboratorium
Ćwiczenie nr 2: Układy RLC

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

Spis treści

2.1. Cel i zakres ćwiczenia

2.2. Opis stanowiska laboratoryjnego

2.3. Przebieg ćwiczenia

2.4. Warunki zaliczenia

2.5. Część teoretyczna

2.6. Literatura

2.7. Efekty kształcenia

2. UKŁADY RLC

2.1. Cel i zakres ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest opanowanie wiedzy z zakresu budowy i zastosowania podstawowych obwodów elektrycznych w tym układów różniczkujących i całkujących a także układów rezonansu szeregowego i równoległego.

Zagadnienia

1. Podstawowe elementy elektryczne.
2. Podstawowe prawa teorii obwodów elektrycznych.
3. Zasady wykonywania pomiarów oscyloskopem.
4. Budowa charakterystyki i podstawowe zależności układów różniczkujących.
5. Budowa charakterystyki i podstawowe zależności układów całkujących.
6. Zastosowanie układów różniczkujący i całkujących.
7. Budowa charakterystyki i podstawowe zależności szeregowego obwodu rezonansowego.
8. Budowa charakterystyki i podstawowe zależności równoległego obwodu rezonansowego.
9. Zastosowanie obwodów rezonansowych.

Pytania kontrolne

1. Omówić budowę, działanie i zastosowanie układów różniczkujących.
2. Omówić budowę, działanie i zastosowanie układów całkujących.
3. Opisać zjawisko rezonansu szeregowego.
4. Opisać zjawisko rezonansu równoległego.
5. Co to jest charakterystyka częstotliwościowa ?
6. Co to jest szerokość pasma obwodu ?
7. Jaki jest wpływ dobroci na kształt charakterystyki częstotliwościowej ?
8. Podać podstawowe zależności dotyczące szeregowego obwodu rezonansowego.
9. Podać podstawowe zależności dotyczące równoległego obwodu rezonansowego.

2.2. Opis układu pomiarowego

Zestaw przyrządów:

1. Generator przebiegów sinusoidalnych.
2. Oscyloskop dwukanałowy.
3. Płytki układów rezonansowych.

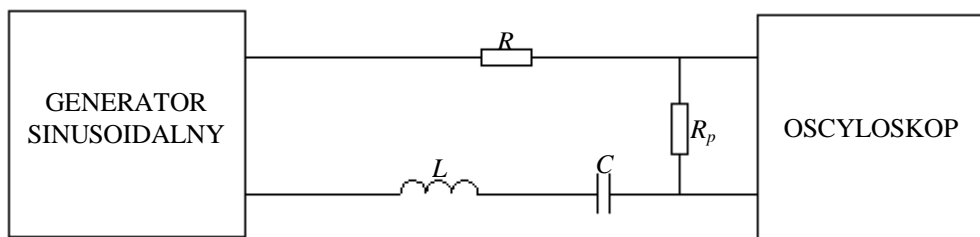
Płytki układów rezonansowych składa się z dwóch części, w górnej znajduje się obwód rezonansu szeregowego, w dolnej układ rezonansu równoległego. Płytki zawiera tylko jedną cewkę L przełączaną do jednego z obwodów rezonansowych do zacisków „L”. Do gniazd „WE” podłącza się sygnał sinusoidalny z generatora. Do gniazd „WY” podłącza się oscyloskop. Prąd płynący w obwodzie obserwowany jest poprzez spadek napięcia na rezystorze pomiarowym R_p nie mającym większego znaczenia na pracę obwodu. Każdy z obwodów ma możliwość załączenia jednego z trzech rezystorów w celu zmiany dobroci obwodu oraz jednego z trzech kondensatorów w celu zmiany częstotliwości rezonansowej.

2.3. Przebieg ćwiczenia

2.3.1. Badanie rezonansu szeregowego

Na płytce układów rezonansowych podłączyć oscyloskop na wyjście układu rezonansu szeregowego (zaciski R_p). Podłączyć do zacisków „L” indukcyjność. Na wejście układu podać sygnał sinusoidalny o amplitudzie $U = 10 \text{ V}$ i wstępnej częstotliwości $f = 1 \text{ kHz}$.

- Podłączyć do obwodu pojemność C_1 oraz rezystancję R_1 . Znaleźć częstotliwość rezonansową f_{rez} (amplituda prądu płynącego w obwodzie jest największa) i zapisać ją do tabelki. Zdjąć kolejno trzy charakterystyki częstotliwościowe obwodu rezonansowego gdy są dołączone kolejno trzy rezystancje R_1, R_2, R_3 wokół częstotliwości rezonansowej z krokiem co 0.1 kHz.
- Podłączyć do obwodu pojemność C_2 oraz rezystancję R_1 . Znaleźć częstotliwość rezonansową f_{rez} (amplituda prądu płynącego w obwodzie jest największa) i zapisać ją do tabelki. Zdjąć kolejno trzy charakterystyki częstotliwościowe obwodu rezonansowego gdy są dołączone kolejno trzy rezystancje R_1, R_2, R_3 wokół częstotliwości rezonansowej z krokiem co 0.1 kHz.



Rys. 2.3.1. Układ pomiarowy do badania rezonansu szeregowego

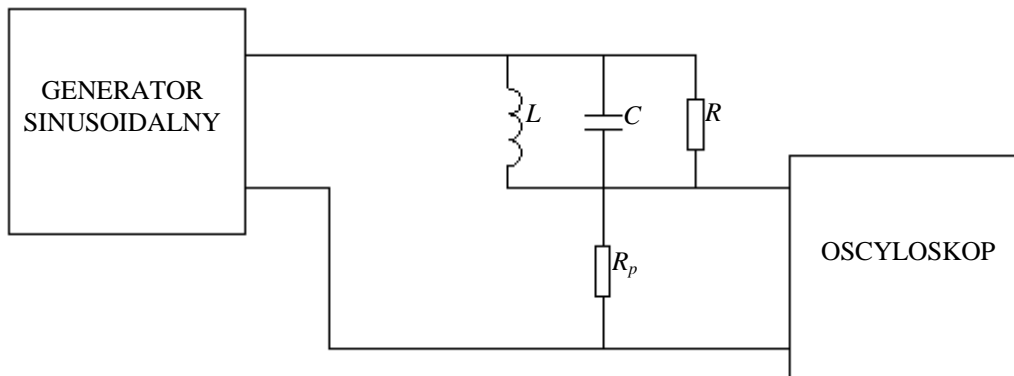
- Podłączyć do obwodu pojemność C_3 oraz rezystancję R_1 . Znaleźć częstotliwość rezonansową f_{rez} (amplituda prądu płynącego w obwodzie jest największa) i zapisać ją do tabelki. Zdjąć kolejno trzy charakterystyki częstotliwościowe obwodu rezonansowego gdy są dołączone kolejno trzy rezystancje R_1, R_2, R_3 wokół częstotliwości rezonansowej z krokiem co 0.1 kHz.

2.3.2. Badanie układu rezonansu równoległego

Na płytce układów rezonansowych podłączyć oscyloskop na wyjście układu rezonansu równoległego (zaciski R_p). Podłączyć do zacisków „L” indukcyjność. Na wejście układu podać sygnał sinusoidalny o amplitudzie $U = 10 \text{ V}$ i wstępnej częstotliwości $f = 1 \text{ kHz}$.

- Podłączyć do obwodu pojemność C_1 oraz rezystancję R_1 . Znaleźć częstotliwość rezonansową f_{rez} (amplituda prądu płynącego w obwodzie jest najmniejsza) i zapisać ją do tabelki. Zdjąć kolejno trzy charakterystyki częstotliwościowe obwodu rezonansowego gdy są dołączone kolejno trzy rezystancje R_1, R_2, R_3 wokół częstotliwości rezonansowej z krokiem co 0.5 kHz.
- Podłączyć do obwodu pojemność C_2 oraz rezystancję R_1 . Znaleźć częstotliwość rezonansową f_{rez} (amplituda prądu płynącego w obwodzie jest najmniejsza) i zapisać ją do tabelki. Zdjąć kolejno trzy charakterystyki częstotliwościowe obwodu rezonansowego gdy są dołączone kolejno trzy rezystancje R_1, R_2, R_3 wokół częstotliwości rezonansowej z krokiem co 0.5 kHz.

- c. Podłączyć do obwodu pojemność C_3 oraz rezystancję R_1 . Znaleźć częstotliwość rezonansową f_{rez} (amplituda prądu płynącego w obwodzie jest najmniejsza) i zapisać ją do tabelki. Zdjąć kolejno trzy charakterystyki częstotliwościowe obwodu rezonansowego gdy są dołączone kolejno trzy rezystancje R_1, R_2, R_3 wokół częstotliwości rezonansowej z krokiem co 0.5 kHz.



Rys. 2.3.2. Układ pomiarowy do badania rezonansu równoległego

2.4. 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 z policzonymi natężeniami prądu zakładając, że rezystor pomiarowy R_p w układzie rezonansu szeregowego wynosi 10Ω a w układzie rezonansu równoległego $R_p = 470 \Omega$;
- wykresy charakterystyk częstotliwościowych układów rezonansu szeregowego wraz z zaznaczonymi częstotliwościami f_d i f_g pasma przenoszenia;
- wykresy charakterystyk częstotliwościowych układów rezonansu równoległego
- określone pasma przepuszczania B dla rezonansu szeregowego.
- policzone dobroci obwodów Q na podstawie uzyskanych charakterystyk rezonansowych według wzoru:

$$Q = \frac{f_{rez}}{B}$$

- policzone indukcyjności L na podstawie wzoru:

$$L = \frac{1}{4 \cdot \pi^2 \cdot f_{rez}^2 \cdot C}$$

- własne wnioski i spostrzeżenia.

2.5. Podstawy teoretyczne

2.5.1. Elementy obwodu elektrycznego

Każdy obwód elektryczny, w którym obok elementów typowych dla prądu stałego, tj. elementów reprezentujących opór elektryczny rzeczywisty R , znajdują się typowe elementy obwodów prądu zmiennego, tj. pojemności C lub indukcyjności L , posiada impedancję Z . Impedancja ta zwana inaczej oporem zespolonym wyraża się zależnością:

$$Z = \frac{U}{I}$$

Odwrotność impedancji nazywamy admitancją Y . Impedancja składa się w ogólnym przypadku z dwu części: rzeczywistej i urojonej. Część rzeczywista, zwana rezystancją lub oporem czynnym, oznaczana R , reprezentuje opór występujący zarówno dla prądu zmiennego jak i stałego; jego wartość w obu przypadkach jest taka sama. W rezystancji przy przepływie prądu stałego lub zmiennego następuje zawsze przemiana tego prądu na energię cieplną. Jednostką zarówno impedancji jak i rezystancji jest om $[\Omega]$. Odwrotność rezystancji nazywamy przewodnością czynną lub konduktancją i oznaczamy G , jednostką admitancji i konduktancji jest simens $[S]$. Część urojona impedancji tworzy opór bierny zwany reaktancją, oznaczany X . W reaktancji nie występuje wydzielanie ciepła, a prąd przepływający przez reaktancję powoduje gromadzenie energii w polu elektromagnetycznym. Istnienie w obwodzie reaktancji powoduje przesunięcie fazowe między przebiegami prądu i napięcia. Wyróżniamy reaktancję pojemnościową X_C , tj. opór bierny pojemności dla prądu zmiennego oraz reaktancję indukcyjną X_L , tj. opór bierny indukcyjności dla prądu zmiennego. Wartość liczbowa impedancji określa zależność:

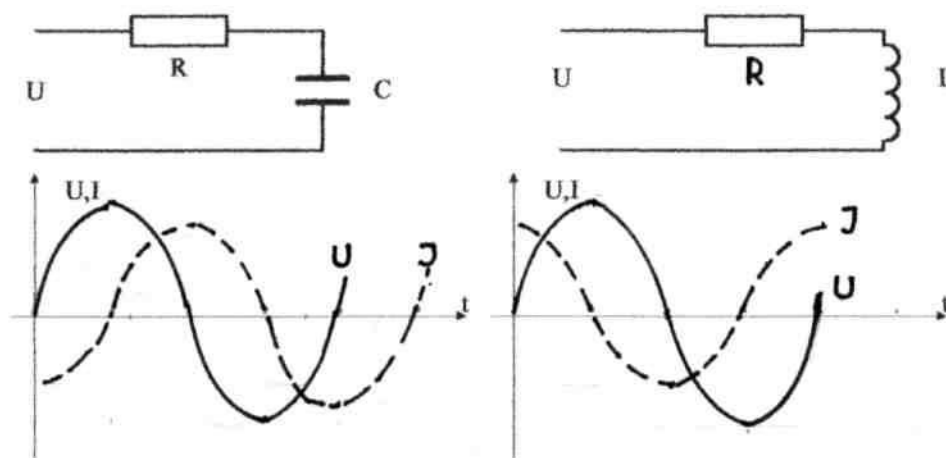
$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

gdzie:

$$X = X_C - X_L = \frac{1}{2\pi f C} - 2\pi f L$$

Z podanej zależności na reaktancję X wynikają następujące wnioski:

- dla prądu stałego, ($f = 0$), idealna pojemność reprezentuje opór $R = \infty$ tzn. uniemożliwia przepływ prądu stałego,
- dla prądu zmiennego reaktancja pojemnościowa maleje, gdy częstotliwość prądu wzrasta, dla bardzo dużych częstotliwości reaktancja pojemnościowa dąży do zera,
- dla prądu stałego idealna indukcyjność przedstawia opór zerowy tj. $R = 0$,
- dla prądu zmiennego reaktancja indukcyjna wzrasta ze wzrostem częstotliwości



Rys.1 Przebiegi prądu i napięcia dla obwodów z pojemnością i indukcyjnością

Istnienie w obwodzie reaktancji powoduje przesunięcie fazowe między przebiegami prądu i napięcia. W przypadku pojemności w wyniku tego przesunięcia prąd wyprzedza napięcie o 90° .

W przypadku indukcyjności napięcie wyprzedza prąd o 90° . W przypadku, gdy w obwodzie występuje jednocześnie i indukcyjność i pojemność, przesunięcie przyjmuje wartości pośrednie w granicach $\pm 90^\circ$. Odpowiednie przebiegi pokazano na rys. 1.

Elementy obwodów elektrycznych można podzielić na dwie grupy: elementy czynne (aktywne) i bierne (pasywne). Elementami czynnymi są elementy zwiększające energię doprowadzonego sygnału (lampy, tranzystory, układy scalone), elementami biernymi są elementy nie zwiększające energii sygnału. Należą do nich przede wszystkim tzw. elementy *RLC*, ale również diody, przełączniki i tp.

Opornikiem lub rezystorem nazywamy element o określonej rezystancji stałej lub zmiennej (regulowanej}. Oporniki o rezystancji regulowanej często nazywa się potencjometrami. Każdy opornik charakteryzuje się trzema podstawowymi parametrami:

- rezystancja znamionowa R podawana w $[\Omega]$, $[\text{k}\Omega]$, lub $[\text{M}\Omega]$
- tolerancja podawana w procentach (najczęściej 5, 10 lub 20%)
- wartość mocy dopuszczalnej (najczęściej 0.1, 0.25, 0.5, 1, lub 2 W).

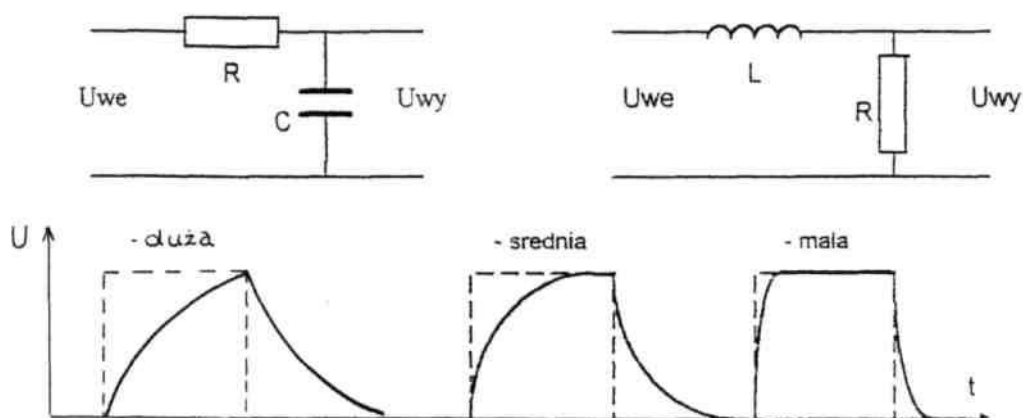
Kondensatorem nazywamy element bierny o określonej pojemności stałej lub regulowanej. Kondensator składa się z dwóch przewodzących okładek odizolowanych od siebie dielektrykiem. W zależności od konstrukcji i rodzaju dielektryka rozróżnia się m in. kondensatory: powietrzne, papierowe, polistyrenowe, ceramiczne, mikowe, elektrolityczne itd. Każdy kondensator charakteryzuje się trzema podstawowymi parametrami:

- wartość pojemności C podawana najczęściej w $[\mu\text{F}]$, $[\text{nF}]$, lub $[\text{pF}]$,
- tolerancja podawana w procentach (najczęściej 10, 20 lub 50%),
- maksymalne napięcie pracy podawane w $[\text{V}]$.

Cewka jest elementem biernym o określonej indukcyjności L , stałej lub regulowanej. Cewkę wykonuje się przez nawinięcie przewodu na korpusie z izolatora. Jeżeli wewnątrz korpusu nie ma rdzenia ferromagnetycznego, cewkę nazywamy powietrzną. Wstawienie rdzenia z materiału ferromagnetycznego powoduje znaczne zwiększenie indukcyjności cewki. Indukcyjność L jest podstawowym parametrem cewki. Podawana jest w henrach $[\text{H}]$ lub mniejszych jednostkach $[\mu\text{H}]$ albo $[\text{mH}]$. Cewki powinny mieć możliwie małą rezystancję. Duża rezystancja wpływa niekorzystnie na dobroć cewki, a przez to na dobroć obwodu rezonansowego.

2.5.2. Obwody całkujące i różniczkujące

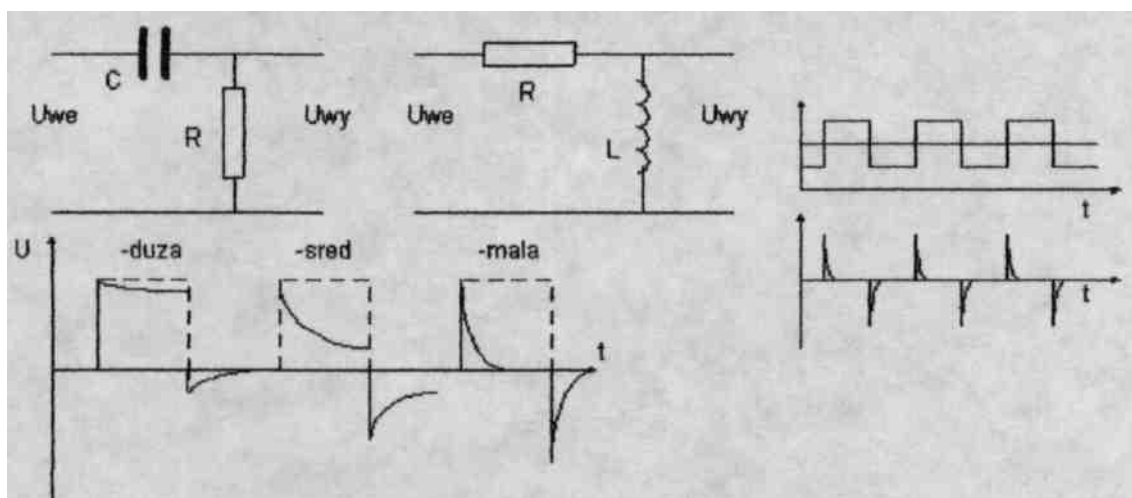
Obwodem całkującym jest obwód liniowy zawierający pojemność i rezystancję lub indukcyjność i rezystancję połączone w sposób pokazany na rysunku 2:



Rys. 2. Obwody całkujące

Na rysunku przedstawiono również wpływ stałej czasowej na kształt przebiegu wyjściowego. Linia przerywana przedstawia sygnał wejściowy a linia ciągła sygnał wyjściowy z układu. Z rysunku wynika wyraźnie, że im stała czasowa $\tau = RC$ lub $\tau = L/R$ jest większa, tym kształt sygnału wyjściowego bardziej odbiega od kształtu sygnału wejściowego. Obwód całkujący można rozpatrywać jako filtr dolnoprzepustowy przepuszczający składowe sygnału o małych częstotliwościach, a tłumiący składowe o większych częstotliwościach. Z przedstawionego rysunku wynika, że przy dużej stałej czasowej zbocze przednie sygnału prostokątnego zamieniane jest na przebieg liniowo narastający, mamy więc do czynienia z całkowaniem sygnału wejściowego.

Obwodem różniczkującym jest obwód liniowy zawierający pojemność i rezystancję lub indukcyjność i rezystancję połączone w sposób pokazany na poniższym rysunku:

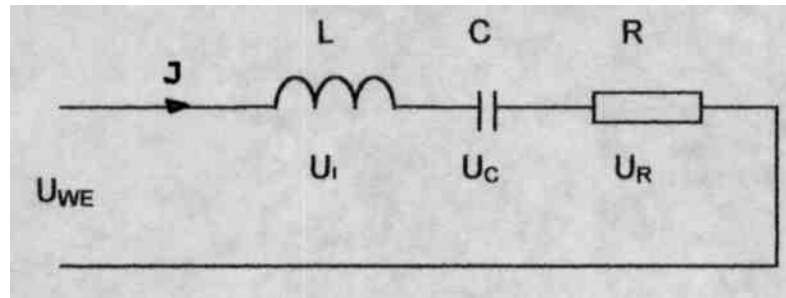


Rys. 3 Układy różniczkujące. Tłumienie składowej stałej

Podobnie jak przy obwodach całkujących, obwody różniczkujące zmieniają kształt doprowadzonego sygnału. Tym razem jednak im mniejsza stała czasowa $\tau = RC$ lub $\tau = L/R$ tym bardziej kształt sygnału wyjściowego różni się od kształtu sygnału wejściowego. Układ różniczkujący można rozpatrywać jako filtr przepuszczający składowe sygnału o większych częstotliwościach i tłumiący składowe o małych częstotliwościach, czyli jako filtr górnoprzepustowy. Można zauważyć, że przy odpowiednio małej stałej czasowej układ różniczkujący powoduje zamianę sygnału prostokątnego na ciąg impulsów szpilkowych na przemian dodatnich i ujemnych, następuje więc z punktu widzenia matematyki różniczkowanie sygnału wejściowego. Zgodnie z zasadami różniczkowania (pochodna wartości stałej jest równa zero), sygnał wyjściowy nigdy nie zawiera składowej stałej mimo, że występowała ona w sygnale wejściowym. Stwierdzenie to jest prawdziwe jedynie dla układów RC . Fizycznie powodowane jest to obecnością szeregowego kondensatora na wejściu układu różniczkującego. W praktyce układy różniczkujące RL są stosunkowo rzadko stosowane.

2.5.3. Szeregowy obwód rezonansowy

Obwodem rezonansowym nazywamy taki obwód elektryczny, który zawiera jednocześnie pojemność C i indukcyjność L .



Rys. 4 Szeregowy obwód rezonansowy

Jeżeli pojemność i indukcyjność są połączone szeregowo w stosunku do źródła zasilania, mówimy o szeregowym obwodzie rezonansowym. Każdy rzeczywisty obwód rezonansowy oprócz pojemności i indukcyjności posiada również pewną rezystancję R zwaną rezystancją strat. Składa się na nią oporność drutu, z którego wykonana jest cewka, przeliczone na oporność straty w rdzeniu cewki, przeliczone na oporność straty w kondensatorze oraz oporność przewodów łączeniowych. Ogólnie im mniejsza oporność strat tym lepszy obwód rezonansowy. Parametrem określającym jakość obwodu rezonansowego jest jego dobroć. Dobrocią Q nazywamy stosunek reaktancji pojemnościowej lub indukcyjnej w rezonansie do oporności strat.

$$Q = \frac{X_{C0}}{R} = \frac{X_{L0}}{R}$$

Dobroć obwodu uzależniona jest jedynie od jego parametrów. Wartości dobroci dla obwodów rezonansowych zawierają się w granicach od kilku do kilkuset. Po odpowiednich przekształceniach otrzymujemy:

$$Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

Impedancja szeregowego obwodu RLC jest równa:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

Warunkiem rezonansu jest równość reaktancji pojemnościowej i indukcyjnej:

$$X_C = X_L$$

Ponieważ zarówno reaktancja pojemnościowa jak i indukcyjna zależne są od częstotliwości jest tylko jedna częstotliwość f_0 , dla której warunek ten jest spełniony:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Jak wynika z powyższych zależności, impedancja obwodu w rezonansie osiąga minimum:

$$Z_0 = R$$

Prąd płynący w obwodzie, w rezonansie osiąga wartość maksymalną i jest równy:

$$I_0 = \frac{U_{WE}}{Z_0} = \frac{U_{WE}}{R}$$

Napięcia na cewce i kondensatorze w rezonansie wielokrotnie przewyższają wielkość napięcia wejściowego, osiągają swoje maksimum i wynoszą odpowiednio:

$$U_{L0} = I_0 X_{L0} = \frac{U_{WE}}{R} X_{L0} = U_{WE} Q$$

$$U_{C0} = I_0 X_{C0} = \frac{U_{WE}}{R} X_{C0} = U_{WE} Q$$

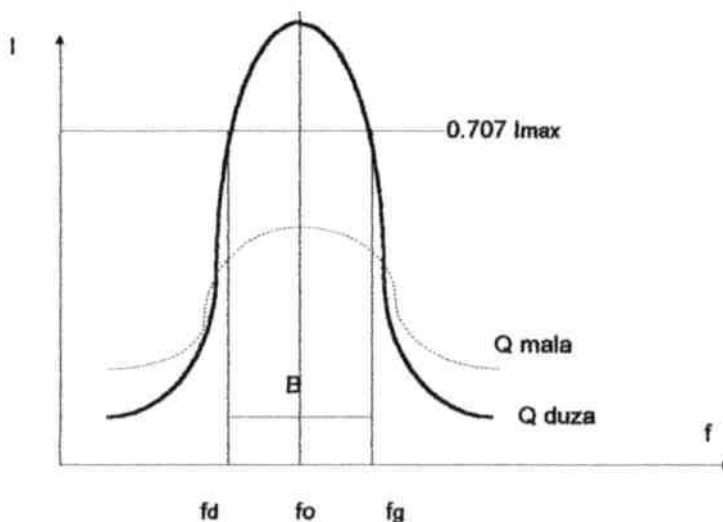
Jak wynika z powyższych zależności napięcia te w rezonansie są sobie równe. Są one jednak przesunięte w fazie o 180° , a więc ich suma jest równa zero.

Charakterystyką obwodu rezonansowego nazywamy zależność prądu w obwodzie od częstotliwości. Podobny kształt posiada zależność napięcia na cewce lub kondensatorze od częstotliwości. Można spotkać się również z zależnością impedancji obwodu od częstotliwości. Ta ostatnia charakterystyka jest prostym odwróceniem charakterystyki prądowej. Dokładny kształt charakterystyki, jej wysokość i szerokość jest uzależniony od dobroci obwodu. Na podstawie charakterystyki można określić pasmo przenoszenia obwodu.

Można dowieść, że pasmo przenoszenia uzależnione jest przede wszystkim od dobroci obwodu rezonansowego i wynosi:

$$B = f_g - f_d = \frac{f_0}{Q}$$

Podobny kształt do charakterystyki prądowej posiada charakterystyka przedstawiająca przebieg napięcia na cewce lub kondensatorze w funkcji częstotliwości. Wynika z tego możliwość zastosowania szeregowego obwodu rezonansowego do wyboru sygnałów o określonej częstotliwości, np. do wyboru stacji w odbiorniku radiowym.



Rys. 5 Charakterystyka szeregowego obwodu rezonansowego

Jeżeli do wejścia obwodu rezonansowego doprowadzimy napięcie z anteny, zawierające sygnały pochodzące z wielu stacji radiowych o różnych częstotliwościach, a następnie poprzez zmianę pojemności kondensatora doprowadzimy obwód do rezonansu na częstotliwości stacji, której w danym momencie chcemy słuchać, to na kondensatorze napięcie sygnału tej stacji będzie Q razy większe od napięć sygnałów stacji pozostałych. Przy odpowiednio dużej dobroci można uzyskać tak dużą różnicę napięć, że praktycznie jedynie stacja wybrana będzie słyszana.

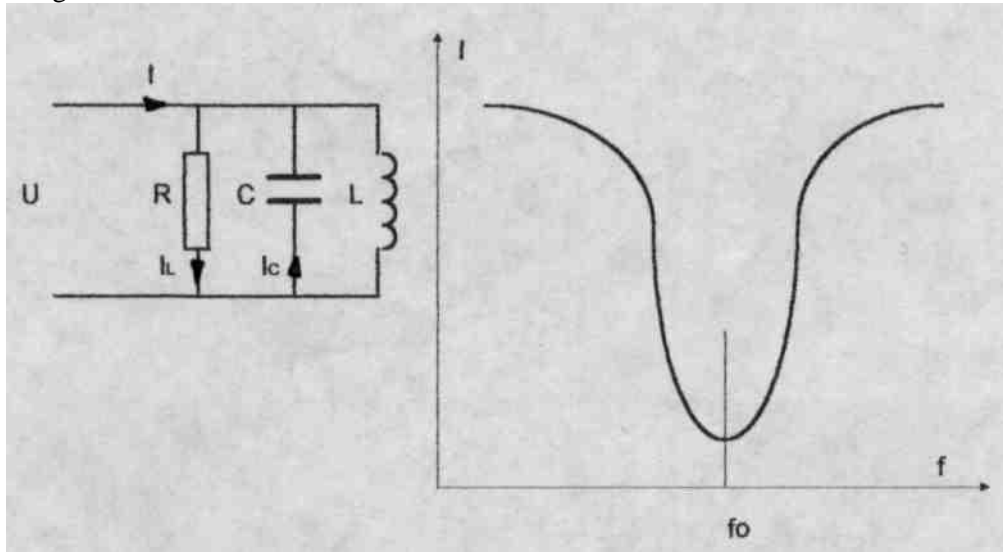
2.5.4. Równoległy obwód rezonansowy

Równoległy obwód rezonansowy powstaje przez połączenie równolegle do źródła napięcia pojemności C i indukcyjności L . Rzeczywisty obwód, podobnie jak szeregowy obwód rezonansowy posiada również rezystancję strat R . Należy zwrócić uwagę, że jeżeli oporność strat przedstawiana jest w postaci oprnika równoległego, to mała wartość oporności reprezentuje duże straty, a duża oporność małe straty. W związku z tym definicja dobroci dla równoległego obwodu rezonansowego z równoległą prezentacją strat jest następująca:

$$Q = \frac{R}{X_{L0}} = \frac{R}{X_{C0}}$$

Warunek rezonansu oraz częstotliwość rezonansowa są takie same jak dla szeregowego obwodu

rezonansowego.



Rys. 6. Równoległy obwód rezonansowy i jego charakterystyka

Równoległy obwód rezonansowy w rezonansie posiada następujące właściwości:

- impedancja obwodu osiąga maksimum $Z = R$
- prąd pobierany ze źródła osiąga minimum $I = \frac{U}{R}$
- prądy płynące przez cewkę i kondensator są równe $I_C = I_L$,

Charakterystyczną cechą równoległego obwodu rezonansowego jest tendencja do wytwarzania drgań. W idealnym obwodzie rezonansowym, a więc w obwodzie bez strat, po pobudzeniu płynąłby w oczku składającym się z pojemności i indukcyjności prąd cyrkulujący na zasadzie wymiany energii pola elektrycznego w kondensatorze i elektromagnetycznego w cewce. Powstałyby niegasnące drgania elektryczne o częstotliwości równej częstotliwości drgań własnych obwodu (częstotliwość rezonansowa f_0). Obwód nie pobierałby prądu ze źródła. W obwodzie rzeczywistym również powstaną drgania, z tym, że w skutek strat na rezystancji, będą to drgania gasnące.

Równoległe obwody rezonansowe stosowane są głównie do budowy generatorów typu LC oraz do budowy wzmacniaczy selektywnych (rezonansowych). W przypadku wzmacniaczy rezonansowych wykorzystuje się to, że w rezonansie obwód ma maksymalną oporność. Ponieważ wzmocnienie wzmacniacza jest proporcjonalne do oporności w kolektorze tranzystora, więc włączenie w to miejsce równoległego obwodu rezonansowego zamiast rezystora spowoduje, że wzmacniacz będzie miał maksymalne wzmocnienie dla częstotliwości rezonansowej.

2.6 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. Jacewski 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.

2.7 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
<i>Kryterium 1</i> 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.
<i>Kryterium 2</i> 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
<i>Kryterium 1</i> 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

<i>Kryterium 1</i>	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
<i>Kryterium 1</i>	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 podstawowych 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

<i>Kryterium 1</i> 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
<i>Kryterium 1</i> 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.