

LEKSYKON  
KIESZONKOWY

# ELEKTRONIKA

Elektronika jest wszędzie.  
Zrozum ją!

Jakie zjawiska fizyczne  
umożliwiają działanie  
urządzeń elektronicznych?

Jak rozwiązywać obwody  
prądu stałego i zmiennego?

W jaki sposób projektować  
układy elektroniczne?

WITOLD WROTEK

Holion



Wszelkie prawa zastrzeżone. Nieautoryzowane rozpowszechnianie całości lub fragmentu niniejszej publikacji w jakiegokolwiek postaci jest zabronione. Wykonywanie kopii metodą kserograficzną, fotograficzną, a także kopiowanie książki na nośniku filmowym, magnetycznym lub innym powoduje naruszenie praw autorskich niniejszej publikacji.

Wszystkie znaki występujące w tekście są zastrzeżonymi znakami firmowymi bądź towarowymi ich właścicieli.

Autor oraz Wydawnictwo HELION dołożyli wszelkich starań, by zawarte w tej książce informacje były kompletne i rzetelne. Nie biorą jednak żadnej odpowiedzialności ani za ich wykorzystanie, ani za związane z tym ewentualne naruszenie praw patentowych lub autorskich. Autor oraz Wydawnictwo HELION nie ponoszą również żadnej odpowiedzialności za ewentualne szkody wynikłe z wykorzystania informacji zawartych w książce.

Redaktor prowadzący: Michał Mrowiec

Projekt okładki: Maciek Pasek

Wydawnictwo HELION

ul. Kościuszki 1c, 44-100 GLIWICE

tel. 32 231 22 19, 32 230 98 63

e-mail: [helion@helion.pl](mailto:helion@helion.pl)

WWW: <http://helion.pl> (księgarnia internetowa, katalog książek)

Drogi Czytelniku!

Jeżeli chcesz ocenić tę książkę, zajrzyj pod adres

<http://helion.pl/user/opinie?elekkl>

Możesz tam wpisać swoje uwagi, spostrzeżenia, recenzję.

ISBN: 978-83-246-5152-8

Copyright © Helion 2013

Printed in Poland.

- Kup książkę
- Poleć książkę
- Oceń książkę

- Księgarnia internetowa
- Lubię to! » Nasza społeczność

---

# Spis treści

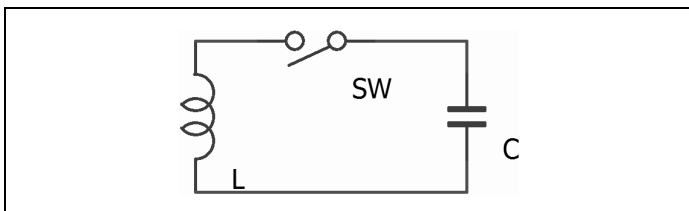
Wstęp .....	5
1. Jednostki .....	7
2. Prąd stały .....	21
3. Prąd zmienny .....	39
4. Obwody rezonansowe .....	71
5. Tranzystory bipolarne .....	77
6. Układy .....	93
7. Technika cyfrowa .....	129
A. Stałe .....	152
B. Logarytmy .....	153
C. Liczby zespolone .....	155
D. Trygonometria .....	160



# Rozdział 4. Obwody rezonansowe

## Obwód drgań

W obwodzie elektrycznym złożonym z pojemności i indukcyjności (rysunek 4.1) mogą w pewnych warunkach powstawać drgania elektryczne.



Rysunek 4.1. Obwód złożony z pojemności  $C$ , indukcyjności  $L$  i klucza  $SW$

Założmy, że:

- opór elektryczny uzwojenia cewki i przewodów łączących ją z kondensatorem jest zanedbywalnie mały,
- w chwili początkowej bezwzględna wartość ładunków elektrycznych, zgromadzonych na okładkach kondensatora, wynosi  $q_0$ .

Po zamknięciu klucza  $SW$ , na skutek różnicy potencjałów okładek kondensatora, w obwodzie popłynie prąd elektryczny. Gdyby w obwodzie nie było cewki, natężenie prądu stopniowo malałoby aż do zera, ponieważ zmniejszałaby się różnica potencjałów okładek (kondensator rozładowywałby się).

Indukowana w cewce siła elektromotoryczna, zgodnie z regułą Lenza, dąży do podtrzymania przepływu prądu. W rezultacie natężenie prądu wzrasta do momentu wyrównania się potencjałów okładek, a następnie zaczyna maleć.

Prąd będzie płynąć w tym samym kierunku do chwili, gdy na okładkach kondensatora zgromadzą się ładunki równe co do bezwzględnej wartości początkowemu ładunkowi  $q_0$ , ale o przeciwnych znakach. Następnie opisany proces będzie się powtarzać. W obwodzie  $LC$  będą więc zachodzić nietłumione drgania elektryczne.

---

### Uwaga

W rzeczywistości na skutek strat energii w elementach obwodu rezonansowego drgania mają charakter gasnący.

---

W dowolnym momencie siła elektromotoryczna  $E_L$ , indukowana w cewce, jest równa napięciu  $U_C$  między okładkami kondensatora (elementy są połączone równolegle):

$$E_L = U_C$$

gdzie:

$$E_L = -L \frac{dI}{dt}$$

$$U_C = \frac{q}{C}$$

zatem:

$$L \frac{dI}{dt} + \frac{q}{C} = 0$$

Przyjmując, iż natężenie prądu opisane jest wzorem:

$$I = \frac{dq}{dt}$$

otrzymujemy zależność:

$$L \frac{d^2q}{dt^2} + \frac{q}{C} = 0$$

Dzieląc obie strony powyższego równania przez  $L$  i wprowadzając oznaczenie  $\omega_0^2 = \frac{1}{LC}$ , uzyskujemy zależność  $\frac{d^2q}{dt^2} + \omega_0^2 q = 0$

Ma ono postać identyczną z równaniem opisującym nietłumione drgania oscylatora harmonicznego. Jego rozwiązaniem jest zatem funkcja:

$$q = q_0 \cos(\omega_0 t + \varphi)$$

Opisuje ona wartość ładunku zgromadzonego na okładkach kondensatora.

Od ładunku bardziej interesuje nas natężenie płynącego w obwodzie prądu:

$$I = \frac{dq}{dt} = -\omega_0 q_0 \sin(\omega_0 t + \varphi)$$

a przyjmując, iż:

$$I_0 = \omega_0 q_0$$

uzyskamy równanie:

$$I = -I_0 \sin(\omega_0 t + \varphi)$$

gdzie:

$q_0$  — bezwzględna maksymalna wartość ładunku na okładkach kondensatora

$I_0$  — bezwzględne maksymalne natężenie prądu płynącego w obwodzie

$\varphi$  — faza początkowa

$\omega_0$  — pulsacja (częstotliwość kątowna) prądu płynącego w obwodzie

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Okres drgań w obwodzie opisuje wzór Thomsona:

$$T = 2\pi\sqrt{LC}$$

---

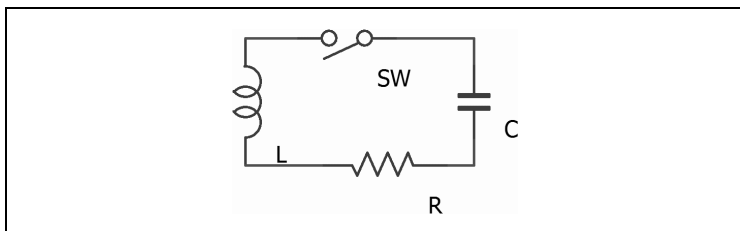
### Uwaga

W obwodzie LC zarówno ładunki na okładkach kondensatora, jak i prąd w obwodzie zmieniają się sinusoidalnie w funkcji czasu.

---

## Obwód drgań tłumionych

W rzeczywistych układach oprócz indukcyjności i pojemności istnieje także rezystancja (rysunek 4.2). Podczas przepływu prądu przez rezystancję zgromadzona w obwodzie energia zamieniana jest stopniowo w ciepło. Cewka również nie jest elementem idealnym. Emituje ona energię w postaci fal elektromagnetycznych. Czynniki te powodują, że drgania w obwodzie mają charakter gasnący.



Rysunek 4.2. Układ RLC

Siła elektromotoryczna  $E_L$ , indukowana w cewce, musi być równa sumie spadków napięć:  $U_R$  na rezystancji i  $U_C$  na pojemności:

$$E_L = U_R + U_C$$

$$E_L = -L \frac{dI}{dt}$$

$$U_R = RI$$

$$U_C = \frac{q}{C}$$

zatem:

$$L \frac{dI}{dt} + RI + \frac{q}{C} = 0$$

uwzględniając, że:

$$I = \frac{dq}{dt}$$

otrzymujemy zależność:

$$L \frac{d^2q}{dt^2} + R \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = 0$$

## Rezonans obwodu drgań

Aby w obwodzie mogły być stale wytwarzane drgania, należy zasilać go ze źródła zewnętrznego. Zadaniem źródła jest uzupełnianie energii, która ulega rozproszeniu w trakcie oscylacji.

Obwód ma najmniejszą oporność, gdy:

$$\tilde{Z}_{\min} = R.$$



Ma to miejsce wówczas, gdy:

$$X_L = X_C$$

$$\omega L = \frac{1}{\omega C}$$

$$\omega^2 LC = 1$$

$$L = \frac{1}{\omega^2 C} = \frac{1}{4\pi^2 f^2 C^2}$$

$$C = \frac{1}{\omega^2 L} = \frac{1}{4\pi^2 f^2 L^2}$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

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

Pulsacja rezonansowa opisana jest wzorem:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Gdy pulsacja przebiegu dostarczanego przez źródło wynosi  $\omega = \omega_0$ , układ znajduje się w rezonansie:

- reaktancja indukcyjna kompensuje reaktancję pojemnościową (mają równe wartości bezwzględne, ale przeciwne znaki),
- natężenie prądu płynącego w obwodzie jest największe,
- prąd płynący w obwodzie jest w fazie z siłą elektromotoryczną źródła.

Tłumienie obwodu:

$$d = \frac{R}{\sqrt{\frac{L}{C}}} = \frac{R}{\delta}$$

gdzie oporność charakterystyczna obwodu to:

$$\delta = \sqrt{\frac{L}{C}} = \omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C}$$

Dobroć obwodu rezonansowego:

$$Q = \frac{1}{d} = \frac{\delta}{R}$$

## Dobroć obwodu rezonansowego

W przypadku obwodu szeregowego mamy do czynienia z rezonansem napięć. Dobroć  $Q$  określa, ile razy spadek napięcia na cewce  $U_L$  lub kondensatorze  $U_C$  jest większy od napięcia doprowadzonego do obwodu.

$$d = \frac{U}{U_L} = \frac{R}{\omega L} = R \sqrt{\frac{C}{L}}$$

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

$$B = df_{\text{REZ}} = \frac{f_{\text{REZ}}}{Q} = \frac{R}{2\pi L}$$

$$Q = \frac{f_{\text{REZ}}}{B}$$

W przypadku obwodu równoległego mamy do czynienia z rezonansem prądów. Dobroć  $Q$  określa, ile razy natężenie prądu płynącego przez cewkę  $I_L$  lub natężenie prądu płynącego przez kondensator  $I_C$  jest większe od prądu całkowitego.

$$d = \frac{I}{I_L} = \frac{\omega L}{R} = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

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

$$B = \frac{1}{2\pi CR}$$

gdzie:

$Q$  — dobroć obwodu

$d$  — tłumienie obwodu

$U$  — napięcie całkowite w obwodzie

$U_L$  — spadek napięcia na cewce

$U_C$  — spadek napięcia na kondensatorze

$I_L$  — prąd płynący przez cewkę

$I_C$  — prąd płynący przez kondensator

$R$  — rezystancja strat

$B$  — szerokość pasma

# PROGRAM PARTNERSKI

GRUPY WYDAWNICZEJ HELION



1. ZAREJESTRUJ SIĘ
2. PREZENTUJ KSIĄŻKI
3. ZBIERAJ PROWIZJĘ

Zmień swoją stronę WWW  
w działający bankomat!

**Dowiedz się więcej i dołącz już dzisiaj!**

<http://program-partnerski.helion.pl>

GRUPA WYDAWNICZA

 **Helion SA**

1505  
1506  
1507  
1508  
1509

87 52

LEKSYKON KIESZONKOWY

## ELEKTRONIKA

Elektronika jest wszędzie — dzięki niej każdego dnia robimy zakupy, bawimy się, komunikujemy i przemierzamy. Mniej lub bardziej zaawansowane technicznie urządzenia elektroniczne otaczają nas ze wszystkich stron. Wkraczają również w te dziedziny życia, w których jeszcze niedawno nawet nie umieliśmy sobie ich wyobrazić. Telefony komórkowe, komputery, telewizory, sprzęt AGD, terminale płatnicze, bankomaty — wszystko to urządzenia elektroniczne, a sterowane elektronicznie są już nawet tak proste z pozoru przedmioty codziennego użytku jak żelazka, odkurzacze i piekarniki. Tej wszechobecności elektroniki nie towarzyszy jednak nawet podstawowa znajomość zasad jej działania wśród użytkowników, ponieważ większości osób wiedza ta wydaje się zbędna, nudna i zbyt trudna do opanowania.

Mit ten pomaga obalić książka *Elektronika. Leksykon kieszonkowy*, która prostym i zrozumiałym językiem prezentuje najważniejsze wielkości i jednostki elektryczne, wprowadza w świat zjawisk fizycznych leżących u podstaw działania rozmaitych urządzeń oraz przedstawia zasady funkcjonowania układów elektrycznych i elektronicznych. Lektura leksykonu pomoże Ci zrozumieć sposób działania obwodów prądu stałego i zmiennego oraz przybliży metody wyznaczania parametrów ich pracy. Książka zawiera podstawy zarówno techniki analogowej, jak i cyfrowej — stanowi zwarty i skrótowy, lecz zadziwiająco kompletny przegląd osiągnięć ludzkiej pomysłowości na tym polu. Całość uzupełniają wiadomości na temat narzędzi matematycznych niezbędnych do właściwego zrozumienia przedstawionego materiału oraz projektowania i analizowania układów elektronicznych.

Elektronika? Z leksykonem kieszonkowym to nic trudnego!

- Wielkości fizyczne i jednostki używane w elektronice
- Zjawiska związane z przepływem prądu elektrycznego
- Prawa fizyczne rządzące działaniem obwodów
- Analiza obwodów prądu stałego i zmiennego
- Zasada działania tranzystorów i prostych wzmacniaczy
- Budowa i działanie analogowych układów elektronicznych
- Kombinacyjne i sekwencyjne układy cyfrowe

**helion.pl**  
księgarnia  
internetowa

Nr katalogowy: 9032



**Helion**

Sprawdź najnowsze promocje:

☛ <http://helion.pl/promocje>

☛ [Książki najchętniej czytane:](http://helion.pl/ksiazki)

☛ <http://helion.pl/bestsellery>

Zamów informacje o nowościach:

☛ <http://helion.pl/nowości>

**Helion SA**

ul. Kościuszki 1c, 44-100 Gliwice

tel.: 32 230 98 63

e-mail: [helion@helion.pl](mailto:helion@helion.pl)

<http://helion.pl>

sięgnij po **WIECEJ**



KOBI KORZYŚCI

ISBN 978-83-246-5152-8



9 788324 651528

Cena 29,00 zł

Informatyka w najlepszym wydaniu