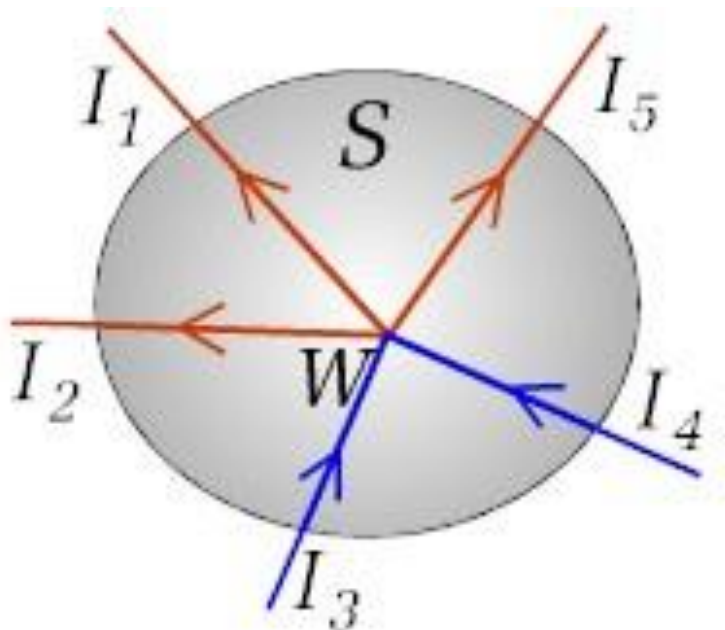


Temat i plan wykładu

Elektryczność-prąd stały

- 1. Podstawowe prawa – powtórzenie**
- 2. Kondensatory**
- 3. Cewki indukcyjne**
- 4. Podstawowe parametry elementów biernych**

Prądowe prawo Kirchhoffa

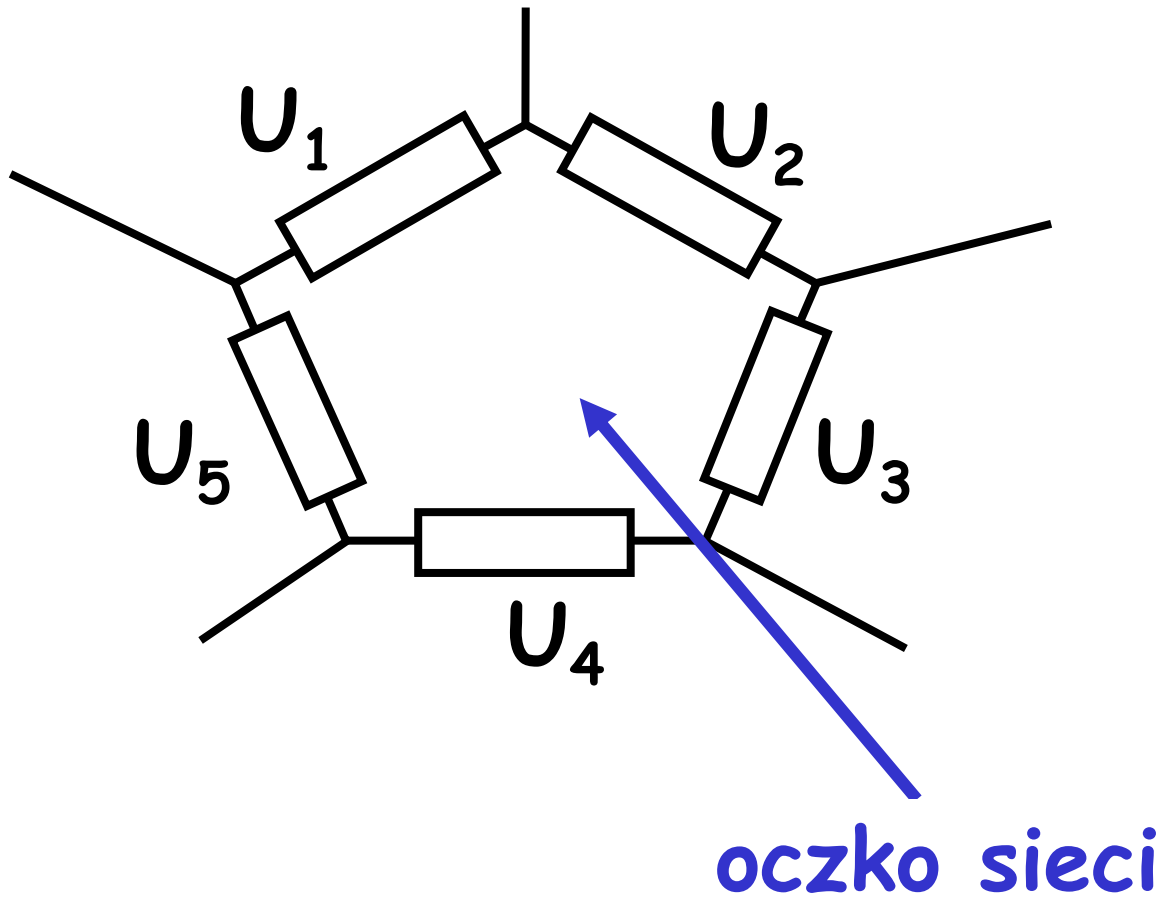


$$\sum_{k=1}^N I_k = 0$$

Algebraiczna suma prądów w węźle sieci równa jest zeru.

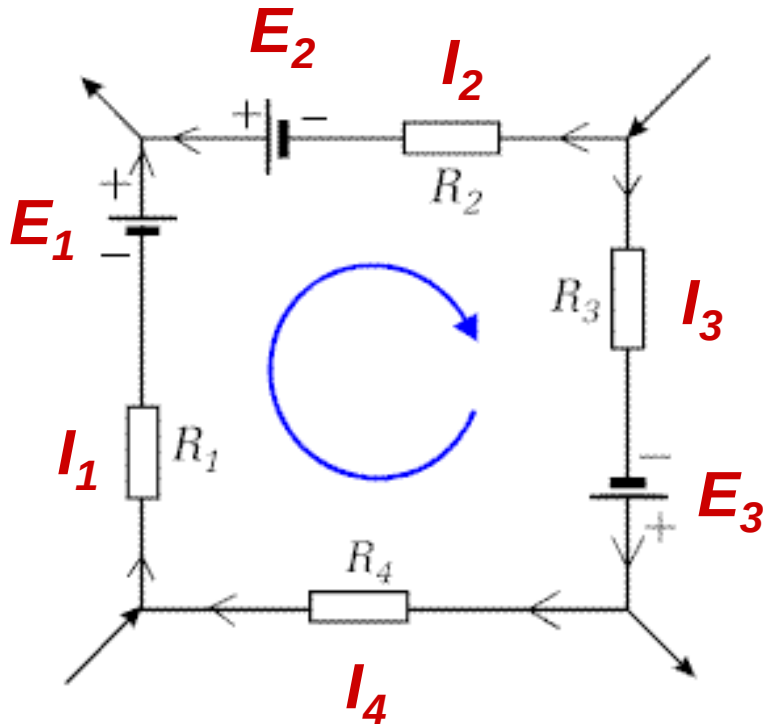
$$I_1 + I_2 - I_3 - I_4 + I_5 = 0$$

NPK (II) prawo Kirchhoffa



$$\sum_i U_i = 0$$

Prawa Kirchhoffa



$$\sum_{k=1}^N I_k \cdot R_k = \sum_{k=1}^N \mathcal{E}_k$$

Suma algebraiczna wszystkich sił elektromotorycznych w oczku sieci równa jest sumie występujących w tym oczku spadków napięć.

$$I_1 \cdot R_1 - I_2 \cdot R_2 + I_3 \cdot R_3 + I_4 \cdot R_4 = E_1 - E_2 + E_3$$

Praca i moc prądu

Praca=energia prądu elektrycznego stałego
[Ws] watosekunda

$$W = UI t = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t \quad [VAs] = [Ws] = [J]$$

Moc prądu elektrycznego stałego [W] wat

$$P = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R} \quad \left[\frac{J}{s} = W \right]$$

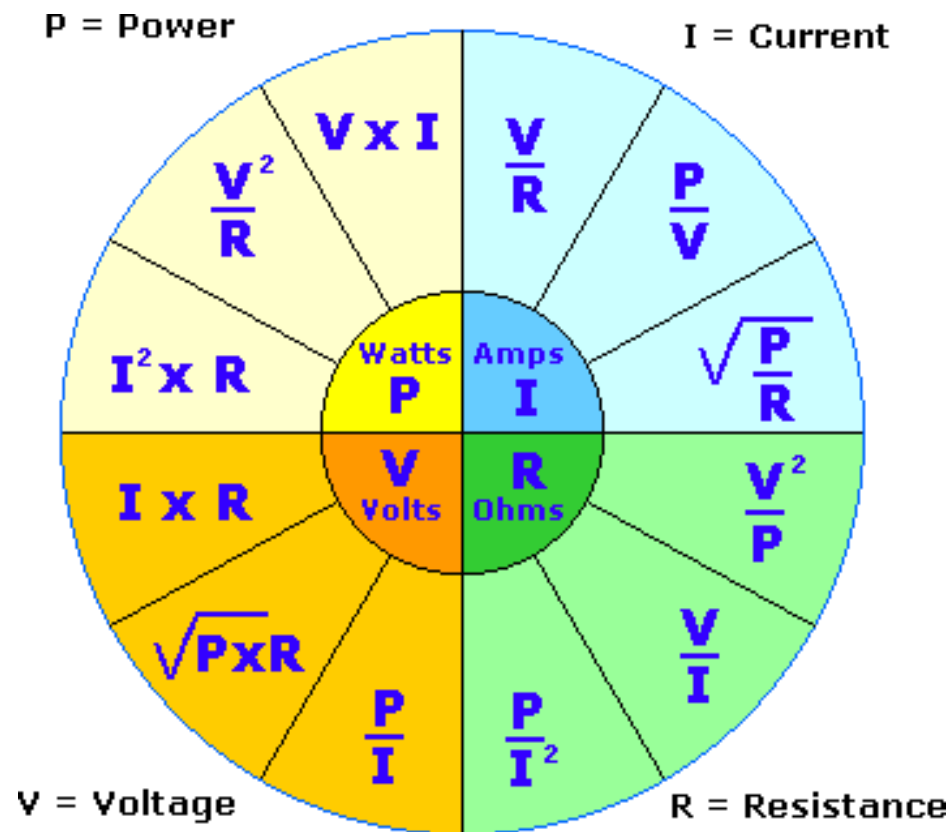
Sprawność urządzeń elektrycznych

Sprawność urządzenia elektrycznego:

$$\eta = \frac{P_Z}{P_P} \cdot 100\%$$

η - sprawność urządzenia elektrycznego,
 P_Z - moc otrzymana z danego urządzenia,
 P_P - moc doprowadzona do danego urządzenia.

Zależności wynikające z prawa Ohma



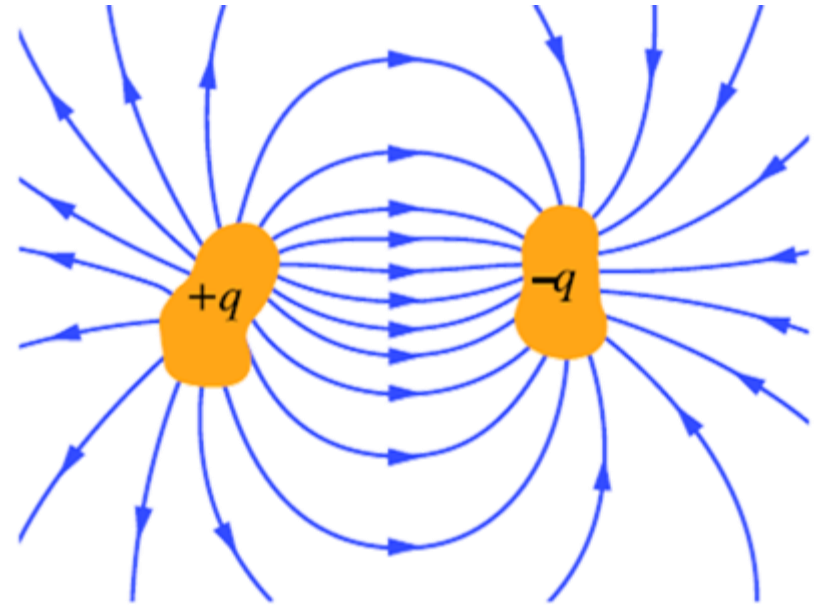
Kondensator

Kondensatorem nazywamy układ dwóch przewodników oddzielonych od siebie izolatorem.

Jeżeli do układu tego doprowadzimy napięcie to na okładkach zgromadzą się ładunki jednakowe co do wartości lecz o przeciwnych znakach. Ilość zgromadzonego ładunku zależy od przyłożonego napięcia U i cech konstrukcyjnych kondensatora określanych przez **pojemność C** .

$$Q = C \cdot U$$

Jednostką pojemności jest Farad (1F).



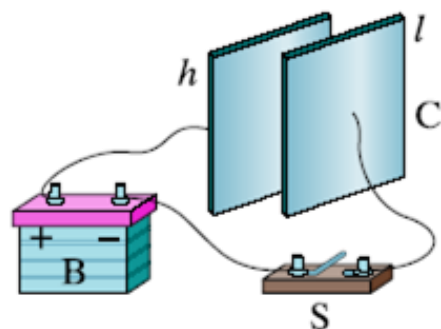
$$1 \text{ mF} = 10^{-3} \text{ F}$$

$$1 \text{ }\mu\text{F} = 10^{-6} \text{ F}$$

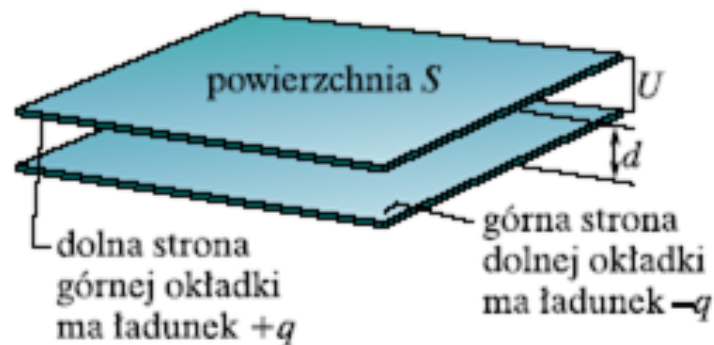
$$1 \text{ nF} = 10^{-9} \text{ F}$$

$$1 \text{ pF} = 10^{-12} \text{ F}$$

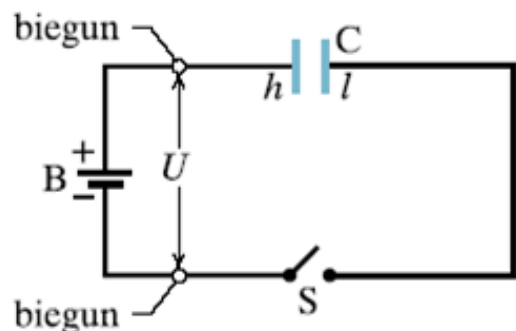
Kondensator płaski



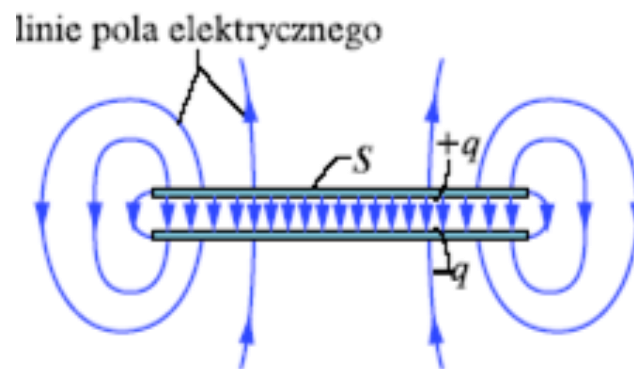
a)



a)



b)



b)

Kondensator płaski składa się z dwóch okładek o polu powierzchni S , znajdujących się w odległości d . Okładki mają na swych wewnętrznych powierzchniach ładunki o takich samych wartościach q , ale o przeciwnych znakach. Pole elektryczne wytworzone przez naładowane okładki jest jednorodne w środkowym obszarze między okładkami, przy krawędziach jest niejednorodne.

Pojemność kondensatora płaskiego

Zakładamy, że powierzchnie okładzin są duże, a odległość między nimi niewielka. Sprawia to, że pole elektryczne wytwarzane jest tylko pomiędzy okładkami i jest to pole równomierne. Rozważając powierzchnię Gaussa zaznaczoną na rysunku możemy napisać:

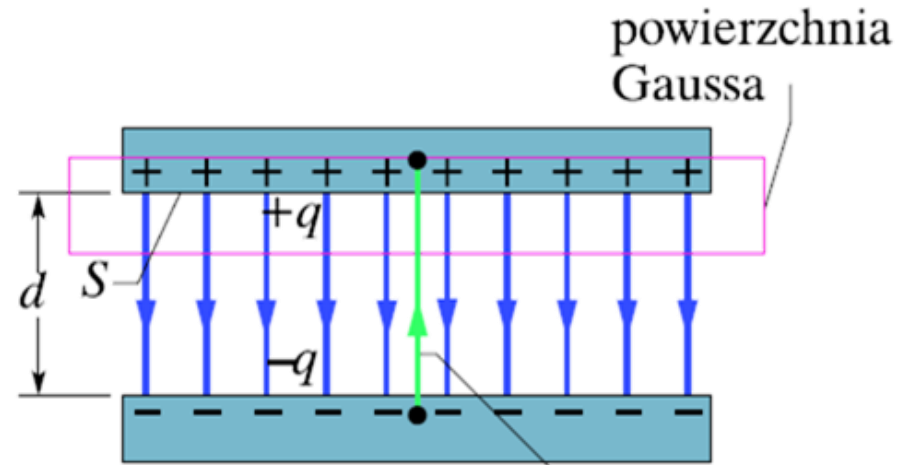
$$\Phi = E \cdot S = \frac{1}{\varepsilon_0} \cdot q$$

Z drugiej strony, ponieważ pole jest równomierne, możemy napisać

$$U = E \cdot d$$

Uwzględniając obie zależności i dokonując przekształceń otrzymujemy wzór na pojemność kondensatora płaskiego

$$C = \varepsilon_0 \cdot \frac{S}{d}$$



Kondensator

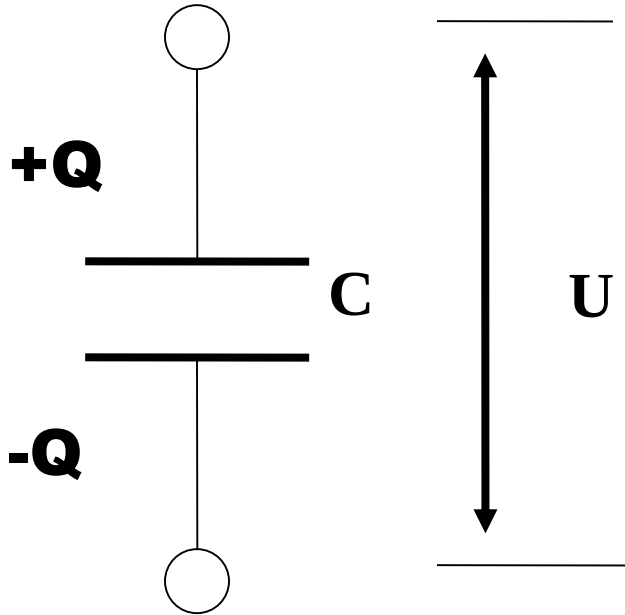
$$C = \frac{Q}{U}$$

$$Q = CU$$

$$\frac{dQ}{dt} = C \frac{dU}{dt}$$

$$I = C \frac{dU}{dt}$$

$$dU = \frac{1}{C} Idt$$



$$U = \frac{1}{C} \int_0^t Idt + U_0$$

$$[C] = 1\text{F} = \frac{1\text{C}}{1\text{V}}$$

Połączenie równoległe kondensatorów

Napięcie na każdym z kondensatorów jest jednakowe.

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$C \cdot U = C_1 \cdot U + C_2 \cdot U + C_3 \cdot U$$

Pojemność wypadkowa układu:

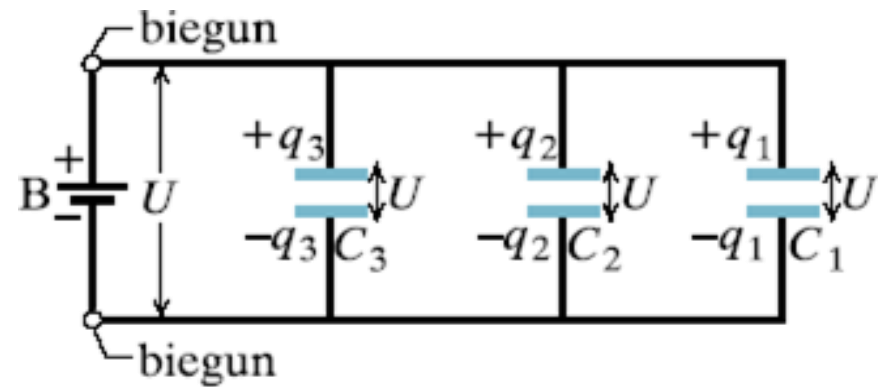
$$C = C_1 + C_2 + C_3$$

C - pojemność wypadkowa układu;

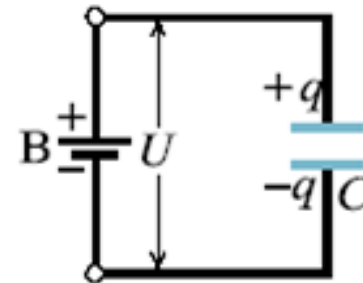
C_1, C_2, C_3 - pojemności poszczególnych kondensatorów;

U - różnica potencjałów (napięcie);

Q_1, Q_2, Q_3 - ładunek zgromadzony na poszczególnych kondensatorach.



a)



b)

Trzy kondensatory połączone równoległe do źródła napięcia. Równoważny kondensator zastępuje układ połączonych kondensatorów.

Połączenie szeregowe kondensatorów

Ładunek na każdym z kondensatorów jest jednakowy.

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

$$\frac{Q}{C} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \frac{Q}{C_3}$$

Pojemność wypadkowa układu:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

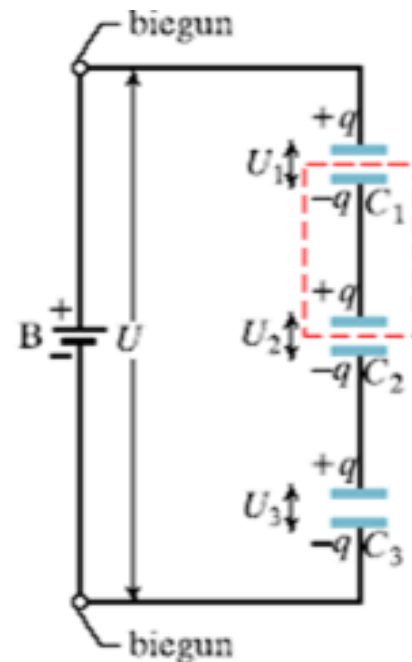
C - pojemność wypadkowa układu;

C_1, C_2, C_3 - pojemności poszczególnych kondensatorów;

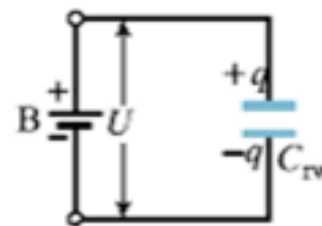
U - różnica potencjałów (napięcie);

U_1, U_2, U_3 - różnice potencjałów na poszczególnych kondensatorach;

Q - ładunek zgromadzony na każdym kondensatorze.



a)



b)

Trzy kondensatory połączone szeregowo do źródła napięcia. Równoważny kondensator zastępuje układ połączonych kondensatorów.

Energia kondensatora

Energia zmagazynowana w kondensatorze:

$$E = \frac{1}{2} CU^2 = \frac{Q^2}{2C}$$

Oznaczenia

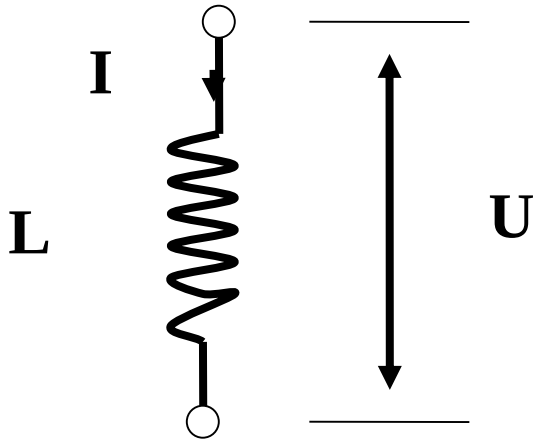
C - pojemność kondensatora;

U - różnica potencjałów (napięcie);

Q - ładunek zgromadzony na okładkach kondensatora;

E - energia;

Cewka indukcyjna



$$L = \frac{\psi}{I}$$

$$U = L \frac{dI}{dt}$$

$$L = \frac{U}{\frac{dI}{dt}}$$

$$dI = \frac{1}{L} U dt$$

$$I = \frac{1}{L} \int_0^t U dt + I_L(0)$$

H - henr

$$1H = \frac{1V}{\frac{1A}{1s}} = \frac{1Vs}{1A} = 1\Omega s$$

Energia pola magnetycznego

Prąd przepływający przez cewkę
nie może zmieniać się skokowo.

Energia magnetyczna nagromadzona
w cewce z prądem:

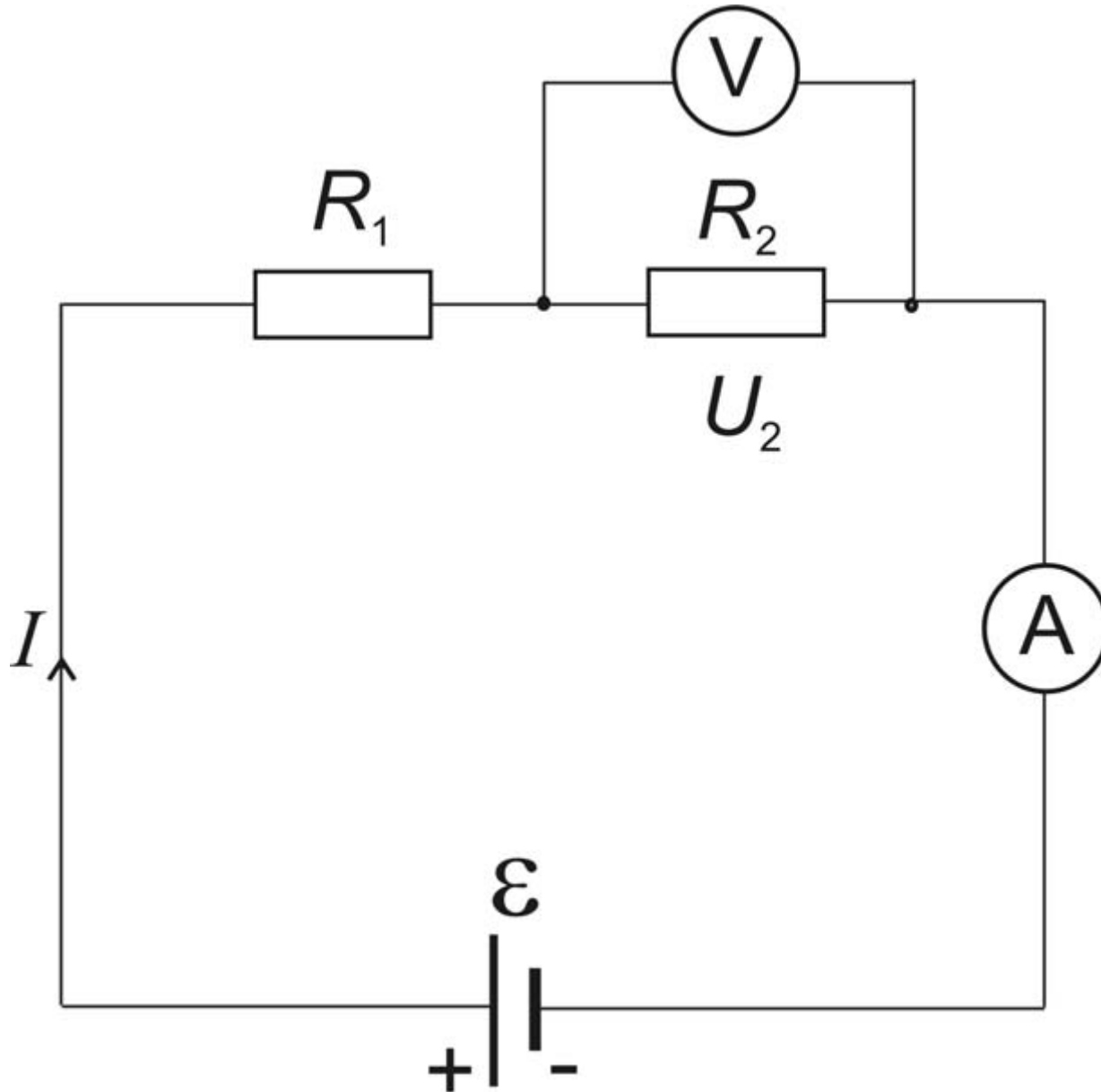
$$E_m = \frac{1}{2} L I^2 = \frac{\Psi^2}{2L}$$

Amperomierz i woltomierz

Różnią się oporem wewnętrznym:

- woltomierz rzędu $M\Omega$,
- amperomierz rzędu Ω .

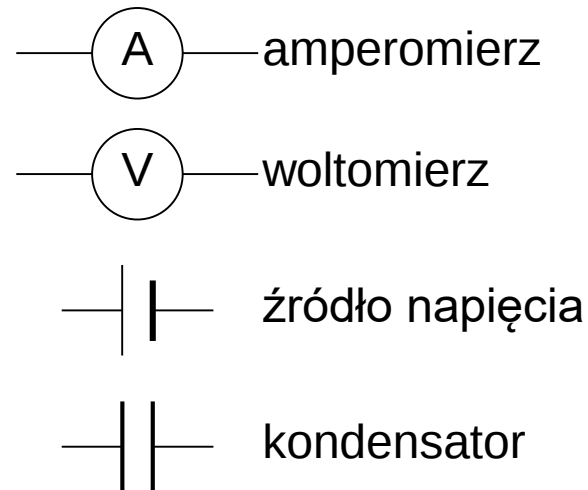
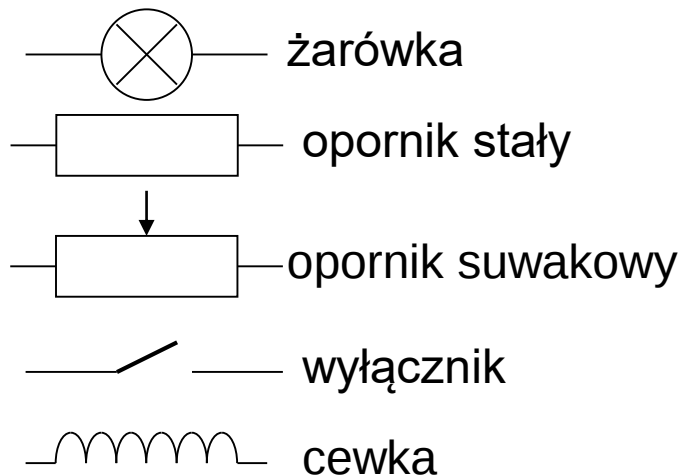
Amperomierz i woltomierz



Elementy obwodów dzielimy na pasywne i aktywne

Elementy aktywne dostarczają do obwodu energię elektryczną – źródła napięciowe lub prądowe.

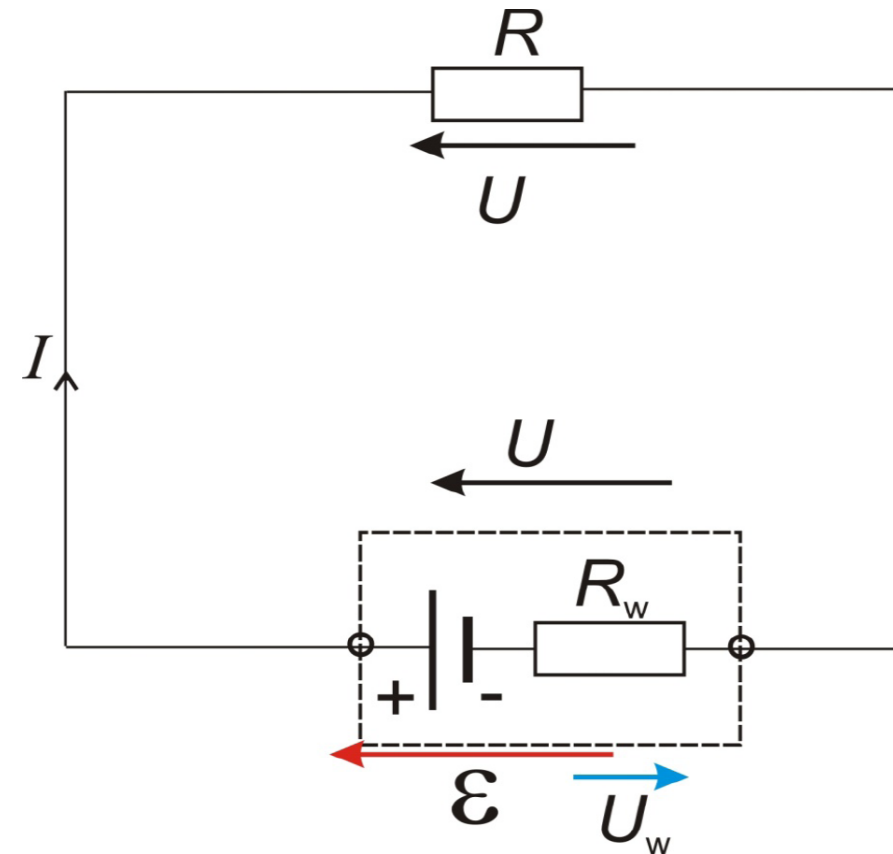
Elementy pasywne rozpraszają energię elektryczną (zamieniają na inny rodzaj energii, np. **rezystory**) lub magazynują energię pod postacią energii pola w polu elektrycznym (**kondensatory**) lub magnetycznym (**indukcyjności**).



Siła elektromotoryczna (SEM) rzeczywiste źródło napięcia

$$\sum^n \varepsilon_i + \sum^n U_i = 0$$

$$\varepsilon = \frac{W}{Q} \quad \left[\frac{J}{C} \right] = [V]$$



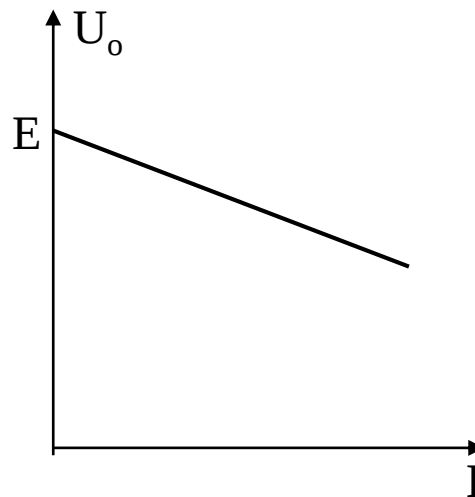
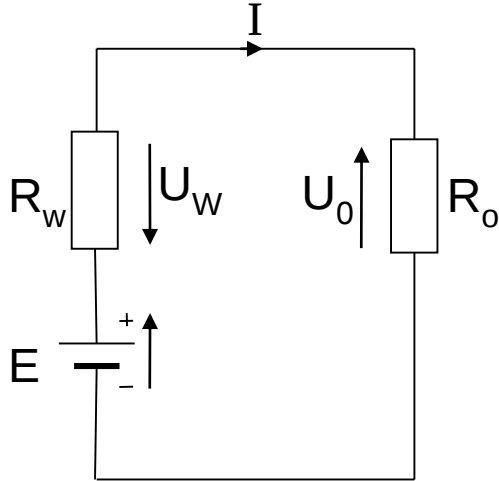
$$U = \varepsilon - U_w = \varepsilon - IR_w$$

Źródło napięciowe

Źródła napięciowe idealne są dwójnikami aktywnymi, które na zaciskach utrzymują **stałe napięcie** niezależnie od pobieranego natężenia prądu.

Źródło napięciowe rzeczywiste charakteryzuje się występowaniem spadku napięcia przy wzroście prądu.

Schemat zastępczy źródła rzeczywistego składa się z szeregowego połączenia źródła idealnego i rezystancji wewnętrznej.

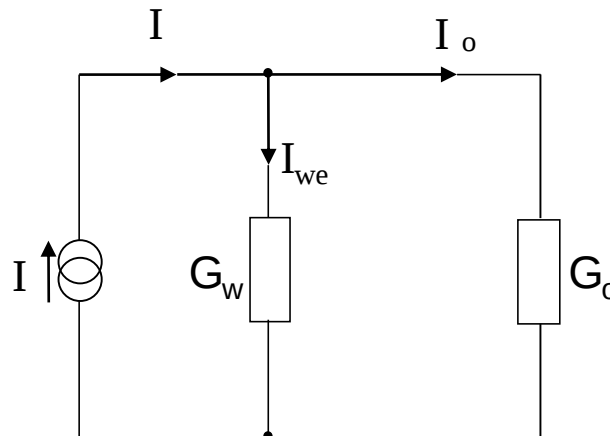


Źródła prądowe

Źródła prądowe idealne są dwójnikami aktywnymi wymuszającymi **stałe natężenie prądu**, niezależnie od napięcia na zaciskach źródła.

Źródło prądowe rzeczywiste charakteryzuje się występowaniem zmniejszania prądu przy wzroście napięcia na zaciskach źródła.

Schemat zastępczy źródła prądowego rzeczywistego składa się z równoległego połączenia źródła prądowego idealnego i konduktancji wewnętrznej.

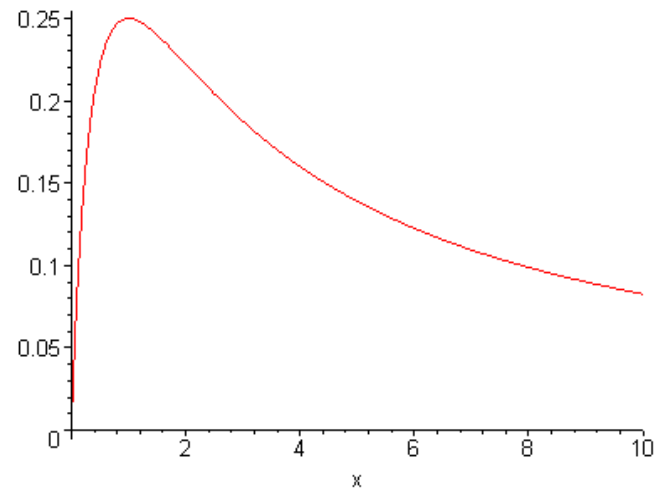
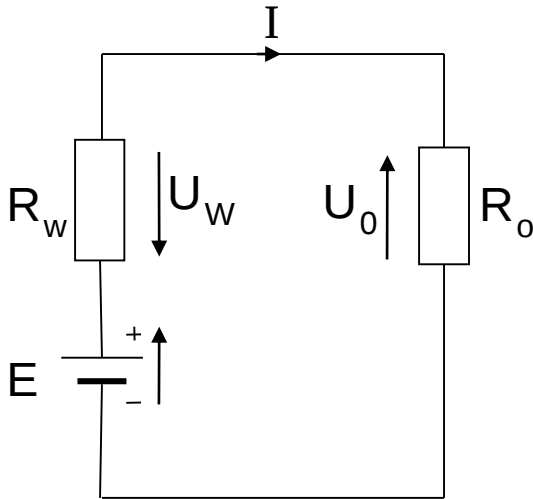


Zależność mocy od obciążenia

Sprawność energetyczna obwodów elektrycznych może być zdefiniowana jako stosunek mocy w obwodzie zewnętrznym do mocy wytwarzanej w źródle.

Sprawność obwodu zależy od stosunku rezystancji zewnętrznej do rezystancji wewnętrznej źródła.

$$P_o = I^2 \cdot R_o = \left(\frac{E}{R_w + R_o} \right)^2 \cdot R_o = E^2 \cdot \frac{R_o}{(R_w + R_o)^2}$$



Moc ma wartość maksymalną gdy $R_w = R_o$ (dopasowanie obwodów).

Sprawność źródła napięcia

$$\eta = \frac{P_{wyj}}{P_{wej}} = \frac{U_0 I}{EI} = \frac{I^2 R_0}{I^2 (R_w + R_0)} = \frac{R_0}{R_0 + R_w}$$

$$\eta = \frac{R_0}{R_0 + R_w} = \frac{1}{1 + \frac{R_w}{R_0}}$$

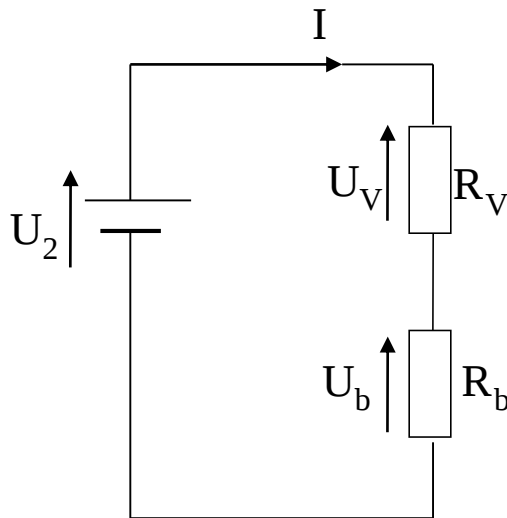
Duże wartości sprawności (małe straty) rezystancja zewnętrzna musi być znacznie większa od rezystancji wewnętrznej źródła.

Aby uzyskać **maksymalną moc** należy stosować **stan dopasowania** $R_w = R_0$ - obwody elektroniczne (o słabych źródłach - małej mocy).

Do pomiarów dużych wartości prądów i napięć stosuje się boczniki – w amperomierzach **bocznik równoległy**, zaś w woltomierzach **bocznik szeregowy**. Pozwalają one rozszerzyć zakresy pomiarowe tych mierników.

Przykład:

Woltomierz może mierzyć maksymalne napięcie $U_1=15V$ i wtedy płynie przez niego prąd $I=30\mu A$. Jaki opornik należy włączyć szeregowo z woltomierzem, aby można nim było mierzyć napięcie do $U_2=300V$?



Rezystancja całkowita obwodu po dołączeniu bocznika

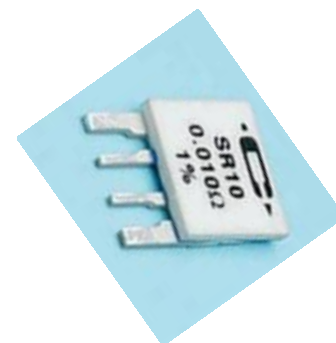
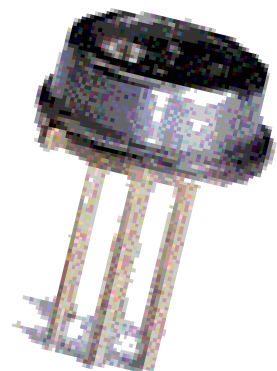
$$R = R_V + R_b = \frac{U_2}{I} = \frac{300}{30 \cdot 10^{-6}} = 10 M\Omega$$

Rezystancja wewnętrzna woltomierza

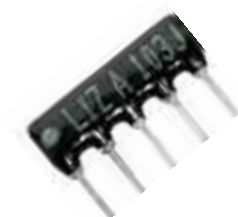
$$R_V = \frac{U_1}{I} = \frac{15}{30 \cdot 10^{-6}} = 500 k\Omega$$

Stąd rezystancja bocznika powinna wynosić

$$R_b = R - R_V = 10 - 0,5 = 9,5 M\Omega$$



ELEMENTY UKŁADÓW ELEKTRONICZNYCH



Elementy bierne

Rezystor

najprostszy element rezystancyjny, obwodu elektrycznego. Jest elementem liniowym: spadek napięcia jest wprost proporcjonalny do prądu płynącego przez opornik. Przy przepływie prądu zamienia energię elektryczną w ciepło. Występuje na nim spadek napięcia. W obwodzie służy do ograniczenia prądu płynącego w obwodzie. Jednostką rezystancji jest Ohm.

Podział rezystorów

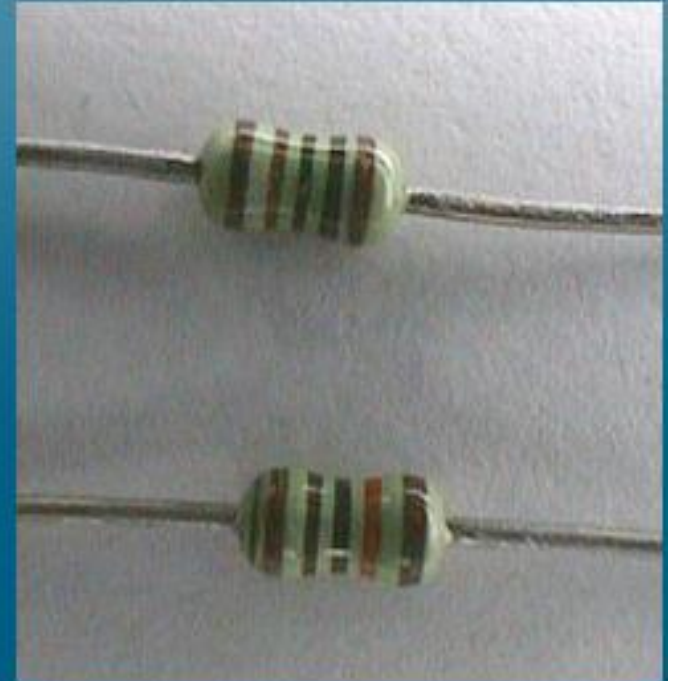
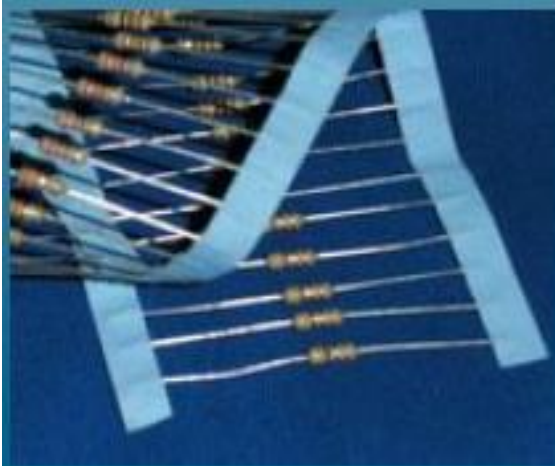
- a) drutowe (konstantan, manganian, nikielina)
- b) warstwowe (grubowarstwowe, cienkowarstwowe)
- c) objętościowe (prąd płynie całą objętością)

- a) drutowe
 - zwykłe
 - cementowane
 - emaliowane
- b) warstwowe
 - węglowe

Parametry rezystorów

- **rezystancja nominalna** - rezystancja podawana przez producenta na obudowie opornika; *rezystancja rzeczywista* różni się od rezystancji nominalnej, jednak zawsze mieści się w podanej klasie tolerancji.
- **tolerancja** - inaczej klasa dokładności; *podawana w procentach* możliwa odchyłka rzeczywistej wartości opornika od jego wartości nominalnej
- **moc znamionowa** - moc jaką opornik może przez dłuższy czas wydzielać w *postaci ciepła* bez wpływu na jego parametry; przekroczenie tej wartości może prowadzić do zmian innych parametrów rezystora lub jego uszkodzenia,
- **napięcie graniczne** - maksymalne napięcie jakie można przyłożyć do opornika bez obawy o jego zniszczenie,
- **temperaturowy współczynnik rezystancji** - współczynnik określający zmiany *rezystancji* pod wpływem zmian temperatury opornika.

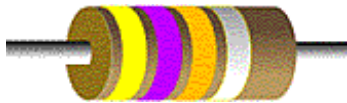
REZYSTORY



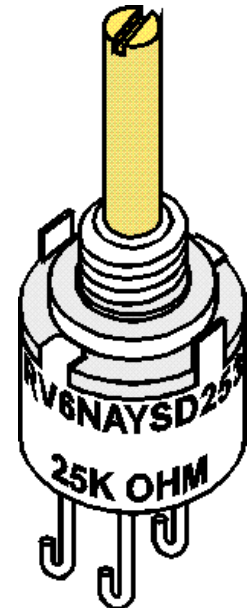
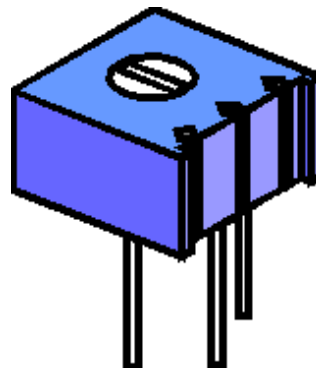
Sure Electronics

Rodzaje rezystorów

Stałe

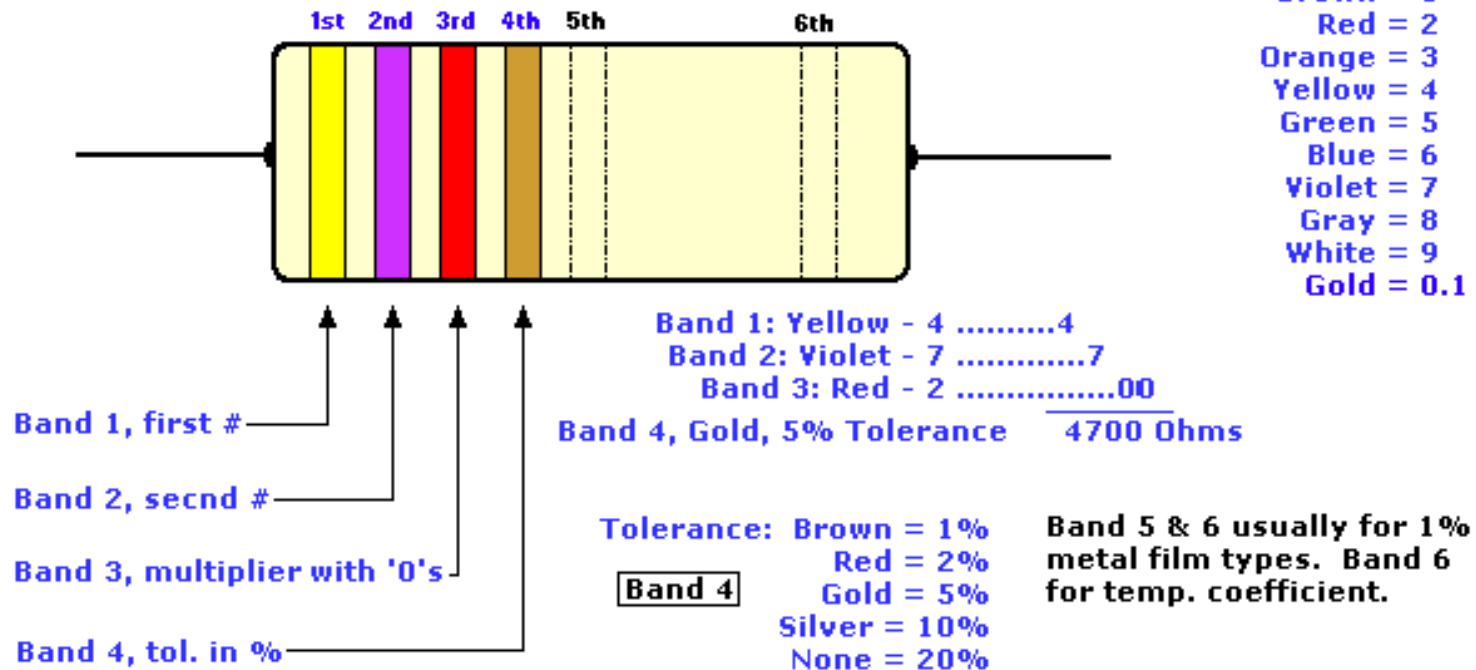


Zmienne (potencjometry)

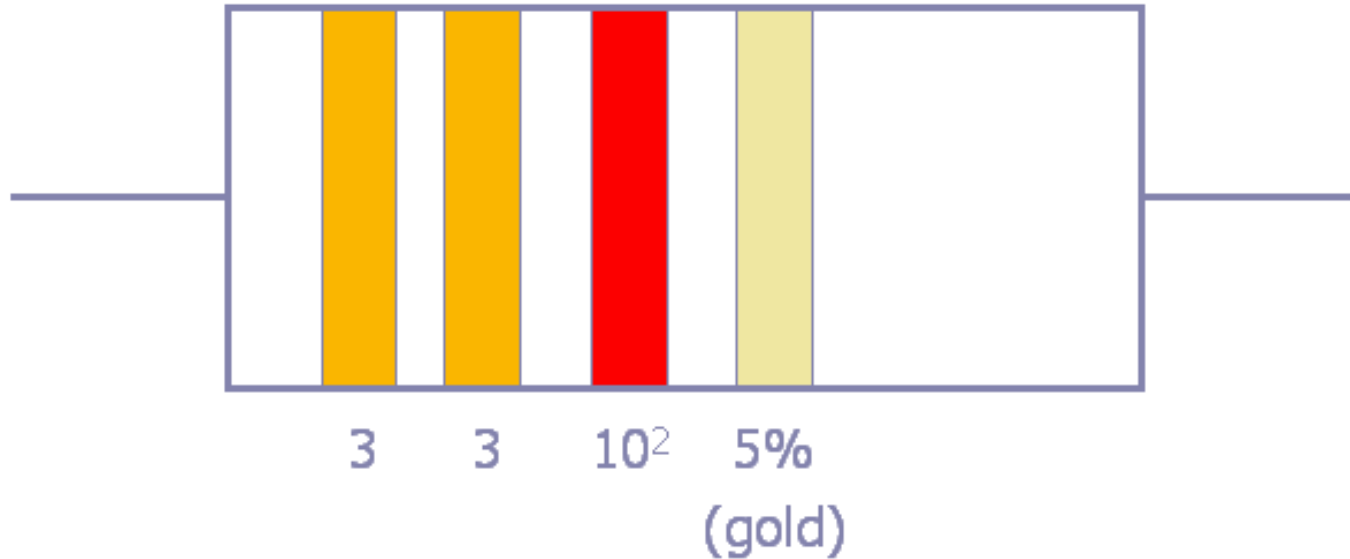


Resistors – Colour Code

Example: 4K7 or 4700 ohms (Carbon)



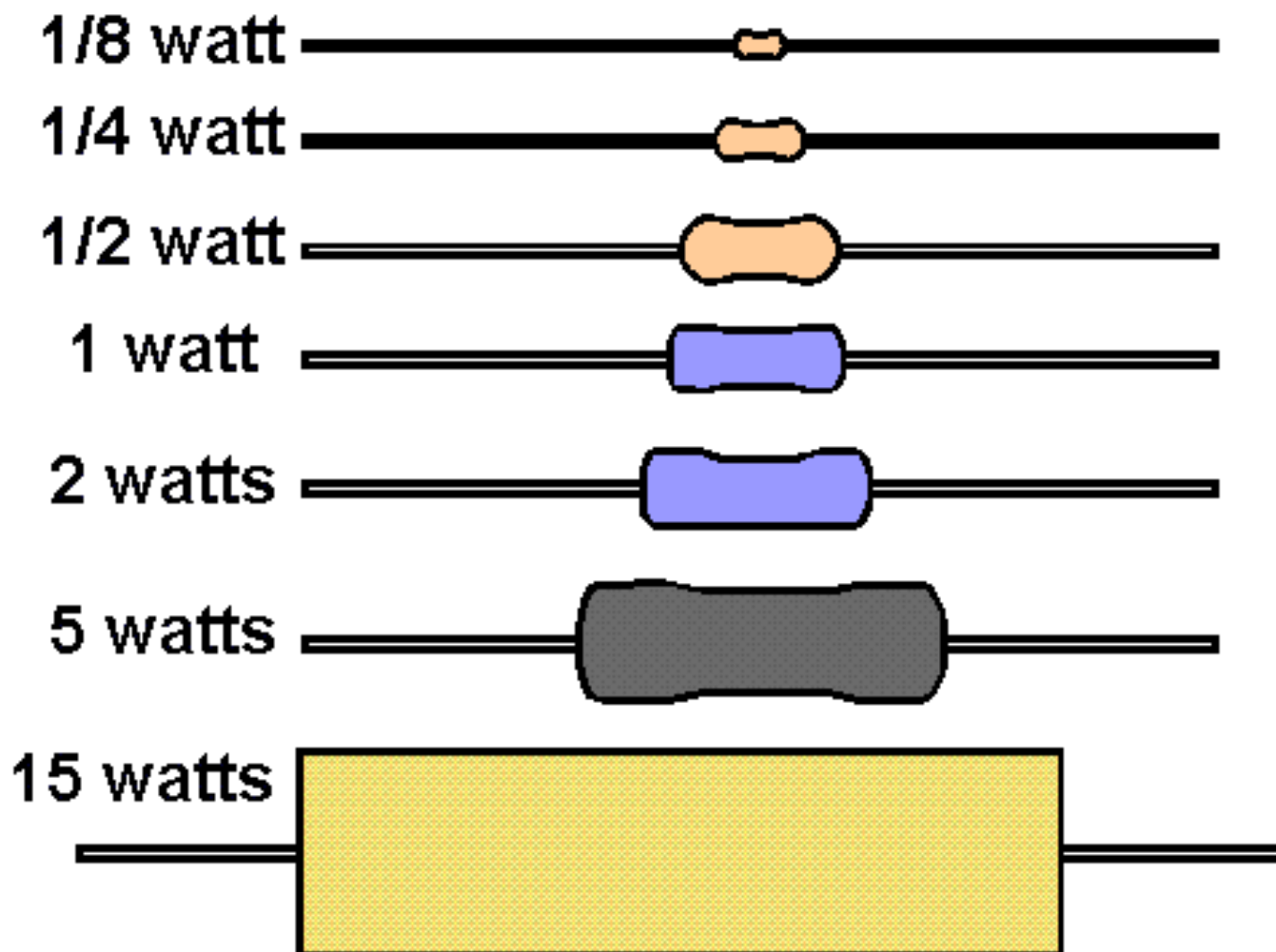
Resistors – Colour Code Example



- 1st band: orange = 3
- 2nd band: orange = 3
- 3rd band: red = 2 (i.e. 10²)
- 4th band: gold = 5%

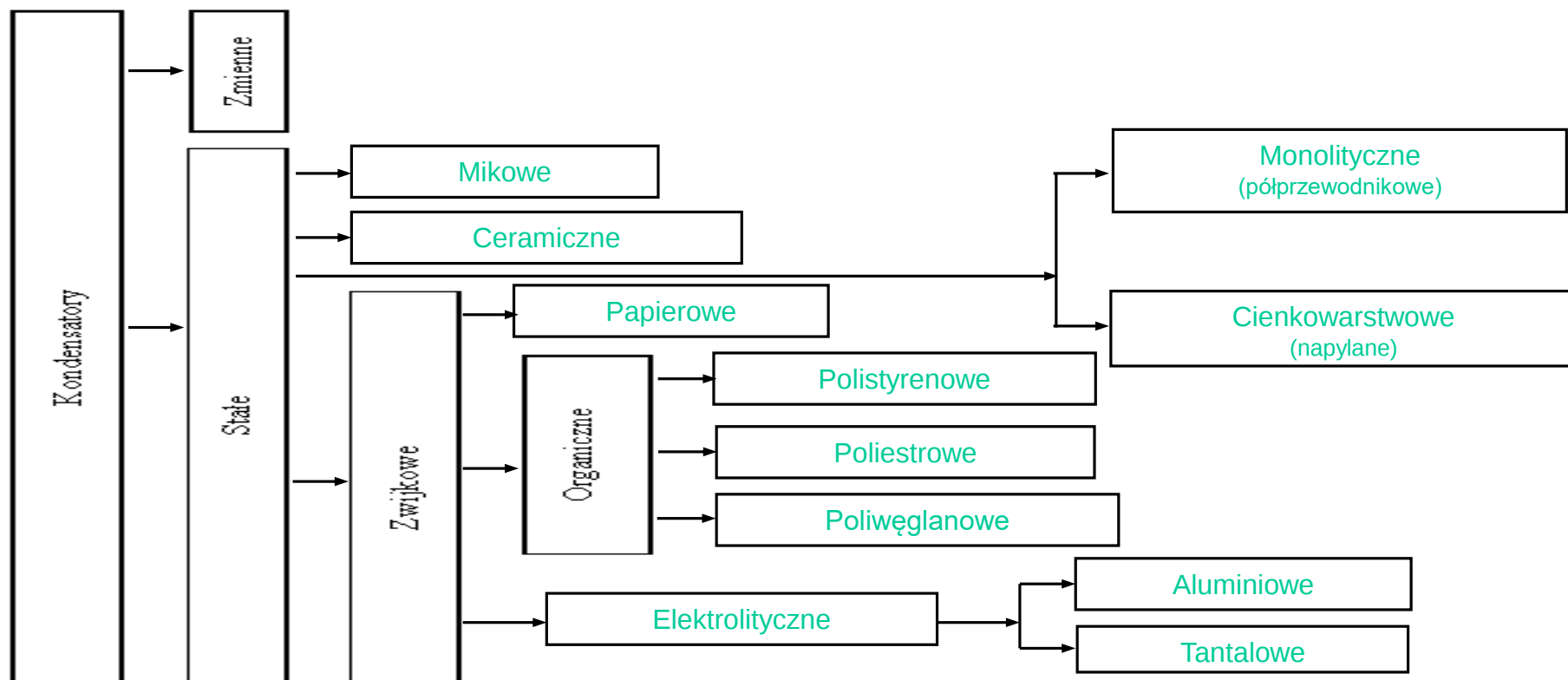
$$\begin{aligned} 33 \times 10^2 \\ &= 3300 \, \Omega \\ &= 3.3 \, \text{k}\Omega \end{aligned}$$

Typowe zakresy mocy rezystorów



KONDENSATORY

Kondensatorem nazywamy układ dwóch lub więcej przewodników (okładzin) odizolowanych od siebie dielektrykiem. Zadaniem kondensatora jest gromadzenie ładunków elektrycznych.



Parametry kondensatorów

- **pojemność znamionowa** - C_N wyrażona w faradach, określa zdolność kondensatora do gromadzenia ładunków elektrycznych, podawana na obudowie kondensatora;
- **napięcie znamionowe** – U_N , jest największym napięciem, które może być przyłożone trwale do kondensatora. Napięcie to jest na ogół sumą napięcia stałego i wartości szczytowej napięcia zmiennego;
- **tangens kąta stratności** – $\tan \gamma$, stosunek mocy czynnej wydzielającej się w kondensatorze przy napięciu sinusoidalnie zmiennym o określonej częstotliwości;
- **prąd upływowy** – I_U , prąd płynący przez kondensator, przy doprowadzonym stałym napięciu;
- **temperaturowy współczynnik pojemności** – α_C , określa względną zmianę pojemności, zależną od zmian temperatury.

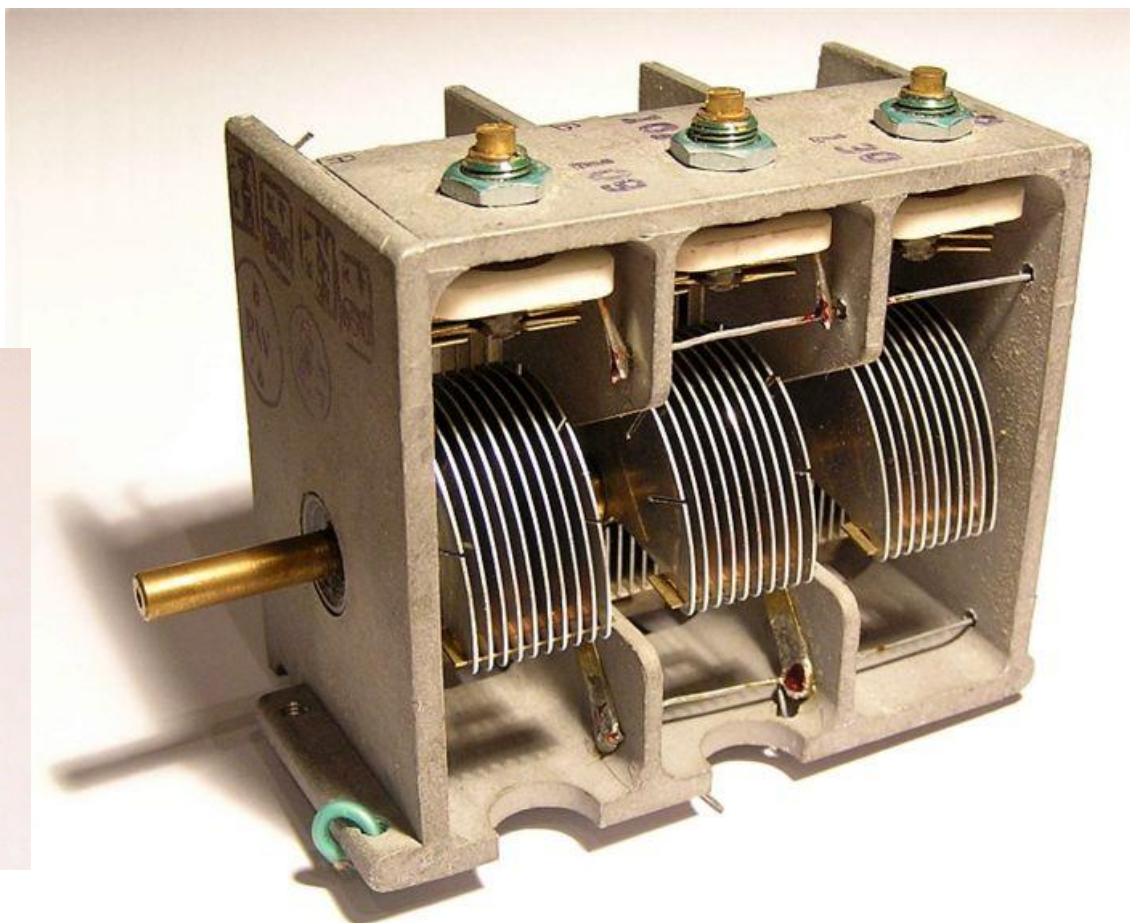
Kondensatory zmienne

- Kondensatory o zmiennej pojemności to kondensatory z dielektrykiem powietrznym lub kondensatory ceramiczne dostrojcze zwane trymerami,
- Kondensator powietrzny zbudowany jest z dwóch zespołów równoległych płytek (rotor i stator), które zmieniając swe położenie powodują zmianę wartości pojemności kondensatora.

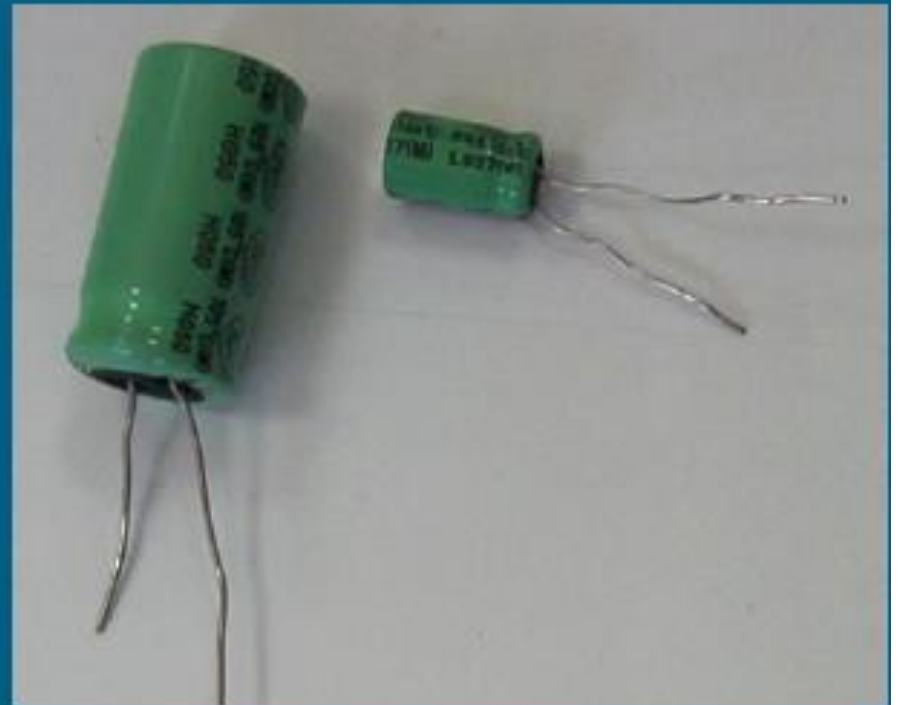
Kondensatory zmienne

Kondensator strojeniowy
- agregat

Trymer
ceramiczny



KONDENSATORY



Cewka

Cewka jest elementem wnoszącym do obwodu określoną indukcyjność. Cewka składa się z uzwojenia, korpusu wykonanego z izolatora oraz z rdzenia. Jednostką indukcyjności jest henr.

PODZIAŁ CEWEK

- ze względu na kształt cewki

CYLINDRYCZNE

SPIRALNE

TOROIDALNE (PIERŚCIENIOWE)

- ze względu na sposób nawinięcia

JEDNOWARSTWOWE

WIELOWARSTWOWE

-ze względu na rdzeń

POWIETRZNE

RDZENIOWE (metalowy, ferrytowy)

- ze względu na zmianę

STAŁE (jedno obrotowe, wieloobrotowe)

ZMIENNE (wariometr zmiana poprzez położenie cewek, zmiana położenia rdzenia).

INDUKCYJNOŚĆ

Podstawowym parametrem elektrycznym opisującym cewkę jest indukcyjność. Jednostką indukcyjności jest 1 henr [H]. Prąd płynący w obwodzie wytwarza skojarzony z nim strumień magnetyczny. Indukcyjność definiujemy jako stosunek tego strumienia i prądu, który go wytworzył.

$$L = \Psi / I$$

Cewki i dławiki

Elementy indukcyjne tj. cewki i dławiki stosuje się w obwodach, których własności zależą od częstotliwości. Zwykle wykonane są one w postaci pewnej ilości zwojów drutu miedzianego, nawiniętego na rdzeniu magnetycznym, lub bez rdzenia. Produkuje się wiele różnych rodzajów elementów, o indukcyjności od kilku nanohenrów (nH) do dziesiątków henrów (H).

Cewki i dławiki

