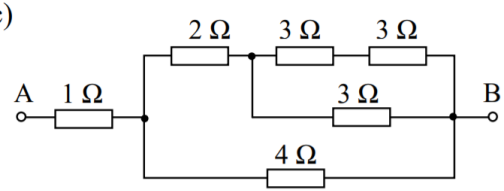
SZKOŁY PARTNERSKIE
VIESMANN

ELEKTROTECHNIKA

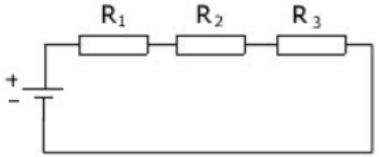
Podstawy ELEKTROTECHNIKI
dla kierunku OZE i CHiK cz. III

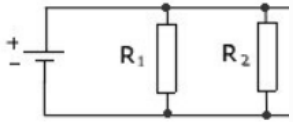
Łączenie oporników - obliczenia

c)



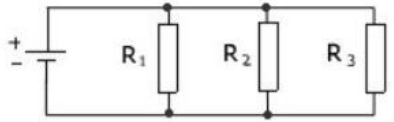
$R_z = R_1 + R_2 + R_3$



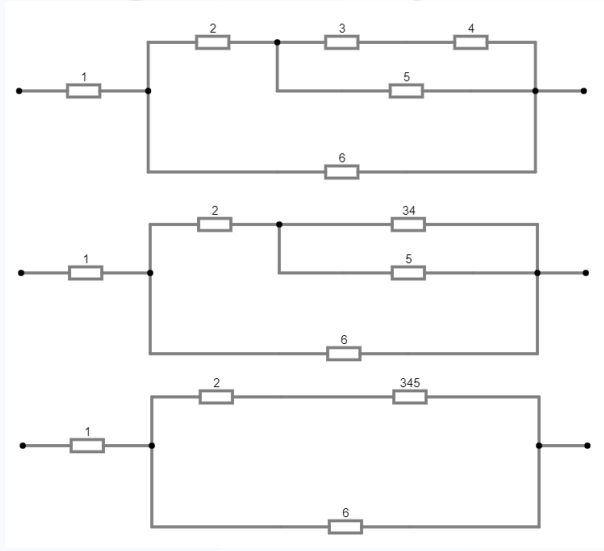


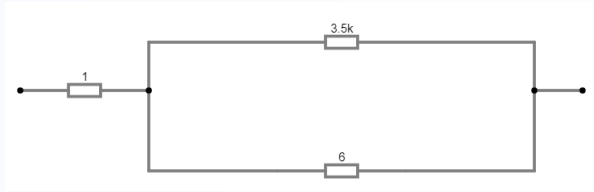
$$R_z = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

$$\frac{1}{R_z} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$



Łączenie oporników - obliczenia





PRZYPOMNENIE

- II Prawo Kirchhoffa obliczenia
- Źródła energii – Rezystancja Rw
- mostek Wheatstone’a
- Prąd przemienny – „prąd zmienny”

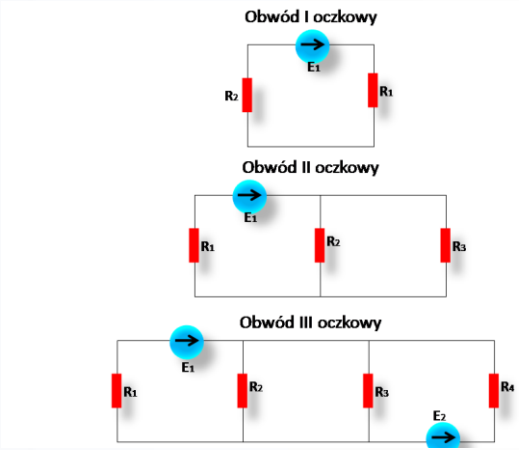
II Prawo Kirchhoffa - obliczenia

II prawo Kirchhoffa umożliwia obliczanie napięcia płynącego przez układy połączone szeregowo, które są zasilane prądem stałym.

Tak więc II prawo Kirchhoffa mówi, że: **W dowolnym oczku obwodu elektrycznego prądu stałego suma spadków napięcia U na poszczególnych elementach rezystancyjnych jest równa sumie sił elektromotorycznych E działających w tym oczku.**

Powyższe prawo można zapisać w następujący sposób:

$$E = \sum_{i=1}^{n} U_i = U_1 + U_2 + \cdots + U_n$$



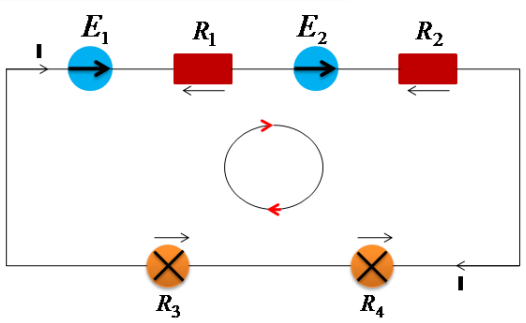
II Prawo Kirchhoffa - obliczenia

II prawo Kirchhoffa umożliwia obliczanie napięcia płynącego przez układy połączone szeregowo, które są zasilane prądem stałym.

Tak więc II prawo Kirchhoffa mówi, że: **W dowolnym oczku obwodu elektrycznego prądu stałego suma spadków napięcia U na poszczególnych elementach rezystancyjnych jest równa sumie sił elektromotorycznych E działających w tym oczku.**

Powyższe prawo można zapisać w następujący sposób:

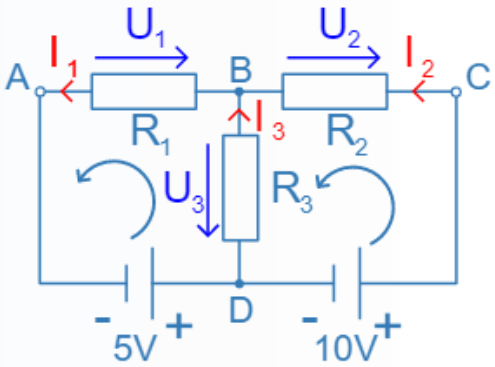
$$E = \sum_{i=1}^{n} U_i = U_1 + U_2 + \cdots + U_n$$



$$E_1 - U_1 + E_2 - U_2 - U_3 - U_4 = 0$$

II Prawo Kirchhoffa - obliczenia

Na poniższej ilustracji pokazany został układ zawierający dwa źródła zasilania i trzy oczka przepływu prądu: **ABCD; ABD; CBD**



Suma spadków napięcia w oczku **ABCD** będzie więc równa: $5V + 10V = U_1 + U_2$ [2]

Suma spadków napięcia w oczku **ABD** będzie więc równa: $5V = U_1 + U_3$ [3]

Suma spadków napięcia w oczku **CBD** będzie więc równa: $10V = U_2 - U_3$ [4]

Choć równania [2], [3] i [4] są prawdziwe to do obliczenia takiego układu konieczne jest uzależnienie napięcia U_1, U_2 i U_3 odpowiednio od natężenia I_1, I_2, I_3 oraz rezystancji R_1, R_2 oraz R_3. Tak więc potrzebne są dwa równania napięciowe wynikające z II prawa Kirchhoffa i jedno natężeniowe wynikające z I prawa Kirchhoffa:

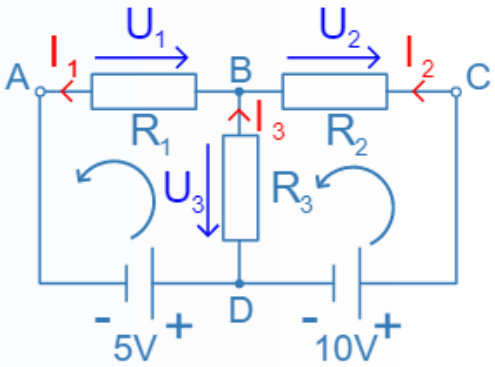
$$5V + 10V = R_1 \cdot I_1 + R_2 \cdot I_2$$

$$5V = R_1 \cdot I_1 + R_3 \cdot I_3$$

$$I_2 + I_3 = I_1$$

II Prawo Kirchhoffa - obliczenia

Na poniższej ilustracji pokazany został układ zawierający dwa źródła zasilania i trzy oczka przepływu prądu: **ABCD; ABD; CBD**



Zakładając, że elementy układu mają odpowiednio rezystancję $R_1 = R_2 = 4{,}5[\Omega]$; $R_3 = 9\ [\Omega]$, wtedy to natężenia prądu będą równe:

$$I_1 = 1\frac{5}{9}[A] \approx 1,(5)[A] \quad \rightarrow U_1 = 7[V]$$

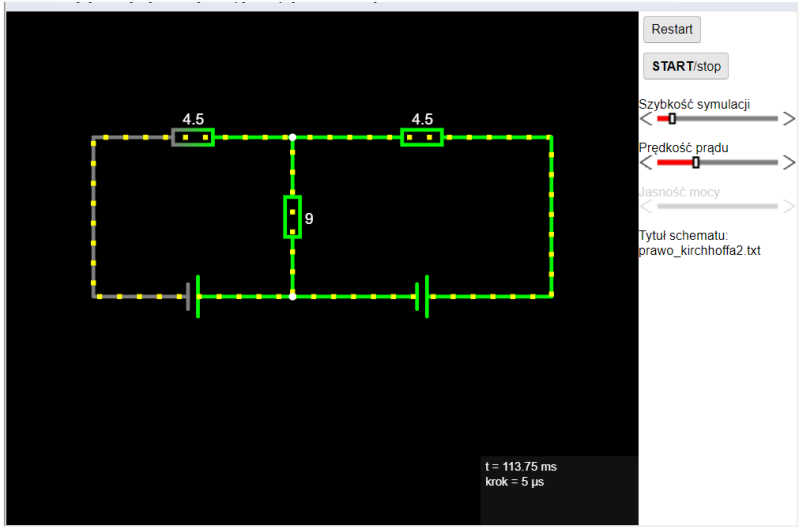
$$I_2 = 1\frac{7}{9}[A] \approx 1,(7)[A] \quad \rightarrow U_2 = 8[V]$$

$$I_3 = -\frac{2}{9}[A] \approx 0,(2)[A] \quad \rightarrow U_3 = -2[V]$$

II Prawo Kirchhoffa - sprawdzenie

Aby sprawdzić musimy zasymulować układ w odpowiednim programie – np. circuit symulator

http://falstad.com/circuit/



Schemat ma następującą postać tekstową:

$ 1 0.000005 0.028650479686019012 32 5 50 5e-11

v 160 336 320 336 0 0 40 5 0 0 0.5

v 320 336 528 336 0 0 40 10 0 0 0.5

r 160 208 320 208 0 4.5

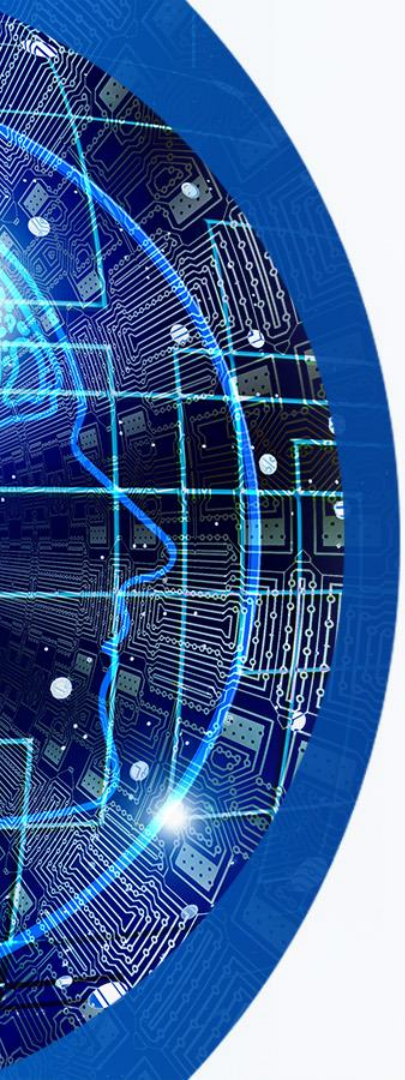
r 528 208 320 208 0 4.5

r 320 336 320 208 0 9

w 160 208 160 336 0

w 528 208 528 336 0

Po poprawnym zasymulowaniu otrzymamy takie sama wyniki jak podczas obliczeń!



II Prawo Kirchhoffa – dod. zadanie

https://teoriaelektryki.pl/prawa-kirchhoffa-w-praktyce/

https://teoriaelektryki.pl/geniusz-praw-kirchhoffa/

Źródła energii – Rezystancja Rw

Siła elektromotoryczna *(SEM) – czynnik powodujący przepływ prądu w obwodzie elektrycznym równy energii elektrycznej uzyskanej przez jednostkowy ładunek przemieszczany w urządzeniu (źródle) prądu elektrycznego w stronę przeciwną do* ***siły*** *pola elektrycznego działającego na ten ładunek.*

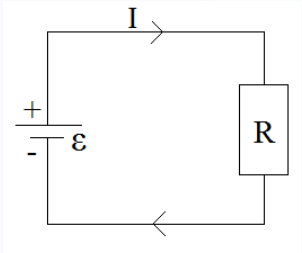
Siła elektromotoryczna bardzo często mylona jest z napięciem, zapewne dlatego, że obie te wielkości wyraża się w **woltach**.

SEM jest tym, o czym marzymy, napięcie jest tym, co dostajemy

Źródła energii – Rezystancja Rw

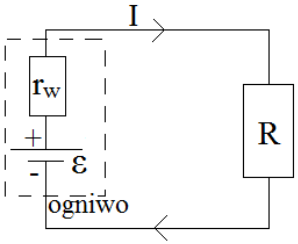
$$\varepsilon = \frac{W}{q} = \frac{P}{I}$$

Ogniwo idealne



ε - siła elektromotoryczna
r_w – opór wewnętrzny źródła prądu
R – opór zewnętrzny

Ogniwo rzeczywiste (źródło ma opór wewn.)



Natężenie:

$$I = \frac{\varepsilon}{R}$$

Natężenie dla całego obwodu:

$$I = \frac{\varepsilon}{r_w + R}$$

Napięcie użyteczne ogniwa - określa nam jakie podawane jest napięcie do obwodu zewnętrznego (odbiorcy) i jest zawsze mniejsze od ε o spadek napięcia na oporze wewnętrznym ogniwa.

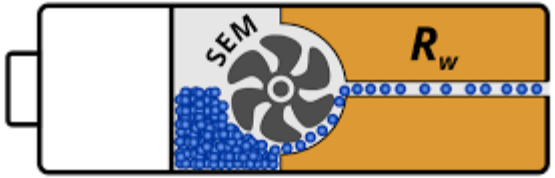
$$U = \varepsilon - I \cdot r_w = I \cdot R$$

Moc użyteczna - moc wydzielana na oporze zewnętrznym R.

$$P = I^2 \cdot R$$

$$P = \frac{\varepsilon^2 \cdot R}{(R + r_w)^2}$$

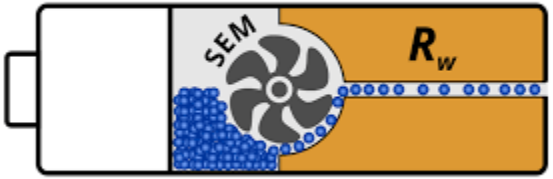
Źródła energii – Rezystancja Rw



Rezystancja wewnętrzna to czynnik, który decyduje o wydajności energetycznej akumulatora. Decyduje on o spadku napięcia na akumulatorze po przyłożeniu obciążenia.

Rezystancja wewnętrzna baterii jest zmienna. Z powodu degradacji elektrolitu i elektrod rezystancja baterii rośnie wraz z wyczerpywaniem się. Jedynie najnowsze konstrukcje litowowo-jonowe są w stanie zminimalizować ten problem.

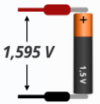
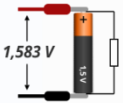
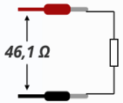
Obliczanie rezystancja Rw



$$I = \frac{U}{R} \qquad U = I \cdot R \qquad R = \frac{U}{I}$$

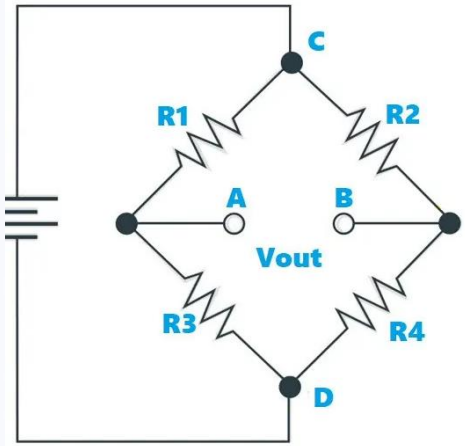
Mierzymy SEM baterii, mierzymy napięcie z dołączonym równolegle rezystorem (np. 47 Ω)

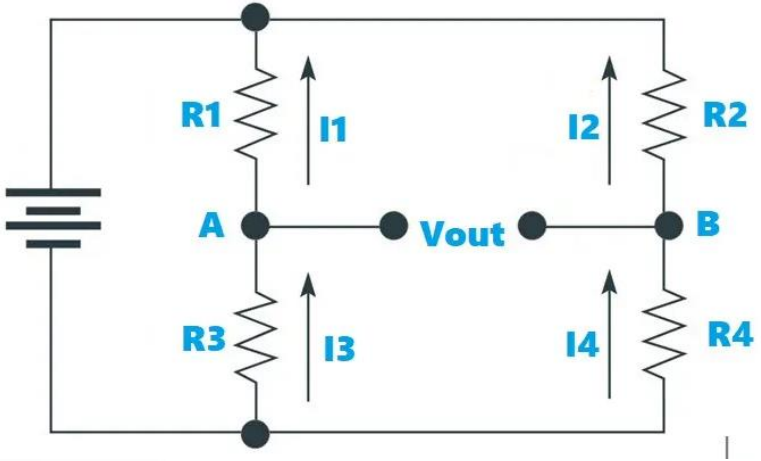
- **Krok 1** – Obliczamy różnicę miedzy SEM, a napięciem pracy. Jest to wartość, którą pochłonęła rezystancja wewnętrzna, inaczej ,,spadek napięcia na rezystancji wewnętrznej". W tym przypadku jest to 1,595 V – 1,583 V = 0,013 V
- **Krok 2** – Obliczamy prąd płynący w obwodzie w trakcie pracy – W tym celu **dzielimy napięcie pracy przez oporność rezystora**. Wychodzi nam 1,583 V / 46,1 Ω = 0,034 A
- **Krok 3** – Obliczamy rezystancję wewnętrzną baterii **dzieląc spadek napięcia jaki wywołała, przez prąd jaki przez nią płynął**. Będzie to 0,013 V / 0,034 A = 0,382 Ω

Pomiary		***Obliczenia***	
1. Zmierz SEM baterii		*1. Oblicz spadek napięcia*	$\Delta U = SEM - U_{pracy}$ $\Delta U = 1{,}595\ V - 1{,}583\ V$ $\Delta U = 0{,}013\ V$
2. Zmierz napięcie pracy baterii		*2. Oblicz prąd obwodu*	$I = U_{pracy} / R$ $I = 1{,}583\ V / 46{,}1\ \Omega$ $I = 0{,}034\ A$
3. Zmierz oporność rezystora		*3. Oblicz rezystancję wewnętrzną*	$R_w = \Delta U / I$ $R_w = 0{,}013\ V / 0{,}034\ A$ $R_w = 0{,}348\ \Omega$

Mostek Wheatstone’a

Mostek Wheatstone **jest** jednym z najpopularniejszych i najprostszych obwodów mostkowych, które można wykorzystać do bardzo precyzyjnego pomiaru rezystancji. Ale często most Wheatstone **jest** używany z przetwornikami do pomiaru wielkości fizycznych, takich jak temperatura, ciśnienie, naprężenie itp.





Mostek Wheatstone’a

Teraz, dla stanu zrównoważonego, napięcie na rezystorach R_1 i R_2 jest równe. Jeśli V 1 jest napięciem na R_1 i V_2 jest napięciem na R_2 , to:

$V_1 = V_2$

Podobnie napięcie na opornikach R_3 (nazwijmy to V_3) i R_4 (nazwijmy to V_4) są również równe. Więc,

$V_3 = V_4$

Stosunki napięcia można zapisać jako:

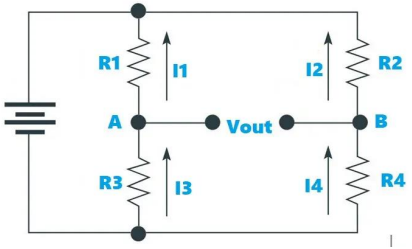
$V_1 / V_3 = V_2 / V_4$

Z prawa Ohma otrzymujemy:

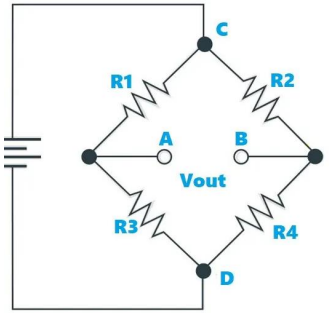
$I_1 R_1/I_3 R_3 = I_2R_2 / I_4 R_4$

Ponieważ $I_1 = I_3$ i $I_2 = I_4$, otrzymujemy:

$R_1/R_3 = R_2/R_4$



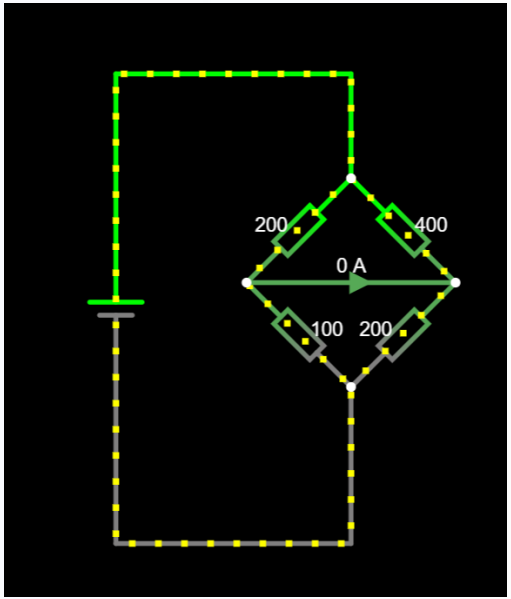
Z powyższego równania, jeśli znamy wartości trzech rezystorów, możemy łatwo obliczyć rezystancję czwartego rezystora.



Mostek Wheatstone’a

Układ mostka Wheatstone'a pozwala w łatwy sposób określić opór elektryczny.

Aby sprawdzić musimy zasymulować układ w odpowiednim programie – np. circuit symulator
http://falstad.com/circuit/

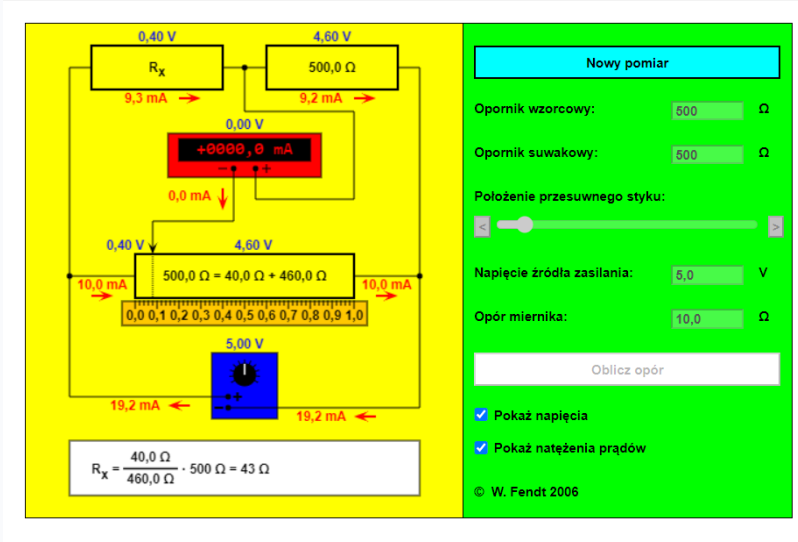


Schemat ma następującą postać tekstową:

$ 1 0.000005 1.0312258501325766
50 5 50 5e-11
v 432 496 432 208 0 0 40 5 0 0 0.5
w 576 208 576 272 0
w 576 400 576 496 0
w 576 496 432 496 0
r 512 336 576 272 0 200
r 576 272 640 336 0 400
r 512 336 576 400 0 100
r 576 400 640 336 0 200
w 432 208 576 208 0
370 512 336 640 336 1 0 0

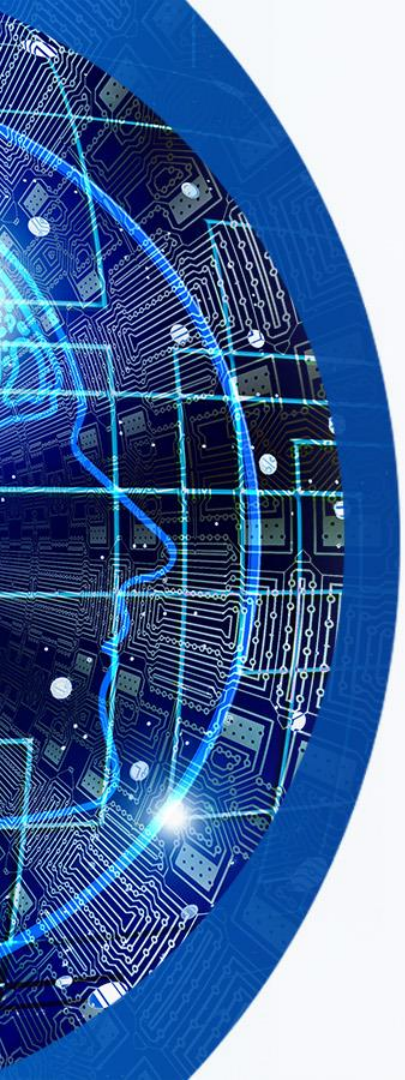
Mostek Wheatstone’a

Układ mostka Wheatstone'a pozwala w łatwy sposób określić opór elektryczny. Nie jest konieczny pomiar napięcia i natężenia prądu. Ta aplikacja HTML5 symuluje taki mostek.



Link do ćwiczenia

https://www.edukator.pl/tik_edukator_2/Wheatstonesche%20Br%C3%BCckenschaltung.html



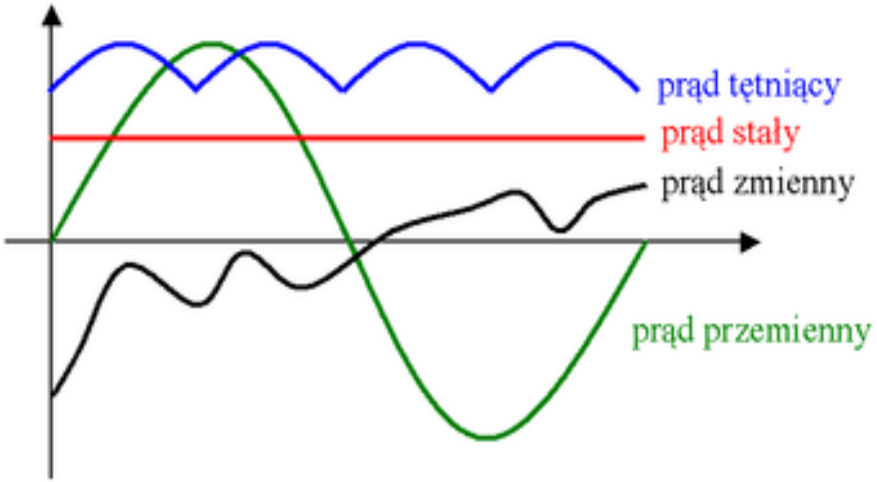
Napięcie do diody?

Warto zapamiętać: im większy prąd płynie przez diodę (w bezpiecznym zakresie), tym jaśniej będzie ona świecić. W wielu zastosowaniach różnice w jasności nie będą jednak robiły wielkiej różnicy.

kolor:	IR					
U_{diody} [V]	1,1 – 1,7	1,6 – 2,2	2,0 – 2,3	2,0 – 3,7	2,9 – 4,0	3,0 – 3,6

Rodzaje prądu elektrycznego

- prąd stały,
- prąd zmienny,
- prąd przemienny,
- prąd okresowo zmienny,
- prąd okresowo przemienny,
- prąd sinusoidalnie zmienny (przemienny).



Prąd stały

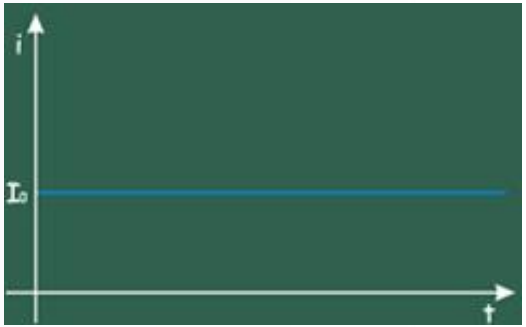
Prąd stały jest to prąd, którego wartość natężenia jest stała w funkcji czasu.

W obwodzie elektrony poruszają się w sposób ciągły, w jednym kierunku.

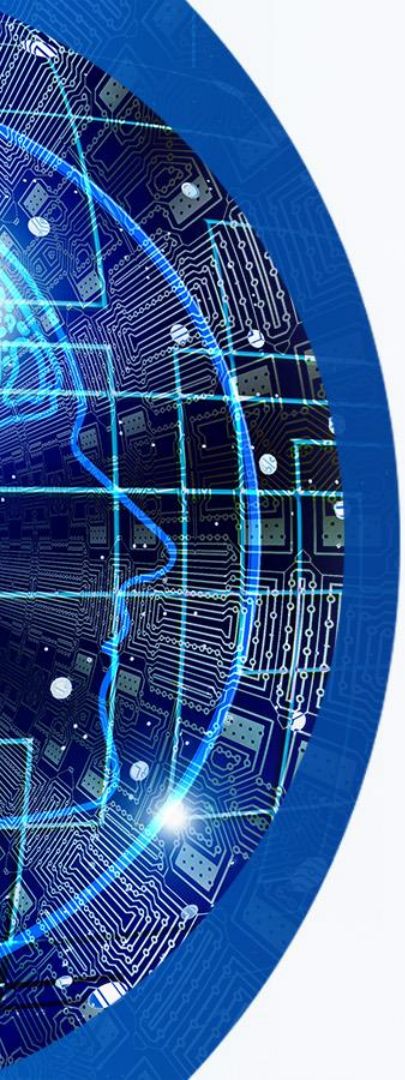
Zaletą prądu stałego jest to, że w przypadku zasilania takim prądem wartość chwilowa dostarczanej mocy jest stała, co ma duże znaczenie dla wszelkich układów wzmacniania i przetwarzania sygnałów. Większość półprzewodnikowych układów elektronicznych zasilana jest prądem stałym (a przynajmniej napięciem stałym).

Do oznaczania prądu stałego stosujemy dużą literę alfabetu I.

Główną zaletą takiego rozwiązania jest to, że urządzenia zawierające układy elektroniczne mogą być zasilane bezpośrednio z przenośnych źródeł energii (baterii lub akumulatorów).



i – natężenie prądu
t – czas



Prąd zmienny

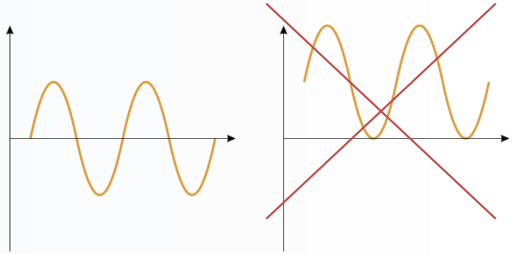
Prąd zmienny jest to prąd, którego wartość natężenia jest zmienna w funkcji czasu.

Elektrony poruszają się na przemian w jednym i drugim kierunku w przewodzie i we wszystkich elementach składowych obwodu.

i – natężenie prądu
t – czas

Prąd przemienny

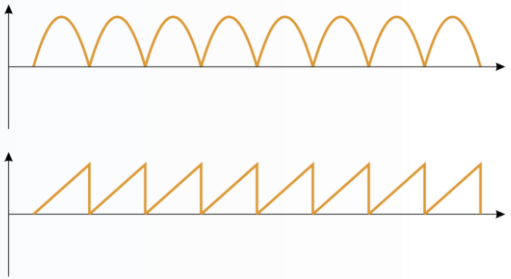
Prąd przemienny jest to prąd zmienny, którego kierunek przepływu zmienia się w czasie.

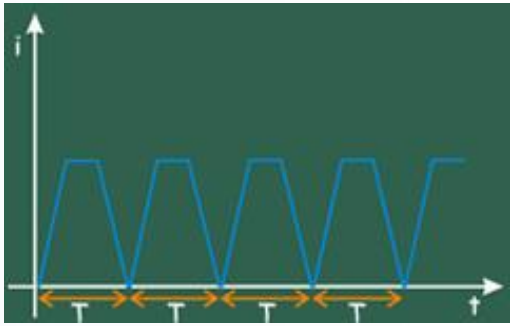


i – natężenie prądu
t – czas

Prąd okresowo zmienny

Prąd okresowo zmienny jest to prąd zmienny, którego zmiany powtarzają się w czasie.

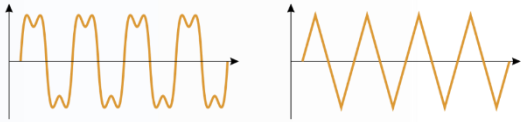


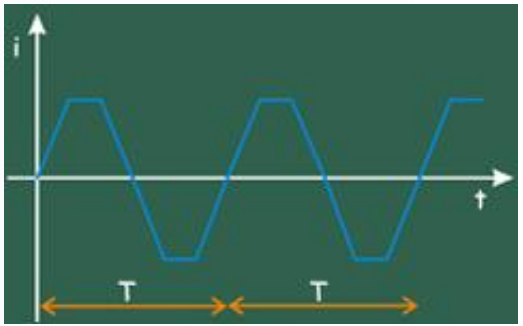


i – natężenie prądu
t – czas
T – okres zmian

Prąd okresowo przemienny

Prąd okresowo przemienny jest to prąd przemienny, w którym wartości chwilowe podlegają zmianom w powtarzalny, okresowy sposób, z określoną częstotliwością. Wartości chwilowe natężenia prądu przemiennego przyjmują naprzemiennie wartości dodatnie i ujemne. Stosunkowo największe znaczenie praktyczne mają prąd i napięcie o przebiegu sinusoidalnym.

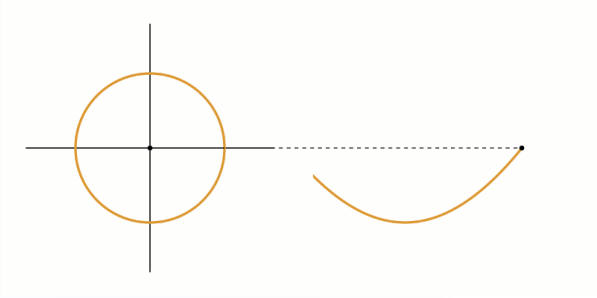


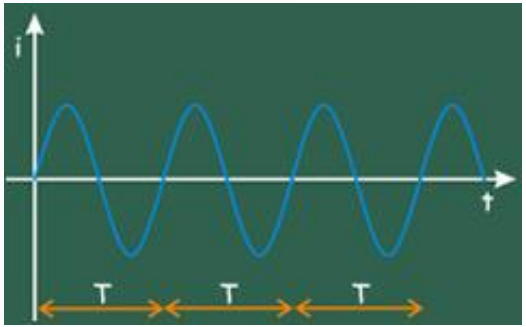


i – natężenie prądu
t – czas
T – okres zmian

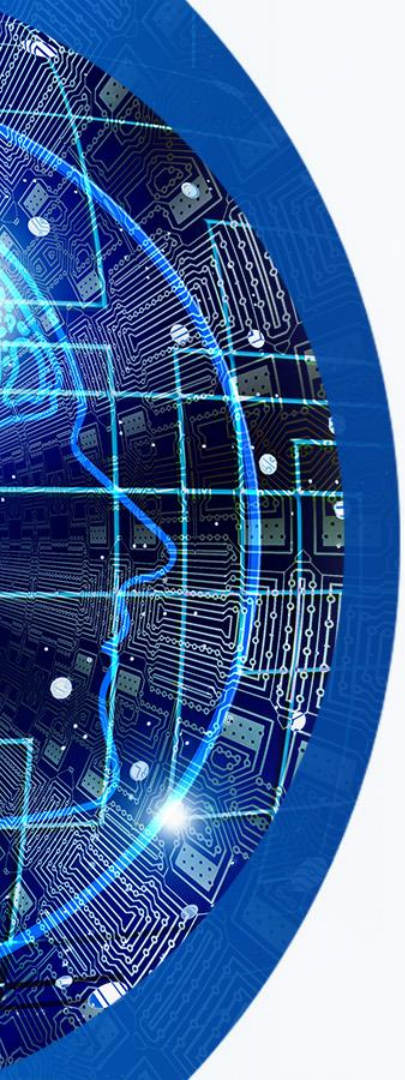
Prąd sinusoidalny

Prąd sinusoidalny jest to prąd przemienny, którego wartość i kierunek natężenia, zmieniają się jak funkcja sinus (cosinus)



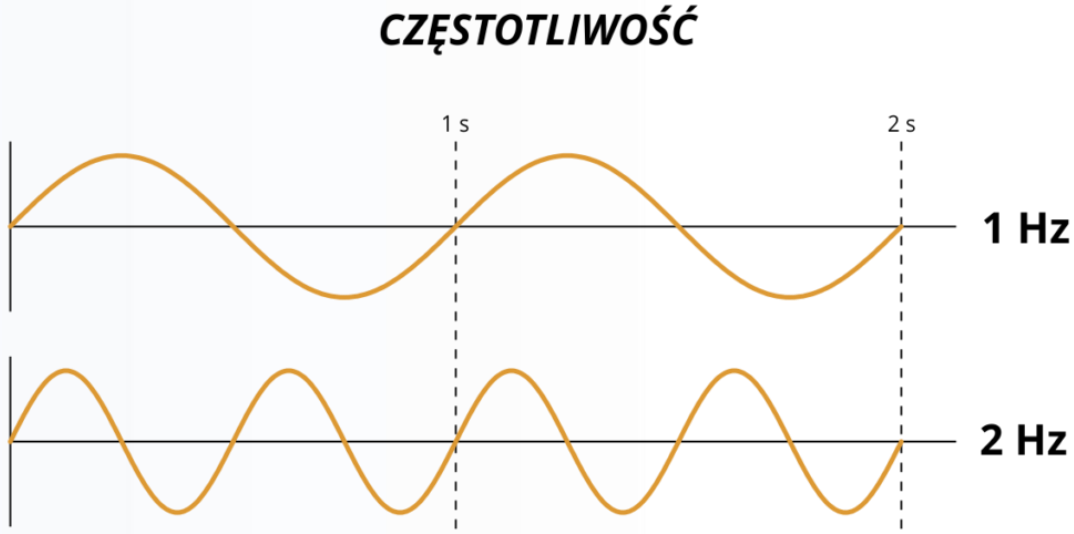


i – natężenie prądu
t – czas
T – okres zmian



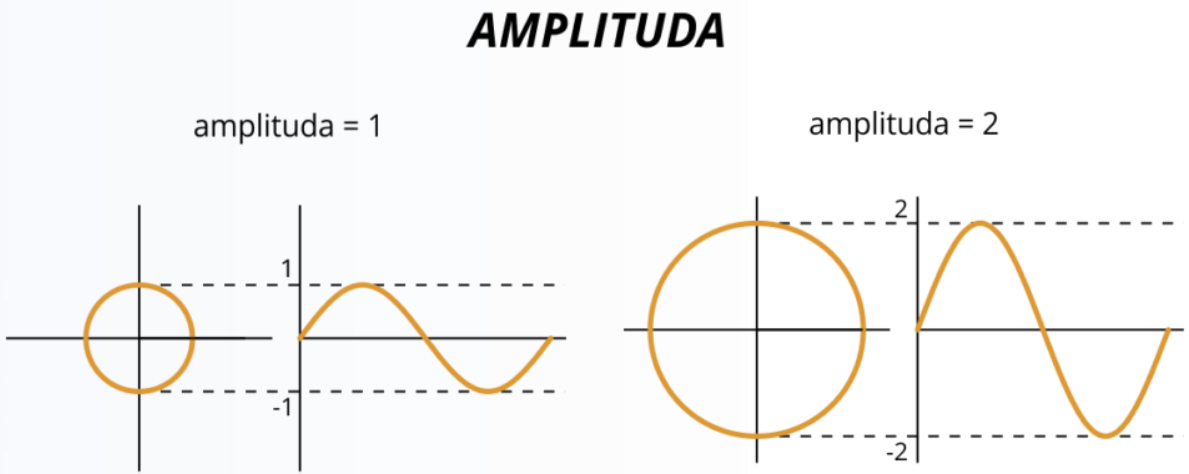
Częstotliwość

Częstotliwość to liczba okresów na sekundę. Jednostką częstotliwości jest herc [Hz] i jeśli sinusoida faluje z częstotliwością 1 herca, to znaczy że jeden jej okres zajmuje dokładnie sekundę. Dwa razy większa prędkość falowania sprawia, że w jednej sekundzie mieszczą się dwa okresy, a to daje częstotliwość 2 herców itd..



Amplituda

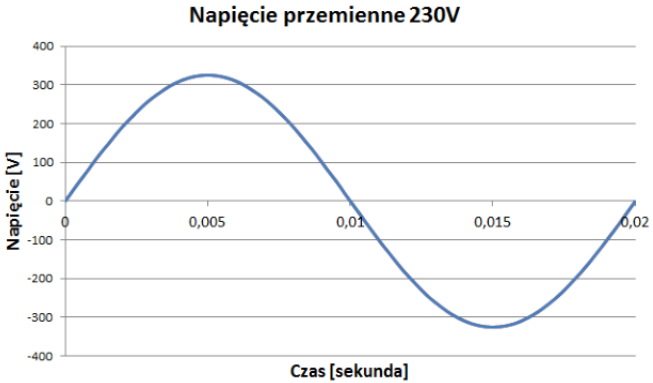
Częstotliwość to liczba okresów na sekundę. Jednostką częstotliwości jest herc [Hz] i jeśli sinusoida faluje z częstotliwością 1 herca, to znaczy że jeden jej okres zajmuje dokładnie sekundę. Dwa razy większa prędkość falowania sprawia, że w jednej sekundzie mieszczą się dwa okresy, a to daje częstotliwość 2 herców itd..



Czym charakteryzuje się dostarczany do domu prąd?

Prąd dostarczany przez zakład energetyczny do domu / mieszkania ma kilka podstawowych własności:

Rodzaj prądu: przemienny (AC)
Napięcie: 230V [Volt] **Częstotliwość:** 50Hz [Herz]



Czyli

Wartość napięcia jest zmienna w czasie

(napięcie przemienne) i ma kształt sinusoidy.

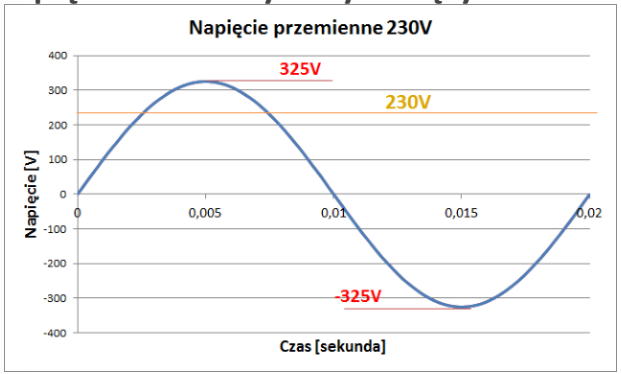
W jednej chwili jego wartość może wynosić 30V, ułamek sekundy później 210V, a po chwili -300V.

Zmiana wartości napięcia, która jest widoczna na schemacie, trwa 20 milisekund, czyli **w ciągu sekundy taki sam przebieg powtarza się 50 razy** (stąd częstotliwość 50 Hz).

Maksymalna wartość napięcia to 325V, a minimalna -325V.

Co to jest wartość skuteczna napięcia/prądu?

Wykres przedstawia **przebieg prądu przemiennego o napięciu skutecznym wynoszącym 230V**

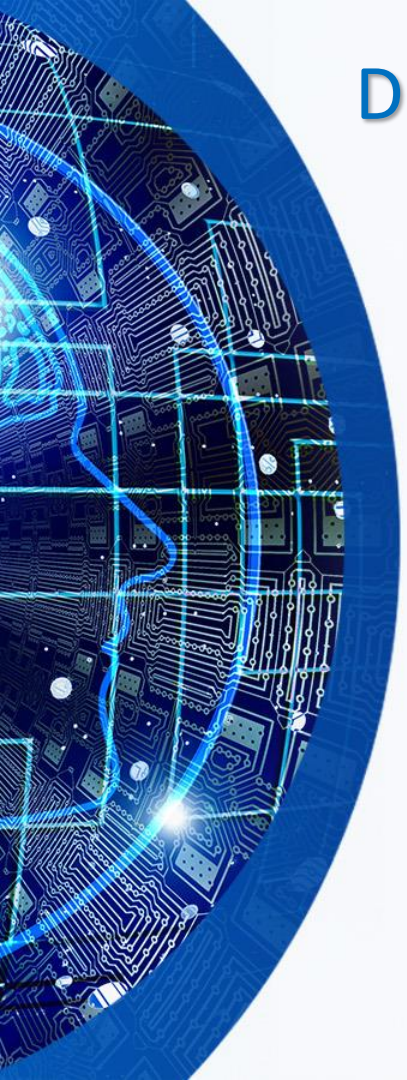


Wartość napięcia skutecznego prądu przemiennego informuje nas o tym, jakie napięcie prądu stałego należałoby podać, aby dostarczyć identyczną co w prądzie przemiennym moc do urządzenia.

Jeżeli do urządzenia (np. żarówki) podamy:
a) prąd przemienny o napięciu skutecznym 230V
b) prąd stały o napięciu 230V
dostarczona moc w obu przypadkach będzie identyczna (żarówka będzie świecić tak samo jasno).

W celu uproszczenia, wartość skuteczna dla przebiegu sinusoidalnego wynosi:

$$U_{sk} = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \quad \text{->} \quad U_{sk} = \frac{325V}{\sqrt{2}} \approx 230V$$



Dlaczego napięcie ma wartość 230V, zamiast np. 38V albo 489V?

Napięcie elektryczne na poziomie 230V to swego rodzaju kompromis pomiędzy bezpieczeństwem, a skutecznością dostarczenia mocy do urządzeń.

Przy założeniu że np. czajnik ma moc 1000[W] i zasilamy go np. napięciem 230[V] oraz np. 12[V] lub 2[V] to z wzoru na moc obliczymy prąd

$$P = U \cdot I \;\rightarrow\; I = \frac{P}{U} \rightarrow I = \frac{1000W}{230V} = 4{,}35[A];\; I = \frac{1000W}{12V} = 83{,}33[A]; I = \frac{1000W}{2V} = 500[A]$$

Gdyby prąd o takim natężeniu przepłynął przez domowe przewody, natychmiast by one spłonęły. Dlaczego?

Zerknijmy na inny wzór na moc: **$P = I^2 * R$**.

Wynika z niego, że dostarczana moc jest w dużym stopniu zależna od natężenia prądu.

Należy tutaj przypomnieć, że przewody miedziane mają pewien opór, choć bardzo mały.

Podstawiamy do wzoru opór jaki stawia metr przewodu miedzianego o przekroju 2.5mm² czyli:

$P = (83{,}3A)^2 * 0.00672\Omega = 46{,}6W$ lub $P = (500A)^2 * 0.00672\Omega = 1680W$

Napięcie nie może być zbyt niskie, ponieważ straty energii będą zbyt duże, nie może być też zbyt wysokie, bo to byłoby zbyt niebezpieczne.

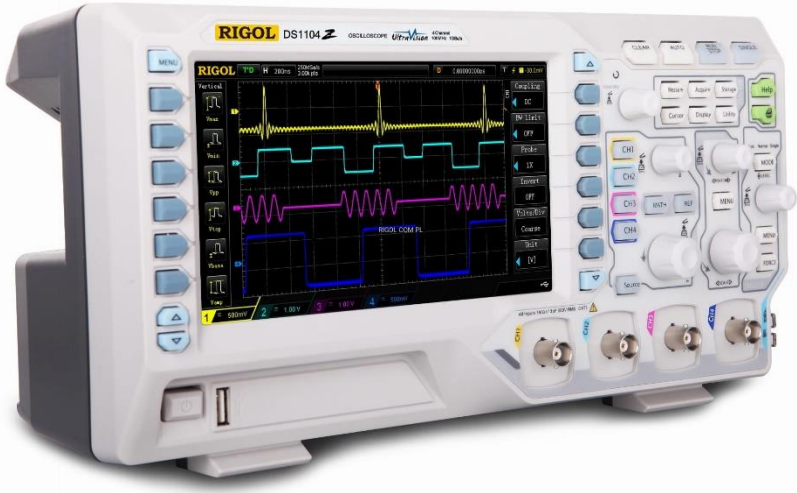
Pomiar napięcia multimetrem

Bez względu na to w jaki sposób podepniemy sondy miernika(czerwony do N i czarny do L lub odwrotnie), pokaże on taką samą wartość **napięcia skutecznego.**

Proste mierniki wyliczają napięcie skuteczne jako napięcie maksymalne sinusoidy, które jest następnie dzielone przez 1.41 (czyli √2).

Mierniki (dużo droższe) z oznaczeniem “true RMS”, które wartość skuteczną wyznaczają z rzeczywistego przebiegu przemiennego.

Oscyloskop



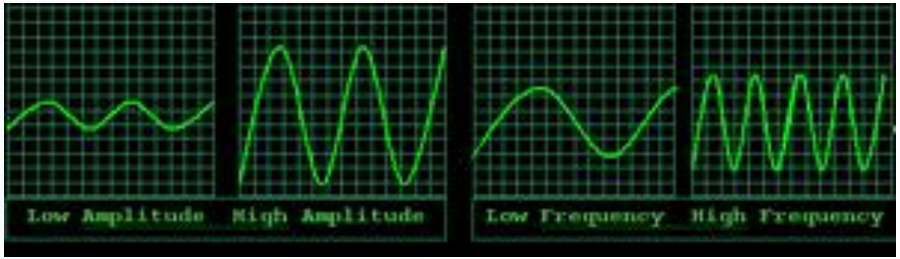
Oscyloskop to przyrząd służący do obserwowania przebiegów napięcia i prądu w czasie.

- Oscyloskop **analogowy –** lampa oscyloskopowa
- Oscyloskop **cyfrowy** (obecnie najpopularniejszy) – wyświetlacz cyfrowy i układ mikroprocesorowy

Aby obserwować sygnały na ekranie oscyloskopu wykorzystuje się **sondy oscyloskopowe.**

Oscyloskop

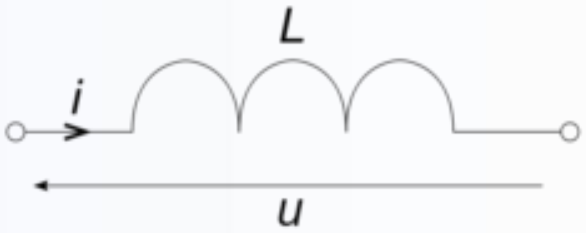
Sonda oscyloskopowa

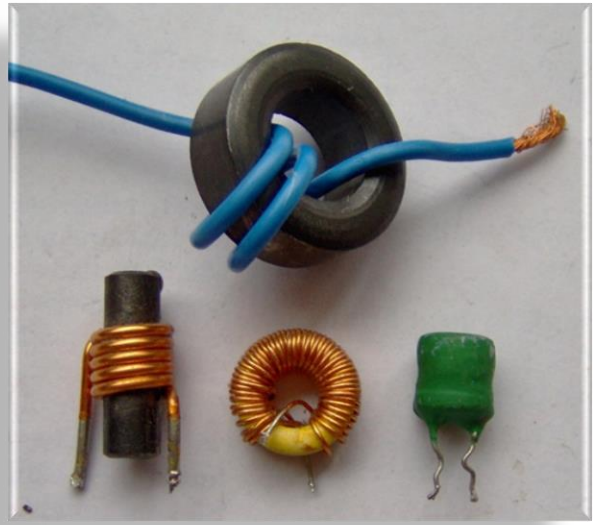


Przebiegi na ekranie oscyloskopu

Elementy obwodu

CEWKA

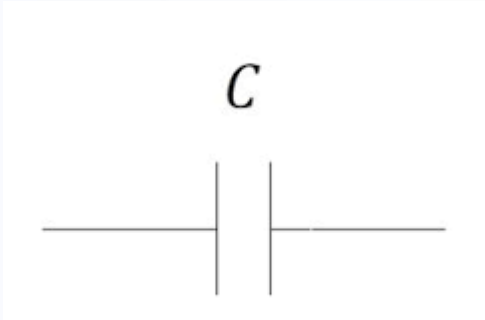


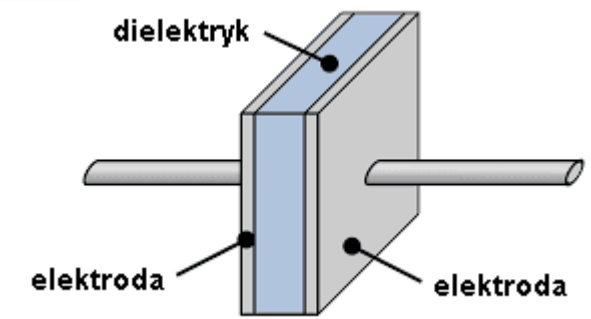


Cewkę oznaczamy jako „L”. Jest to element indukcyjny.

Elementy obwodu

KONDENSATOR

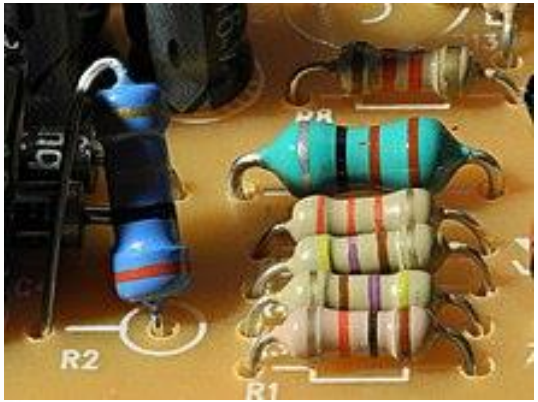




Kondensator oznaczamy jako „C”. Jest to element pojemnościowy.

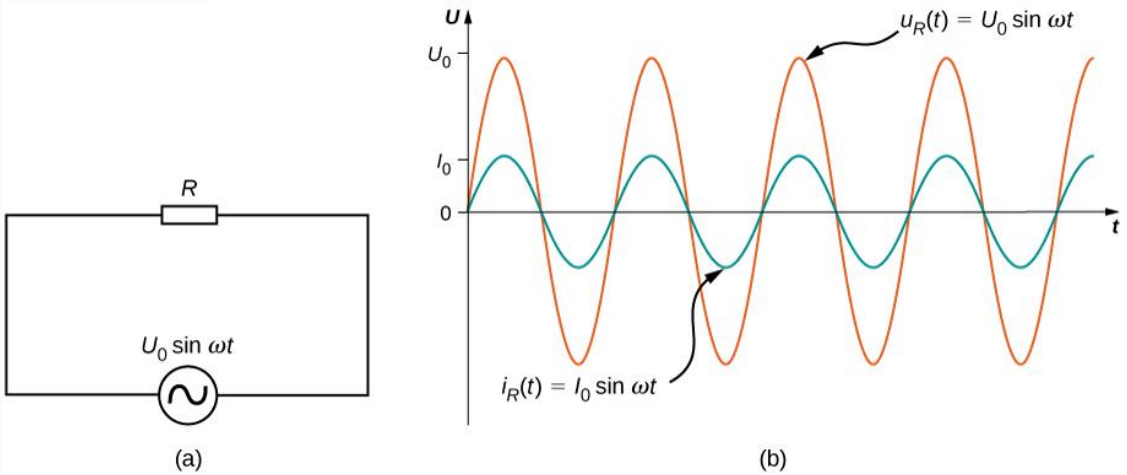
Elementy obwodu

REZYSTOR



Rezystor oznaczamy jako „R”. Jest to element rezystancyjny.

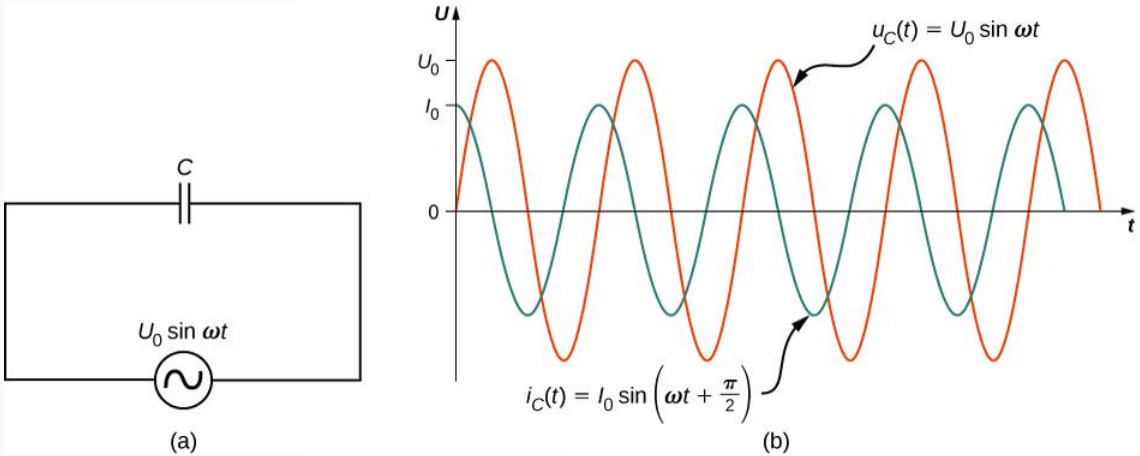
Przebiegi prądu i napięcia



Na schemacie (a) widzimy **rezystancję R** podłączoną do źródła napięcia przemiennego (oznaczonego symbolem ~). Jeśli do takiego obwodu zostałyby podłączone sondy oscyloskopu uzyskalibyśmy przebiegi widoczne na rysunku (b).

Napięcie (na czerwono) oraz prąd (na niebiesko) **są ze sobą w fazie** – nie występuje między nimi **przesunięcie fazowe – kąt fazowy jest równy zero.**

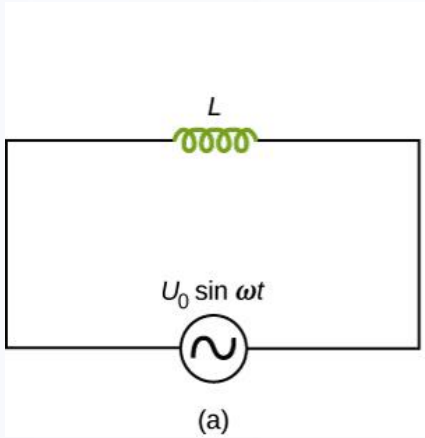
Przebiegi prądu i napięcia



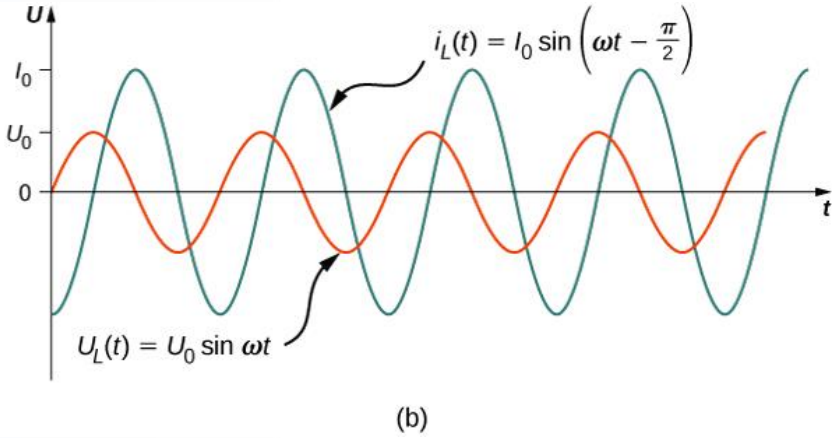
Tym razem na schemacie (a) widzimy **kondensator C** podłączony do źródła napięcia przemiennego.

Napięcie (na czerwono) oraz prąd (na niebiesko) **nie są ze sobą w fazie -** występuje między nimi **przesunięcie fazowe – kąt fazowy jest równy 90 stopni.**

Przebiegi prądu i napięcia



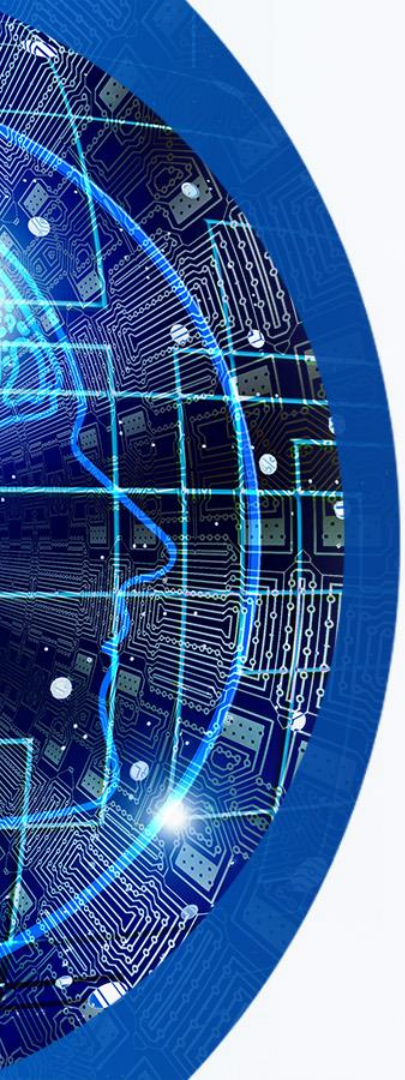
(a)



(b)

Kolejno na schemacie (a) widzimy **cewkę L** podłączoną do źródła napięcia przemiennego.

Napięcie (na czerwono) oraz prąd (na niebiesko) **nie są ze sobą w fazie -** występuje między nimi **przesunięcie fazowe – kąt fazowy jest równy 90 stopni.**



Przebiegi prądu i napięcia

Czym więc różnią się te elementy – cewka i kondensator oraz ich przebiegi?

W przypadku kondensatora prąd wyprzedza napięcie.

Dla cewki napięcie wyprzedza prąd.

Do zapamiętania – metoda:

CIUL

C – kondensator, I – prąd, U – napięcie, L - cewka

DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ