

Termin 1

AREK17003C

Introdukcja

Dr inż. Czesław Michalik,

Zespół Teorii Obwodów,

Katedra Systemów Przetwarzania sygnałów (K6)

p.231, C4

Tel. 071-320-**32-34**

mcz@pwr.edu.pl

lub

Czeslaw.Michalik@pwr.edu.pl

www.zto.ita.pwr.wroc.pl

Plik Edycja Widok Historia Zakładki Narzędzia Pomoc

http://www.zto.ita.pwr.wroc.pl/

Często odwiedzane Pierwsze kroki Mapa Polski Targow Aktualności Program TV - Sprawdź... The Beatles - 16 CD - R... 261 Radio ZET

Zakład Teorii Obwodów

 **Instytut Telekomunikacji, Teleinformatyki i Akustyki**
Zakład Teorii Obwodów
Budynek C-4 tel. i fax 0-71-320-35-29

 **Zakład Teorii Obwodów**

MENU

- Strona główna
- Działalność Naukowa
- Działalność Dydaktyczna
- Pracownicy
- Dla Studentów
- Poczta
- Zmiana wyglądu strony

Stronę prowadzi
dr inż. Czesław Michałik.

Zakład Teorii Obwodów
powstał w 1968 r. równocześnie z utworzeniem
Instytutu Telekomunikacji i Akustyki.

Od momentu powstania Zakładem kierował prof. dr hab. inż. Marian Piekarski.
Obecnie Zakładem kieruje dr inż. Czesław Michałik.

 **Polecamy:**
Znakomity skrypt.
Ukazało się już drugie wydanie.



Strona została
odwiedzona
2597
razy od
1 września 2009 r.

Zakończono

www.zto.ita.pwr.wroc.pl

The screenshot shows a web browser window with the address bar displaying `http://www.zto.ita.pwr.wroc.pl/index.php?strona=dla_studentow&materiale=dydaktyczne`. The website header includes the logo of the Institute of Telecommunications, Teleinformatics and Acoustics (Instytut Telekomunikacji, Teleinformatyki i Akustyki) and the Department of Circuit Theory (Zakład Teorii Obwodów). The main content area is titled "Materiały dydaktyczne" and contains a login form. The form has fields for "login" (containing "student") and "hasło" (containing "*****"), a checkbox for "Zapamiętaj hasło na czas tej sesji.", and a "Login" button. A red message states: "Żeby zobaczyć tę stronę wymagana jest autoryzacja." Below the login form, a red message says: "Żeby wszystko poprawnie działało wymagane jest dopuszczenie COOKIES !!!". A blue box at the bottom left contains the text "Login i hasło: student" with an arrow pointing to the login field. The left sidebar contains a "MENU" with links: "Główna", "O Nas", "Pracownicy", "Dla Studentów", "Materiały dydaktyczne" (highlighted), "Dla Dyplomantów", "OGŁOSZENIA", "Poczta", and "Zmiana wyglądu strony". The right sidebar features a "Polecamy:" section with a book cover titled "Teoretyczne podstawy techniki analogowej" and a counter showing "Strona została odwiedzona 33627".

Instytut Telekomunikacji, Teleinformatyki i Akustyki
Zakład Teorii Obwodów
Budynek C-4 tel. i fax 0-71-320-35-29

Materiały dydaktyczne

Żeby zobaczyć tę stronę wymagana jest autoryzacja.

login: student
hasło: *****
☒ Zapamiętaj hasło na czas tej sesji.
Login

Żeby wszystko poprawnie działało wymagane jest dopuszczenie COOKIES !!!

Login i hasło: student

MENU
Główna
O Nas
Pracownicy
Dla Studentów
Materiały dydaktyczne
Dla Dyplomantów
OGŁOSZENIA
Poczta
Zmiana wyglądu strony
Stronę prowadzi
dr inż. Czesław Michalik.

Polecamy:
Znakomity skrypt.
Ukazało się już drugie
wydanie.
Włodzisław Walecki
Teoretyczne podstawy
techniki analogowej
Strona została
odwiedzona
33627

www.zto.ita.pwr.wroc.pl

Pracownicy






Dla Studentów

Pocztą




Zmiana wyglądu
strony

Stronę prowadzi
dr inż. Czesław Michalik.




WYKŁADY

	Technika Analogowa, dr Cz. Michalik
	Technika Analogowa, dr L. Dereń
	Technika Analogowa, dr Z. Świętach
	Technika Obliczeniowa i Symulacyjna, dr Z. Świętach
	Podstawy Elektrotechniki i Elektroniki, dr A. Jarząbek

ĆWICZENIA

	Technika Analogowa
	Podstawy Elektrotechniki i Elektroniki
	Technika Analogowa 2, kurs dodatkowy

LABORATORIA

	Technika Analogowa, Podstawy Elektrotechniki i Elektroniki
	Technika Obliczeniowa i Symulacyjna
	Filtry Analogowe i Cyfrowe

Teoretyczne
podstawy
techniki
analogowej

Strona została
odwiedzona
2597
razy od
1 września 2009 r.

Listy z zadaniami znajdują się w Ćwiczenia-> Podstawy Elektrotechniki...

Zaliczenie

4 kartkówki -> 20pkt.

Zaliczenie >5

20pkt

100%

Zaliczenie

KD – Kartkówka
 **Dobrej Woli**

10pkt

50%

9, 9,5pkt

8,5pkt

45%

**KN – Kartkówka
nadziei (Dobieg)**

2,5pkt

10%

0%

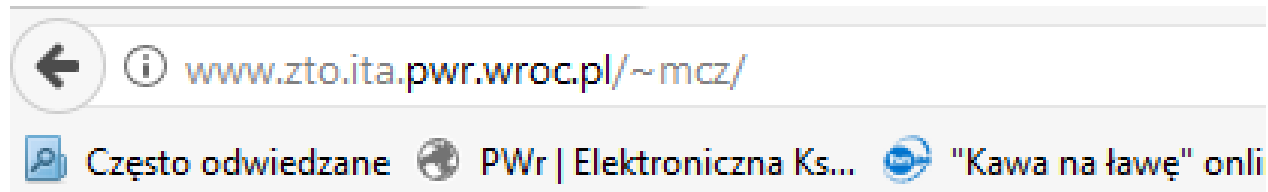
1,5 2,0pkt

Opkt







Brak zaliczenia
(0, 0,5,1,0)pkt

Materiały z ćwiczeń

www.zto.ita.pwr.wroc.pl/~mcz



Index of /~mcz

<u>Name</u>	<u>Last modified</u>	<u>Size</u>	<u>Description</u>
 Parent Directory		-	
 AREK00003C/	02-Oct-2017 12:54	-	
 AREK00003L/	13-Jan-2016 16:56	-	
 Laboratorium/	21-Oct-2011 08:51	-	
 Listy grup lab/	06-Oct-2017 20:24	-	
 TKEK00001L/	29-May-2017 20:07	-	

Materiały z ćwiczeń (zapasowy adres)

<https://zts.ita.pwr.wroc.pl/moodle/>

The screenshot shows a web browser window with the URL <https://zts.ita.pwr.wroc.pl/moodle/>. The browser's address bar shows the URL, a 70% zoom level, and a search bar with the text "Szukaj". The browser's tab bar shows several open tabs, including "Często odwiedzane", "PWR | Elektroniczna Ks...", "Kawa na ławę" online..., "Meteorogramy - mete...", "Oponeo » Lista wszyst...", "Harmonogram wywoz...", "Cartridges - MCbx", "SmodBIP", and "Restarter Power Bank ...".

The website's header features the logo of Politechnika Wrocławska and the text "Politechnika Wrocławska" and "Katedra Systemów Przetwarzania Sygnałów". On the right side of the header, there is a login status indicator: "Nie jesteś zalogowany(a) (Zaloguj się)" with a red plus button.

The main content area has a dark red background with the text "KATEDRA SYSTEMÓW PRZETWARZANIA SYGNAŁÓW" in white. To the right of this text is a white box containing the login form. The form has the title "Access to the platform" and two input fields: "Nazwa użytkownika" (Username) and "Hasło" (Password). Below the input fields is a red button labeled "Zaloguj się" (Login). Below the login button is a link "Zapomniałeś(aś) nazwy użytkownika lub hasła?" (Forgot your username or password?). At the bottom of the login box is a red button labeled "Nowe konto" (New account).

Below the login box, there are four white cards, each with a laptop icon and a red "Read More" button. The first card is partially obscured by the login box.

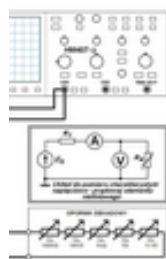
Materiały z ćwiczeń (zapasowy adres)

<https://zts.ita.pwr.wroc.pl/moodle/>

Kategorie kursów: Technika obliczeniowa

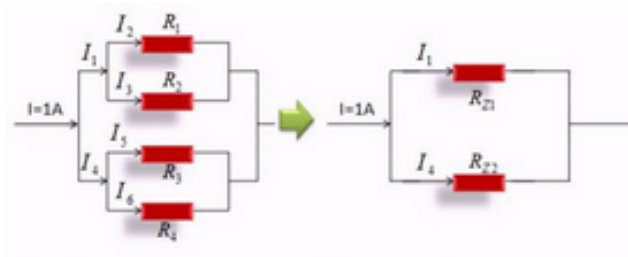
Przeszukaj kursy

Wykonaj



nniki
staw

wowe
znych w
iowych.



Podstawy elektrotechniki i elektroniki - CW (MCz)

Podstawowe prawa
elektrotechniki. Prąd stały (DC) i
zmienny (AC). Rachunek
operatorowy stosowany w
elektrotechnice.

Kod dostępu: **student**

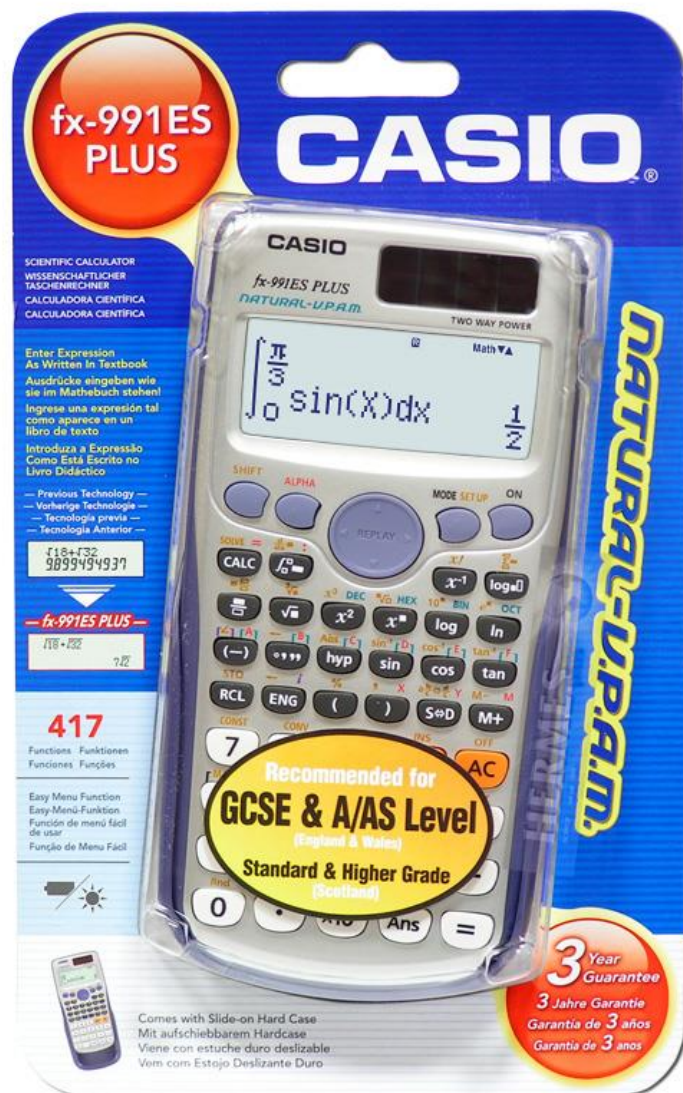
Literatura

1. WOLSKI Włodzimierz: **Teoretyczne podstawy techniki analogowej**. OW PWr, Wrocław 2006
2. Osowski Stanisław, Siwek Krzysztof, Śmiałek Michał: **Teoria obwodów** . OW PW, Warszawa 2006.
3. Tadeusiewicz Michał: **Teoria obwodów**. **Politechnika Łódzka**, Łódź 2000

Literatura (c.d.)

4. BOLKOWSKI Stanisław: **Teoria obwodów elektrycznych**. Wyd. 9. WNT, Warszawa 2008
5. BOLKOWSKI Stanisław, BROCIK Wiesław, RAWA Henryk: **Teoria obwodów elektrycznych. Zadania**. Wyd. 6. WNT, Warszawa 2006.
6. OSIOWSKI Jerzy, SZABATIN Jerzy: **Podstawy teorii obwodów. T. 1 i 2**. WNT, Warszawa 1998

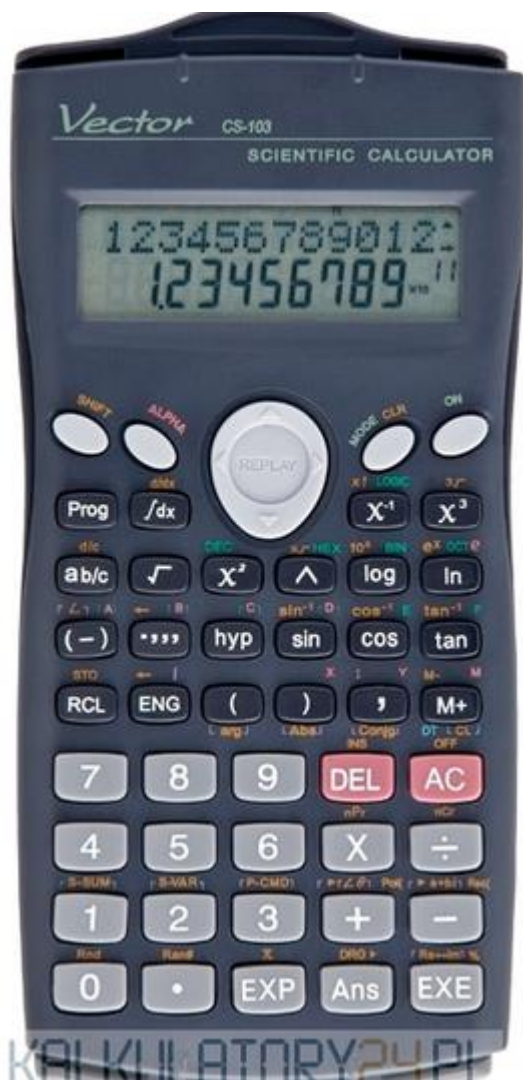
Kalkulator naukowy Casio FX-991ES plus



417 funkcje naukowe
naturalny zapis, podwójne
zasilanie
statystyka, pochodne,
macierze
liczby zespolone, wektory,
całki

Cena około 75 zł

Kalkulator naukowy Vector CS-103



Opis produktu

Funkcje i możliwości obliczeniowe kalku

- Dwuliniowy wyświetlacz
- 279 funkcji
- Obliczenia na ułamkach zwykłych
- Obliczenia stopni , minut , sekund
- Obliczenia na liczbach zespolonych
- Funkcje trygonometryczne, hiperboliczne , wykładnicze
- Notacja inżynierska • Całki i pochodne
- Obliczenia statystyczne (standardowe , regresja)

Wymiary : 170x80x16 (mm)

Cena około 35 zł

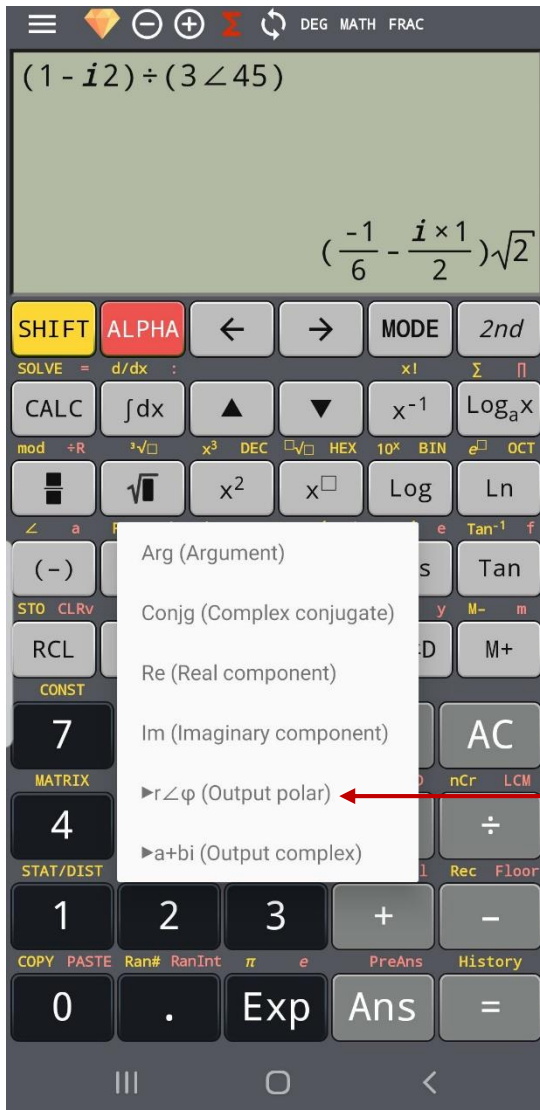
Kalkulator szkolny apka na androida N-CALC



Znak \angle rozdzielający moduł i argument

Jednostka urojona

Kalkulator szkolny apka na androida N-CALC



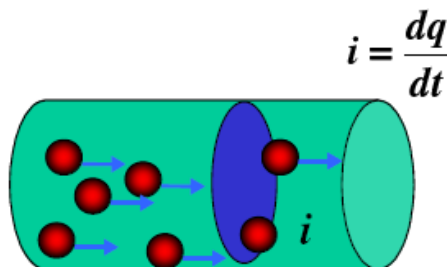
Shift cmplx - wynik w postaci
moduł argument

Kalkulator szkolny apka na androida N-CALC



Przełącznik
postaci
wyniku

Prąd elektryczny



Definicja natężenia prądu elektrycznego jest następująca:

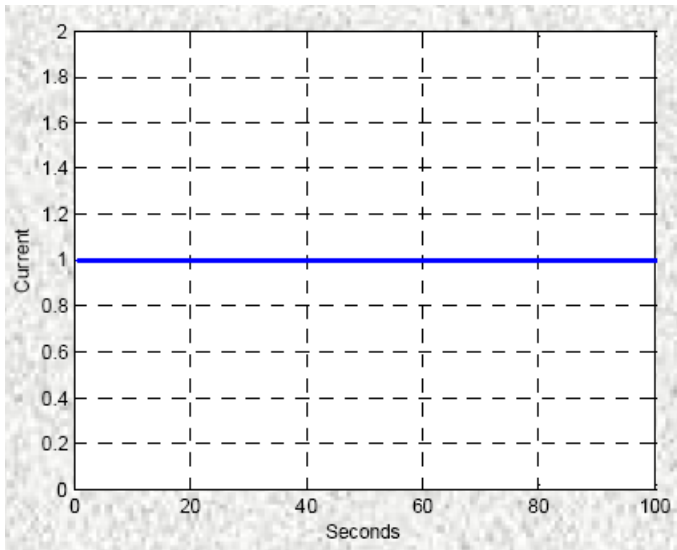
$$i(t) = \frac{dq(t)}{dt}.$$

Jednostką natężenia prądu
[I] = A (amper)

Natężeniem prądu nazywamy iloraz ładunku dq przepływającego w jednostce czasu dt przez poprzeczny przekrój przewodnika.

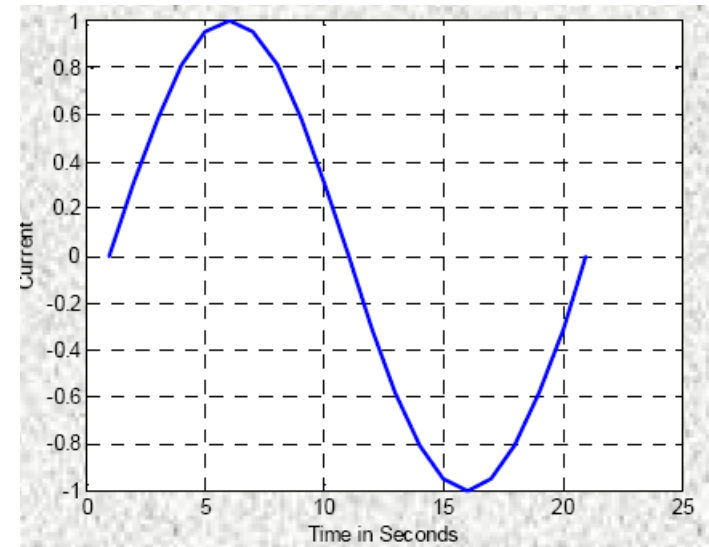
Ładunek i prąd

$$q = \int_{t_0}^t i(t) dt$$



Prąd stały (DC) jest to prąd, który pozostaje stały w czasie.

DC - Direct **C**urrent



Prąd zmienny (AC) jest to prąd, który zmienia się sinusoidalnie w czasie (narysowny jeden okres).

AC - Alternating **C**urrent

Napięcie elektryczne

Definicja napięcia elektrycznego jest następująca:

$$U_{AB} = V_B - V_A = \frac{W_{A \rightarrow B}}{q}.$$

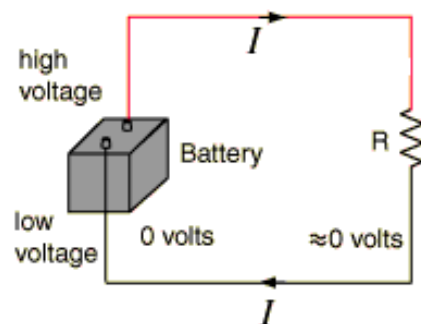
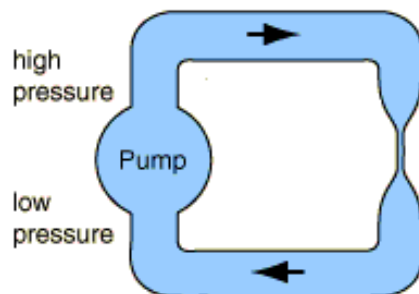
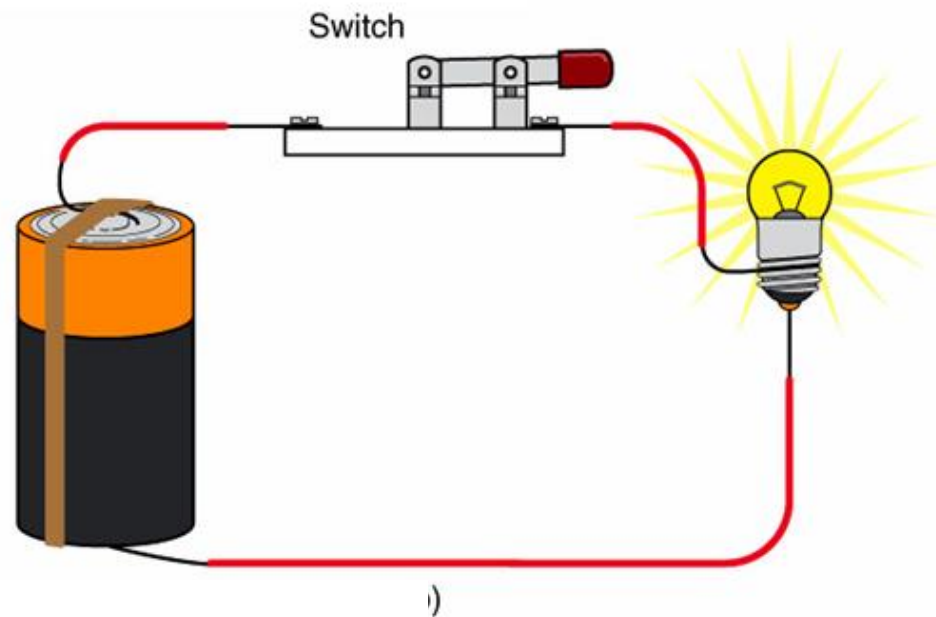
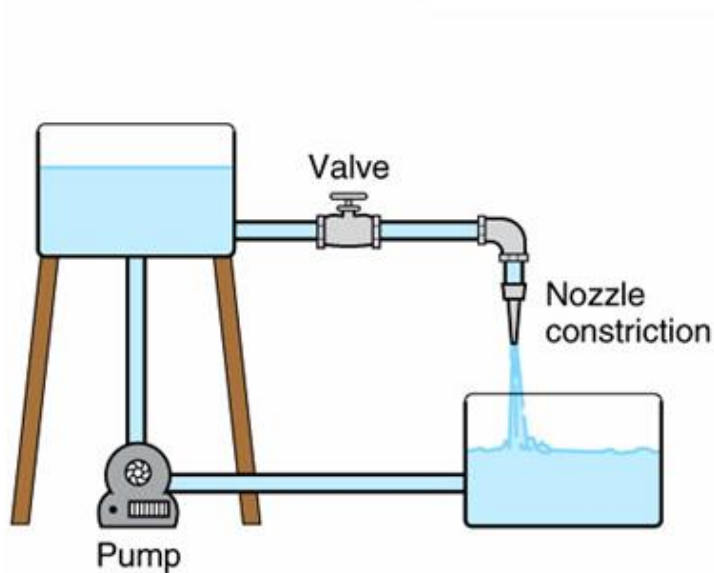
Jednostka napięcia

$[U] = \text{V (wolt)}$

Napięcie elektryczne to **różnica potencjałów** między dwoma punktami obwodu elektrycznego lub pola elektrycznego. Napięcie elektryczne to stosunek pracy wykonanej podczas przenoszenia ładunku między punktami, dla których określa się napięcie, do wartości tego ładunku.

Potencjałem elektrycznym w danym punkcie pola nazywamy stosunek energii potencjalnej E_p jaką ma ładunek w tym punkcie do wartości tego ładunku q , tzn. $V = E_p/q$.

Prąd elektryczny jest analogiem przepływu wody



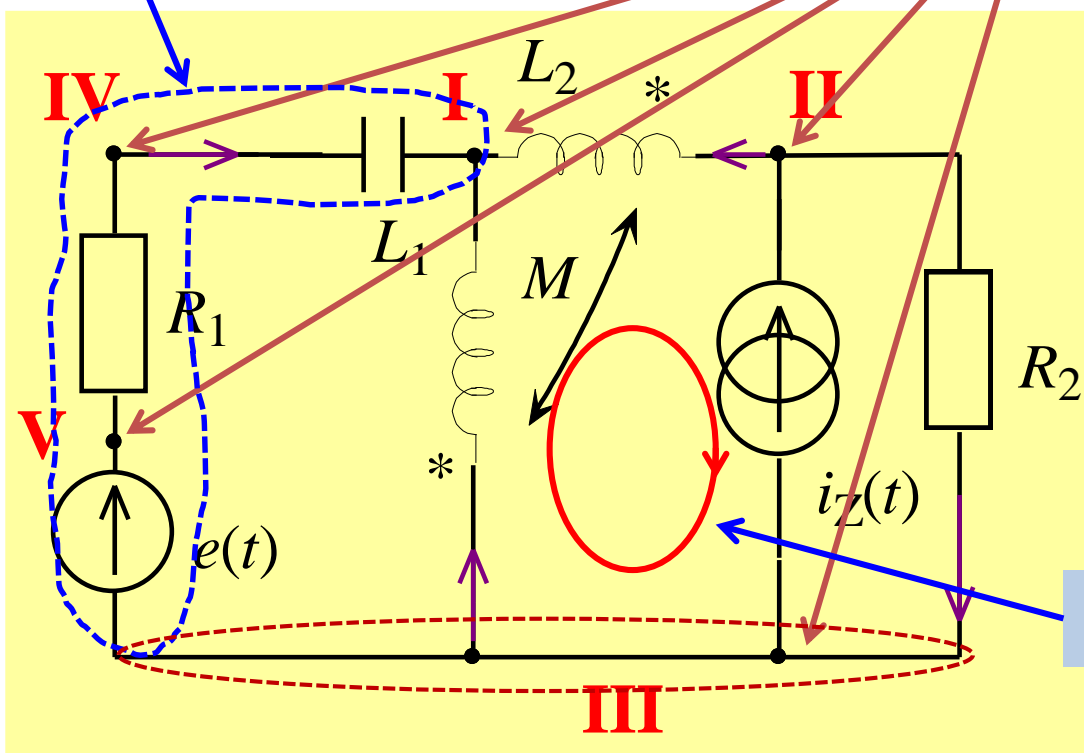
Podstawowe pojęcia i określenia

- **Obwodem elektrycznym** nazywamy dowolne połączenie przewodami elementów (urządzeń), między którymi mogą być również sprzężenia magnetyczne. **Przepływ prądu dokonuje się w obwodzie zamkniętym.**
- **Układem** będziemy nazywali obwód w którym wyróżnimy wejście i wyjście (często synonim obwodu elektrycznego).
- **Sieć** to bardzo duże obwody (dużo elementów połączonych między sobą).

Przykład obwodu elektrycznego

Przykład gałęzi

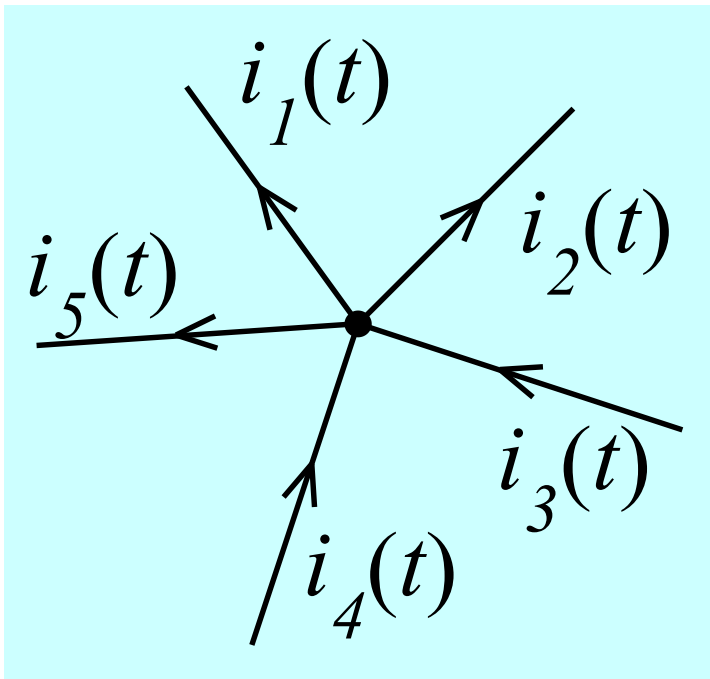
Węzły obwodu



Oczko, obwód

Pierwsze prawo Kirchhoffa

Przykład



$$-i_1(t) - i_2(t) + i_3(t) + i_4(t) - i_5(t) = 0$$

lub

$$i_3(t) + i_4(t) = i_1(t) + i_2(t) + i_5(t)$$

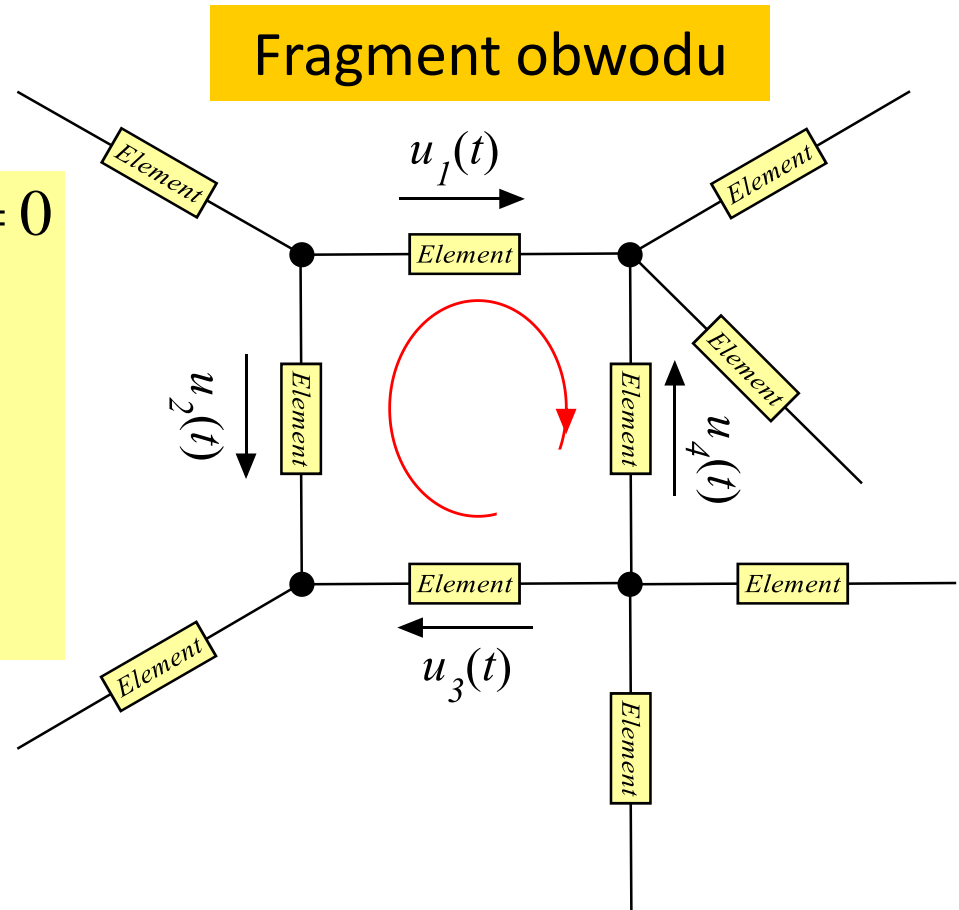
Drugie prawo Kirchhoffa

Przykład

$$u_1(t) - u_4(t) + u_3(t) - u_2(t) = 0$$

lub

$$u_1(t) + u_3(t) = u_2(t) + u_4(t)$$



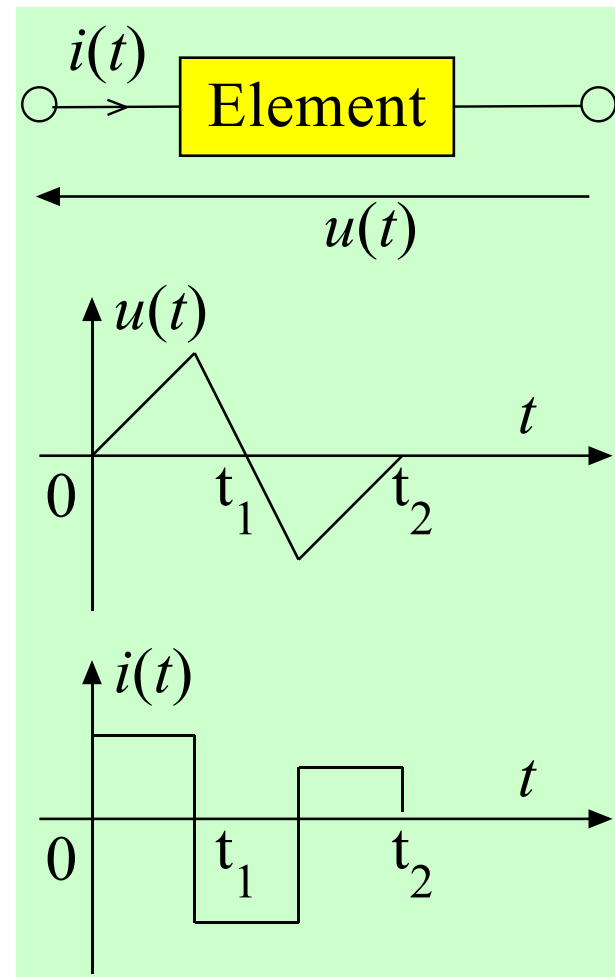
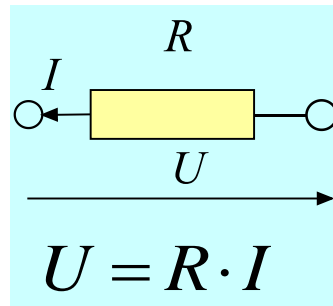
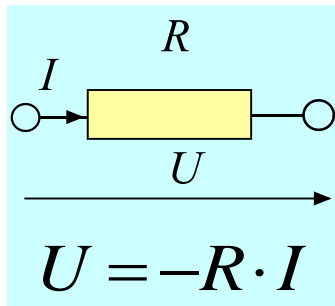
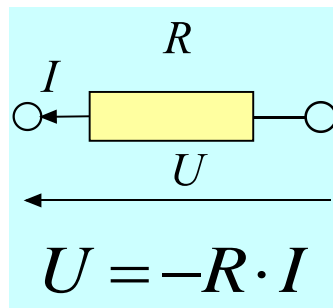
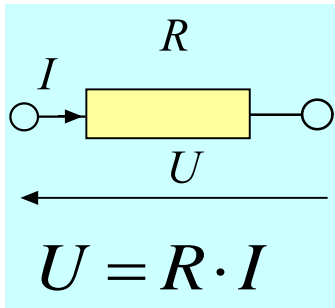
STANISŁAW FRYZE

(ur. 1885, zm. 1964)

- **Strzałkowanie** to podstawa -
Na niej są oparte prawa,
Których nikt nie opanuje,
Kto porządnie nie strzakuje!
System mój od dawna znany -
Od ćwierć wieku stosowany!
A do Waszych tępych głów
Muszę o nim mówić znów!
Prąd nie może płynąć w tył,
Bo by wtedy rakiem był!
Ale u Was on jest rakiem -
Bo go oznaczacie znakiem
Bez wymiaru i bez miana.
Rzecz naprawdę niestychana!
Przez bałagan i niechlujstwo,
Przez to Wasze **strzałkobójstwo**,
Wiele już powstało szkód:
Prąd strzakuje zawsze w przód!



Strzałkowanie - interpretacja



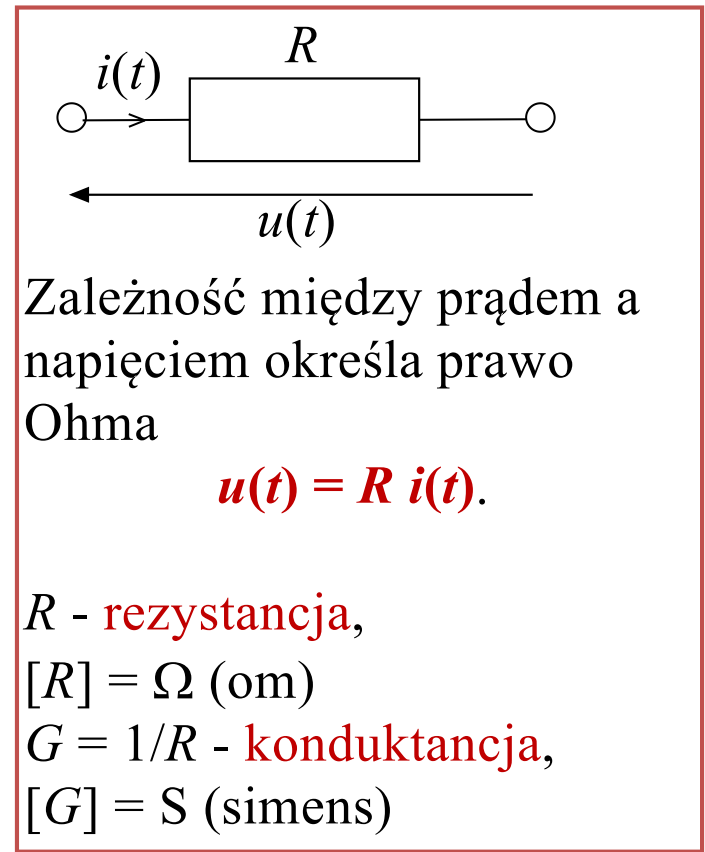
Element obwodu - cechy

- **Element** to pojęcie abstrakcyjne (pierwotne). Charakteryzuje się pewną charakterystyczną cechą związaną z **przetwarzaniem energii**.
- Występują trzy typy przetwarzania energii: **wytwarzanie, akumulacja, rozpraszanie**.
- Zakładamy, że element idealny charakteryzuje się tylko **jednym typem przetwarzania energii**.
- Element to elementarna „**cegietka**”, rezygnujemy z wnikania w procesy wewnętrzne tej cegietki.
- Element ma **zaciski**, tj. punkty za pomocą których możemy go łączyć z innymi elementami.

Elementy idealne

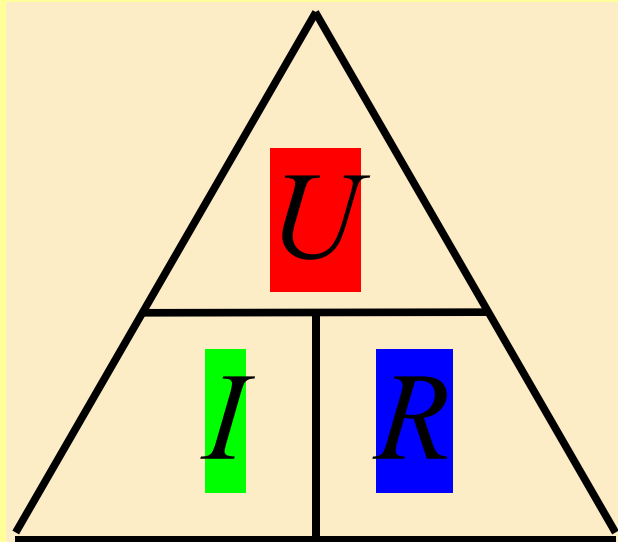
Rezystor R

- **Rezystor (opornik)** to idealny element obwodu, w którym zachodzi jednostronna przemiana energii elektrycznej na energię cieplną. R – parametr, liczba rzeczywista dodatnia



Prawo Ohma - R

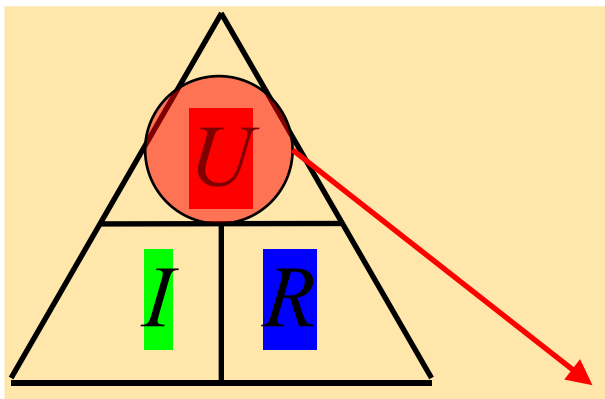
Prosty sposób na
zapamiętanie prawa
Ohma



Posługując się poniższym
trójkątem w łatwy sposób
można zapisać jedną z
trzech postaci zależności
wynikających z prawa
Ohma.

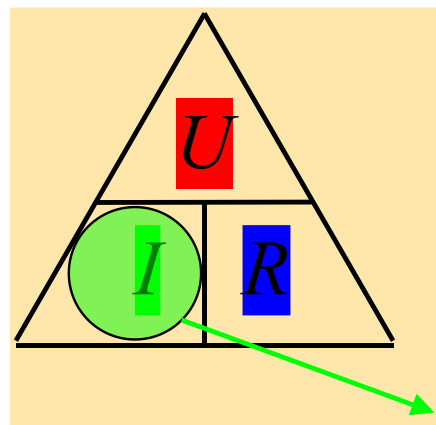
Prawo Ohma - R

Interesuje nas U ,
zakrywamy w trójkącie
palcem U i co nam
zostaje?



$$U = I \cdot R$$

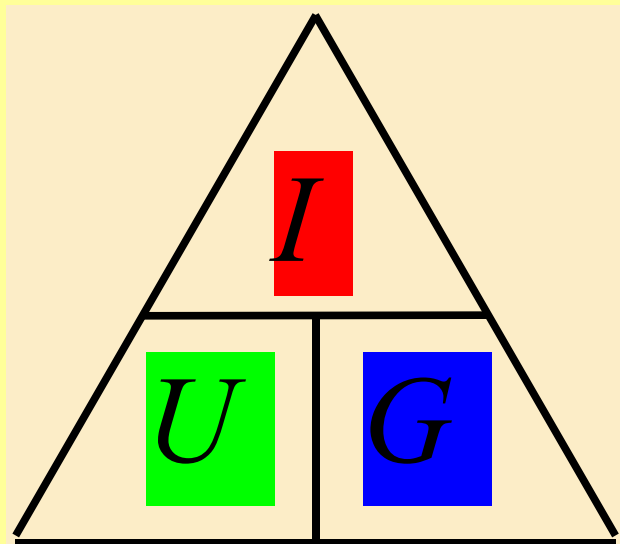
Interesuje nas I ,
zakrywamy w trójkącie
palcem I i co nam
zostaje?



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

Prawo Ohma - G

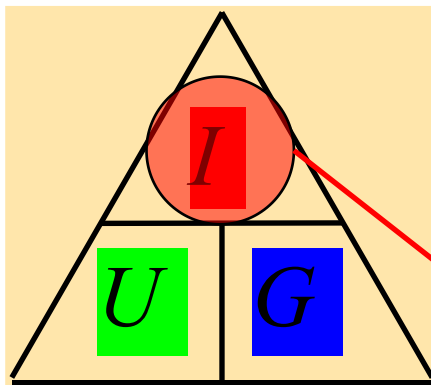
Prosty sposób na
zapamiętanie prawa
Ohma



Posługując się poniższym trójkątem w łatwy sposób można zapisać jedną z trzech postaci zależności wynikających z prawa Ohma.

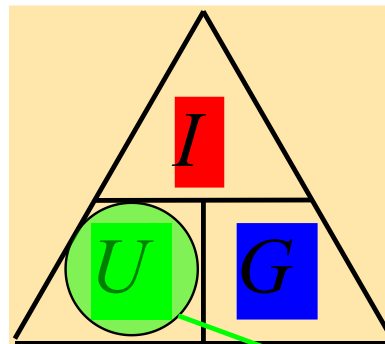
Prawo Ohma - G

Interesuje nas I ,
zakrywamy w trójkącie
palcem I i co nam
zostaje?



$$I = U \cdot G$$

Interesuje nas U ,
zakrywamy w trójkącie
palcem U i co nam
zostaje?



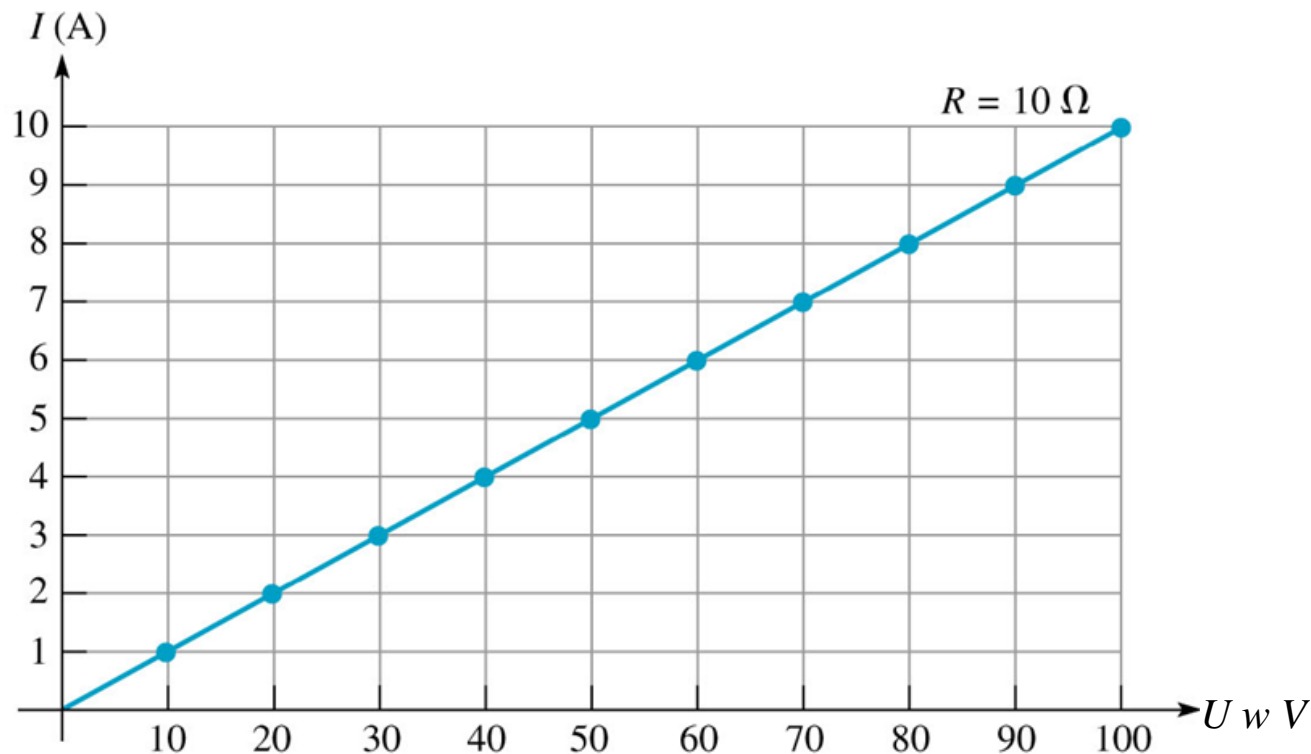
$$U = \frac{I}{G}$$

Prąd jest wprost proporcjonalny do napięcia

U	I
10 V	1 A
20 V	2 A
30 V	3 A
40 V	4 A
50 V	5 A
60 V	6 A
70 V	7 A
80 V	8 A
90 V	9 A
100 V	10 A

$$I = \frac{U}{10 \Omega}$$

(a)

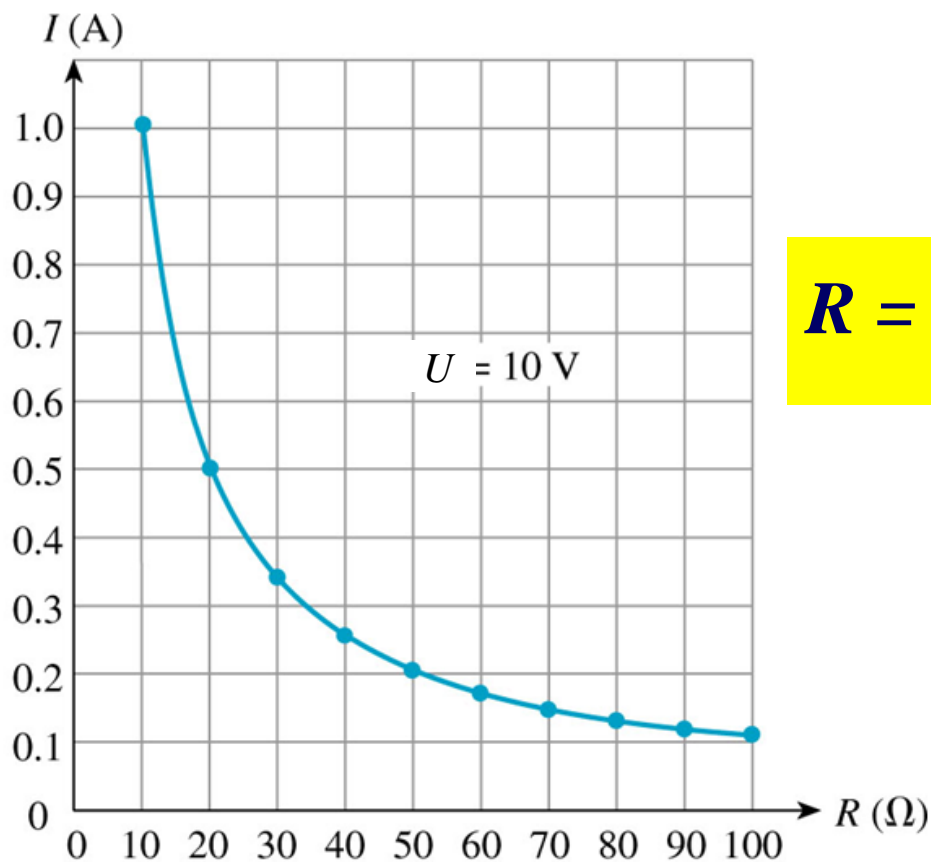


(b)

Prąd i rezystancja - związek odwrotnie proporcjonalny

$R (\Omega)$	$I (A)$
10	1.000
20	0.500
30	0.333
40	0.250
50	0.200
60	0.167
70	0.143
80	0.125
90	0.111
100	0.100

(a)

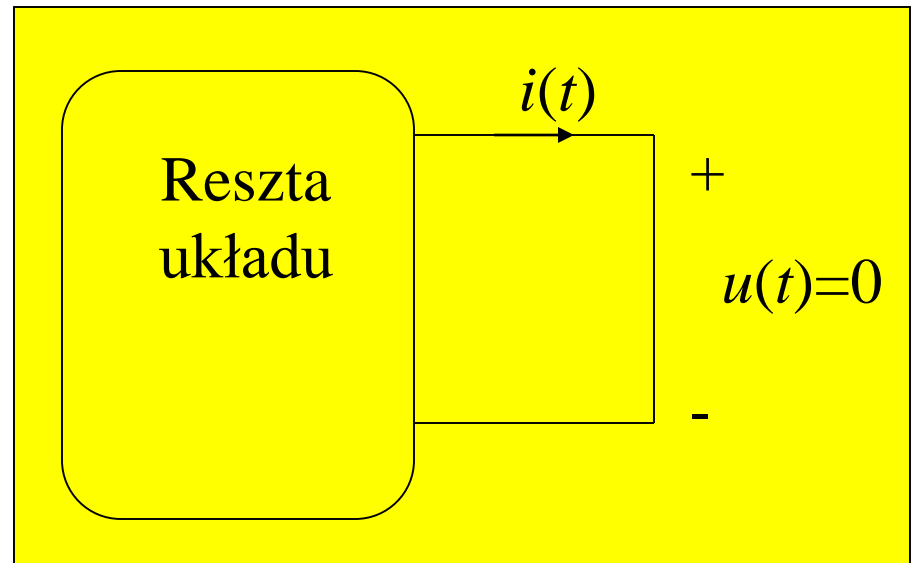
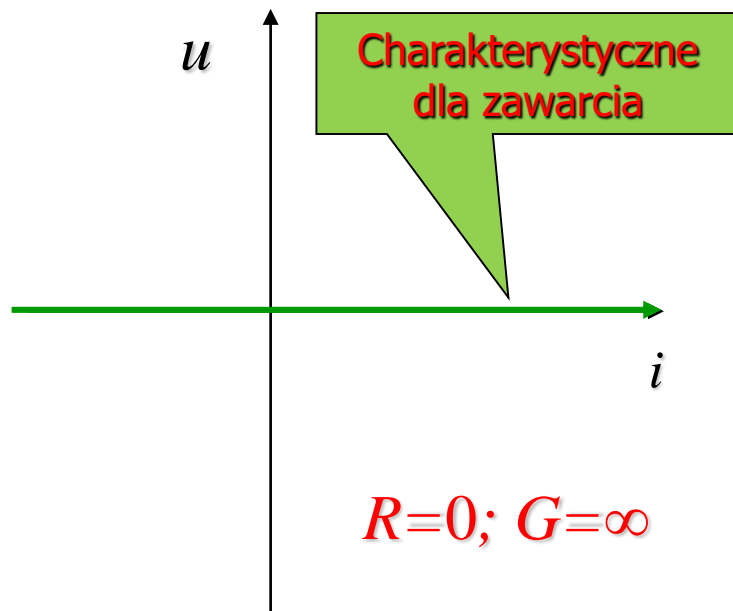


(b)

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

Zwarcie obwodu

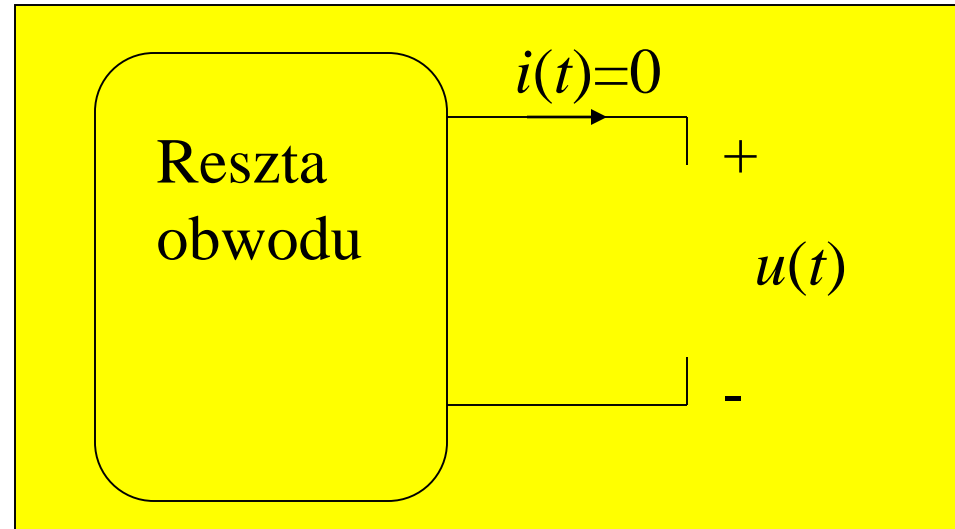
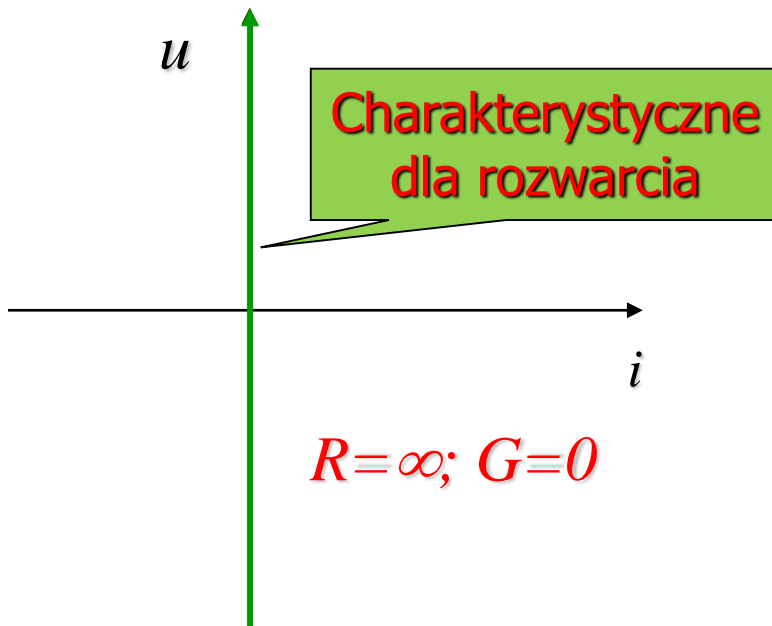
- $R = 0$



Cechą charakterystyczną zwarcia jest to, że prąd i może płynąć ale napięcie na zwarcu jest równe zero.

Rozwarcie obwodu

- $R = \infty$



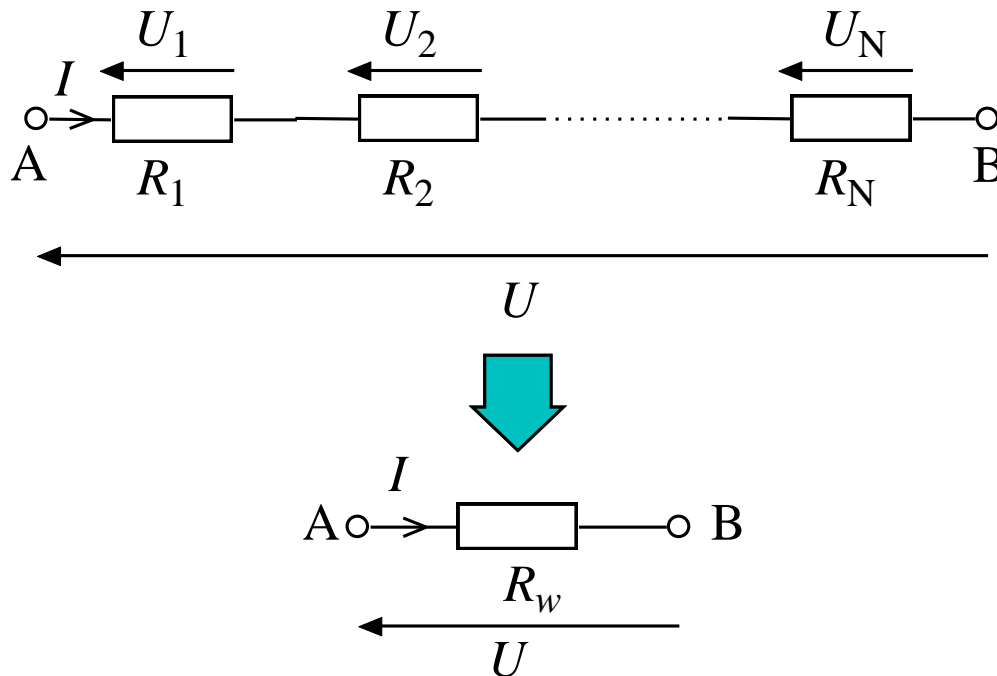
Cechą charakterystyczną rozwarcia jest to, że napięcie u na rozwarciu może być dowolne ale prąd nie płynie.

Równoważność elementów

Dwa elementy są sobie **równoważne** na zaciskach, jeśli po zamianie ich, prądy i napięcia w elementach dołączonych (w dowolnym przypadku) nie ulegną zmianie. **Dwa elementy są równoważne, jeśli opisane są takim samym równaniem.**

Przykłady obwodów równoważnych

Szeregowe połączenie rezystorów



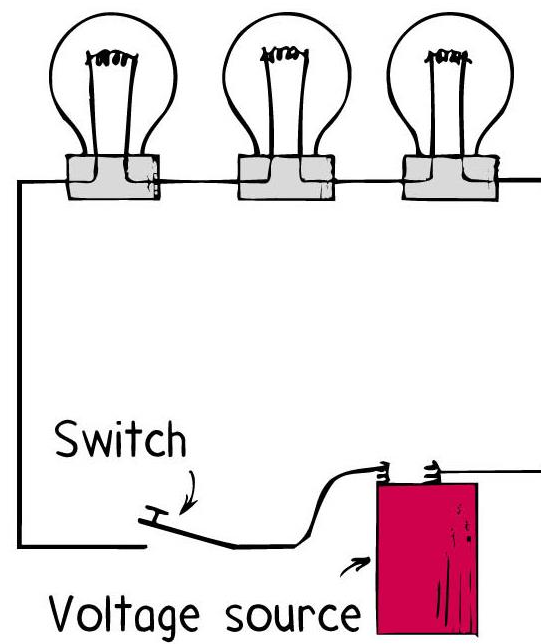
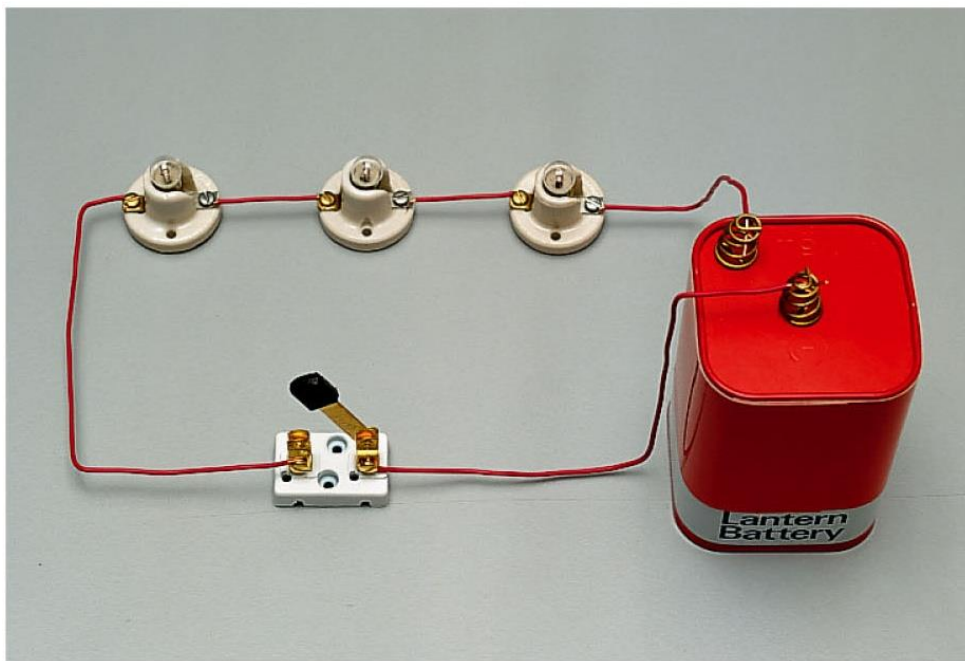
$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_N$$
$$U = I \cdot R_1 + I \cdot R_2 + \dots + I \cdot R_N$$
$$U = (R_1 + R_2 + \dots + R_N) \cdot I$$

$$U = R_w \cdot I$$

stąd

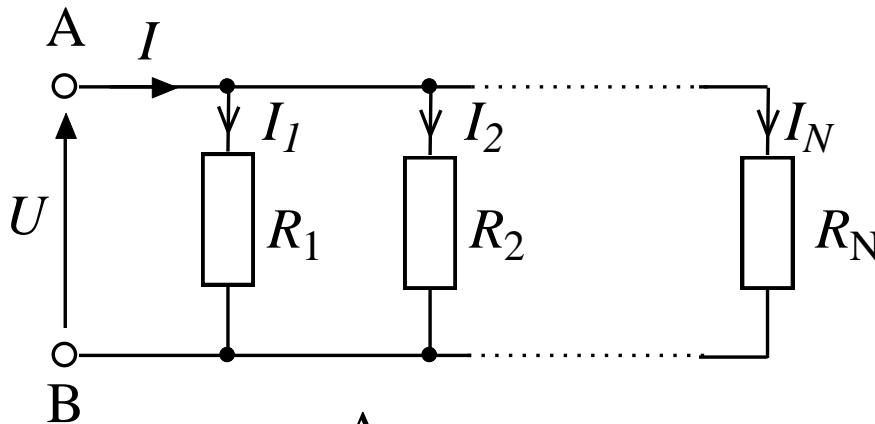
$$R_w = \sum_{i=1}^N R_i,$$

Obwód szeregowy



Przykłady obwodów równoważnych

Równoległe połączenie rezystorów

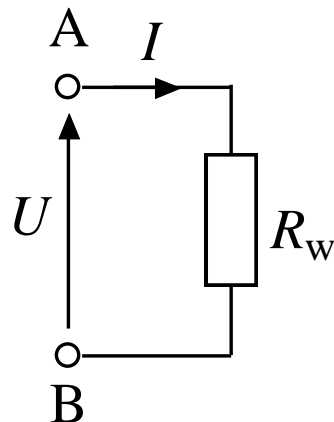
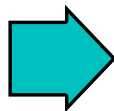


$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_N$$

$$I = U \cdot G_1 + U \cdot G_2 + \dots + U \cdot G_N$$

$$I = (G_1 + G_2 + \dots + G_N) \cdot U$$

$$G_i = \frac{1}{R_i}$$

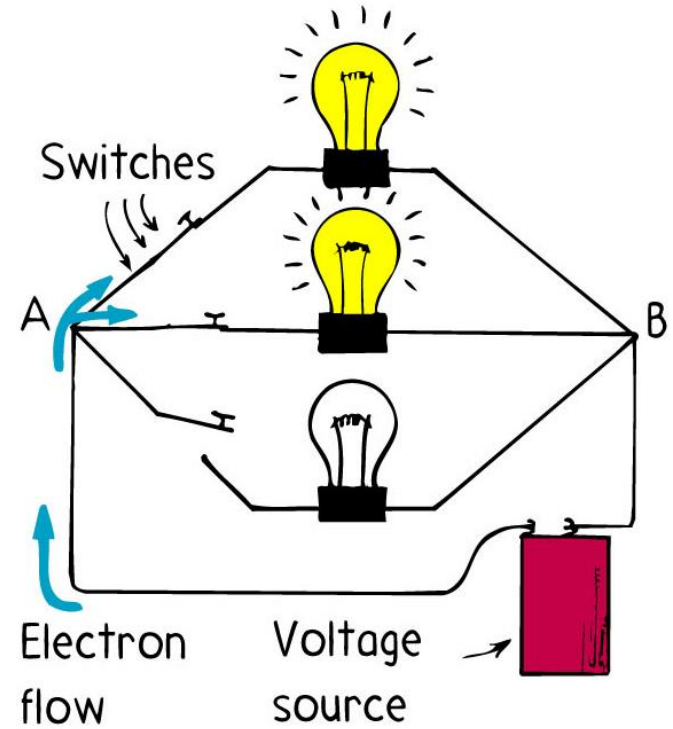
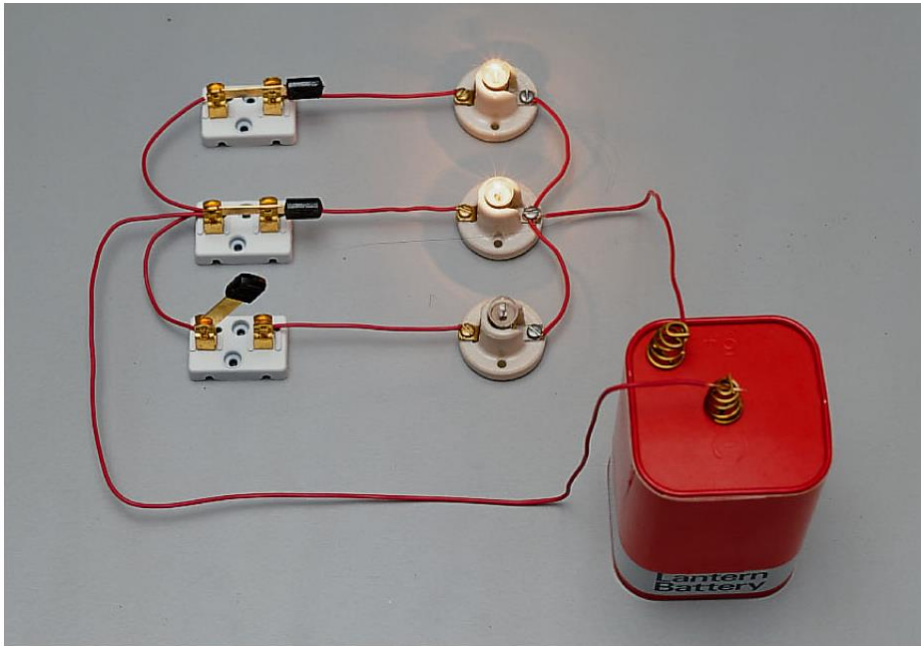


$$I = G_w \cdot U, \quad G_w = \frac{1}{R_w}$$

stąd

$$G_w = \sum_{i=1}^N G_i, \quad \text{gdyn} \quad N=2 \quad R_w = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

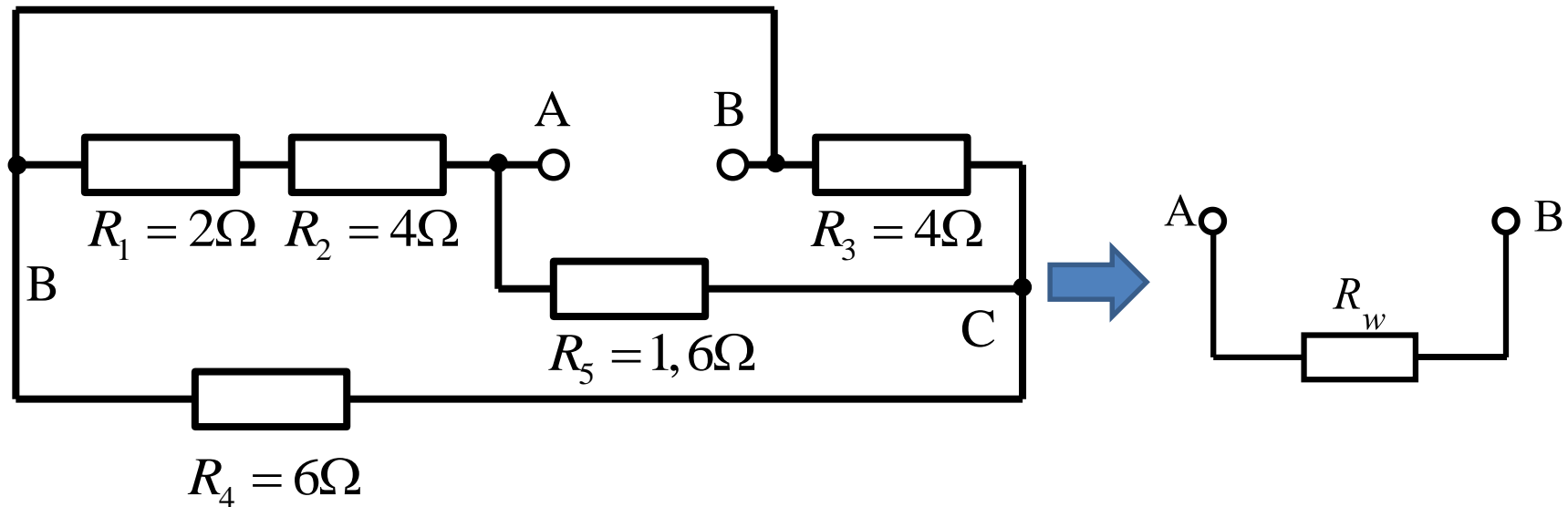
Obwód równoległy



Wyznaczanie rezystancji zastępczej

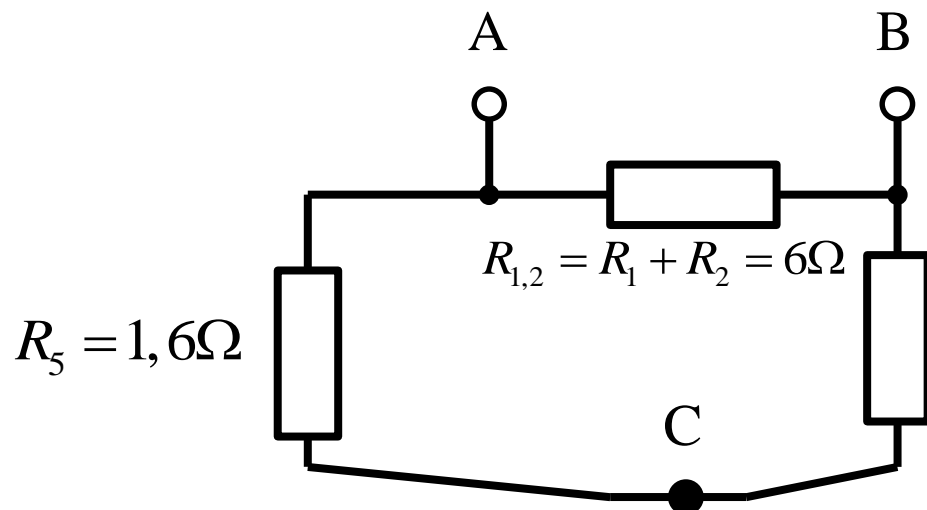
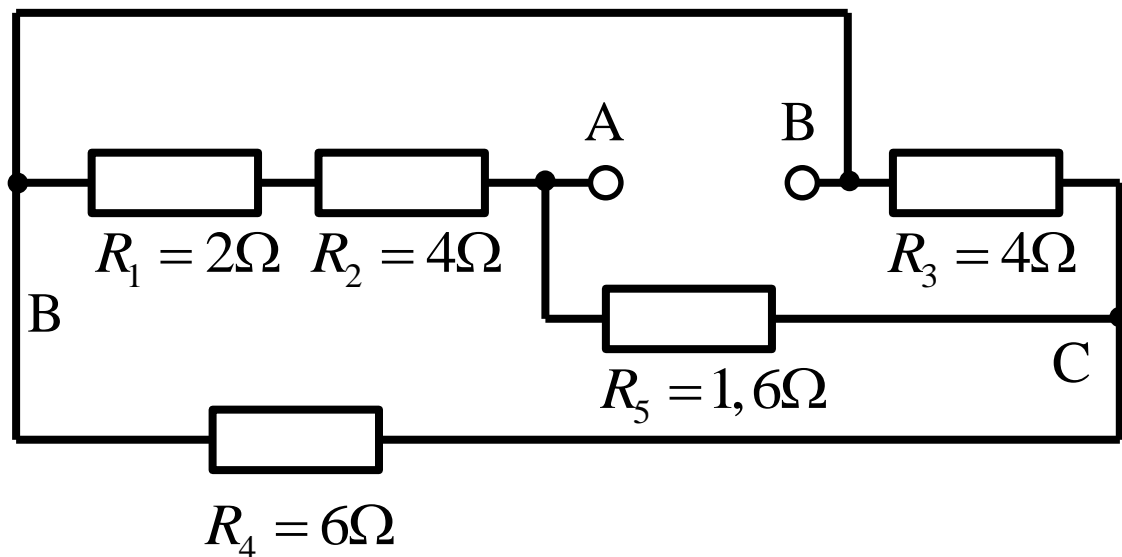
Przykład 1

Wyznaczyć rezystancję zastępczą widzianą na zaciskach A B.



Wyznaczanie rezystancji zastępczej

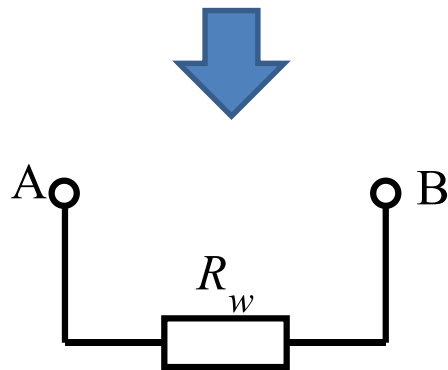
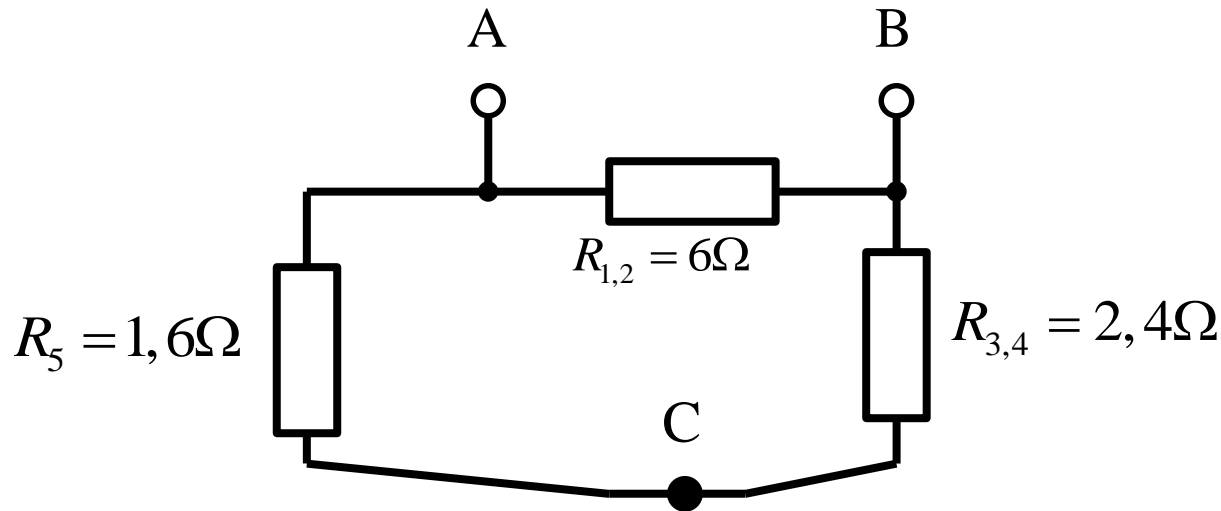
Przykład 1



$$R_{3,4} = \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} = \frac{4 \cdot 6}{4 + 6} = 2,4\Omega$$

Wyznaczanie rezystancji zastępczej

Przykład 1



$$R_w = \frac{R_{1,2} (R_{3,4} + R_5)}{R_{1,2} + R_{3,4} + R_5} = \frac{6(2, 4 + 1, 6)}{6 + 2, 4 + 1, 6} = \frac{24}{10} = 2, 4\Omega$$

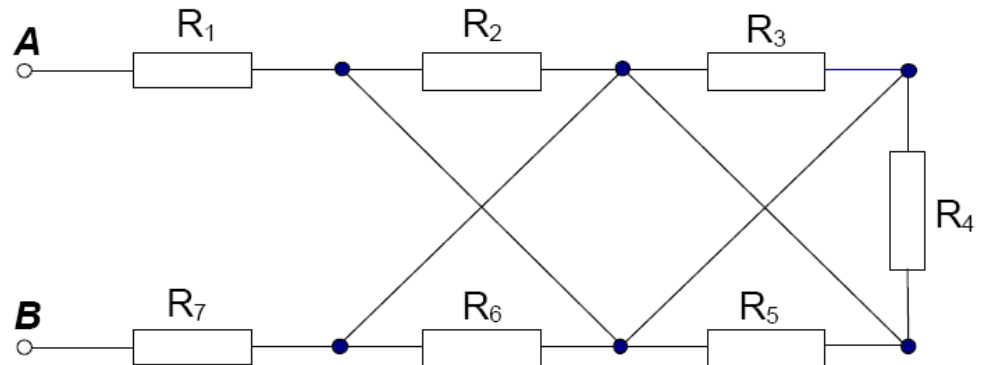
Wyznaczanie rezystancji zastępczej

Przykład 2

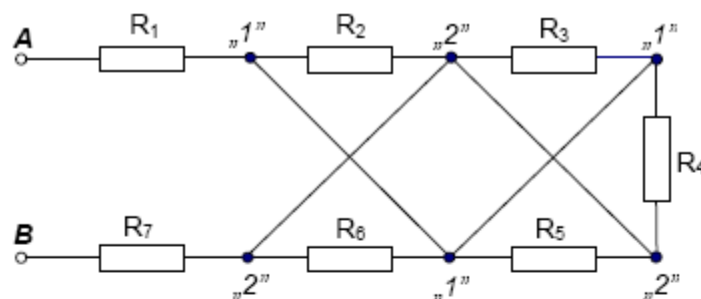
Obliczyć rezystancję zastępczą widzianą z zacisków A-B obwodu, wiedząc, że:

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = R_6 = 1 \, \Omega.$$

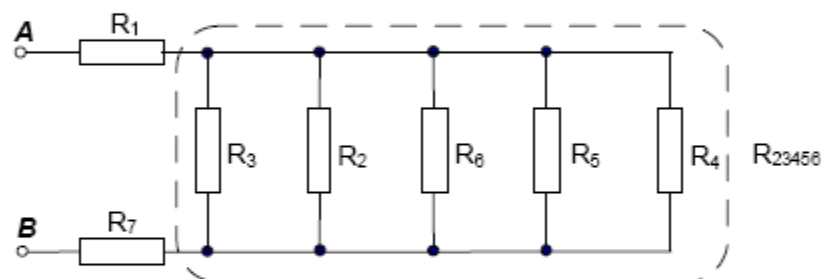
$$R_7 = 1 \, \Omega$$



Rozwiązanie przykładu 2



Grupę oporników (połączonych równolegle): R_2, R_3, R_4, R_5, R_6 zastępujemy rezystorem R_{23456}



$$\frac{1}{R_{23456}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_6}$$

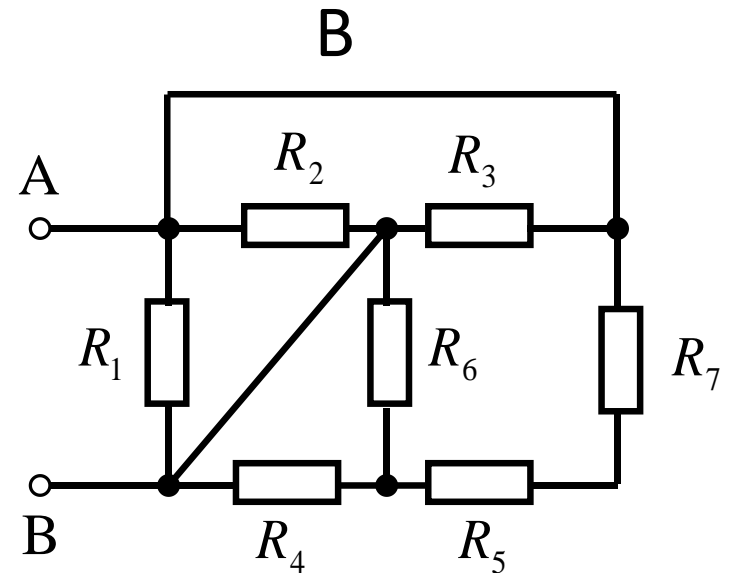
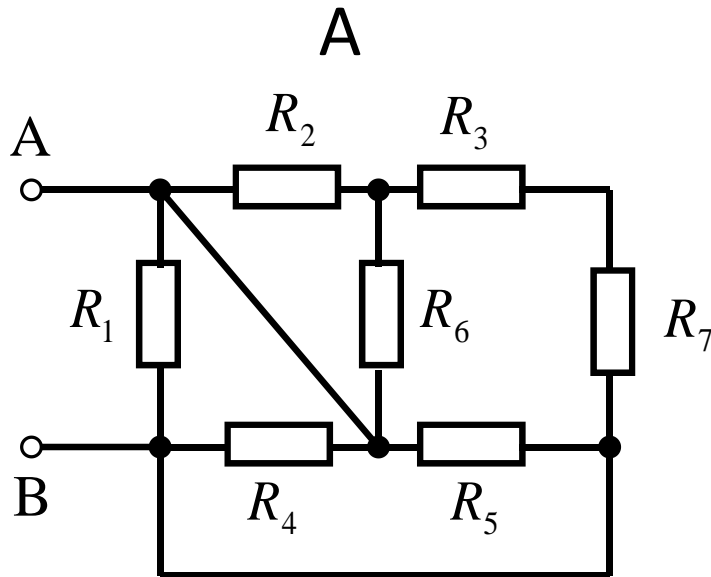
Ponieważ wartości grupy oporników R_2, R_3, R_4, R_5, R_6 są jednakowe, zatem wartość R_{23456} możemy policzyć w prosty sposób, a mianowicie $R_{23456} = \frac{R_2}{n} = \frac{1}{5} \Omega$ (n – liczba oporników połączonych równolegle o takiej samej wartości rezystancji).

Teraz możemy obliczyć rezystancję zastępczą widzianą z zacisków A-B

$$R_{AB} = R_1 + R_{23456} + R_7 = 1 \Omega + \frac{1}{5} \Omega + 1 \Omega = \underline{\underline{2\frac{1}{5} \Omega}}$$

Zadanie do samodzielnego rozwiązania

Wyznaczyć rezystancję widzianą na zaciskach A-B dwójnika.



$$R_1 = R_2 = R_4 = R_6 = R_7 = 12\Omega,$$

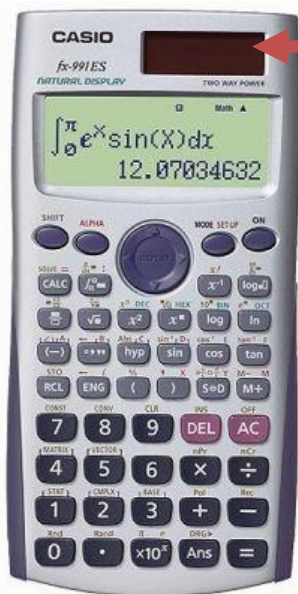
$$R_3 = 3\Omega, \quad R_5 = 6\Omega$$

Wyniki

$$A : R_w = \frac{21}{8} \approx 2,625\Omega, \quad B : R_w = \frac{24}{13} \approx 1,846\Omega$$

Źródła niezależne (autonomiczne)

Są to modele obwodowych przetworników energii, tj. urządzeń, które dokonują przemiany energii w postaci np. energii mechanicznej, chemicznej, świetlnej itp. na energię elektryczną



Ogniwo
słoneczne

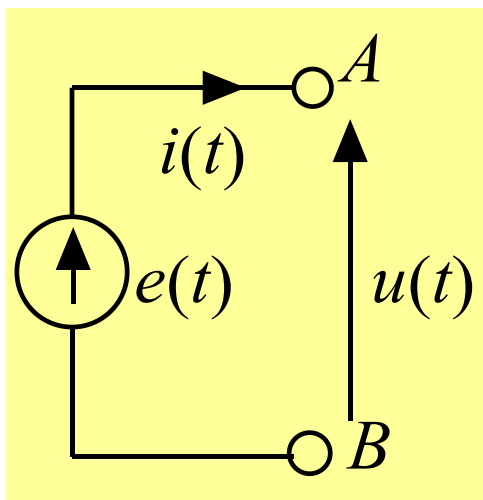
Źródło w obwodzie elektrycznym jest tym elementem, który może dostarczać energię do obwodu.

Źródła niezależne (autonomiczne)

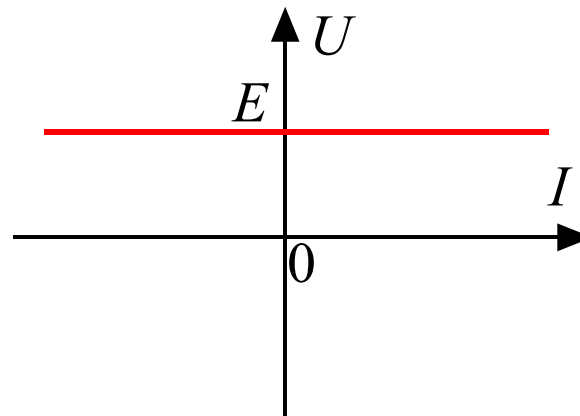
- Idealne źródło napięciowe (IŻN)

Prąd stały

$$\bigwedge_I U = E$$

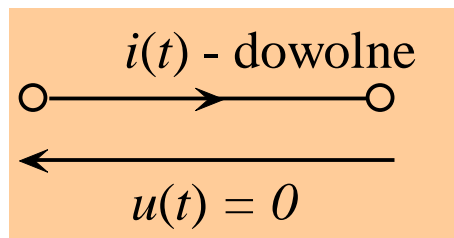


$$\bigwedge_i u = e$$



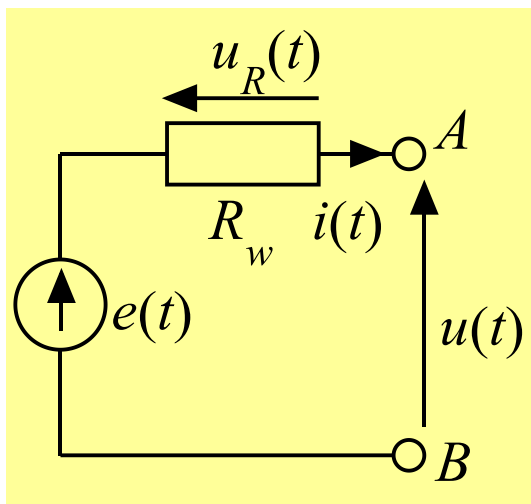
Jeśli $e(t) = 0$, idealne źródło napięcia stanowi element zwany zwarcie.

$$\bigwedge_i u = 0$$

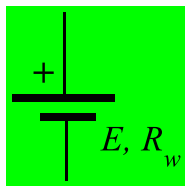


Źródła niezależne (autonomiczne)

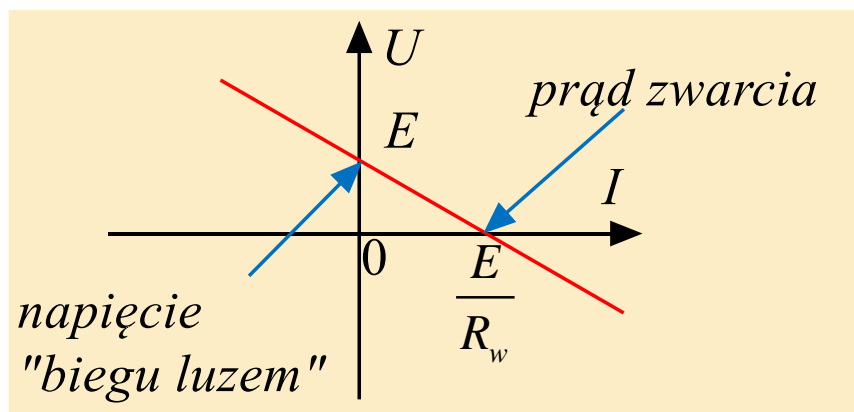
Rzeczywiste źródło napięciowe (RŹN)



Oznaczenie
akumulatora



Prąd stały



Definicja



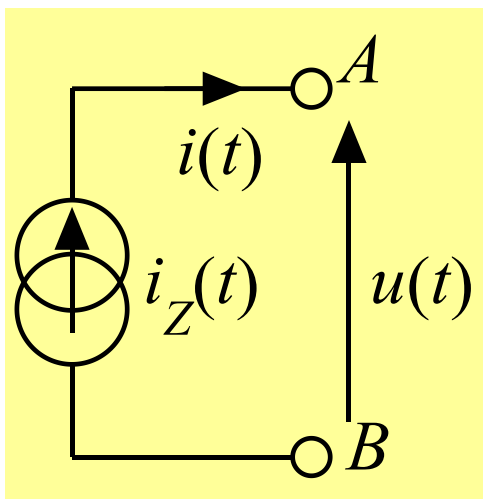
$$u(t) = e(t) - u_R(t)$$

$$u(t) = e(t) - i(t) \cdot R_w$$

$$U = E - I \cdot R_w$$

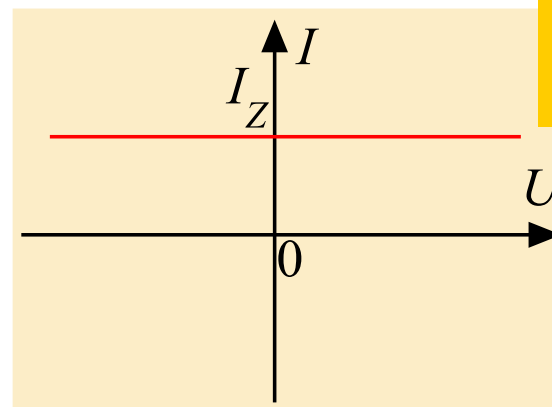
Źródła niezależne (autonomiczne)

- Idealne źródło prądowe (IŹP)



$$\bigwedge_u i = i_Z$$

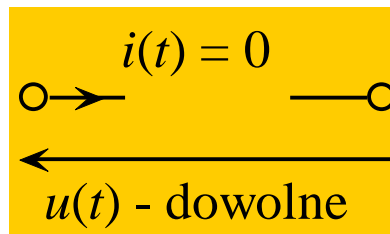
Prąd stały



$$\bigwedge_U I = I_Z$$

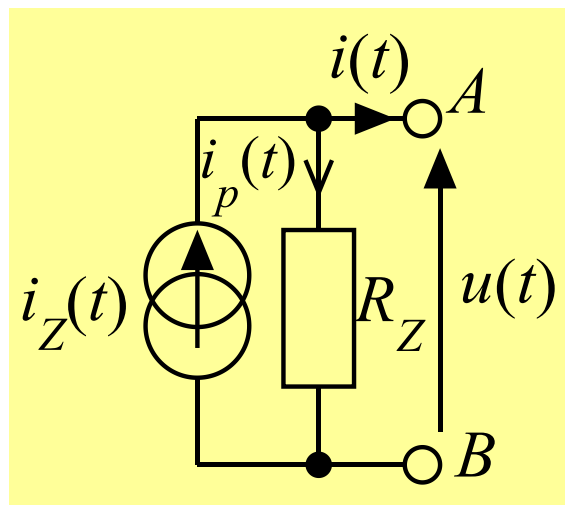
Jeśli $i_Z(t) = 0$, idealne źródło prądowe stanowi element zwany rozwarciem.

$$\bigwedge_u i = 0$$

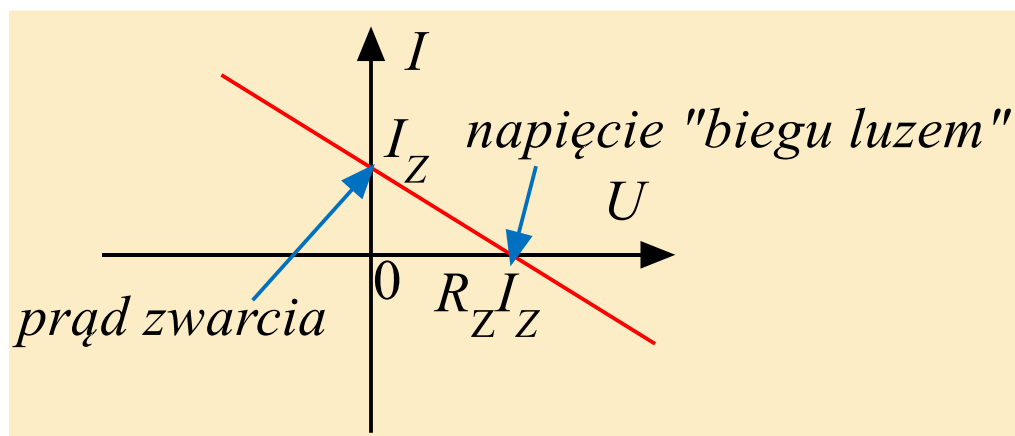


Źródła niezależne (autonomiczne)

Rzeczywiste źródło prądowe (RŹP)



Prąd stały



Definicja

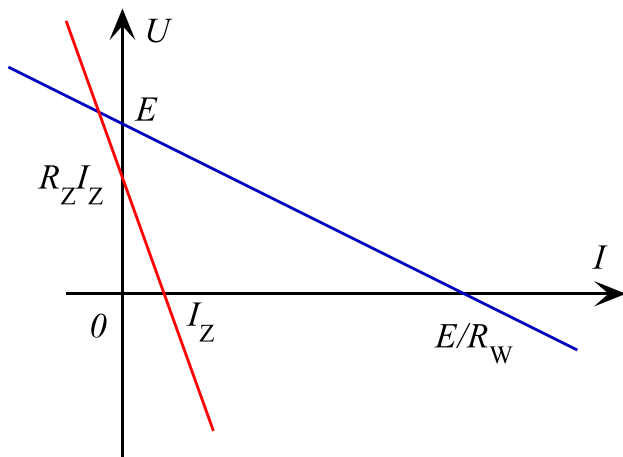
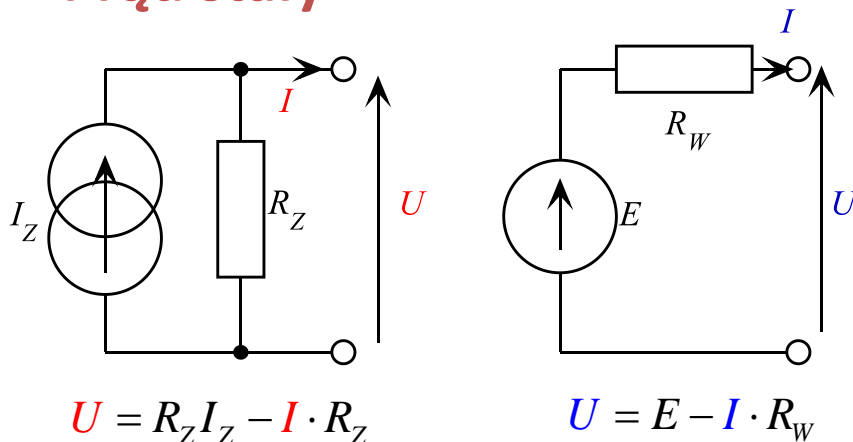
↓

$$i(t) = i_Z(t) - i_p(t)$$
$$i(t) = i_Z(t) - \frac{u(t)}{R_Z}$$

$$I = I_Z - \frac{U}{R_Z}$$

Równoważność RŻN i RŻP

Prąd stały



Aby zachodziła równoważność na zaciskach musi być spełniony warunek:

$$R_W = R_Z = R \text{ oraz } E = I_Z R$$

Zatem

Dane

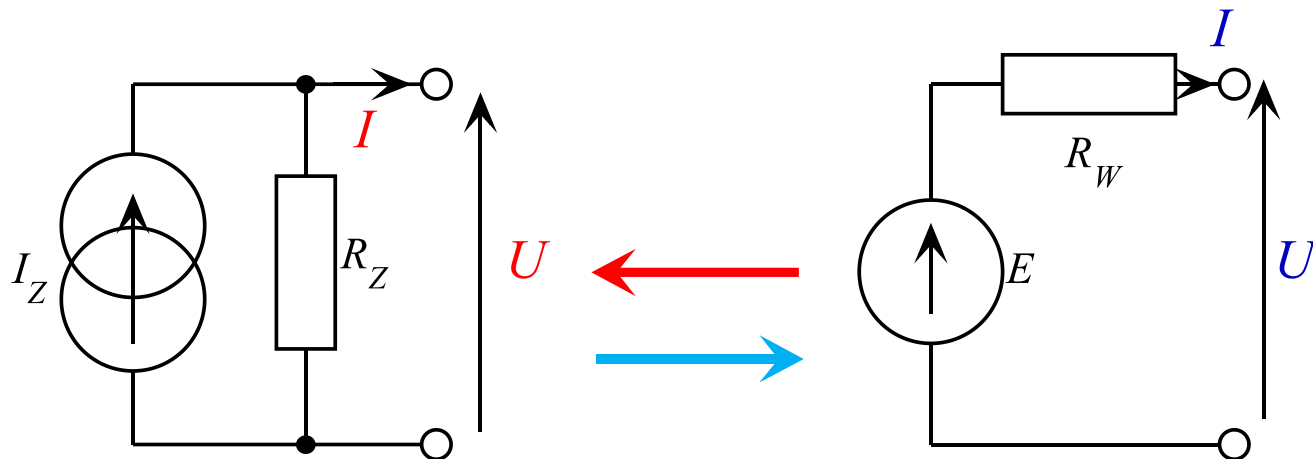
$$R_Z, I_Z \rightarrow E = R_Z \cdot I_Z, R_W = R_Z$$

Dane

$$E, R_W \rightarrow I_Z = \frac{E}{R_W}, R_Z = R_W$$

Równoważność RŻN i RŻP

Przykład



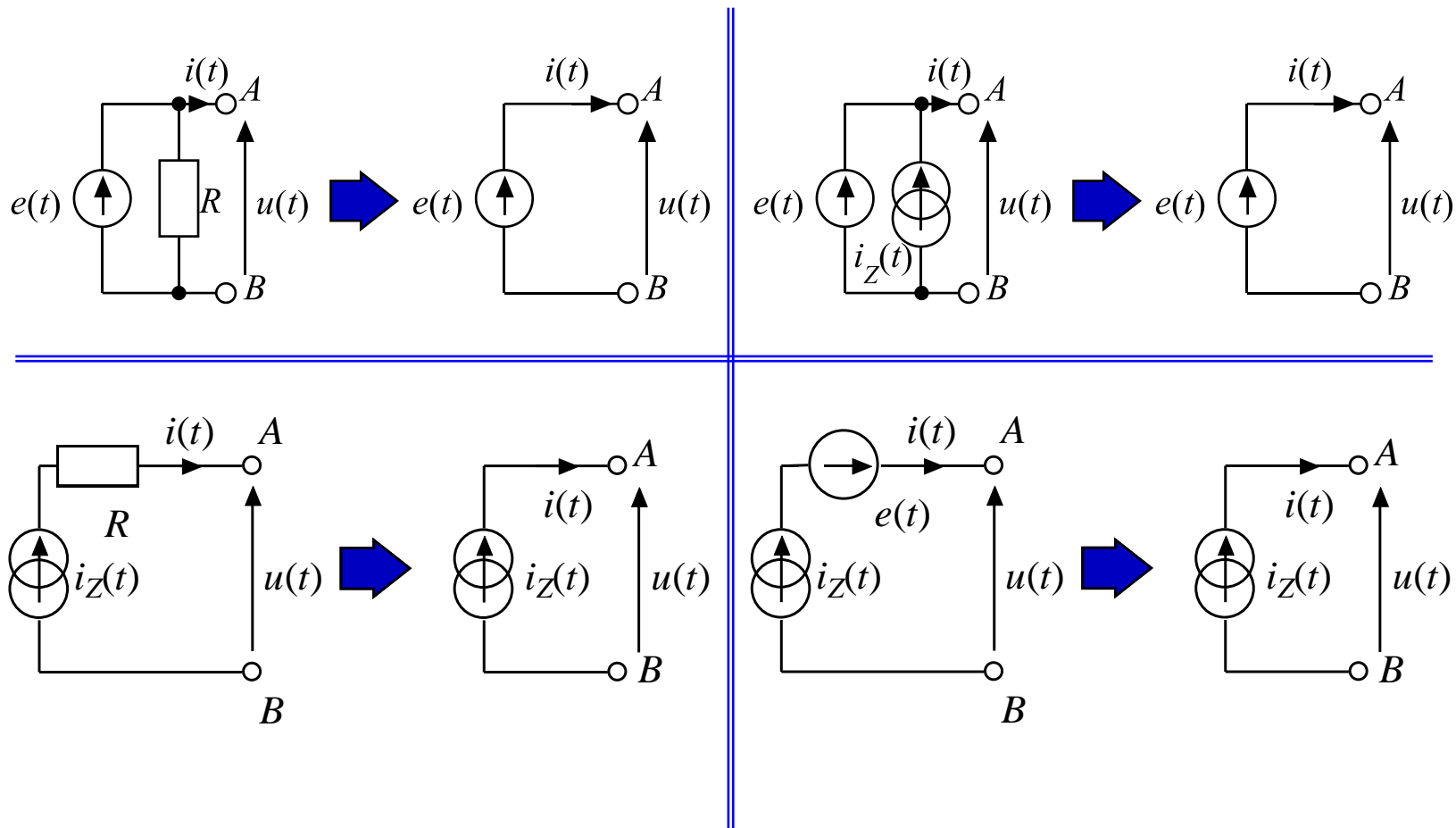
Dane

$$R_Z = 10\Omega, I_Z = 2\text{ A} \rightarrow E = R_Z \cdot I_Z = 20\text{ V}, R_W = R_Z = 10\Omega$$

Dane

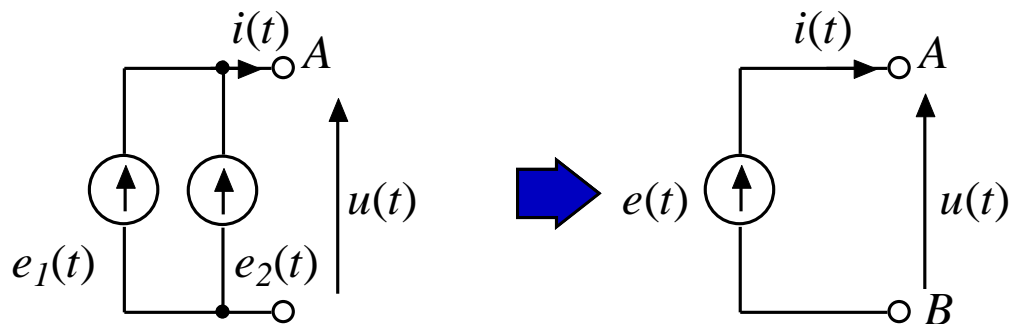
$$E = 40\text{ V}, R_W = 2\Omega \rightarrow I_z = \frac{E}{R_W} = 20\text{ A}, R_z = R_W = 2\Omega$$

Obwody równoważne na zaciskach - przykłady

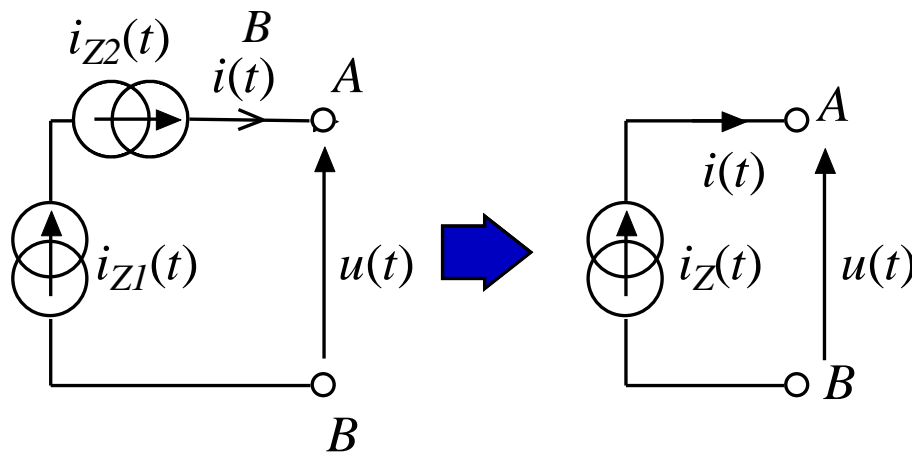


Obwody równoważne przykłady nieistotnych połączeń

Nieistotne połączenia, to połączenia, które nie wpływają na wypadkową charakterystykę układu (mają tylko wpływ na straty mocy w układzie wewnętrznym).



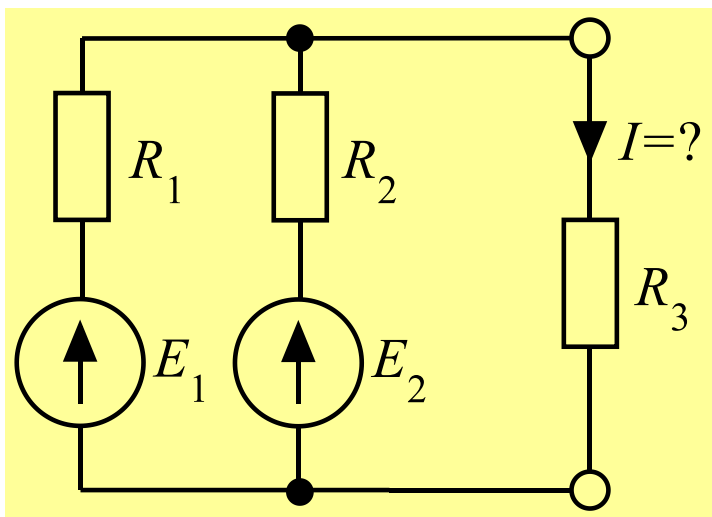
Pod warunkiem, że
 $e_1(t) = e_2(t) = e(t)$



Pod warunkiem, że
 $i_{z1}(t) = i_{z2}(t) = i_z(t)$

Przykład

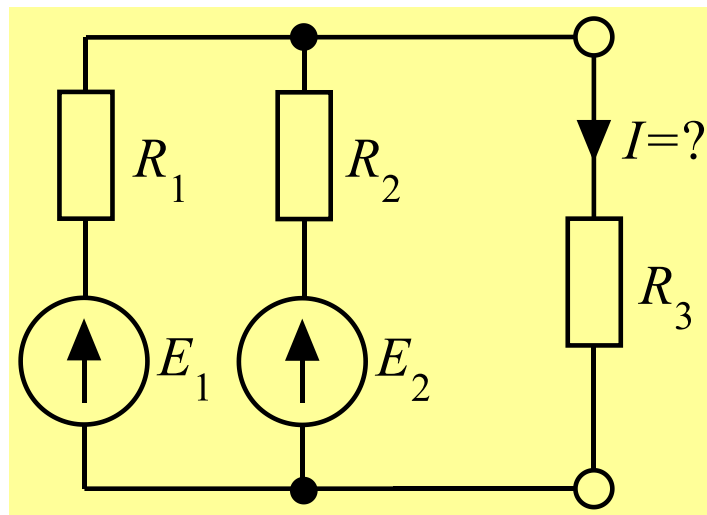
Obliczyć prąd I .



Dane

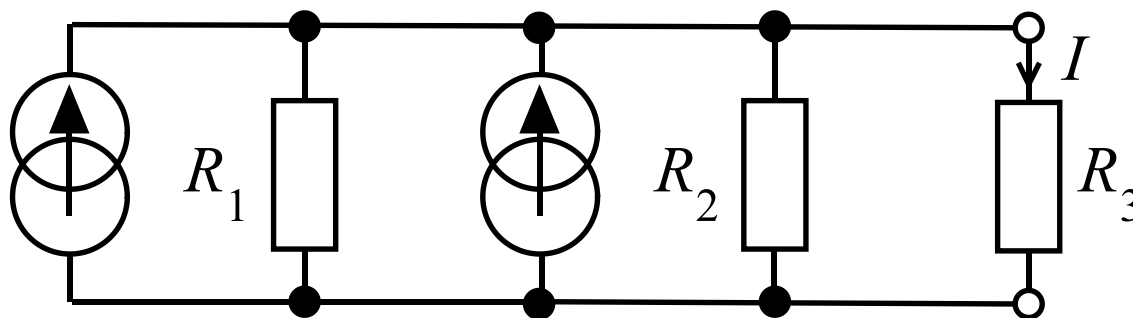
$$E_1 = 9\text{V}, R_1 = 3\Omega, E_2 = 12\text{V}, R_2 = 6\Omega, R_3 = 2\Omega$$

Przykład- Rozwiązanie



Dane

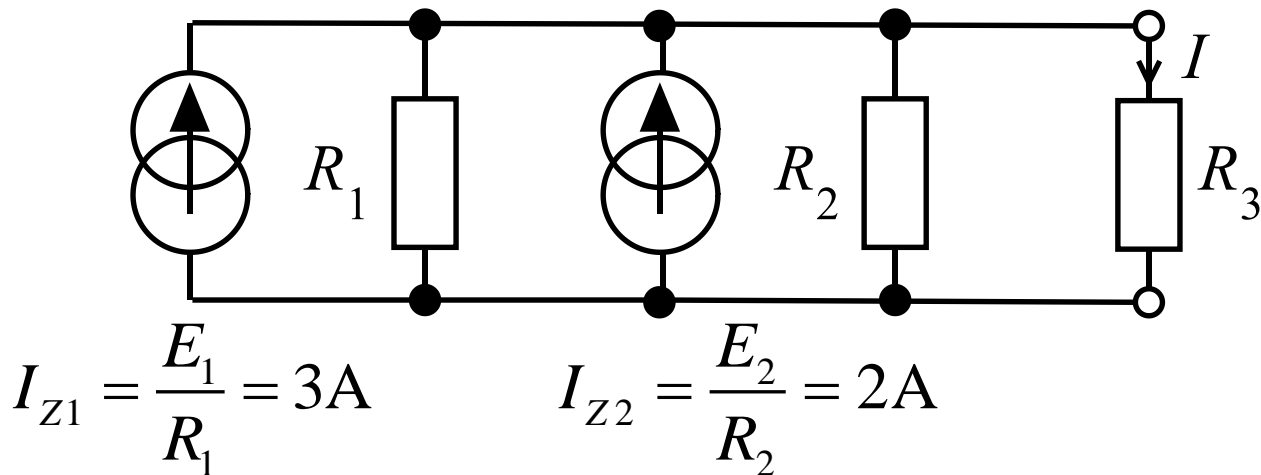
$$E_1 = 9\text{V}, R_1 = 3\Omega,$$
$$E_2 = 12\text{V}, R_2 = 6\Omega,$$
$$R_3 = 2\Omega$$



$$I_{Z1} = \frac{E_1}{R_1} = 3\text{A}$$

$$I_{Z2} = \frac{E_2}{R_2} = 2\text{A}$$

Przykład - Rozwiązanie

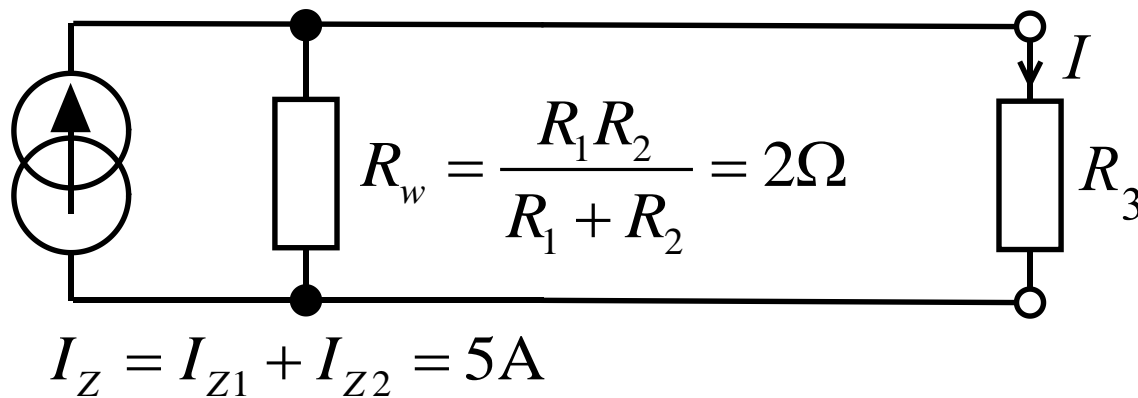


Dane

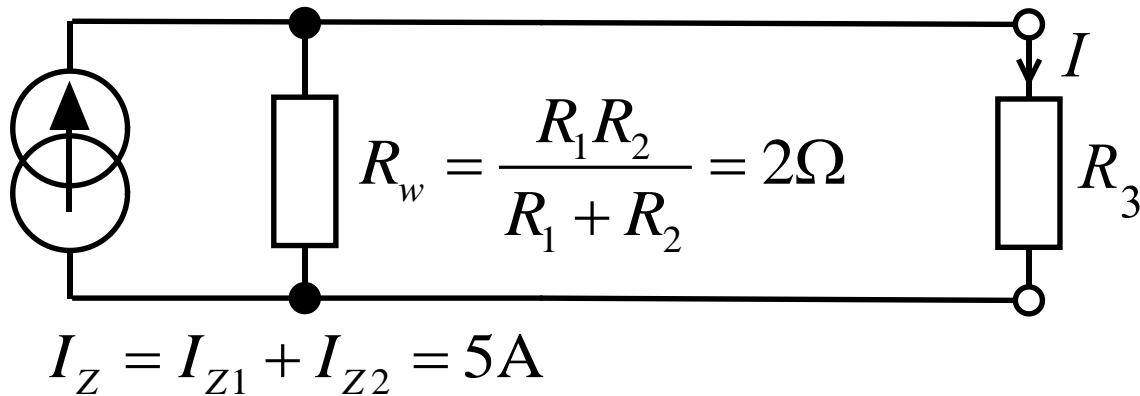
$$E_1 = 9V, R_1 = 3\Omega,$$

$$E_2 = 12V, R_2 = 6\Omega,$$

$$R_3 = 2\Omega$$



Przykład - Rozwiązanie

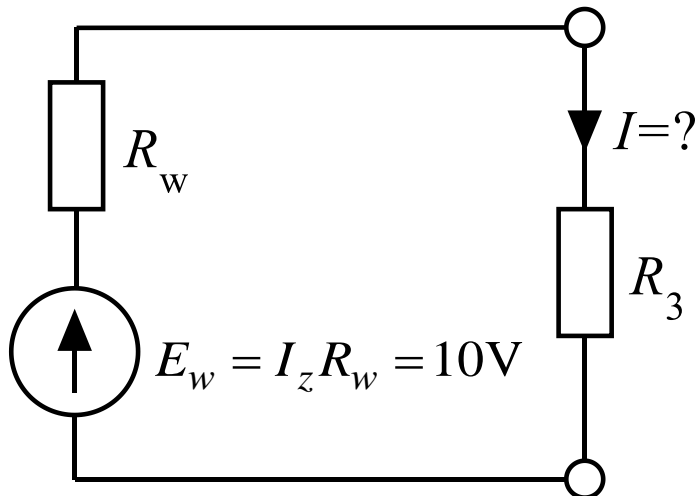


Dane

$$E_1 = 9\text{V}, R_1 = 3\Omega,$$

$$E_2 = 12\text{V}, R_1 = 6\Omega,$$

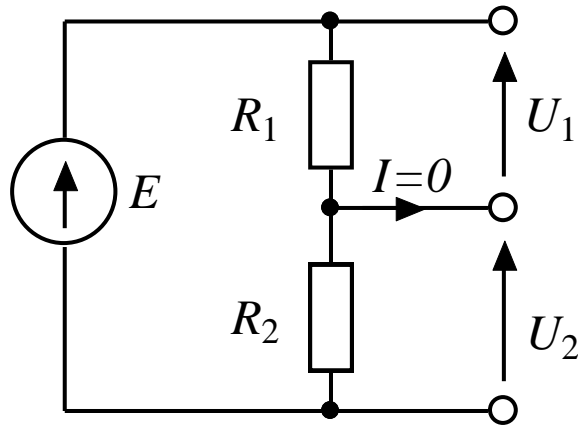
$$R_3 = 2\Omega$$



Rozwiązanie

$$I = \frac{E_w}{R_w + R_3} = \frac{10}{4} = 2,5\text{A}$$

Proste obwody – dzielnik napięcia

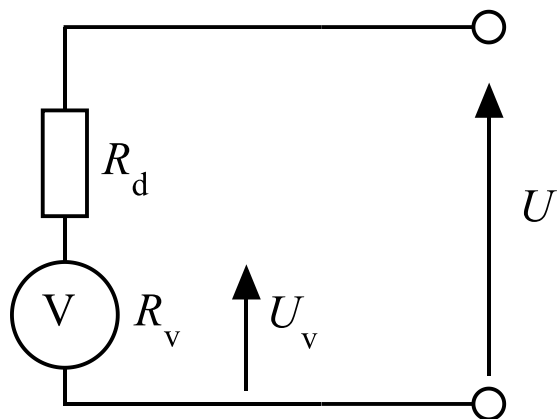


$$U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} E,$$

$$U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} E.$$

Dzielnik napięcia jest najważniejszym obwodem elektrycznym. Działanie wielu obwodów elektrycznych można zrozumieć łatwiej traktując jej jako dzielnik napięcia.

Proste obwody – dzielnik napięcia



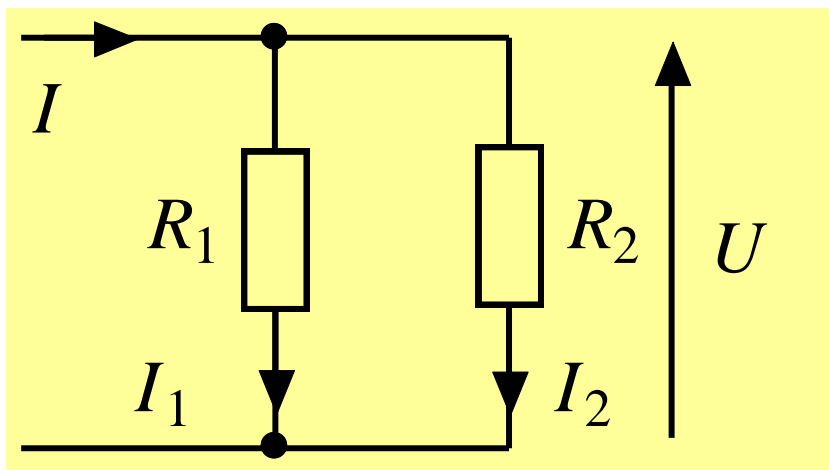
Układ dzielnika napięcia jest wykorzystywany m.in. do rozszerzania zakresu pomiarowego woltomierza prądu stałego. Aby zakres pomiarowy woltomierza o rezystancji R_v rozszerzyć n razy, trzeba połączyć z nim szeregowo taki rezystor R_d (posobnik), że

$$\frac{U_v}{U} = \frac{1}{n} \quad \text{czyli} \quad \frac{R_v}{R_v + R_d} = \frac{1}{n} \quad \text{więc} \quad \boxed{R_d = (n - 1) R_v}$$

np. niech $U = 100\text{V}, U_v = 100\text{mV}, R_v = 10\text{k}\Omega$

$$n = 1000, R_d = 999 \cdot 10^3 = 0,999\text{M}\Omega$$

Proste obwody – dzielnik prądowy



$$I = U(G_1 + G_2), \quad I_1 = UG_1, \quad I_2 = UG_2$$

$$I_1 = \frac{G_1}{G_1 + G_2} I = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I,$$

$$I_2 = \frac{G_2}{G_1 + G_2} I = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I.$$

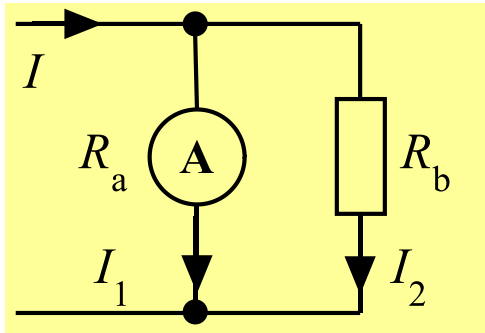
Gdy mamy N rezystorów połączonych równolegle, to

$$I_i = \frac{G_i}{\sum_{i=1}^N G_i} I,$$

gdzie

$$G_1 = \frac{1}{R_1}, \quad G_2 = \frac{1}{R_2}.$$

Proste obwody – dzielnik prądowy



Układ dzielnika prądu jest wykorzystywany m.in. do rozszerzania zakresu pomiarowego amperomierza prądu stałego. Aby zakres pomiarowy amperomierza o rezystancji R_a rozszerzyć n razy, trzeba połączyć z nim równolegle taki rezystor R_b (bocznik), że

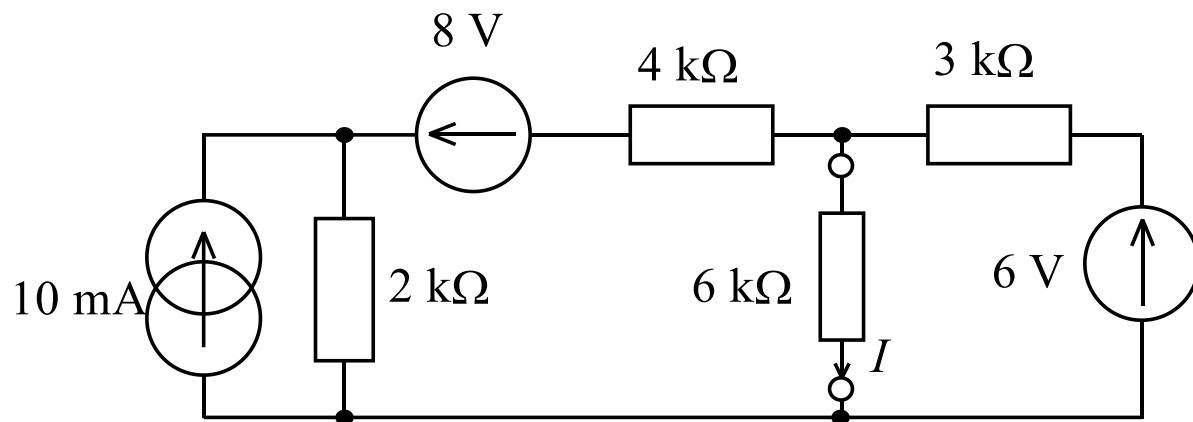
$$\frac{I_1}{I} = \frac{1}{n} \quad \text{czyli} \quad \frac{R_b}{R_a + R_b} = \frac{1}{n}$$

więc

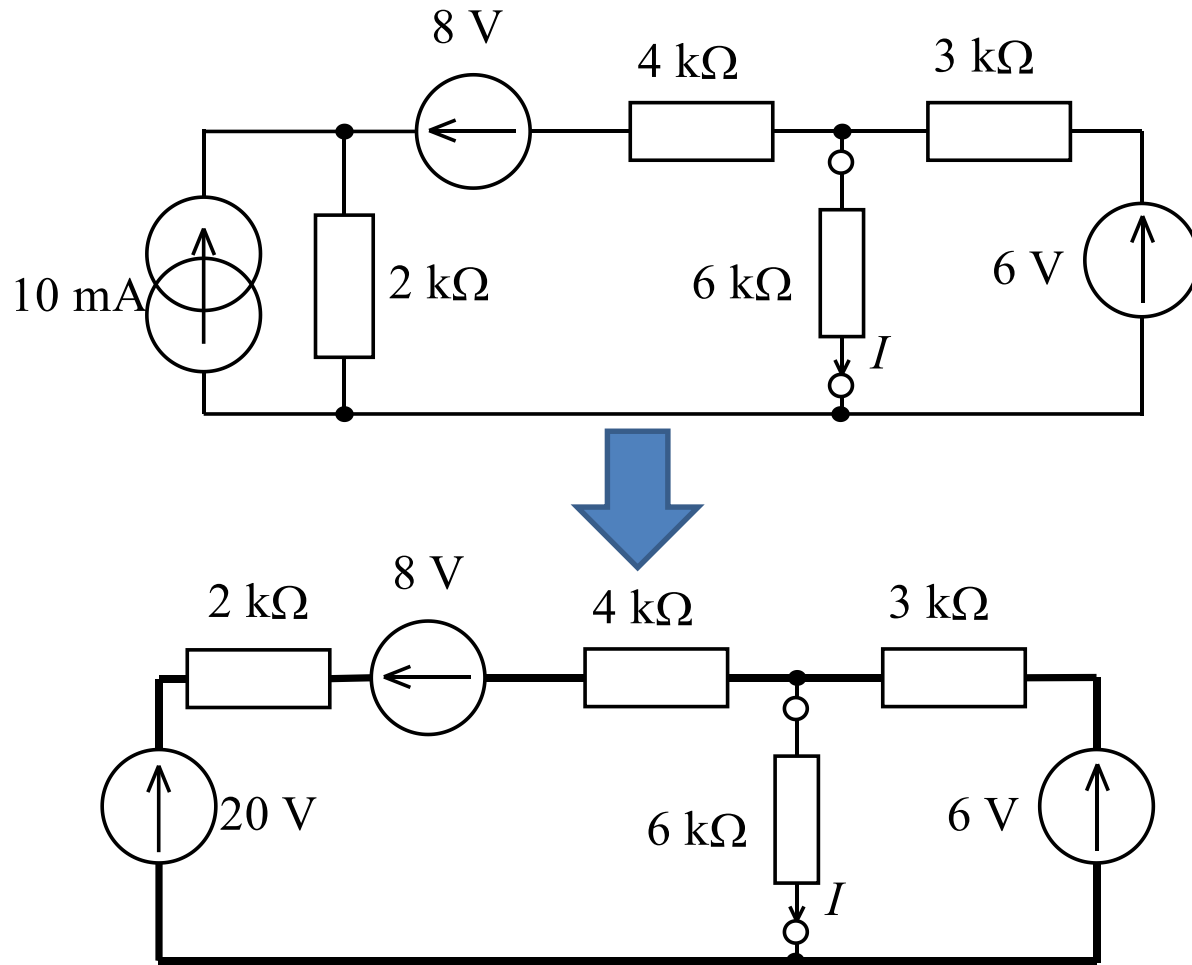
$$R_b = \frac{R_a}{n-1}.$$

Zadanie

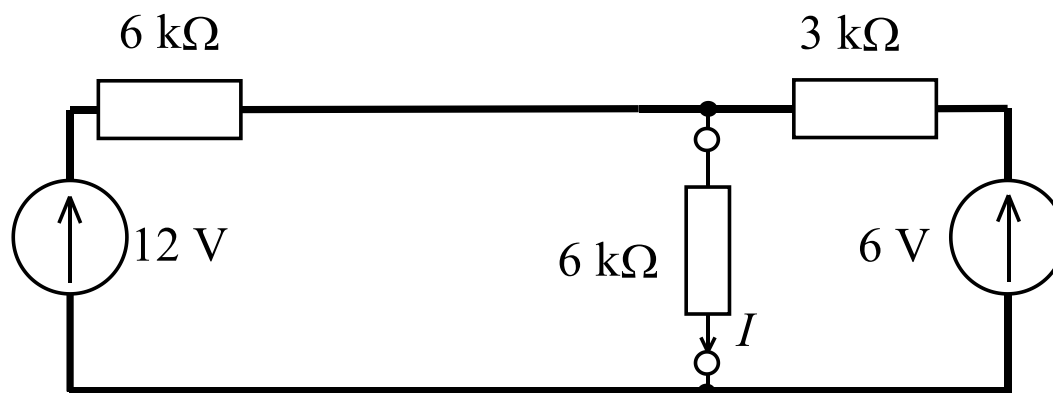
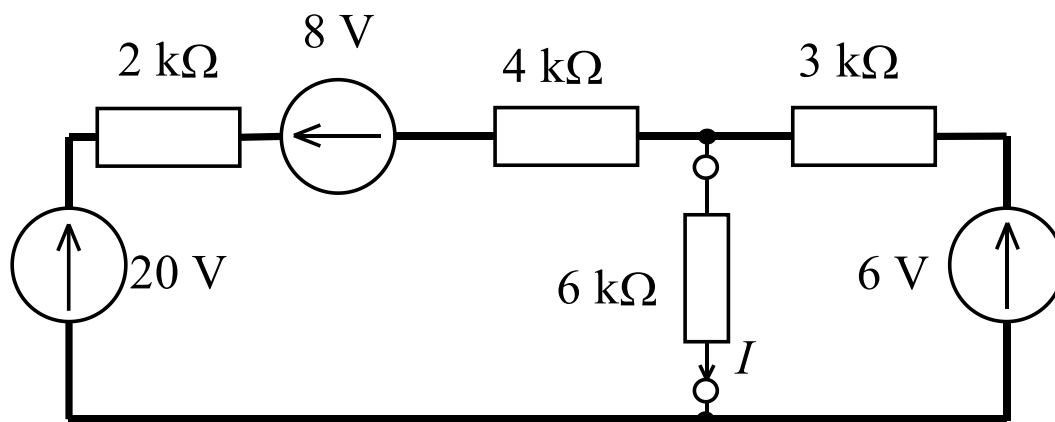
Metodą zamiany źródeł znaleźć prąd I .



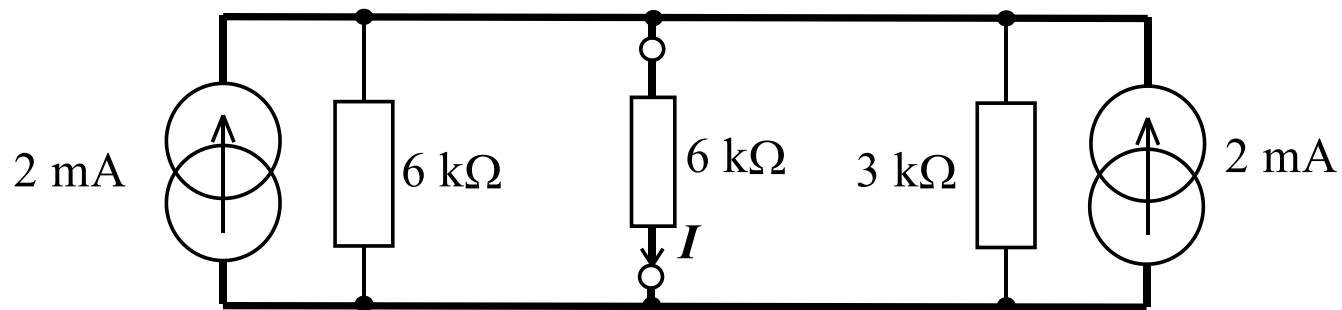
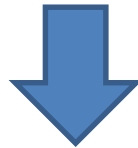
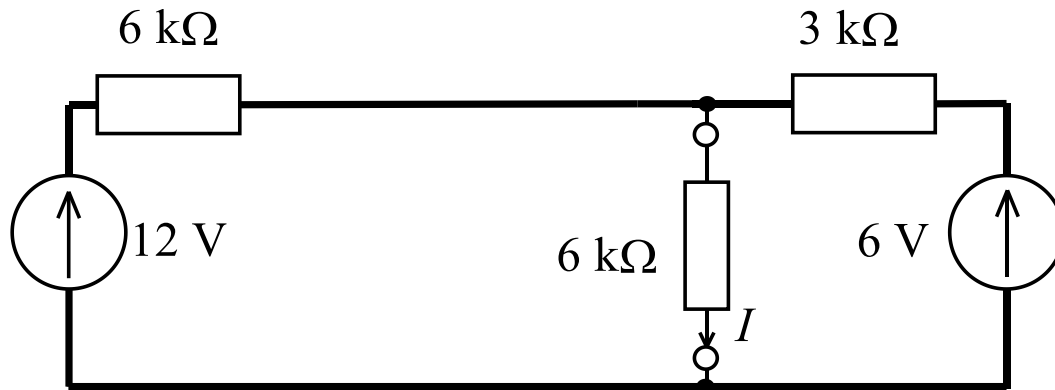
Zadanie- Rozwiązanie



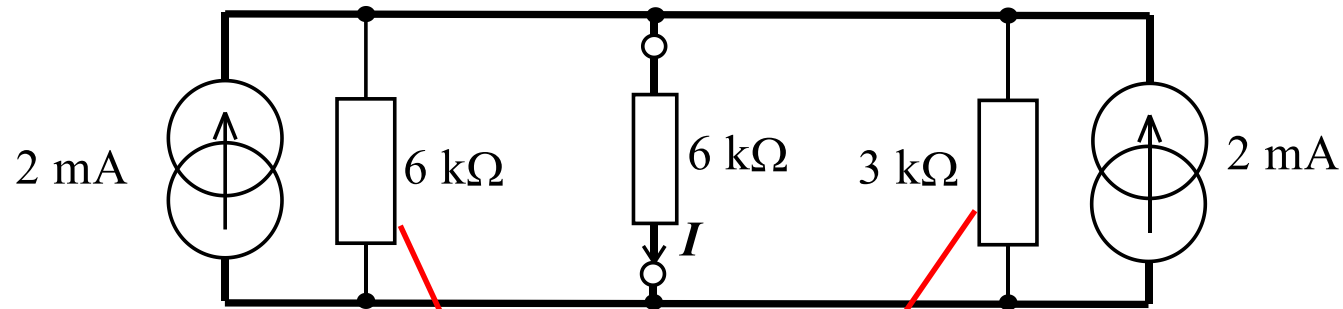
Zadanie- Rozwiązanie



Zadanie- Rozwiązanie

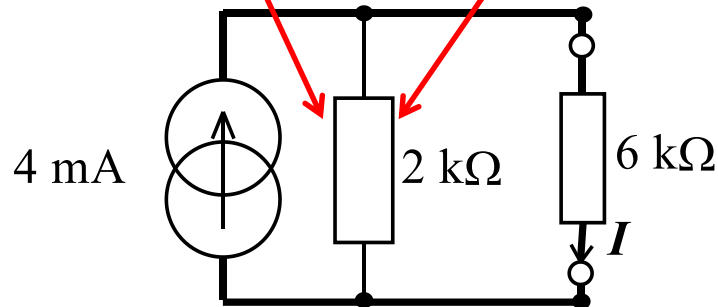


Zadanie- Rozwiązanie



$$\frac{6 \cdot 3}{6 + 3} = \frac{18}{9} = 2 \text{ k}\Omega$$

$$I = \frac{2}{2 + 6} 4 = 1 \text{ mA}$$



Analiza obwodu elektrycznego SLS (Skupionego, Liniowego, Stacjonarnego), e, i_z

Celem analizy obwodu elektrycznego jest wyznaczenie wszystkich wielkości elektrycznych w danym obwodzie.

Można w tym celu posłużyć się prawami Kirchhoffa dla węzłów niezależnych i oczek niezależnych obwodu oraz prawami Ohma, wiążącymi napięcia i prądy gałęziowe. Otrzymuje się wtedy :

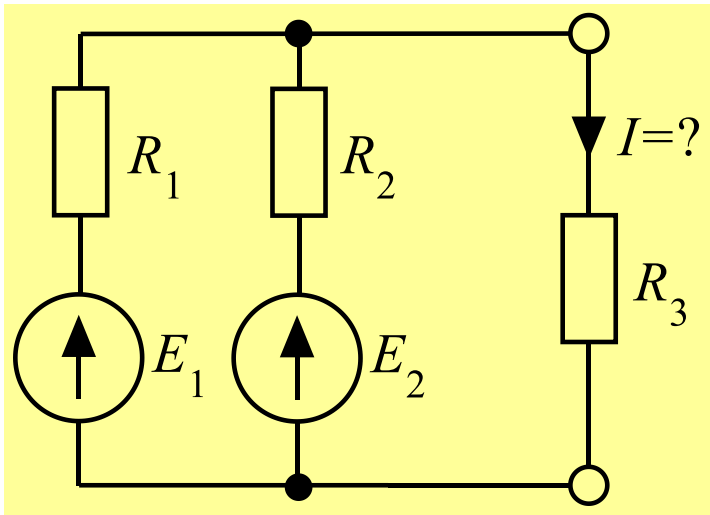
- $w - 1$ – równań z **PPK** (w – liczba węzłów),
- $g - w + 1$ – równań z **NPK** (g – liczba gałęzi)
- g – równań wynikających z prawa Ohma,

czyli razem $2g$ równań - tyle co niewiadomych
(g – napięć i g – prądów).

Mamy wówczas **komplet równań** dla danego obwodu.

Zadanie

Metodą praw Kirchhoffa i Ohma obliczyć prąd I .

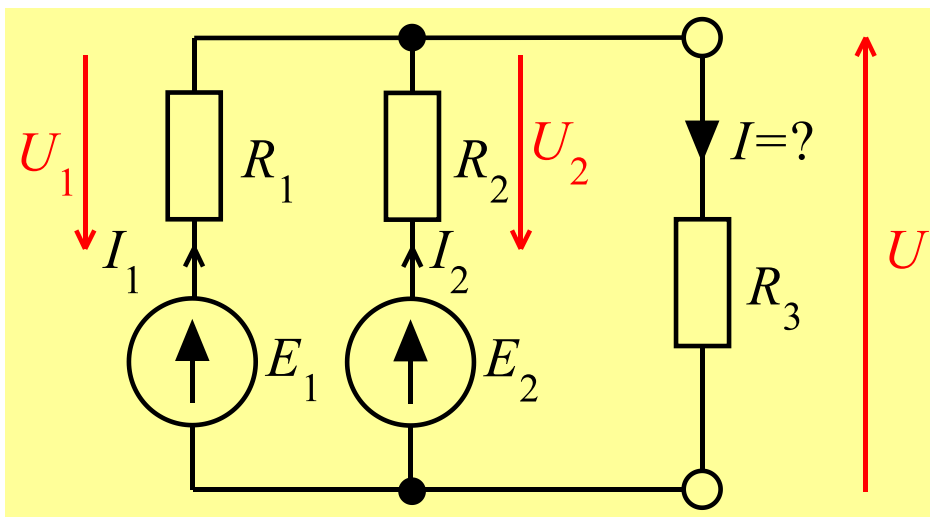


Dane

$$E_1 = 9\text{V}, E_2 = 12\text{V},$$

$$R_1 = 3\Omega, R_2 = 6\Omega, R_3 = 2\Omega$$

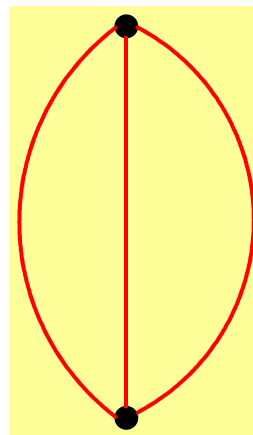
Zadanie - rozwiązanie



Dane

$$E_1 = 9\text{V}, R_1 = 3\Omega, E_2 = 12\text{V}, R_2 = 6\Omega, R_3 = 2\Omega$$

Graf obwodu



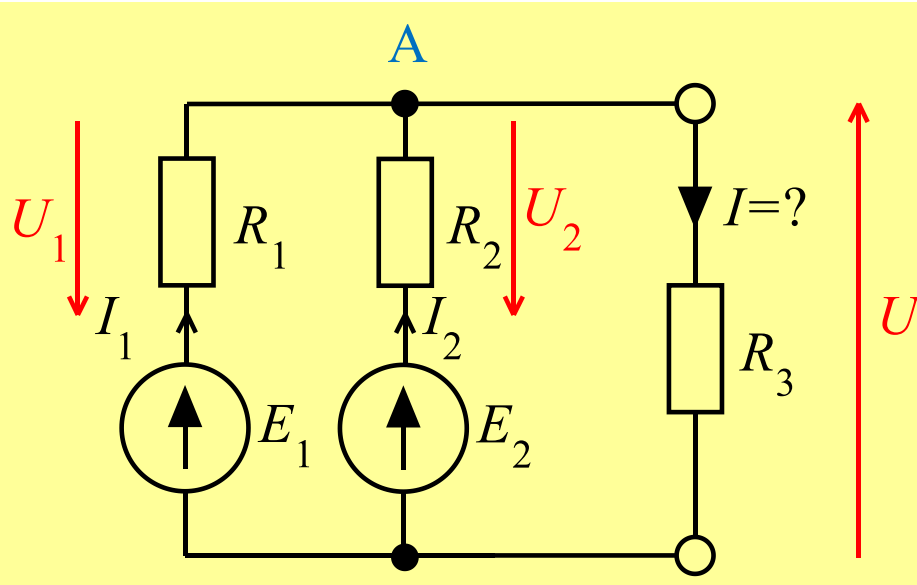
$$w = 2, g = 3$$

Rząd grafu – ile równań musimy ułożyć z **PPK**

Liczba cyklotematyczna – ile równań musimy ułożyć z **NPK**

$$\rho = w - 1 = 2 - 1 = 1, \quad \mu = g - w + 1 = 3 - 2 + 1 = 2$$

Zadanie -Rozwiązanie



Dane

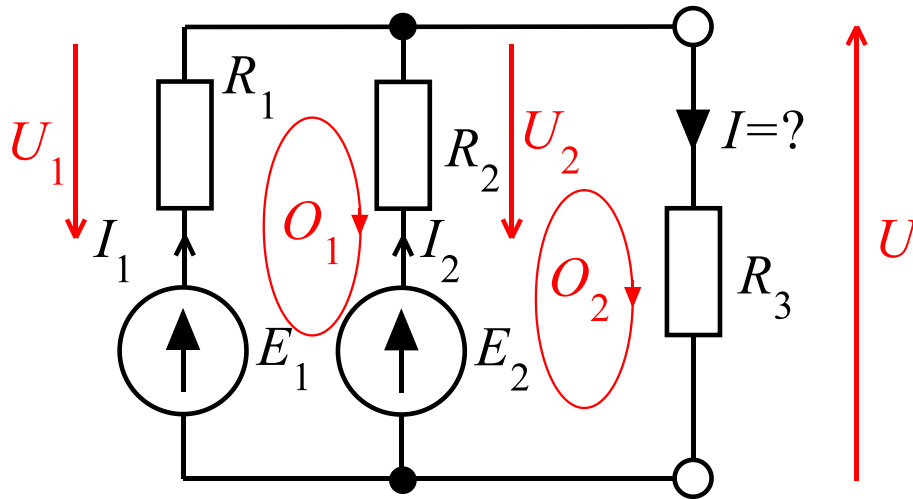
$$E_1 = 9\text{V}, R_1 = 3\Omega, E_2 = 12\text{V}, R_2 = 6\Omega, \\ R_3 = 2\Omega$$

Zatem z **PPK** należy ułożyć 1 równanie.

Dla węzła A

$$I_1 + I_2 = I$$

Zadanie -Rozwiązanie



Dane

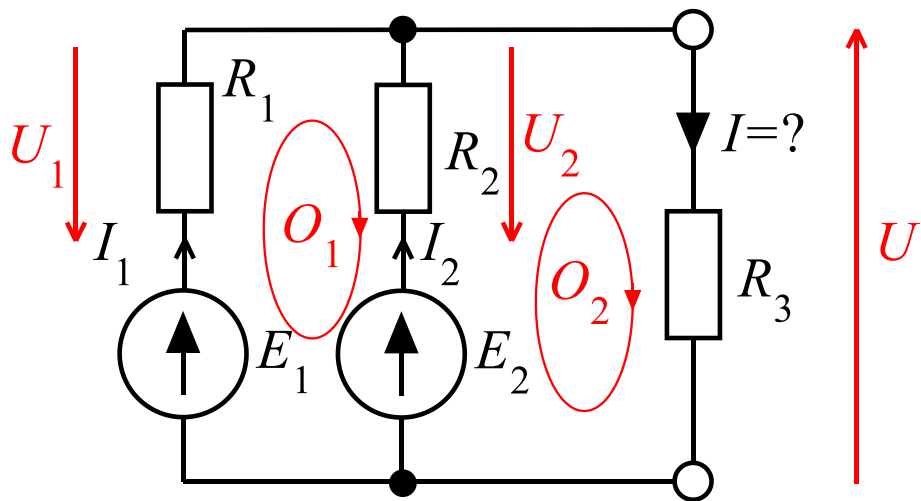
$$E_1 = 9\text{V}, R_1 = 3\Omega, E_2 = 12\text{V}, R_2 = 6\Omega, R_3 = 2\Omega$$

Z **NPK** należy ułożyć 2 równania

$$O_1: E_1 - U_1 + U_2 - E_2 = 0$$

$$O_2: E_2 - U_2 - U = 0$$

Przykład -Rozwiązanie



Dane

$E_1 = 9\text{V}$, $R_1 = 3\Omega$, $E_2 = 12\text{V}$, $R_2 = 6\Omega$,
 $R_3 = 2\Omega$

Z PO

$$R_1 : \quad U_1 = R_1 I_1$$

$$R_2 : \quad U_2 = R_2 I_2$$

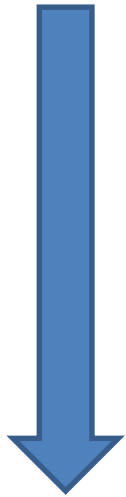
$$R_3 : \quad U = R_3 I$$

Zadanie -Rozwiązanie

Dane

$$E_1 = 9\text{V}, R_1 = 3\Omega, E_2 = 12\text{V}, R_2 = 6\Omega, \\ R_3 = 2\Omega$$

$$I_1 + I_2 = I$$



$$I_1 = I - I_2$$

$$E_1 - U_1 + U_2 - E_2 = 0 \\ E_2 - U_2 - U = 0$$



$$U_1 = R_1 I_1 \\ U_2 = R_2 I_2 \\ U = R_3 I$$



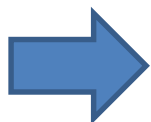
$$E_1 - R_1 I_1 + R_2 I_2 - E_2 = 0 \\ E_2 - R_2 I_2 - R_3 I = 0$$

Zadanie -Rozwiązanie

Dane

$$E_1 = 9\text{V}, R_1 = 3\Omega, E_2 = 12\text{V}, R_2 = 6\Omega, \\ R_3 = 2\Omega$$

$$I_1 = I - I_2$$



$$E_1 - R_1 I_1 + R_2 I_2 - E_2 = 0 \\ E_2 - R_2 I_2 - R_3 I = 0$$



$$E_1 - R_1 (I - I_2) + R_2 I_2 - E_2 = 0$$

$$E_2 - R_2 I_2 - R_3 I = 0$$

$$-R_1 I + (R_1 + R_2) I_2 = E_2 - E_1$$

$$R_3 I + R_2 I_2 = E_2$$



$$\begin{bmatrix} -3 & 9 \\ 2 & 6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I \\ I_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3 \\ 12 \end{bmatrix}$$

Zadanie -Rozwiązanie

$$\begin{bmatrix} -3 & 9 \\ 2 & 6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I \\ I_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3 \\ 12 \end{bmatrix}$$

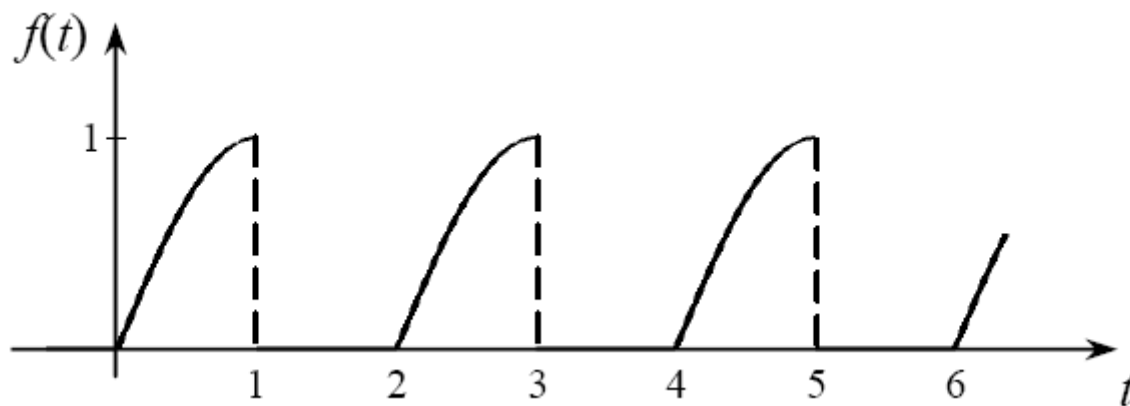
Wzór Cramera

$$I = \frac{\begin{vmatrix} 3 & 9 \\ 12 & 6 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} -3 & 9 \\ 2 & 6 \end{vmatrix}} = \frac{-90}{-36} = 2,5\text{A}$$

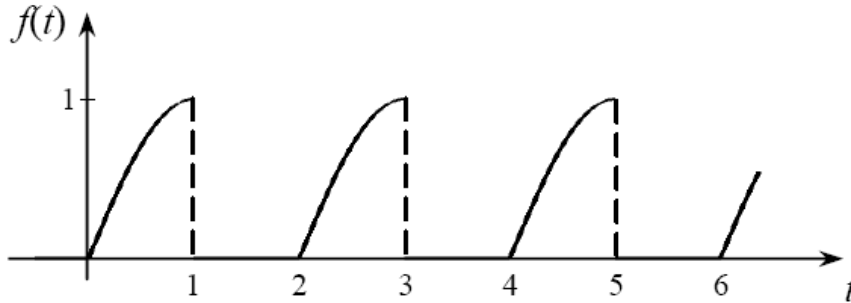
Sygnały okresowe-Przykład

Obliczyć wartość średnią, średnią arytmetyczną i skuteczną przebiegu okresowego, którego wykres przedstawiono na rysunku w przypadku

1. sygnał $f(t)$ jest fragmentem paraboli,
2. sygnał $f(t)$ jest fragmentem sinusa.



Sygnal $f(t)$ jest fragmentem paraboli

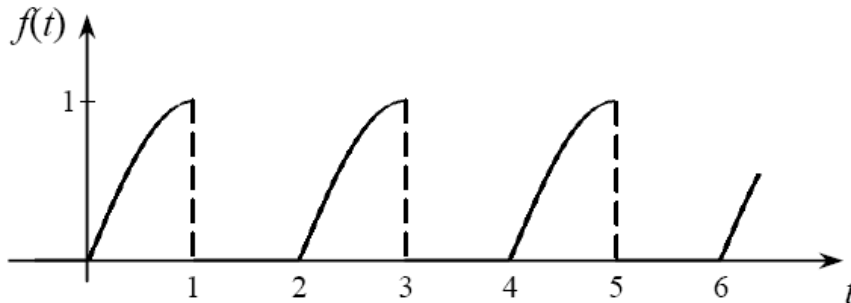


$$f_T(t) = \begin{cases} -t(t-2) & 0 \leq t \leq 1, \\ 0 & 1 < t \leq 2. \end{cases}$$

$$F_S = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} f(t) dt = \frac{1}{2} \int_0^1 -t(t-2) dt = \frac{1}{2} \left(-\frac{t^3}{3} + \frac{2t^2}{2} \right) \Big|_0^1 = \frac{1}{2} \left(-\frac{1}{3} + 1 \right) = \frac{1}{3}$$

$$F_{SA} = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} |f(t)| dt = F_S = \frac{1}{3}$$

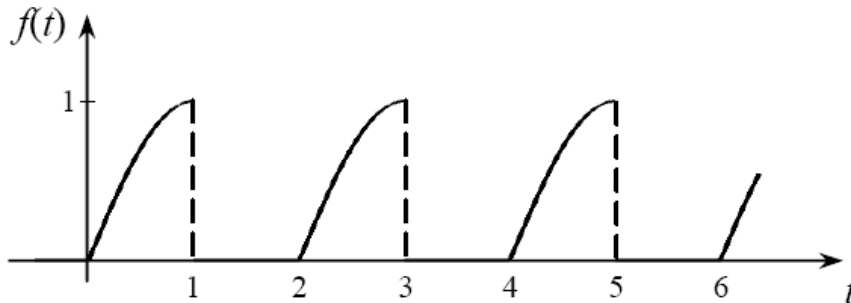
Sygnal $f(t)$ jest fragmentem paraboli



$$f_T(t) = \begin{cases} -t(t-2) & 0 \leq t \leq 1, \\ 0 & 1 < t \leq 2. \end{cases}$$

$$\begin{aligned} F_{sk} &= \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} f^2(t) dt} = \sqrt{\frac{1}{2} \int_0^1 (-t(t-2))^2 dt} = \sqrt{\frac{1}{2} \int_0^1 (t^4 - 4t^3 + 4t^2) dt} = \\ &= \sqrt{\frac{1}{2} \left(\frac{t^5}{5} - t^4 + \frac{4t^3}{3} \right) \Big|_0^1} = \sqrt{\frac{1}{2} \cdot \frac{8}{15}} = \frac{2\sqrt{15}}{15} \approx 0,516 \end{aligned}$$

Sygnal $f(t)$ jest fragmentem sinusa

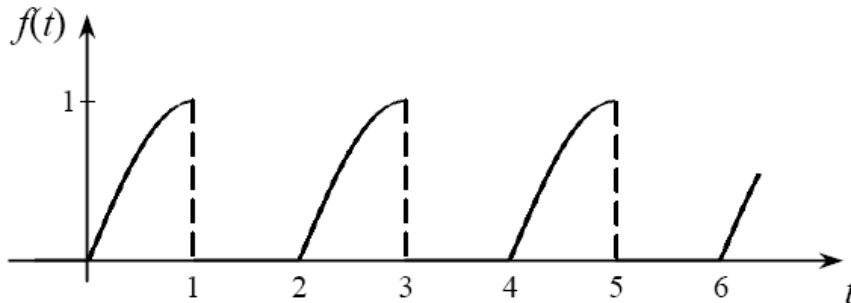


$$f_T(t) = \begin{cases} \sin\left(\frac{\pi}{2}t\right) & 0 \leq t \leq 1, \\ 0 & 1 < t \leq 2. \end{cases}$$

$$F_S = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} f(t) dt = \frac{1}{2} \int_0^1 \sin\left(\frac{\pi}{2}t\right) dt = \frac{1}{2} \left(-\frac{2 \cos\left(\frac{\pi}{2}t\right)}{\pi} \right) \bigg|_0^1 = \frac{1}{2} \left(0 + \frac{2}{\pi} \right) = \frac{1}{\pi}$$

$$F_{SA} = F_S$$

Sygnal $f(t)$ jest fragmentem sinusa

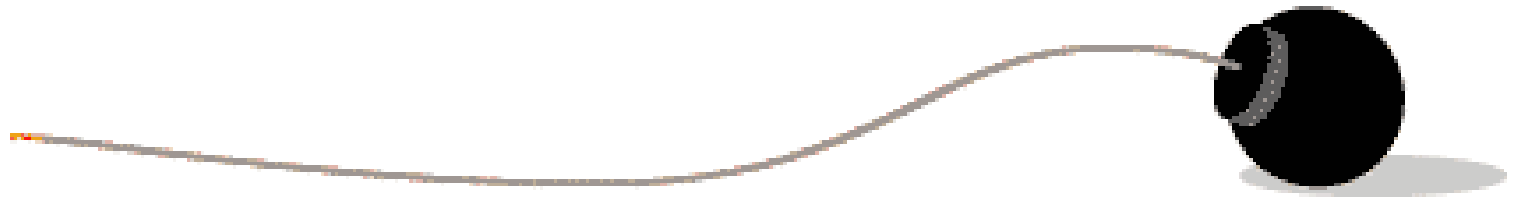


$$f_T(t) = \begin{cases} \sin\left(\frac{\pi}{2}t\right) & 0 \leq t \leq 1, \\ 0 & 1 < t \leq 2. \end{cases}$$

$$\begin{aligned} F_{sk} &= \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} f^2(t) dt} = \sqrt{\frac{1}{2} \int_0^1 \sin^2\left(\frac{\pi}{2}t\right) dt} = \sqrt{\frac{1}{2} \int_0^1 \left(\frac{1}{2} - \frac{\cos(\pi t)}{2}\right) dt} = \\ &= \sqrt{\frac{1}{2} \left(\frac{t}{2} - \frac{\sin(\pi t)}{2\pi}\right) \Big|_0^1} = \sqrt{\frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} - 0\right)} = \frac{1}{2} \end{aligned}$$

wykorzystano

$$\sin^2\left(\frac{x}{2}\right) = \frac{1}{2} - \frac{\cos(x)}{2}$$



THE END