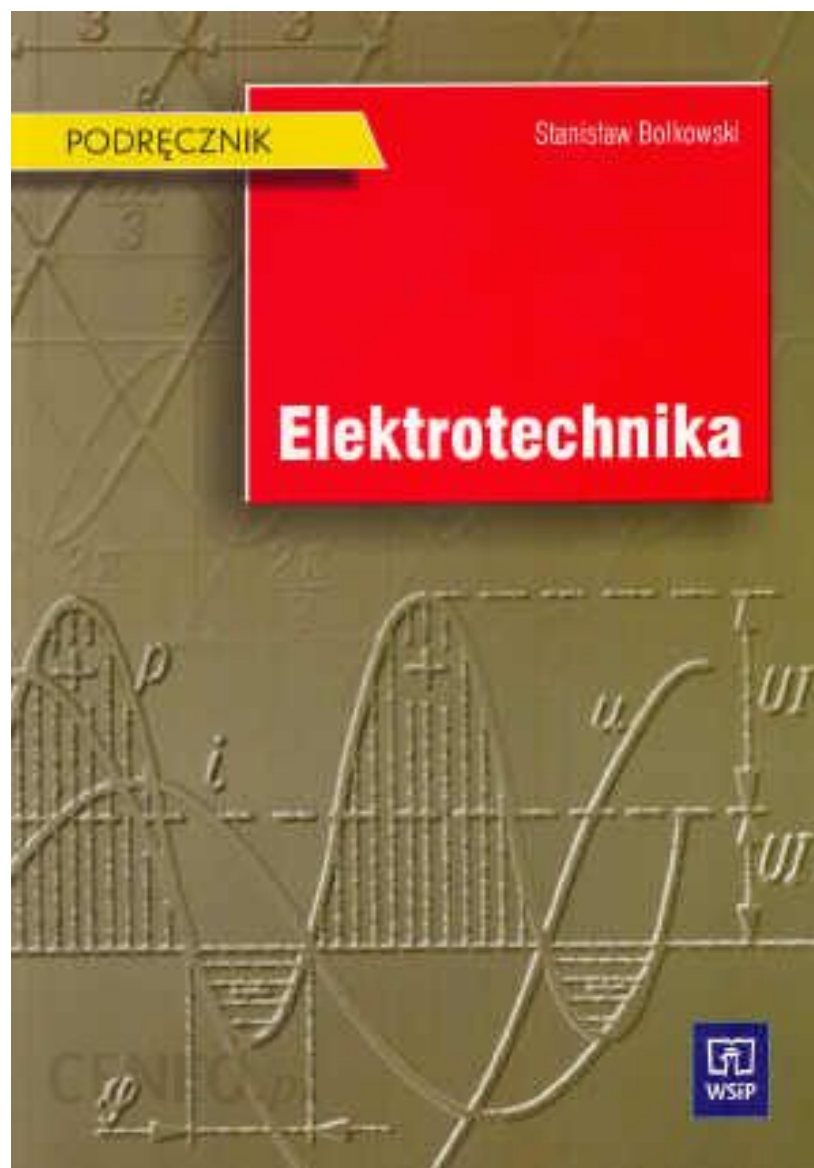


PODSTAWY ELEKTROTECHNIKI

część 1

PODRECZNIKI



Montaż, uruchamianie
i konserwacja instalacji,
maszyn i urządzeń
elektrycznych

Część 1

ELE.02 EE.05



Podręcznik do nauki zawodu

• TECHNIK ELEKTRYK
• ELEKTRYK

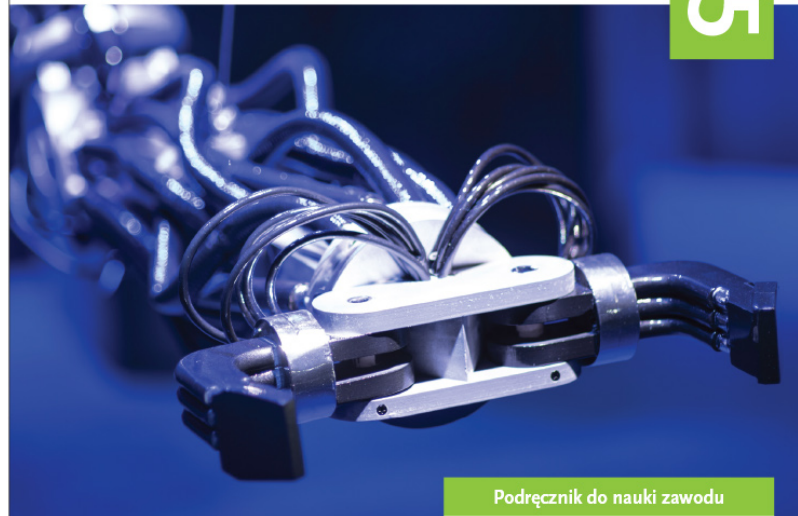


REFORMA
2017

Część 2

Montaż, uruchamianie
i konserwacja instalacji,
maszyn i urządzeń
elektrycznych

EE.05



Podręcznik do nauki zawodu

• TECHNIK ELEKTRYK
• ELEKTRYK



Lp.	Nazwa wielkości fizycznej	Nazwa jednostki miary	Oznaczenie jednostki miary
1	Energia, praca	dżul	J
2	Moc	wat	W
3	Ładunek elektryczny	kulomb	C
4	Napięcie, różnica potencjałów	wolt	V
5	Strumień indukcji elektrycznej	kulomb	C
6	Indukcja elektryczna	kulomb na metr kwadratowy	C/m ²
7	Natężenie pola elektrycznego	wolt na metr	V/m
8	Opór elektryczny	om	Ω
9	Przewodność elektryczna	siemens	s
10	Pojemność elektryczna	farad	F
11	Strumień magnetyczny	weber	Wb
12	Indukcja magnetyczna	tesla (weber na metr kwadratowy)	T, Wb/m ²
13	Siła magnetomotoryczna	amper (amperozwój)	A, Az
14	Natężenie pola magnetycznego	amper na metr	A/m
15	Indukcyjność, indukcyjność wzajemna	henr	H
16	Przenikalność elektryczna	farad na metr	F/m
17	Przenikalność magnetyczna	henr na metr	H/m
18	Moc pozorna	woltoamper	V*A
19	Moc czynna	wat	W
20	Moc bierna	war	var

Nazwa	S.	Mnożnik	Nazwa mnożnika
jotta (gr. <i>οκτώ</i> (<i>okto</i>) – osiem)	Y	1 000 000 000 000 000 000 000 000 = 10^{24}	kwadrylion
zetta (łac. <i>septem</i> – siedem)	Z	1 000 000 000 000 000 000 000 = 10^{21}	tryliard
eksa (gr. <i>ἕξ</i> (<i>hexa</i>) – sześć)	E	1 000 000 000 000 000 000 = 10^{18}	trylion
peta (gr. <i>penta</i> – pięć)	P	1 000 000 000 000 000 = 10^{15}	biliard
tera (gr. <i>teras</i> – potwór)	T	1 000 000 000 000 = 10^{12}	bilion
giga (gr. <i>gigas</i> – olbrzymi)	G	1 000 000 000 = 10^9	miliard
mega (gr. <i>megas</i> – wielki)	M	1 000 000 = 10^6	milion
kilo (gr. <i>khilioi</i> – tysiąc)	k	1000 = 10^3	tysiąc
hekto (gr. <i>hekaton</i> – sto)	h	100 = 10^2	sto
deka (gr. <i>deka</i> – dziesięć)	da	10 = 10^1	dziesięć
		1 = 10^0	jeden

Nazwa	S.	Mnożnik	Nazwa mnożnika
		$1 = 10^0$	jeden
decy (łac. <i>decimus</i> – dziesiąty)	d	$0,1 = 10^{-1}$	jedna dziesiąta
centy (łac. <i>centum</i> – sto)	c	$0,01 = 10^{-2}$	jedna setna
mili (łac. <i>mille</i> – tysiąc)	m	$0,001 = 10^{-3}$	jedna tysięczna
mikro (gr. <i>mikros</i> – mały)	μ	$0,000\ 001 = 10^{-6}$	jedna milionowa
nano (gr. <i>nanos</i> – karzeł)	n	$0,000\ 000\ 001 = 10^{-9}$	jedna miliardowa
piko (wł. <i>piccolo</i> – mały)	p	$0,000\ 000\ 000\ 001 = 10^{-12}$	jedna bilionowa
femto (duń. <i>femten</i> – piętnaście)	f	$0,000\ 000\ 000\ 000\ 001 = 10^{-15}$	jedna biliardowa
atto (duń. <i>atten</i> – osiemnaście)	a	$0,000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 001 = 10^{-18}$	jedna trylionowa
zepto (fr. <i>sept</i> , gr. <i>septem</i> – siedem)	z	$0,000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 001 = 10^{-21}$	jedna tryliardowa
jokto (gr. <i>οκτώ</i> (<i>okto</i>) – osiem)	y	$0,000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 001 = 10^{-24}$	jedna kwadrylionowa

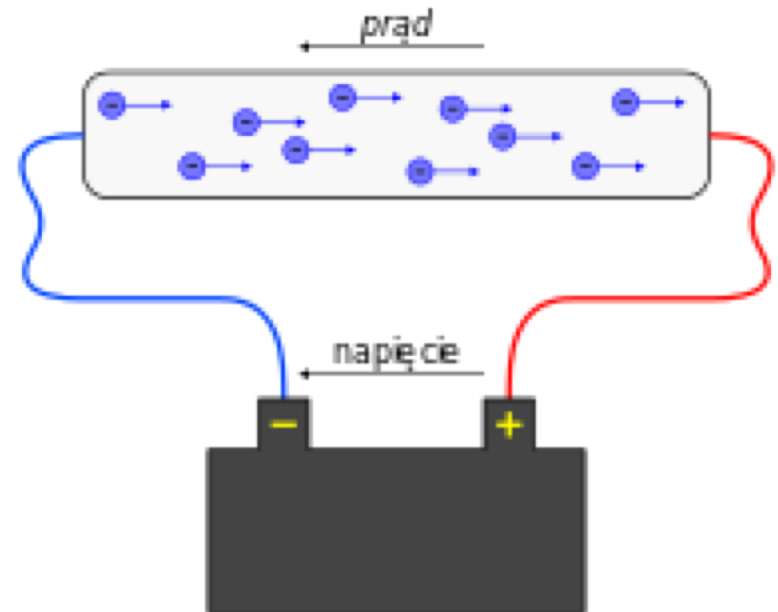
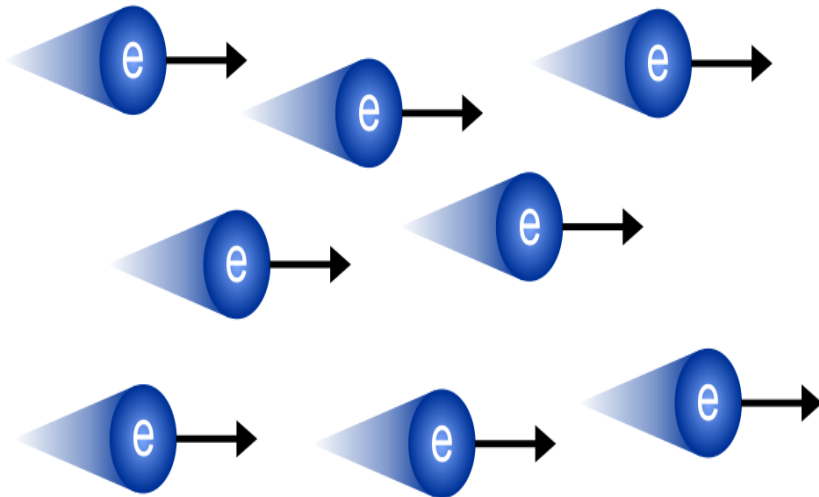
Co to jest prąd elektryczny

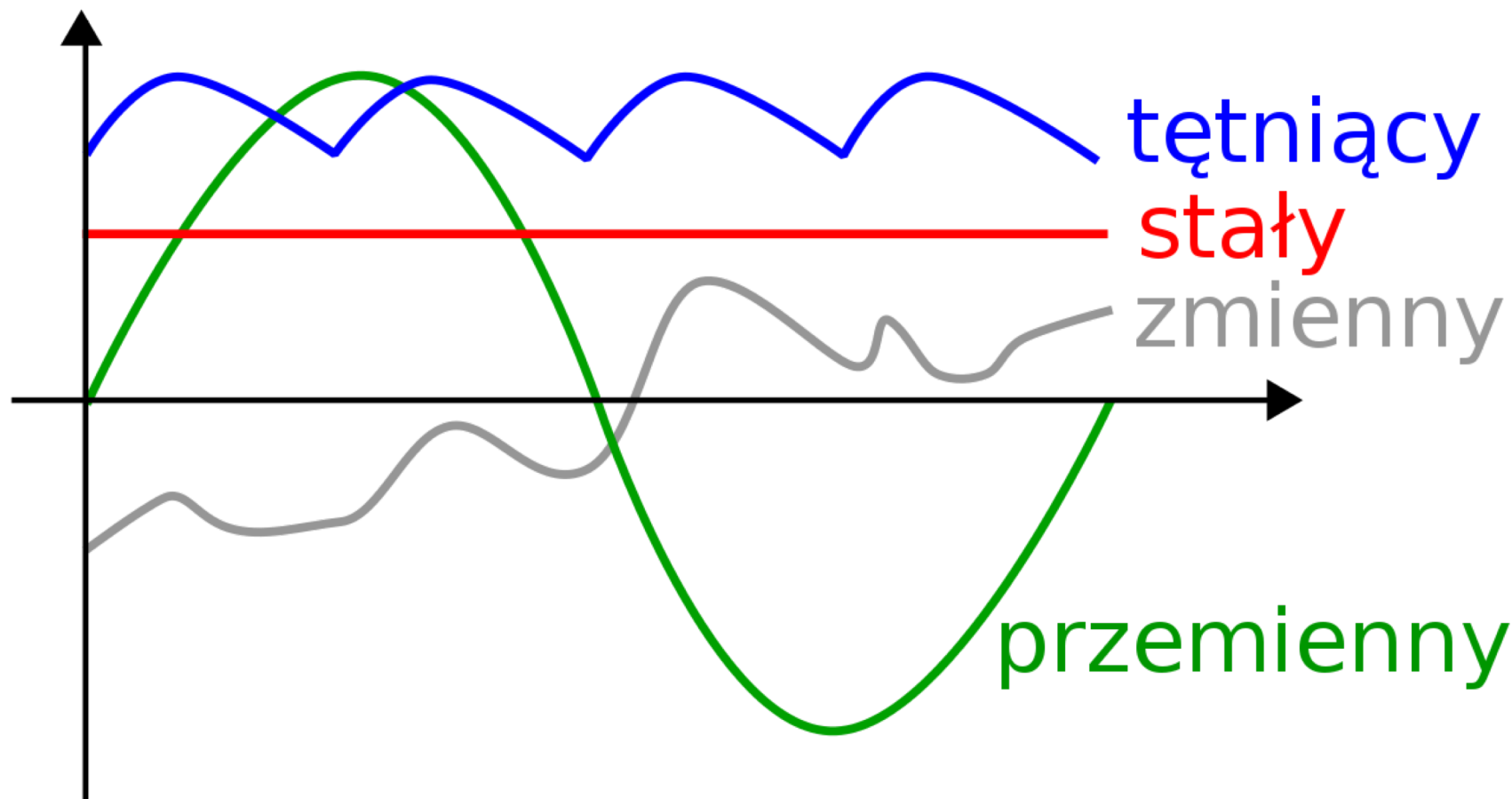
Co to jest napięcie elektryczne

Jakie zasady i prawa są z nimi związane

Jak to przenieść na codzienne życie elektryka

Uporzędkowany ruch elektronów swobodnych





Prąd okresowy

jest to taki prąd zmienny, którego natężenie zmienia się w równych odstępach czasu T tzn. $i(t)=i(t+T)$

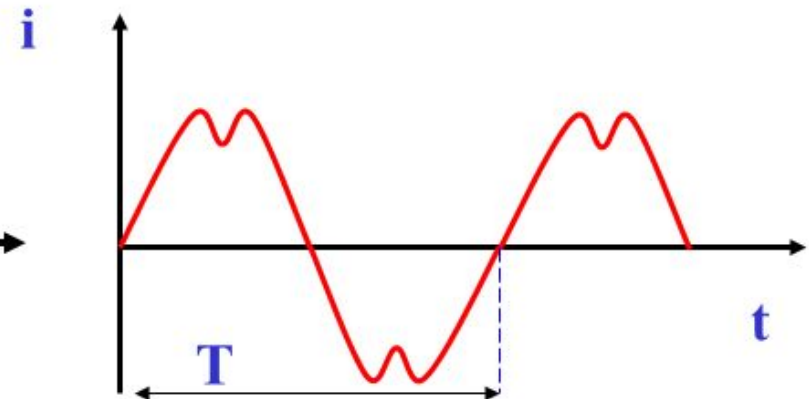
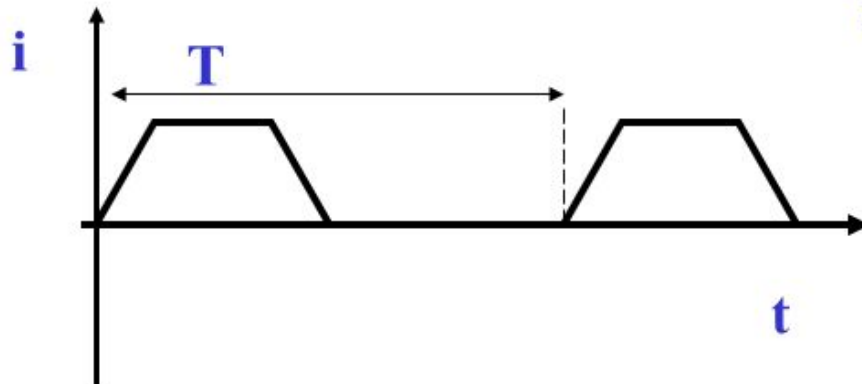
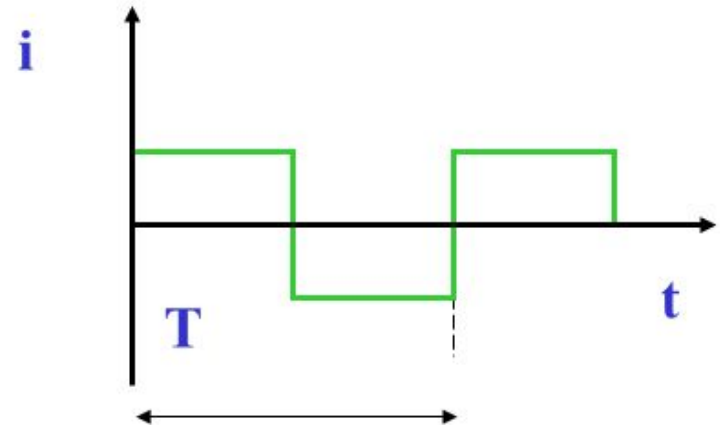
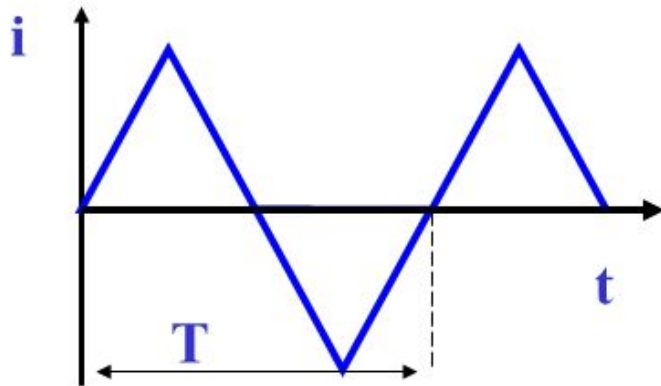


Tabela 1.1. Odczucia i reakcje organizmu człowieka powodowane przepływem prądu elektrycznego

Prąd [mA]	Prąd przemienny 50÷60 Hz	Prąd [mA]	Prąd stały
1÷1,5	Początki odczuwania przepływu prądu	5÷8	Początek odczuwania przepływu prądu. Uczucie ciepła.
3÷6	Powstają skurcze mięśni oraz odczucie bólu		
10÷15	Silne skurcze mięśni. Ręce z trudem można oderwać od przewodu. Silne bóle palców, ramionach i pleców.		
15÷25	Bardzo silny skurcz. Samodzielne oderwanie rąk od przewodu jest niemożliwe. Bardzo silne bóle. Utrudniony oddech.		
Większy niż 30	Bardzo silne skurcze. Utrata przytomności i migotanie komór sercowych.	20÷25	Powstają skurcze. Znaczne odczuwanie ciepła.

Na podstawie danych Centralnego Ośrodka Szkoleń i Wydawnictw SEP

(<http://www.elektroonline.pl/a/1333/2,Skutki-przeplywu-pradu-elektrycznego-przez-organizm-czlowieka>)

Tabela 1.2. Wartości prądu samouwolnienia w odniesieniu do kobiet i mężczyzn

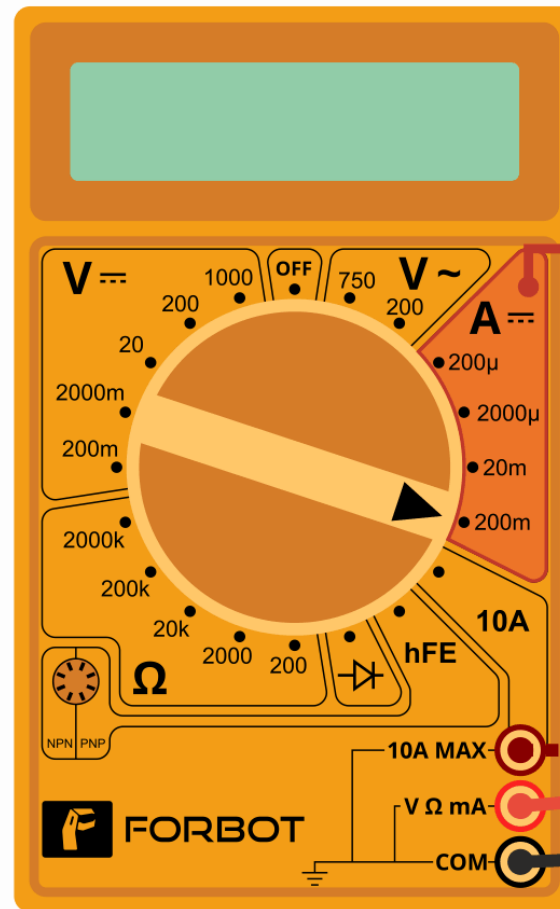
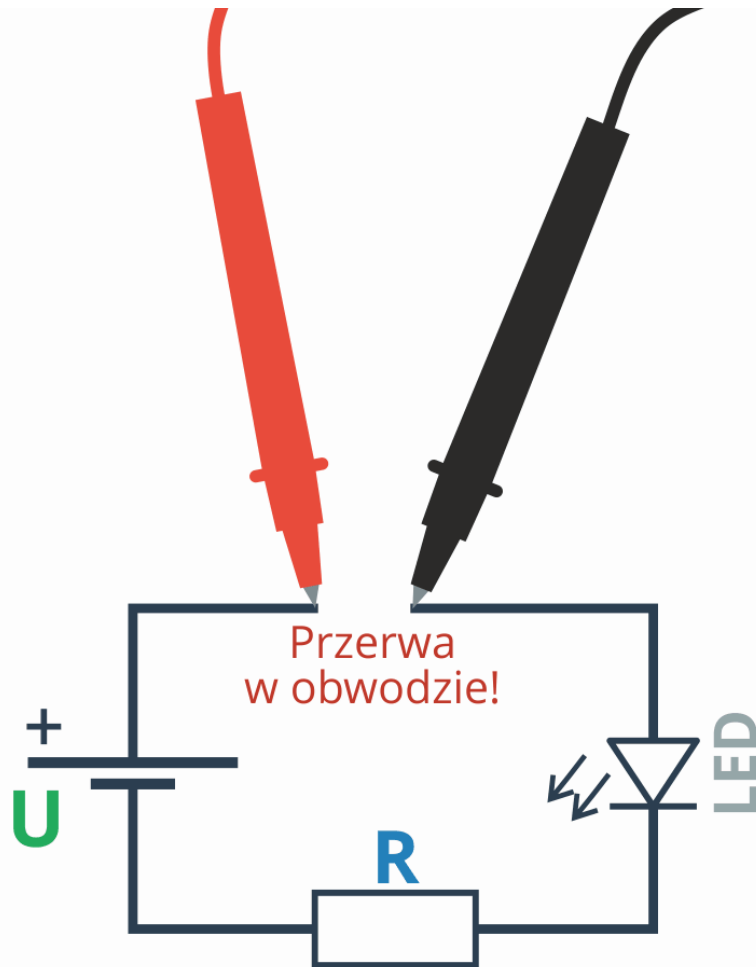
Rodzaj prądu	Prąd samouwolnienia [mA]	
	Kobiety	Mężczyźni
DC	20	30
AC	6	10
DC (ang. <i>Direct Current</i>) – prąd stały AC (ang. <i>Alternating Current</i>) – prąd zmienny, przemienny		

Niebezpieczna dla człowieka minimalna wartość prądu płynącego przez dłuższy czas wynosi: 30 mA – w przypadku prądu przemiennego, 70 mA – w przypadku prądu stałego.

Napięcie, które nie wywołuje skutków negatywnych dla człowieka, jest określane jako **napięcie bezpieczne dotykowe** i oznaczane U_L . Jego wartości podano w tabeli 1.3.

Tabela 1.3. Wartości napięcia bezpiecznego dotykowego U_L

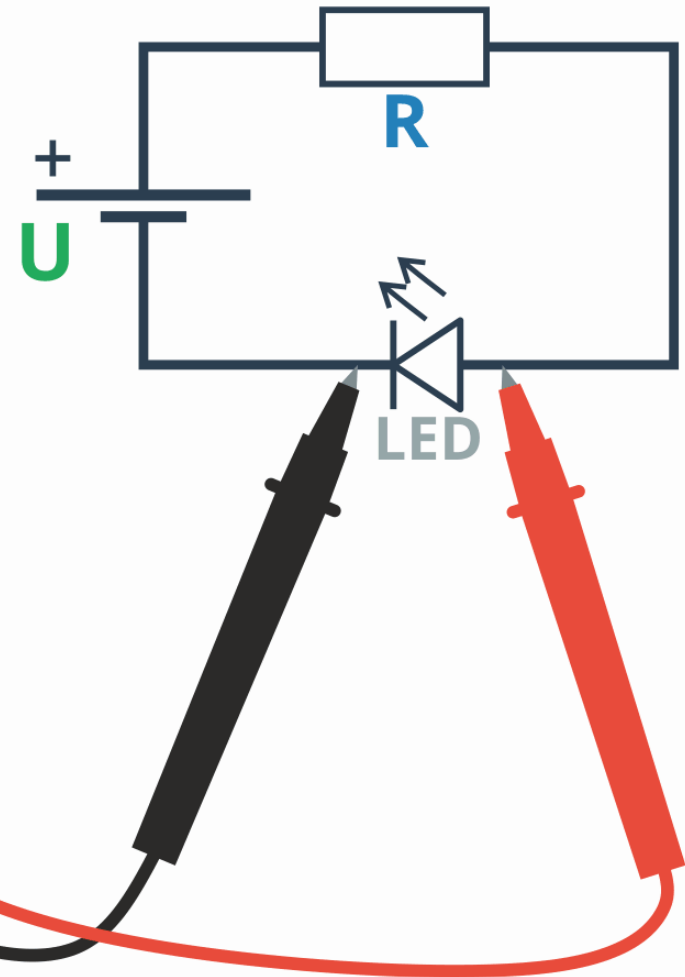
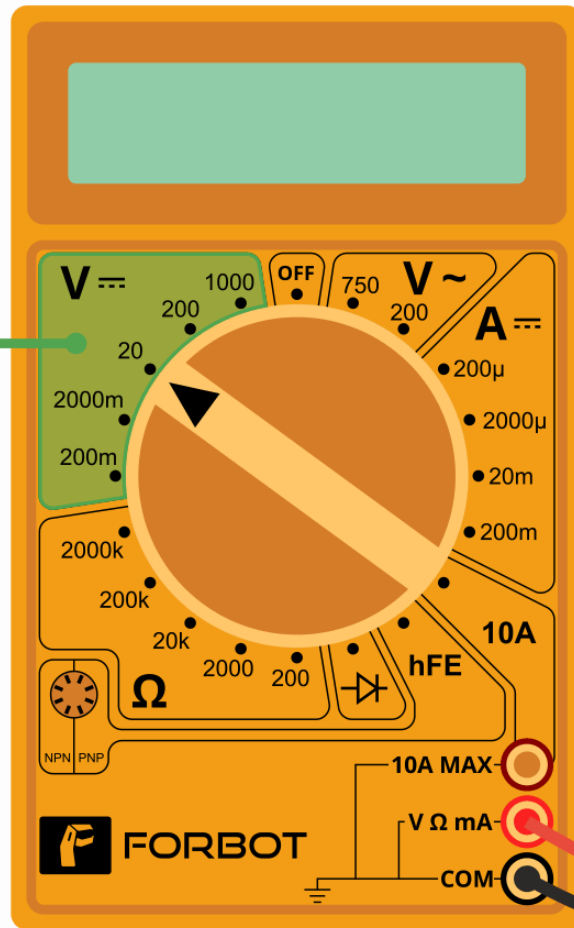
Warunki	Napięcie przemienne [V]	Napięcie stałe [V]
Normalne	50	120
Zwiększonego zagrożenia	25	60



Pomiar natężenia prądu

Pomiar prądu często wymaga użycia innego gniazda. Szczegóły w instrukcji miernika.

Pomiar napięcia



PRAWO OHMA

Natężenie prądu stałego przepływającego przez przewodnik proporcjonalne jest do przyłożonego napięcia.

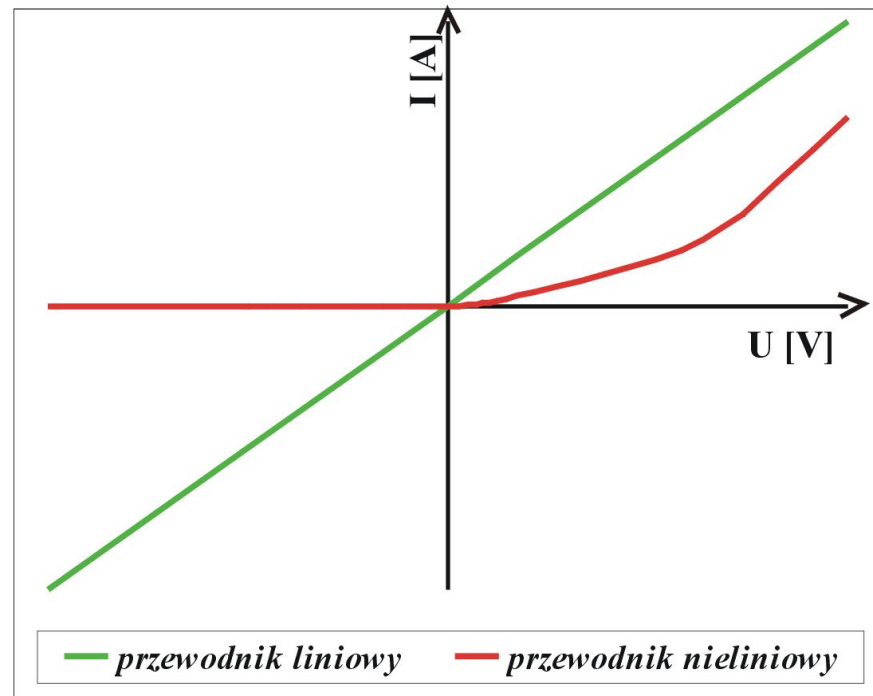
$$I = \frac{1}{R} U$$

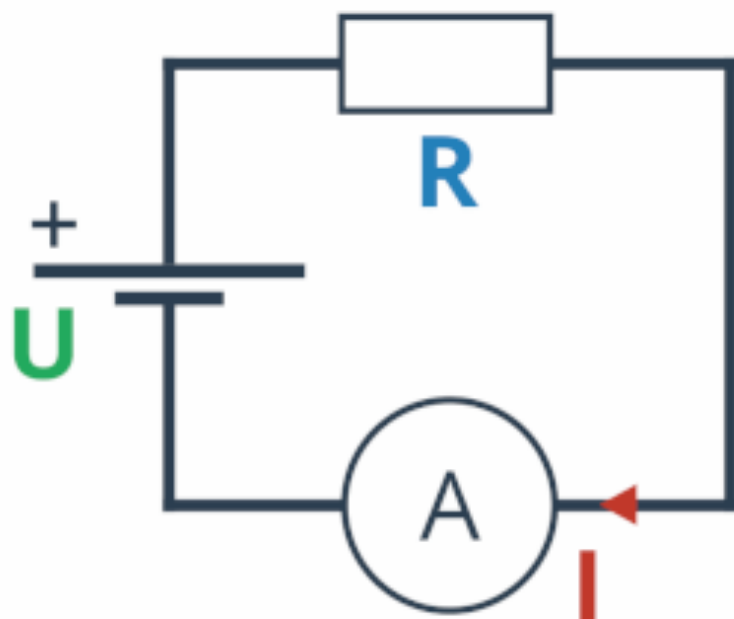
*I - natężenie prądu
U - napięcie
R - opór elektryczny*

*jednostką oporu
elektrycznego jest om*

$$1\Omega = \frac{1V}{1A}$$

*przewodniki liniowe -
przewodniki spełniające prawo Ohma
(są to głównie metale)*



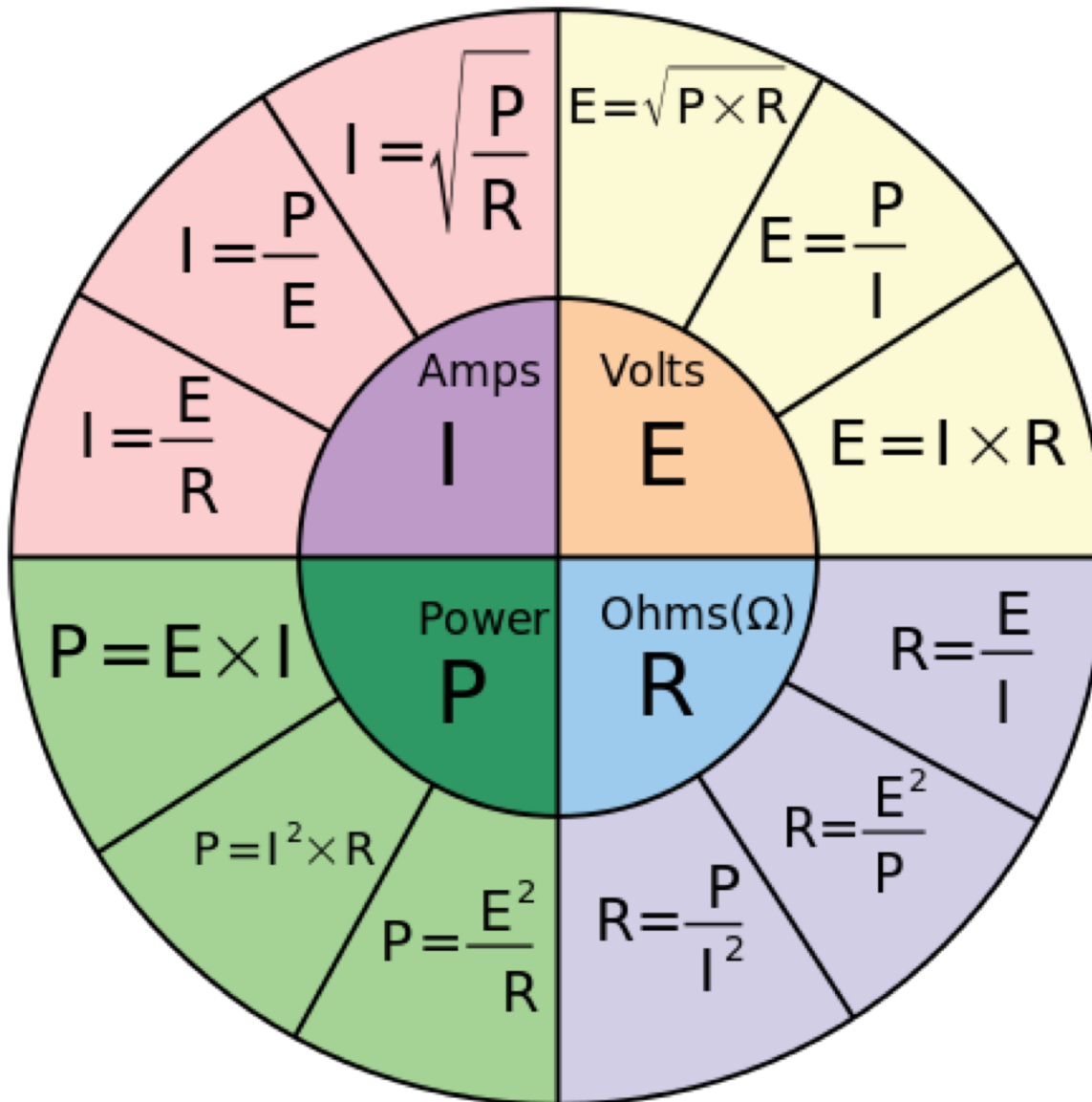


$$U = I \cdot R$$

$$I = U / R$$

$$R = U / I$$

U	napięcie	[V] volt
I	natężenie prądu	[A] amper
R	rezystancja / opór	[Ω] om



Praca i moc prądu elektrycznego:

$$W = U \cdot I \cdot t$$

U - napięcie

I - natężenie prądu

t - czas przepływu prądu

$$P = U \cdot I$$

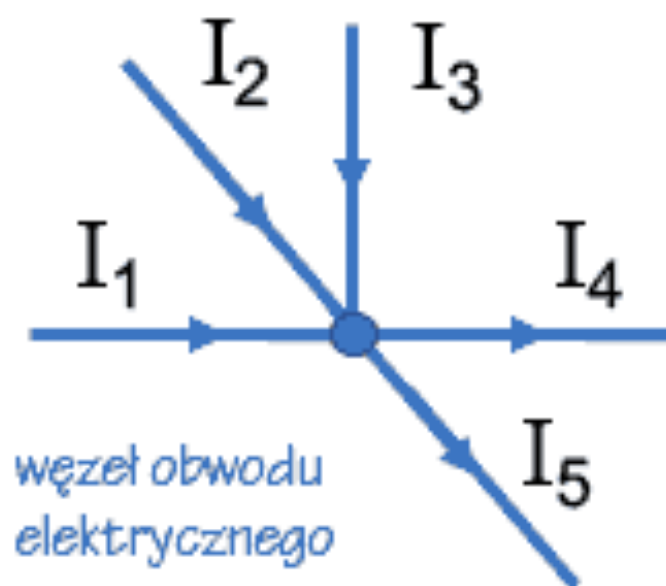
U - napięcie

I - natężenie prądu

1 kWh odpowiada ilości energii, jaką zużywa przez godzinę urządzenie o mocy 1000 watów, czyli jednego kilowata.

$$1 \text{ kWh} = 1 \cdot 1000 \cdot \text{W} \cdot 60 \cdot 60 \cdot \text{s} = 3\,600\,000 \text{ Ws}$$

PIERWSZE PRAWO KIRCHHOFFA

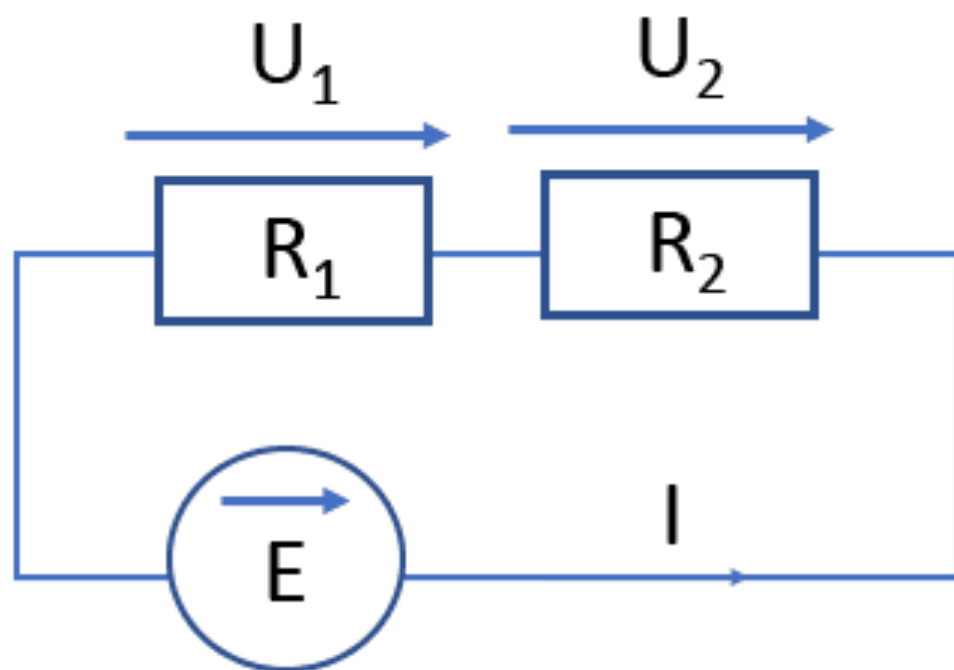


Suma natężeń prądów wpływających do węzła obwodu elektrycznego jest równa sumie natężeń prądów wypływających z tego węzła.

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

DRUGIE PRAWO KIRCHHOFFA

W zamkniętym obwodzie suma spadków napięć na oporach równa jest sumie sił elektromotorycznych występujących w tym obwodzie.

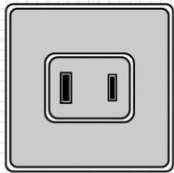


$$E = U_1 + U_2$$

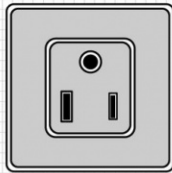
AC POWER PLUGS AND SOCKETS

ISOMETRIC

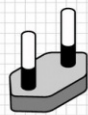
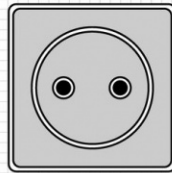
TYPE A



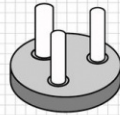
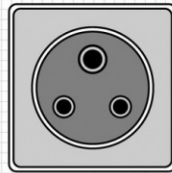
TYPE B



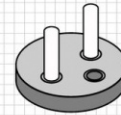
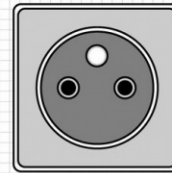
TYPE C



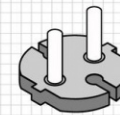
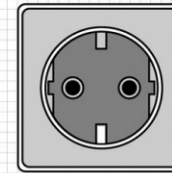
TYPE D



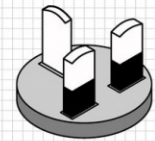
TYPE E



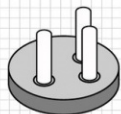
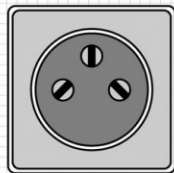
TYPE F



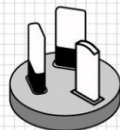
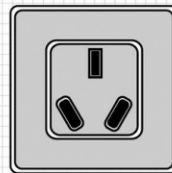
TYPE G



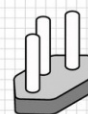
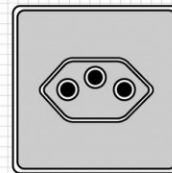
TYPE H



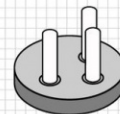
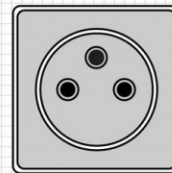
TYPE I



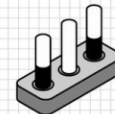
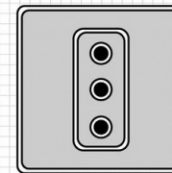
TYPE J



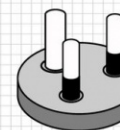
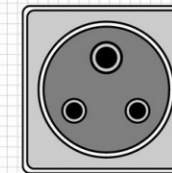
TYPE K



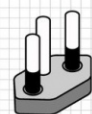
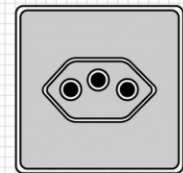
TYPE L



TYPE M

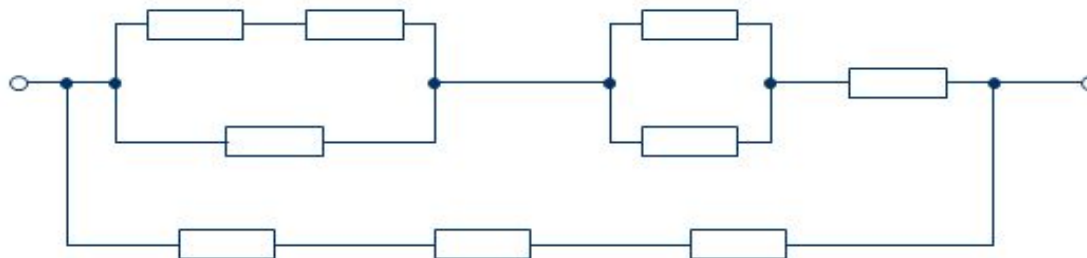
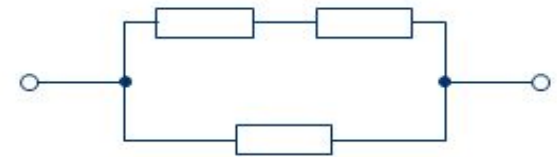
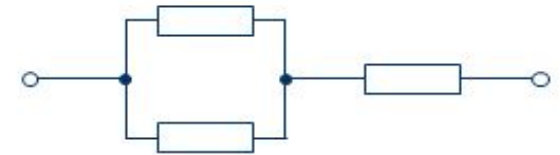


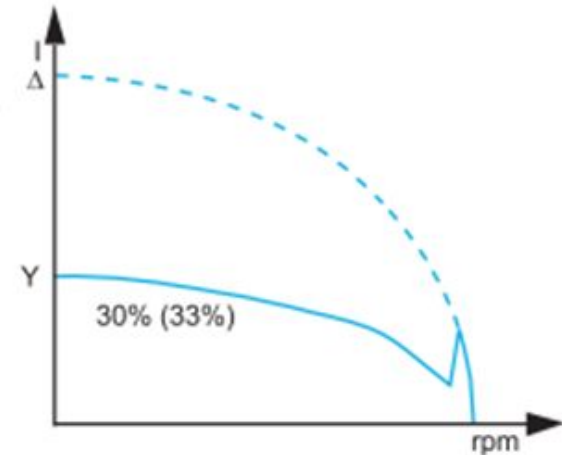
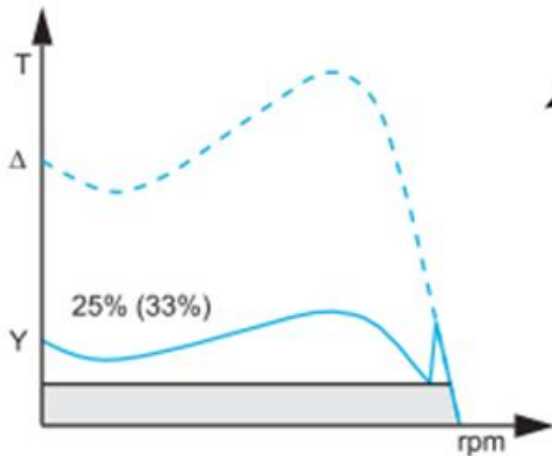
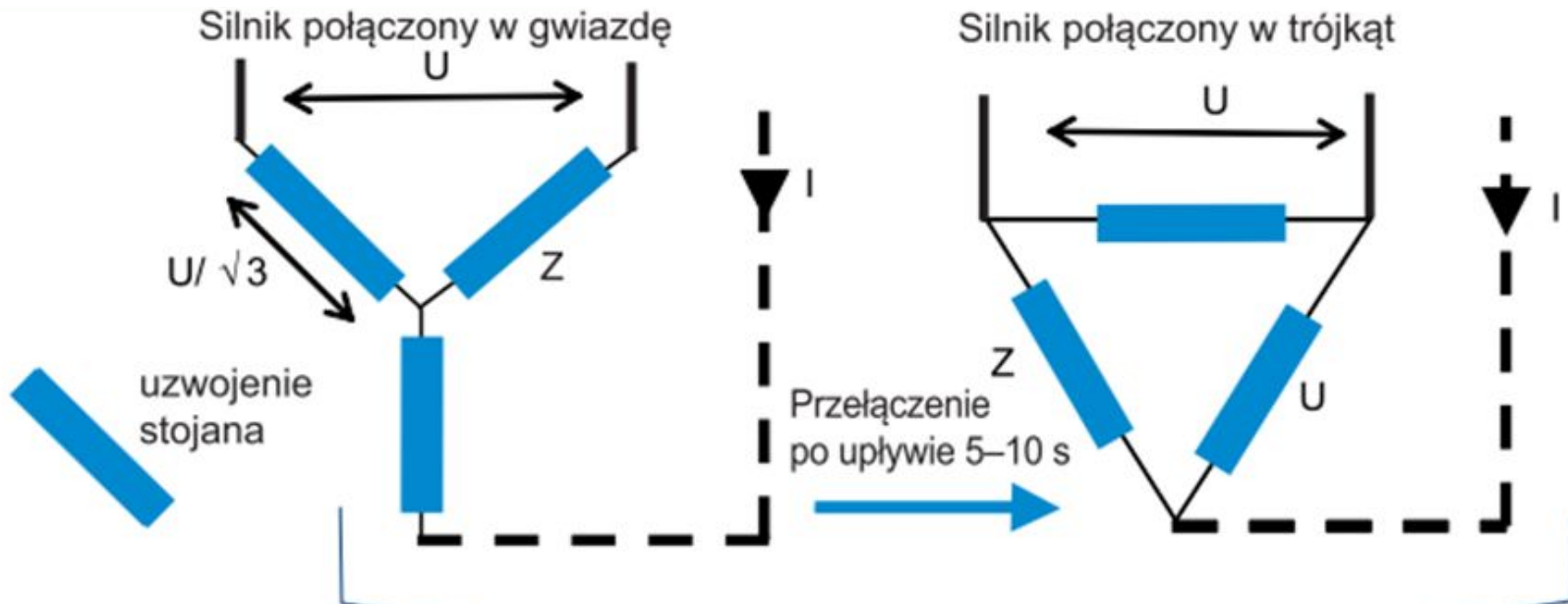
TYPE N

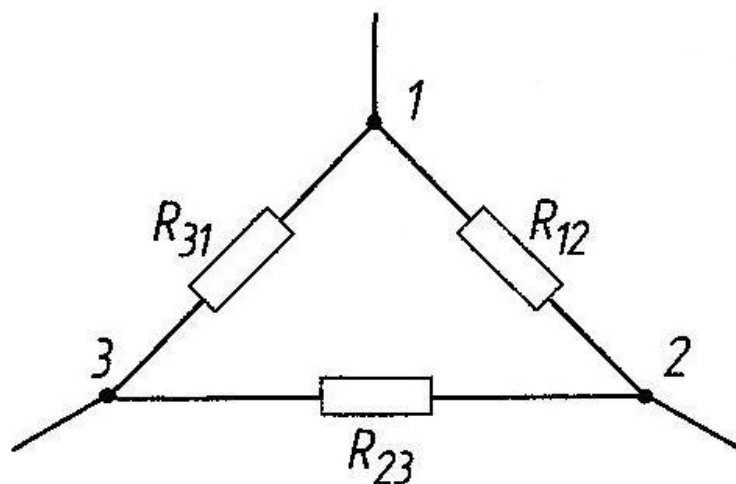


Szeregowo	Równoległe
Rezystancja zastępcza	
$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n$	$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$
jest większa od każdej z wartości R_1, R_2, \dots, R_n	jest mniejsza od każdej z wartości R_1, R_2, \dots, R_n
Konduktancja zastępcza	
$\frac{1}{G} = \frac{1}{G_1} + \frac{1}{G_2} + \dots + \frac{1}{G_n}$	$G = G_1 + G_2 + \dots + G_n$
Rezystancja w przypadku n jednakowych rezystorów R_1	
$R = nR_1$	$R = \frac{R_1}{n}$

- Układ złożony z rezystorów połączonych szeregowo lub równoległe nazywamy układem o połączeniu mieszanym.
- Rezystancję zastępczą takiego układu wyznaczamy stosując na przemian wzory dla połączenia szeregowego i równoległego.



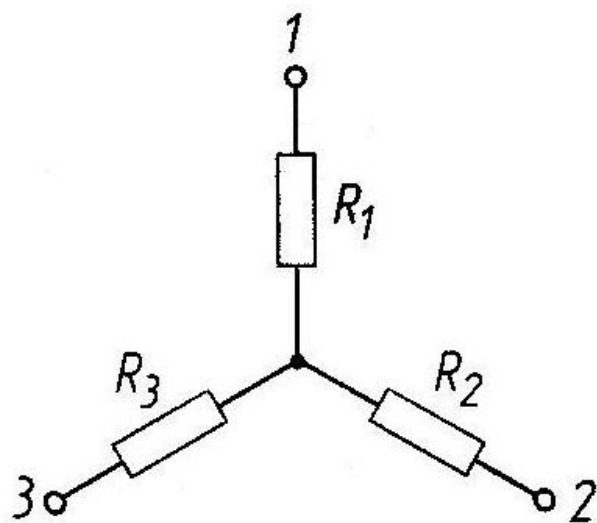




$$R_1 = \frac{R_{12}R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$$

$$R_2 = \frac{R_{12}R_{23}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$$

$$R_3 = \frac{R_{23}R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$$



$$R_{12} = R_1 + R_2 + \frac{R_1 R_2}{R_3}$$

$$R_{23} = R_2 + R_3 + \frac{R_2 R_3}{R_1}$$

$$R_{31} = R_3 + R_1 + \frac{R_3 R_1}{R_2}$$

KONDENSATOR

kondensator - układ dwóch przewodników rozdzielonych dielektrykiem

symbol kondensatora:



pojemność kondensatora - określa zdolność kondensatora do gromadzenia ładunku

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

*C - pojemność
 Q - ładunek
 U - napięcie*

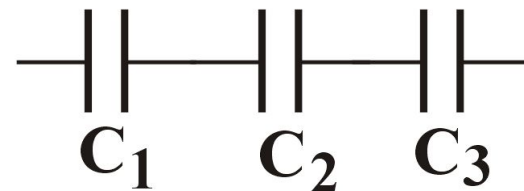
jednostką pojemności jest farad

$$1F = \frac{1C}{1V}$$

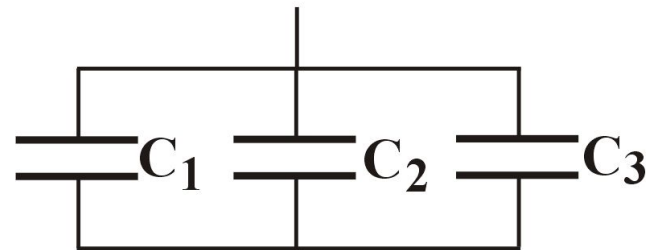
energia zmagazynowana w kondensatorze:

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

łączenie kondensatorów

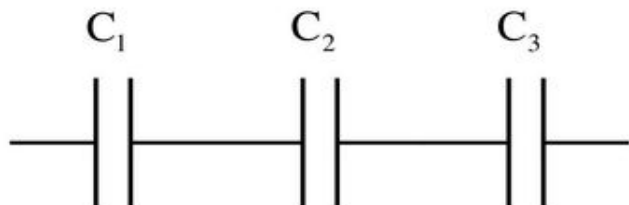


$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$



$$C = C_1 + C_2 + C_3$$

Połączenie szeregowo:



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

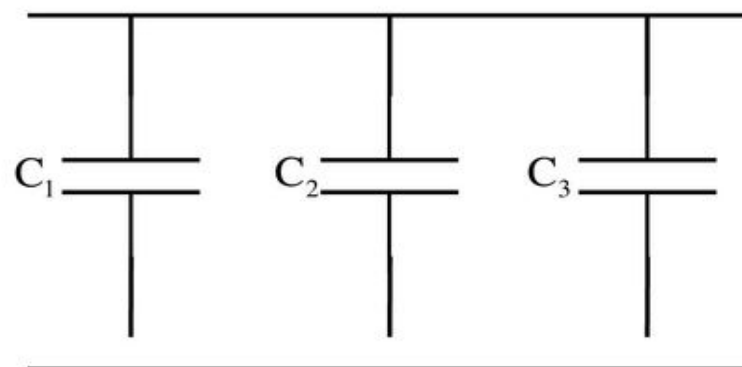
Ładunek na każdym kondensatorze jest taki sam.

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

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

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

Połączenie równoległe:



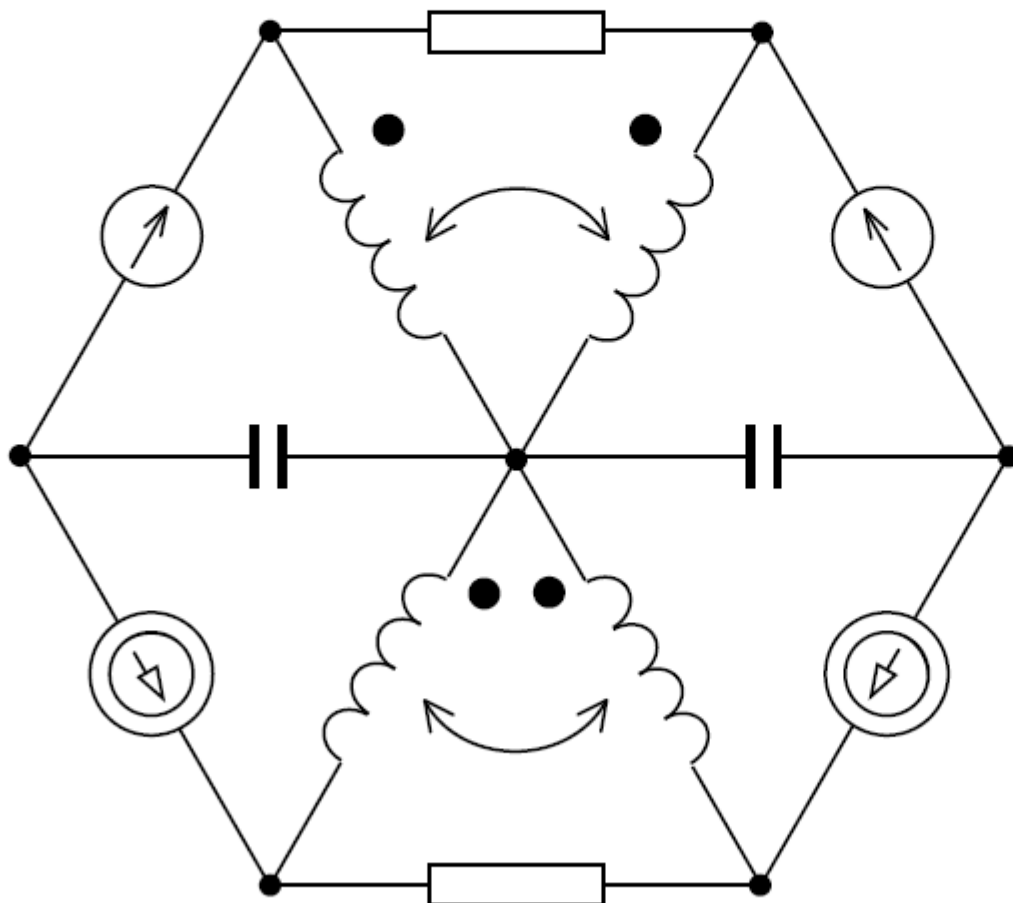
$$C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$$

Napięcie na każdym kondensatorze jest takie samo.

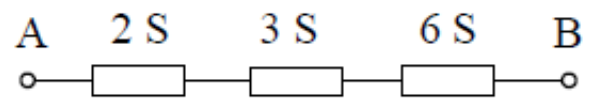
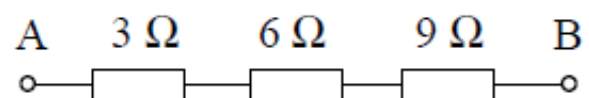
$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$CU = C_1U + C_2U + C_3U$$

$$C = C_1 + C_1 + C_1$$

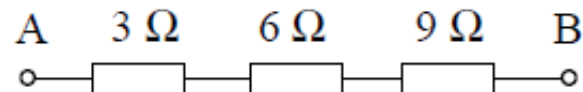
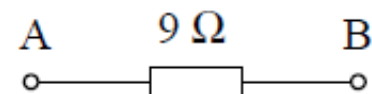


ZADANIA

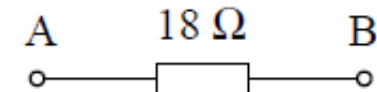




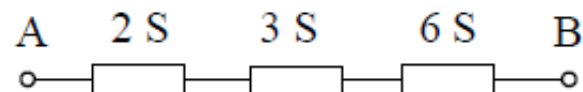
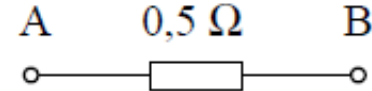
$$3 + 6 = 9\ (\Omega)$$

$$\equiv$$


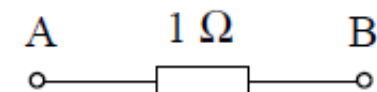
$$3 + 6 + 9 = 18\ (\Omega)$$

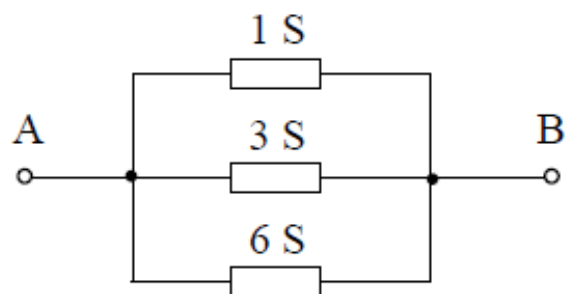
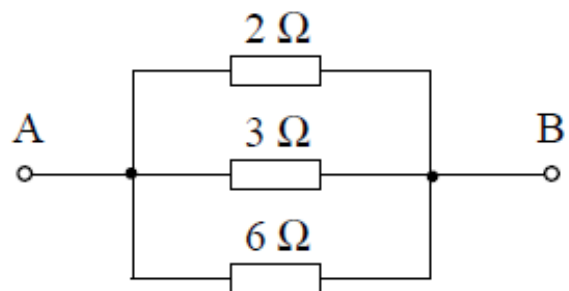
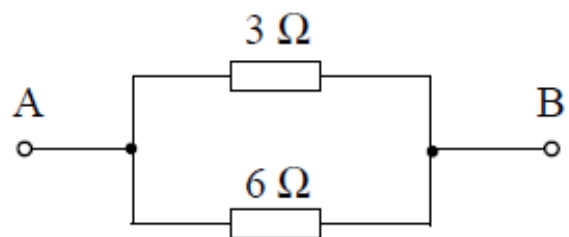
$$\equiv$$


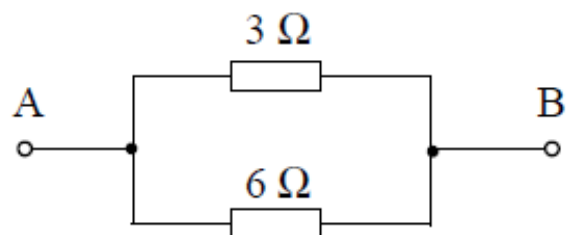
$$\frac{1}{3} + \frac{1}{6} = \frac{1}{2}\ (\Omega)$$

$$\equiv$$


$$\frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{6} = 1\ (\Omega)$$

$$\equiv$$


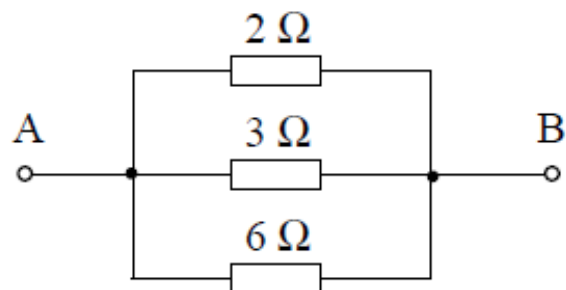
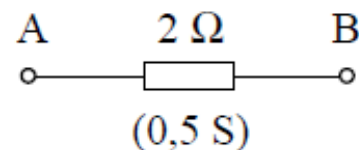




$$\frac{3 \cdot 6}{9} = 2 \text{ (}\Omega\text{)}$$

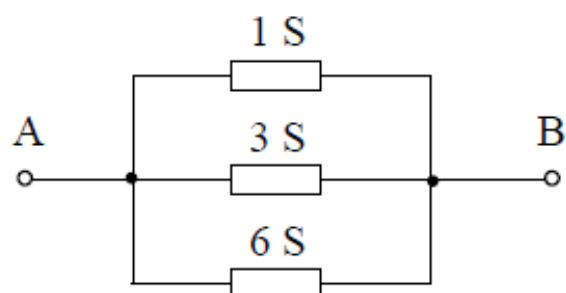
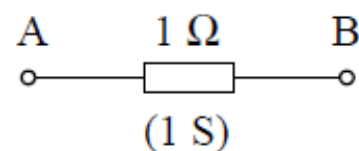
$$\equiv$$

$$\frac{1}{3} + \frac{1}{6} = \frac{1}{2} \text{ (S)}$$



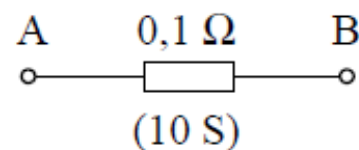
$$\equiv$$

$$\frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{6} = 1 \text{ (S)}$$



$$\equiv$$

$$1 + 3 + 6 = 10 \text{ (S)}$$



Wyznacz wartości rezystancji układu trójkątego, równoważnego (ze względu na wielkości zaciskowe) danemu układowi gwiazdowemu.

Uwaga. Przy zamianie gwiazda - trójkąt mają zastosowanie następujące wzory „rezystancyjne”:

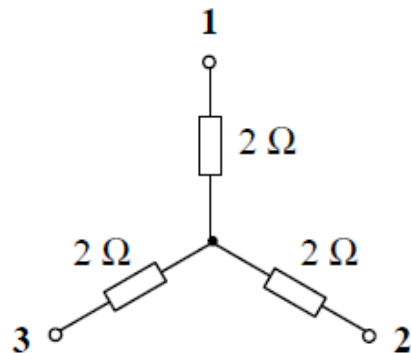
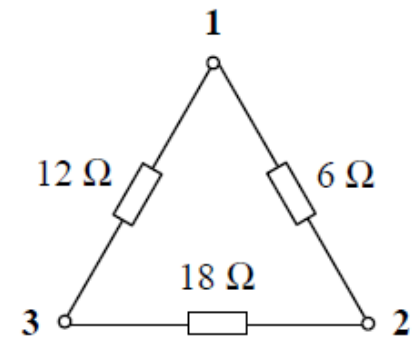
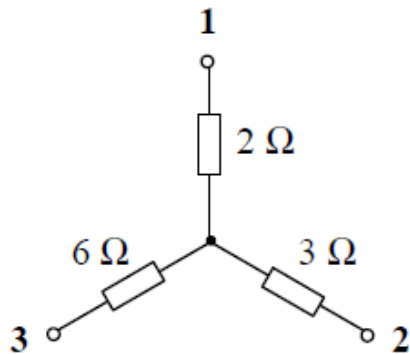
$$R_{12} = R_1 + R_2 + \frac{R_1 \cdot R_2}{R_3}, \quad R_{23} = R_2 + R_3 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_1}, \quad R_{31} = R_3 + R_1 + \frac{R_3 \cdot R_1}{R_2}.$$

Rozwiązanie: $2 + 3 + \frac{2 \cdot 3}{6} = 6 \text{ (}\Omega\text{)},$

$$3 + 6 + \frac{3 \cdot 6}{2} = 18 \text{ (}\Omega\text{)},$$

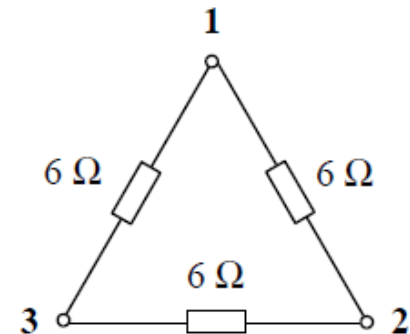
$$6 + 2 + \frac{6 \cdot 2}{3} = 12 \text{ (}\Omega\text{)}.$$

≡



$$2 + 2 + \frac{2 \cdot 2}{2} = 6 \text{ (}\Omega\text{)}$$

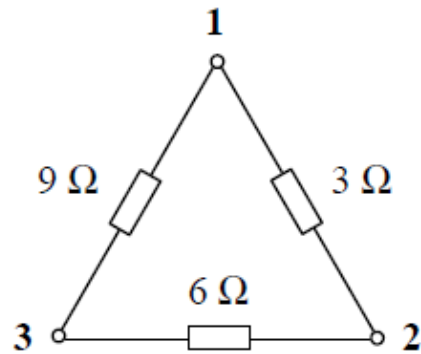
≡



Wyznacz wartości rezystancji układu gwiazdowego, równoważnego (ze względu na wielkości zaciskowe) danemu układowi trójkątowemu.

Uwaga. Przy zamianie trójkąt - gwiazda mają zastosowanie następujące wzory „rezystancyjne”:

$$R_1 = \frac{R_{12} \cdot R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}, \quad R_2 = \frac{R_{12} \cdot R_{23}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}, \quad R_3 = \frac{R_{23} \cdot R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}.$$

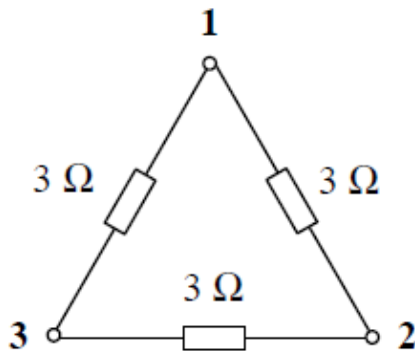
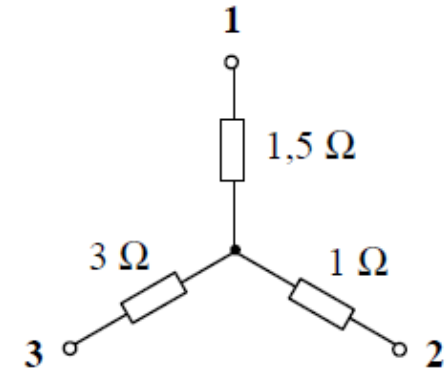


Rozwiązanie:

$$\frac{3 \cdot 9}{18} = 1,5 \text{ (}\Omega\text{)},$$

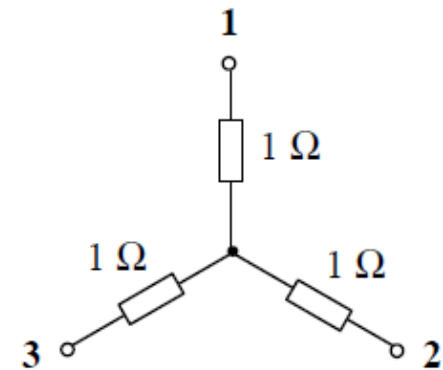
$$\frac{3 \cdot 6}{18} = 1 \text{ (}\Omega\text{)}, \quad \frac{6 \cdot 9}{18} = 3 \text{ (}\Omega\text{)}.$$

≡



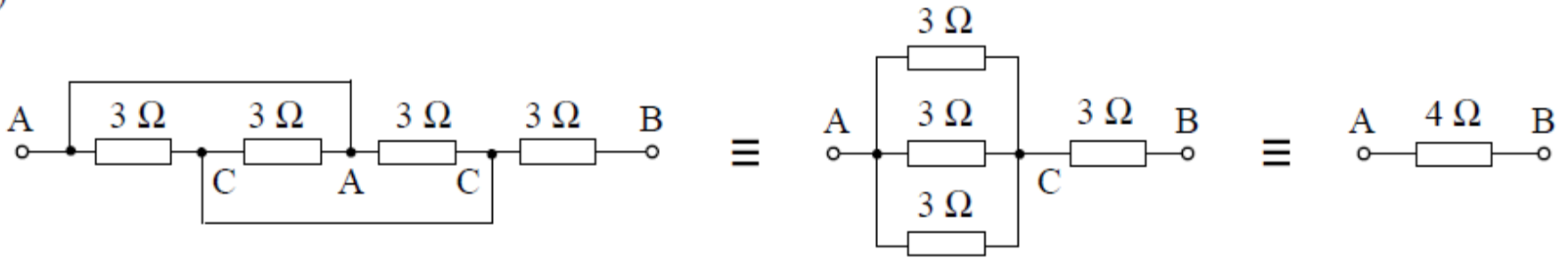
$$\frac{3 \cdot 3}{9} = 1 \text{ (}\Omega\text{)}$$

≡

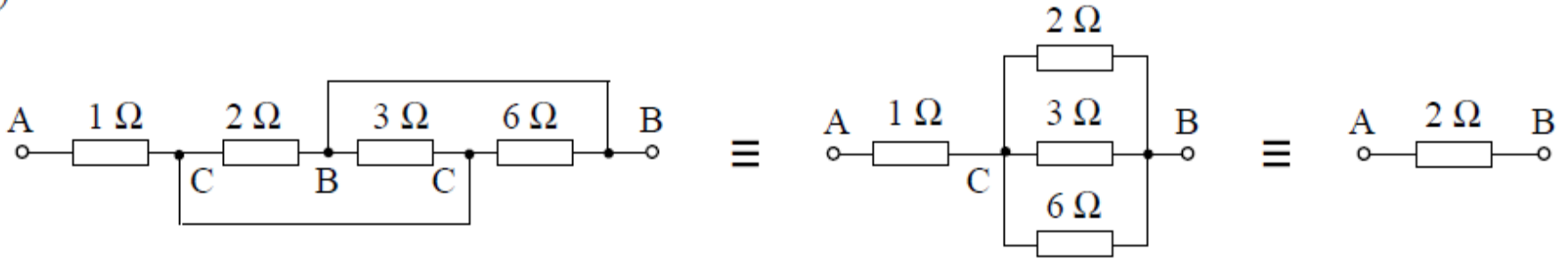


Wyznacz wartość rezystancji zastępczej między zaciskami A i B danego układu.

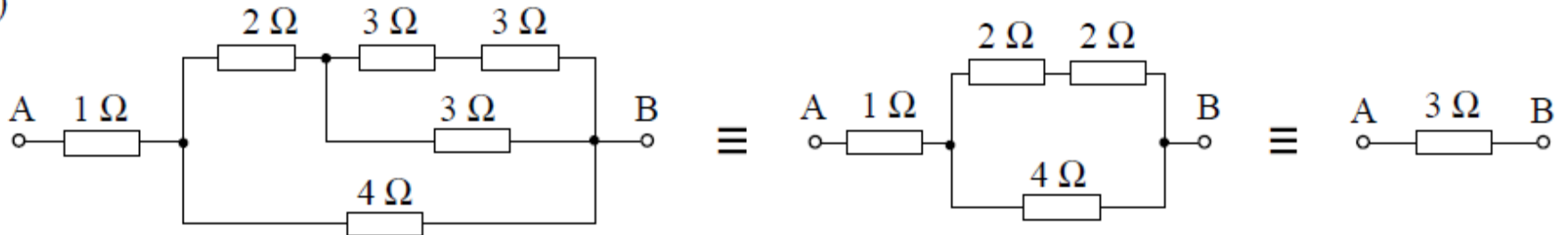
a)



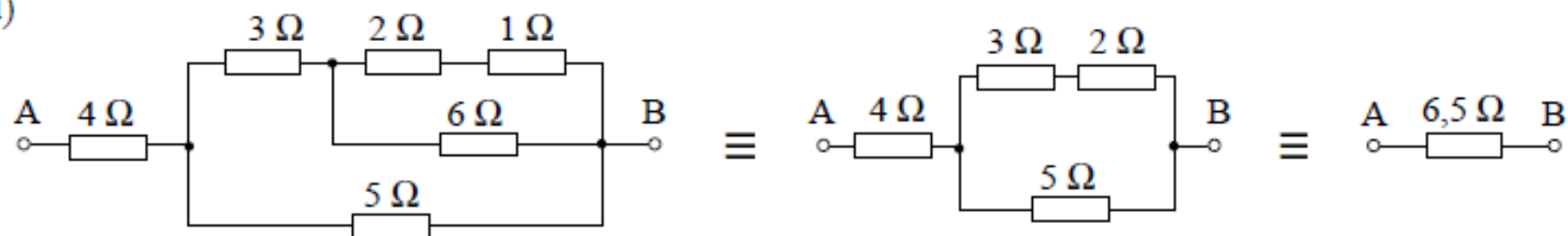
b)



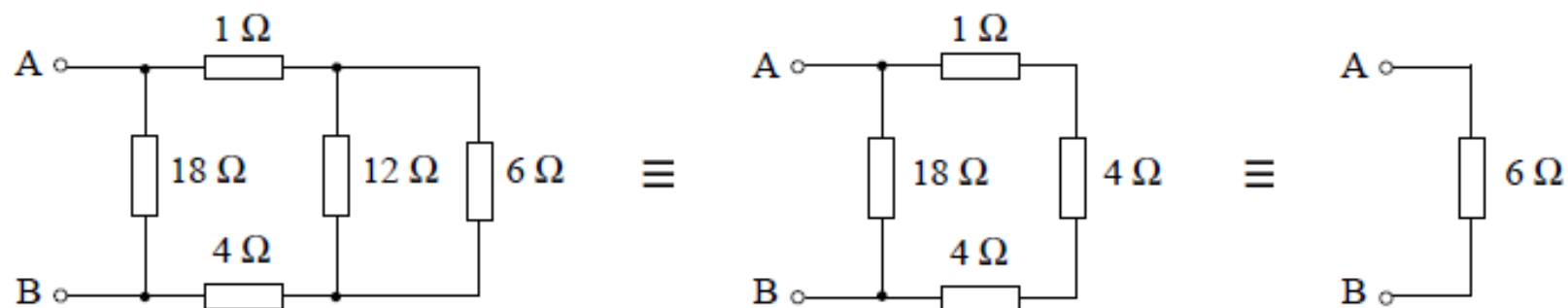
c)



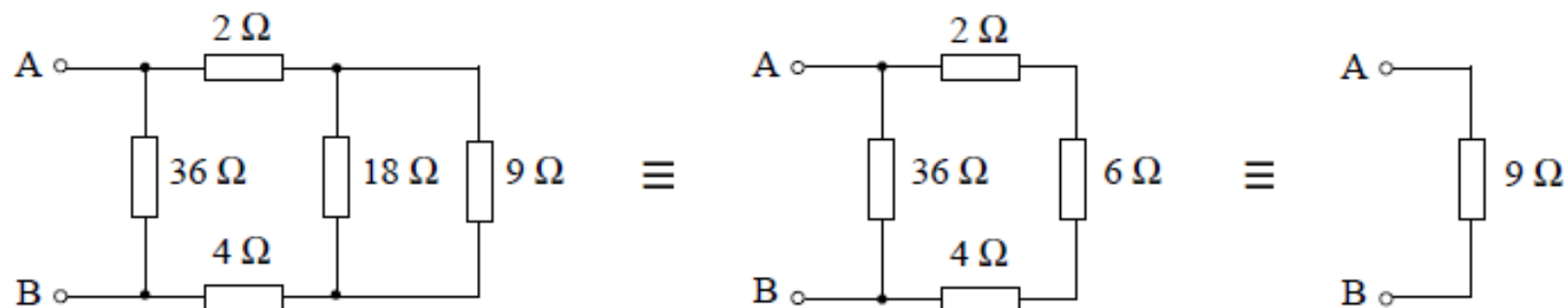
d)



e)

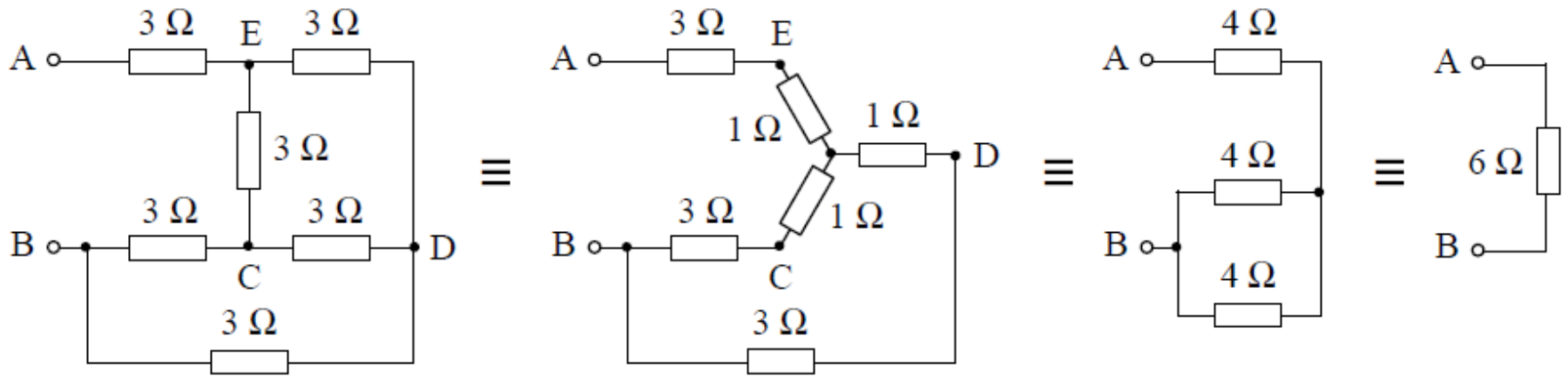


f)

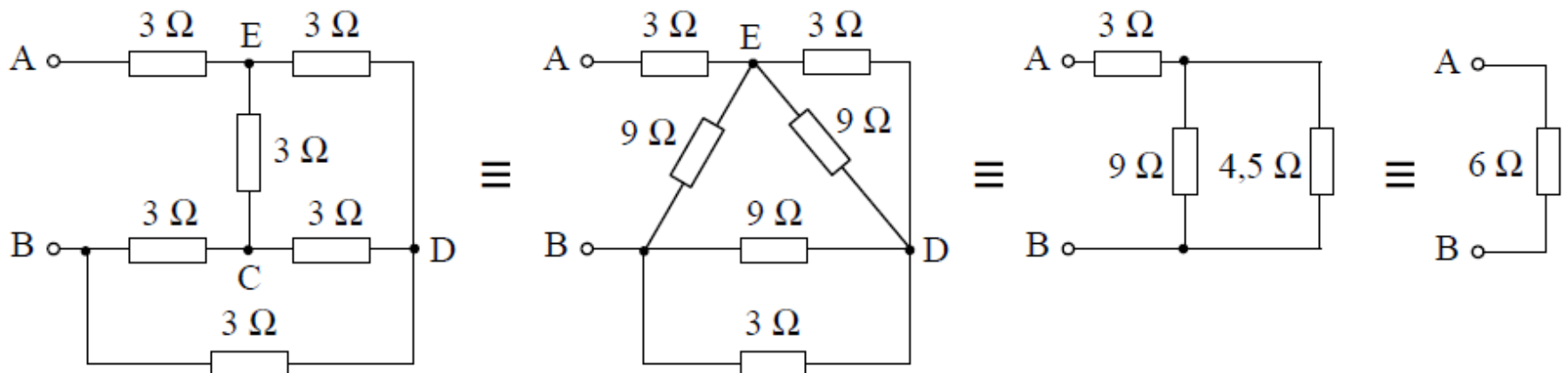


Wyznacz wartość rezystancji zastępczej między zaciskami A i B danego układu.

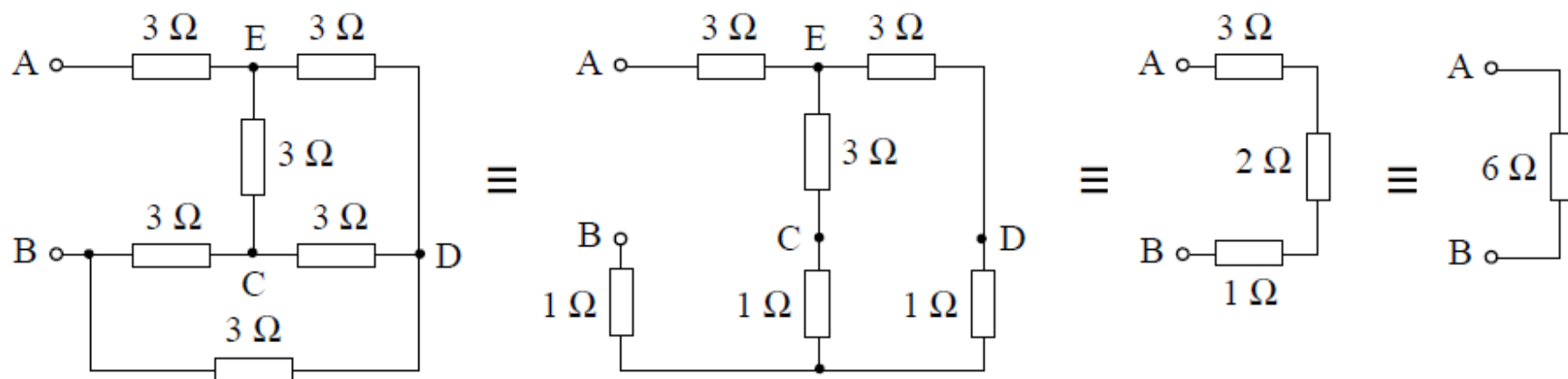
I sposób: zamiana $\nabla_{CDE} \rightarrow Y_{CDE}$



II sposób: zamiana $Y_{BDE} \rightarrow \nabla_{BDE}$

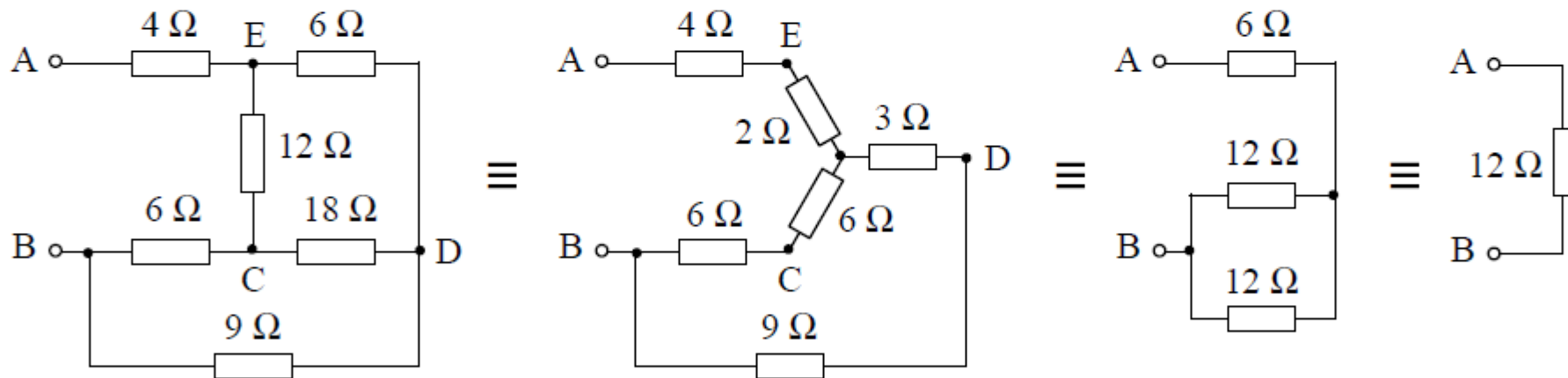


III sposób: zamiana $\nabla_{BCD} \rightarrow Y_{BCD}$



Wyznacz wartość rezystancji zastępczej między zaciskami A i B danego układu.

I sposób: zamiana $\nabla_{CDE} \rightarrow Y_{CDE}$



(II i III sposób – do samodzielnego obliczenia)

Dziękuję za uwagę



mgr inż. Robert Czak

tel: 0048 603687444

mail: robert.czak@op.pl