



SZKOŁY PARTNERSKIE

VIESSMANN

ELEKTROTECHNIKA

Podstawy ELEKTROTECHNIKI

Kurs ELE.02 oraz ELE.10

28 marca 2023 r.

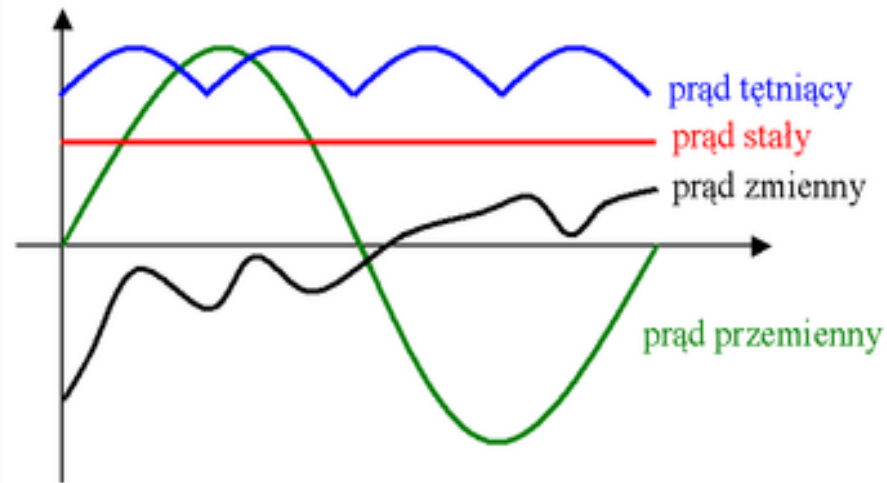


PRZYPOMNIENIE

- Prąd przemienny – „prąd zmienny”

Rodzaje prądu elektrycznego

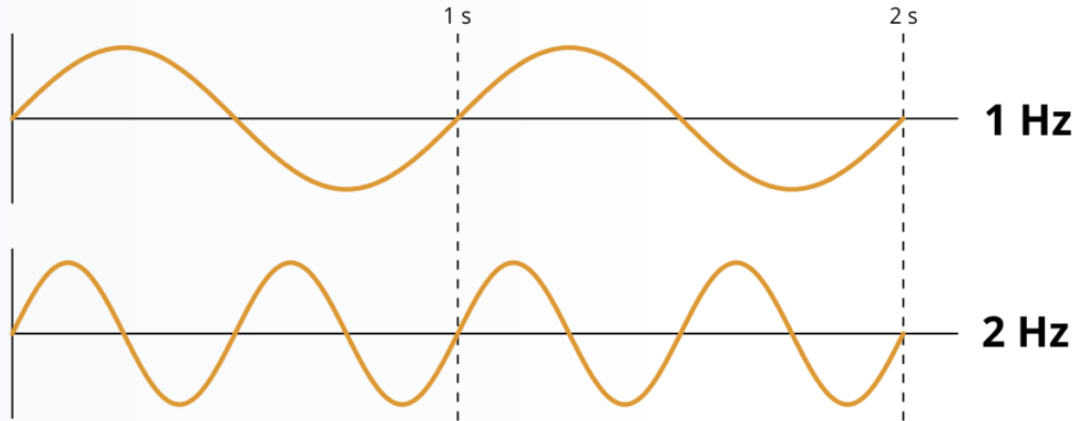
- prąd stały,
- prąd zmienny,
- prąd przemienny,
- prąd okresowo zmienny,
- prąd okresowo przemienny,
- prąd sinusoidalnie zmienny (przemienny).



Częstotliwość

Częstotliwość to liczba okresów na sekundę. Jednostką częstotliwości jest herc [Hz] i jeśli sinusoida faliuje 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..

CZĘSTOTLIWOŚĆ

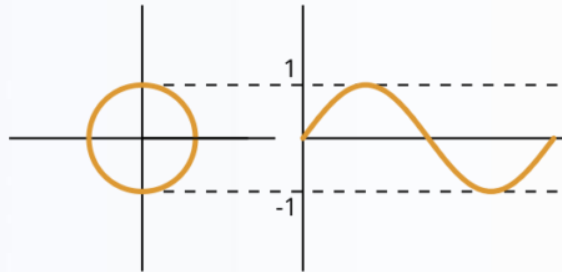


Amplituda

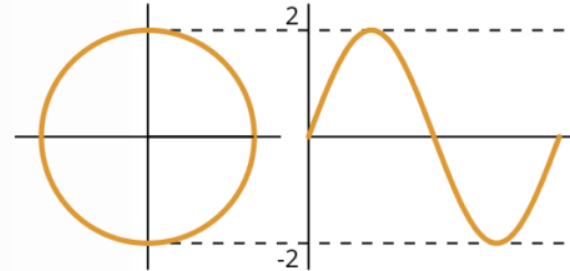
Amplituda to inaczej maksymalne odchylenie sygnału od poziomu równowagi. Amplitudę napięcia oznaczamy jako U_m , a prądu jako I .

AMPLITUDA

amplituda = 1



amplituda = 2



Czym charakteryzuje się dostarczany do domu prąd?

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

Rodzaj prądu: prąd przemienny (AC)

Napięcie: 230V [Volt] **Częstotliwość:** 50Hz [Herz]

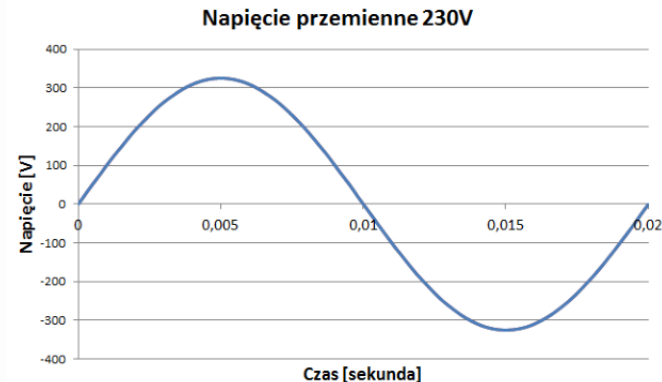
Czyli

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.

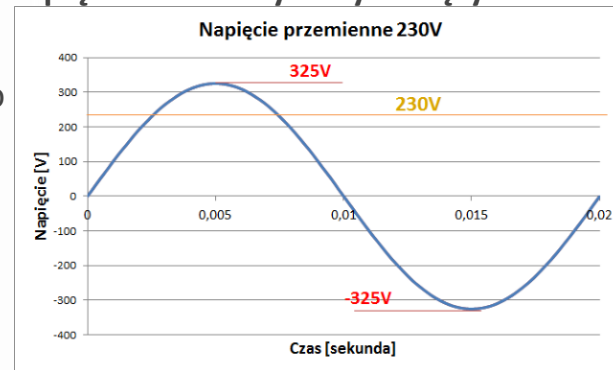
Jeżeli do urządzenia (np. żarówki) podamy:

- 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:

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



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?

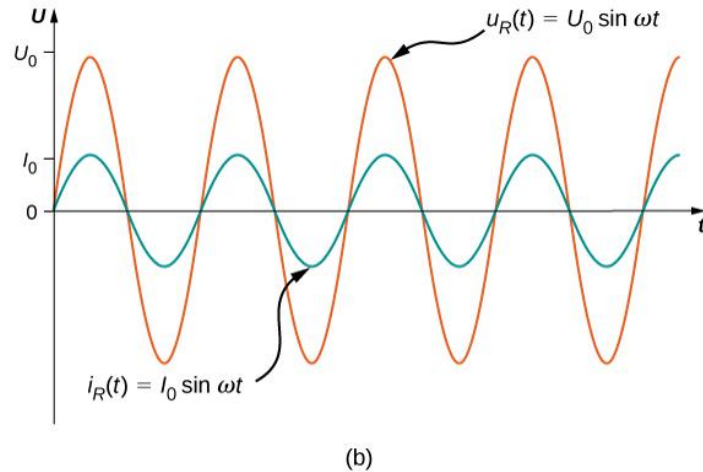
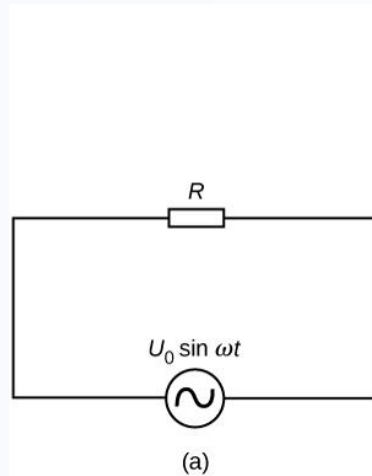
Zerknijmy na inny wzór na moc: $P = I^2 \cdot R$.

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:

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

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

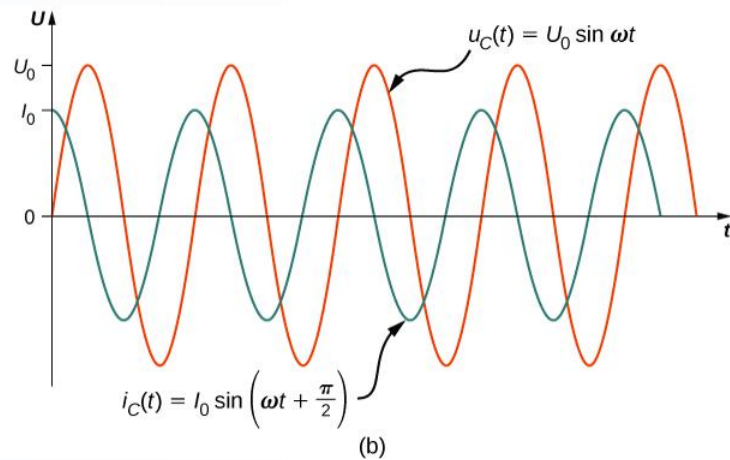
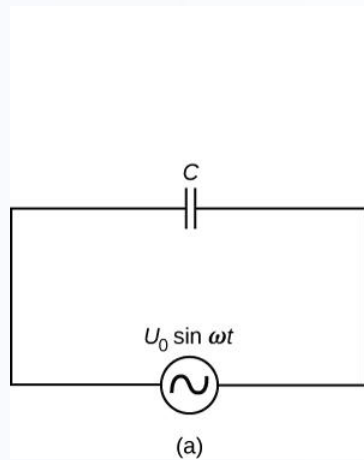
Przebiegi prądu i napięcia



Na schemacie (a) widzimy **rezystancję R** podłączoną do źródła napięcia przemiennego (oznaczonego symbolem \sim). 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**.

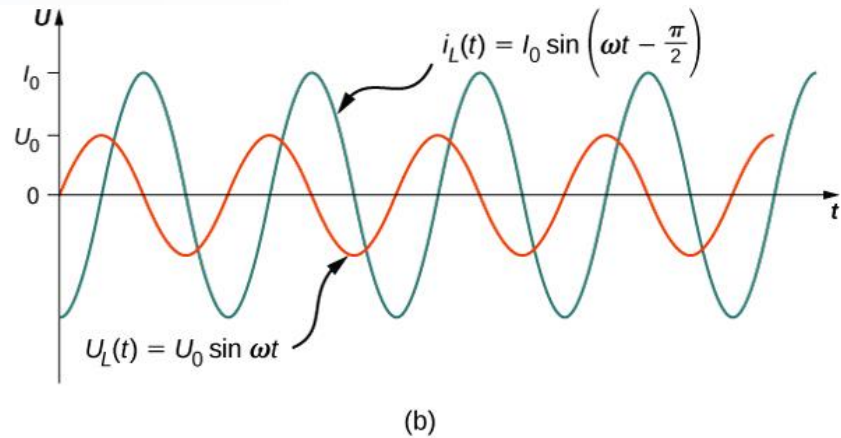
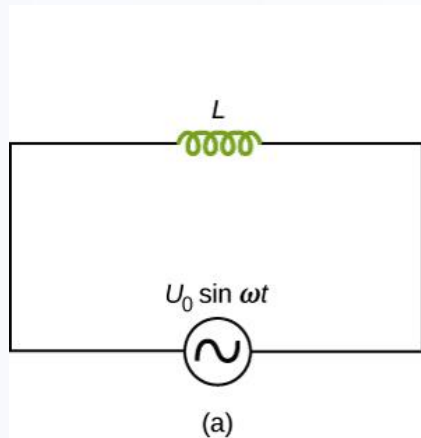
Przebiegi prądu i napięcia



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



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

Moc prądu zmiennego

Przypomnijmy, że:

$$P = U \cdot I, \text{ gdzie } U - \text{ napięcie elektryczne i } I - \text{ natężenie prądu oraz } P = R \cdot I^2 = \frac{U^2}{R}$$

W przypadku prądu sinusoidalnie przemiennego napięcie i natężenie prądu zmieniają się w czasie w następujący sposób: $U = U_0 \sin \omega t$ i $I = I_0 \sin \omega t$

Podstawiając powyższe zależności do wzoru na moc otrzymujemy:

$$P = U \cdot I = \frac{U_0^2}{R} \sin^2 \omega t = R \cdot I_0^2 \sin^2 \omega t$$

gdzie:

P - moc prądu,

U - napięcie elektryczne, I - natężenie prądu, U_0 - napięcie maksymalne, I_0 - natężenie maksymalne, t - czas, ω - częstość kołowa, równa $2\pi/T$ lub $2\pi f$, gdzie T - okres, a f - częstotliwość, R - opór elektryczny

Zatem moc prądu przemiennego zmienia się także w czasie. Wprowadza się pojęcie średniej mocy. Wzór na moc średnią prądu sinusoidalnie przemiennego jest następujący:

$$P = \frac{1}{2} U_0 \cdot I_0$$

Powyższy wzór jest prawdziwy, jeżeli między napięciem i natężeniem prądu nie ma przesunięcia fazowego (tzn. zarówno napięcie jak i natężenie przyjmują wartości ekstremalne i zerowe w tej samej chwili)

Moc prądu zmiennego

Różne pojęcia mocy prądu przemiennego (sinusoidalnie zmiennego):

moc elektryczna chwilowa $P_c = U_c I_c$, gdzie bierzemy pod uwagę chwilowe wartości napięcia i natężenia prądu;

moc elektryczna czynna - $P = RI^2 = U \cdot I \cos \alpha$, gdzie α jest przesunięciem fazowym między natężeniem a napięciem;

moc elektryczna bierna - $P = UI \sin \alpha = XI^2$, gdzie X oznacza reaktancję (opór bierny) odbiornika;

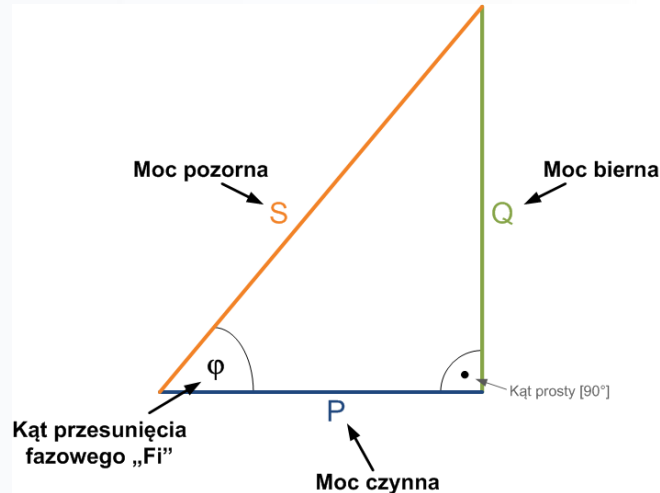
moc elektryczna pozorna $P_{sk} = U_{sk} I_{sk}$ gdzie bierzemy pod uwagę skuteczne wartości napięcia i natężenia prądu;

Moc prądu zmiennego

TRÓJKĄT MOCY,

Trójkąt mocy to nic innego jak moc pozorna, moc bierna i moc czynna oparta według wzoru Pitagorasa na trójkąt prostokątny.

$$S^2 = P^2 + Q^2$$



Wsp. mocy

$$\cos(\varphi) = \frac{P}{S}$$

$$\sin(\varphi) = \frac{Q}{S}$$

↑
Wsp. mocy
biernej



Moc prądu zmiennego

Moc czynna – zawsze dodatnia określa ile energii użytecznej pobierze urządzenie i przetworzy ją na ciepło, moment obrotowy, światło itp. Za to płacimy.

Moc bierna – w jednej chwili jest dodatnia czyli urządzenie pobiera energię ze źródła, by w następnej zmienić znak i tą samą energię zwrócić (czyli tak jakbyśmy zasilali transformator zasilający).

Moc prądu zmiennego

W obwodzie zmiennoprądowym występują trzy rodzaje mocy, więc mamy do czynienia z sytuacją, w której ze źródła pobierana jest moc pozorna S , natomiast odbiornik wykorzystuje tylko P .

W związku z tym wprowadzono współczynnik mocy elektrycznej, czyli miarę wykorzystania energetycznego urządzeń: (dla przebiegów sinusoidalnych) $K = \frac{P}{S}$ i $K = \cos\phi$

Moc czynna – jest całkowicie przetwarzana jest na użyteczną pracę lub ciepło. Jest odpowiednikiem mocy, która występuje w obwodach DC. Wydziela się na rezystancji. Dla przebiegów sinusoidalnych moc czynną definiuje następujący wzór: $P = I \cdot U \cdot \cos\phi = I \cdot U_R = I^2 \cdot R$

przy czym U, I - wartości skuteczne, a $\phi = \phi_u - \phi_i$ - przesunięcie fazowe. Jednostką jest wat [W]

Moc bierna – jest wydzielana na reaktancji. Nie jest zamieniana na użyteczną pracę, zatem odbiornik jej nie wykorzystuje. Opisuje ona pulsowanie energii elektrycznej, czyli jest skutkiem gromadzenia i oddawania energii przez odbiornik.

$Q = I \cdot U \cdot \sin\phi = I \cdot U_X = I^2 \cdot X$. Jednostką mocy biernej jest war [Var]

Moc pozorna – jest wydzielana na całym obciążeniu o danej impedancji* Z .

$S = U \cdot I$ Jednostką mocy pozornej jest woltoamper [VA].

(***Impedancja** – wielkość charakteryzująca zależność między natężeniem prądu i napięciem w obwodach prądu zmiennego. Odpowiada ona oporowi elektrycznemu (rezystancji) w obwodach prądu stałego.)

Moc prądu zmiennego

Druga sprawa jest taka, że każdy rodzaj mocy jest wypadkową dwóch pozostałych przykładowo, posiadając wyznaczoną **moc pozorną (S)** i **moc czynną (P)** możemy wyliczyć wielkość **mocy biernej (Q)**. Poniższe wzory to nic innego jak twierdzenie Pitagorasa. W ramach potwierdzenia, do wzorów podstawiamy wartości spisane z tabliczki znamionowej np. wiertarki.

- Napięcie znamionowe: **230V AC**
- Prąd znamionowy: **3.6A**
- Moc czynna: **P = 780W**

$$S = U \cdot I = 230V \cdot 3,6A = 828 VA$$

Moc Bierna

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{828VA^2 - 780W^2} = 278Var$$

Moc czynna

$$P = \sqrt{S^2 - Q^2} = \sqrt{828VA^2 - 278Var^2} = 780W$$

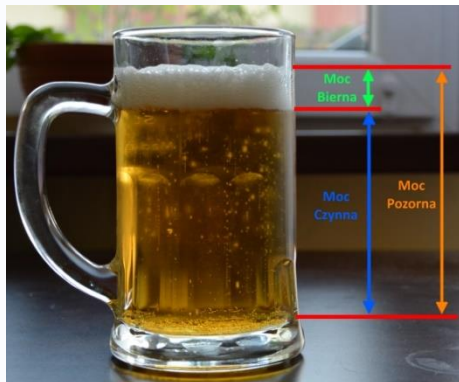
Moc pozorna

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{780W^2 + 278Var^2} = 828VA$$

Moc prądu zmiennego - analogie

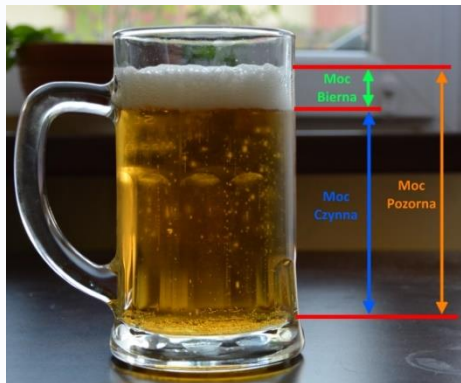
- **XXXX w postaci płynnej to moc czynna**, tylko dzięki niej możemy wykonać pracę tj. ugasić pragnienie.
- **XXXX w postaci pianki to moc bierna**, nie stanowi ona realnej wartości i opóźnia ona wykonanie właściwej pracy (analogia do wytworzenia pola magnetycznego). Najpierw musimy przebrnąć przez piankę, żeby do gardła wpadł właściwy trunek.
- **Moc pozorna to suma ww. mocy**. Sama w sobie nie mówi nam zbyt wiele w odniesieniu do gaszenia pragnienia. W końcu pianka może wypełniać cały kufel i co z tego że moc pozorna jest duża?

Obrazuje ona jednak coś więcej, ponieważ kufel to odpowiednik ilości prądu jaki może płynąć przez przewód. Jeśli suma mocy czynnej i biernej jest zbyt duża, to zaczynają się pojawiać straty.



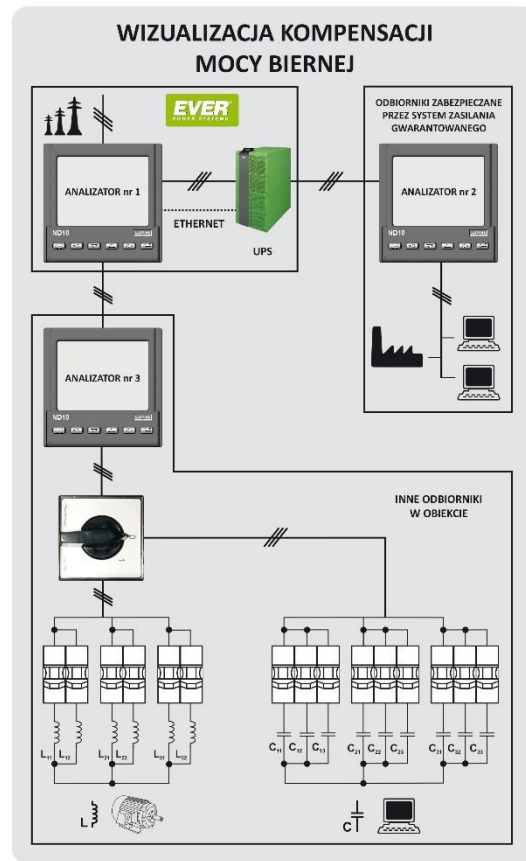
Moc prądu zmiennego - analogie

- Powyższe porównanie nie powie nam jednak, że:
- Moc pozorna to nie jest prosta suma mocy czynnej i mocy biernej (patrz następny rozdział).
- Moc bierna jest niezbędna dla funkcjonowania np. silników. Bez pianki się obejdziemy, bez mocy biernej nie.
- Jak wiemy, moc bierna powoduje, że część energii wraca do źródła zasilania. W przypadku pianki, takiego stanu rzeczy (najczęściej) nie mamy.



Moc prądu zmiennego – kompensacja mocy

Kompensacja mocy biernej polega na wytworzeniu potrzebnej mocy biernej w pobliżu odbiornika zamiast na przesyłaniu jej siecią elektroenergetyczną. Powoduje to zmniejszenie natężenia prądu w sieci, a co za tym idzie - zmniejszenie spadku napięcia i straty mocy w liniach przesyłowych.

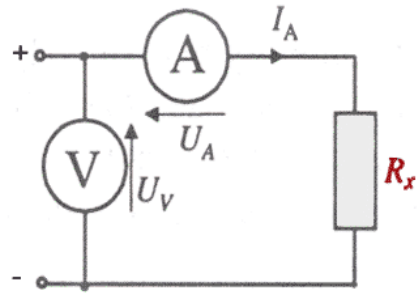


Układ poprawnie mierzonego prądu i napięcia

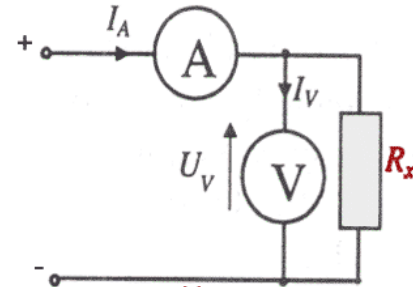
Układ poprawnie mierzonego natężenia prądu stosuje się do rezystancji dużych, ponieważ opór szeregowo włączonego amperomierza R_A w stosunku do mierzonego oporu R_x jest bardzo mały i w znikomym stopniu wpływa na wynik pomiaru napięcia.

W przypadku pomiaru rezystancji małych, oporność równoległe włączonego woltomierza wpływa w małym stopniu na rozptyw prądu - praktycznie cały mierzony prąd płynie przez R_x .

Układ poprawnie mierzonego prądu. | Układ poprawnie mierzonego napięcia.



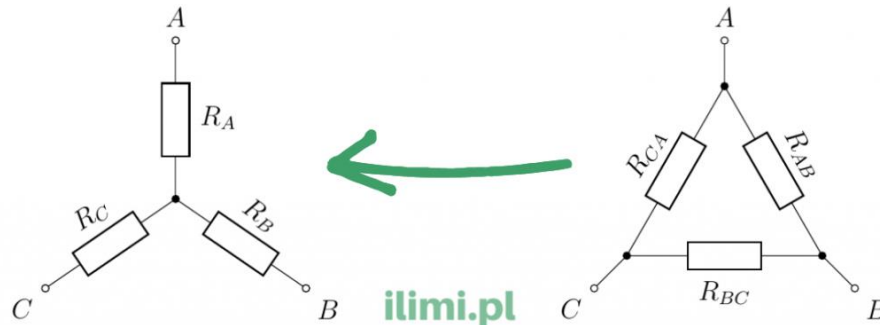
$$R_x = \frac{(U_V - U_A)}{I_A} = \frac{U_V}{I_A} - R_A$$



$$R_x = \frac{U_V}{(I_A - I_V)} = \frac{\frac{U_V}{I_A} \cdot R_V}{R_V - \frac{U_V}{I_A}}$$

Zamiana trójkąt-gwiazda

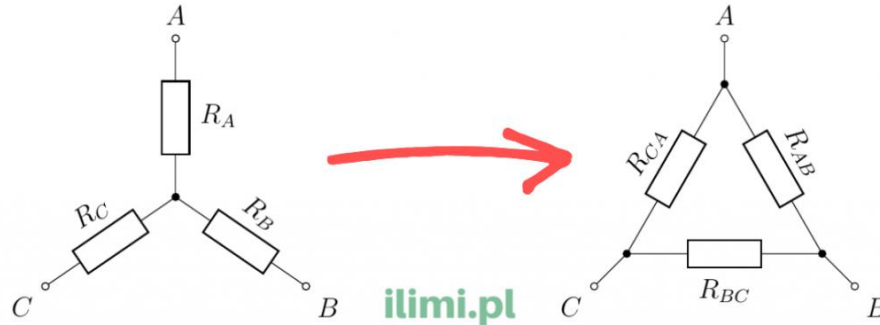
Wzory na transfigurację trójkąta w gwiazdę



$$R_A = \frac{R_{AB}R_{CA}}{R_{AB} + R_{BC} + R_{CA}}$$
$$R_B = \frac{R_{AB}R_{BC}}{R_{AB} + R_{BC} + R_{CA}}$$
$$R_C = \frac{R_{BC}R_{CA}}{R_{AB} + R_{BC} + R_{CA}}$$

Zamiana trójkąt-gwiazda

Wzory na transfigurację gwiazda-trójkąt



$$R_{AB} = R_A + R_B + \frac{R_A R_B}{R_C}$$
$$R_{BC} = R_B + R_C + \frac{R_B R_C}{R_A}$$
$$R_{CA} = R_C + R_A + \frac{R_C R_A}{R_B}$$



DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ