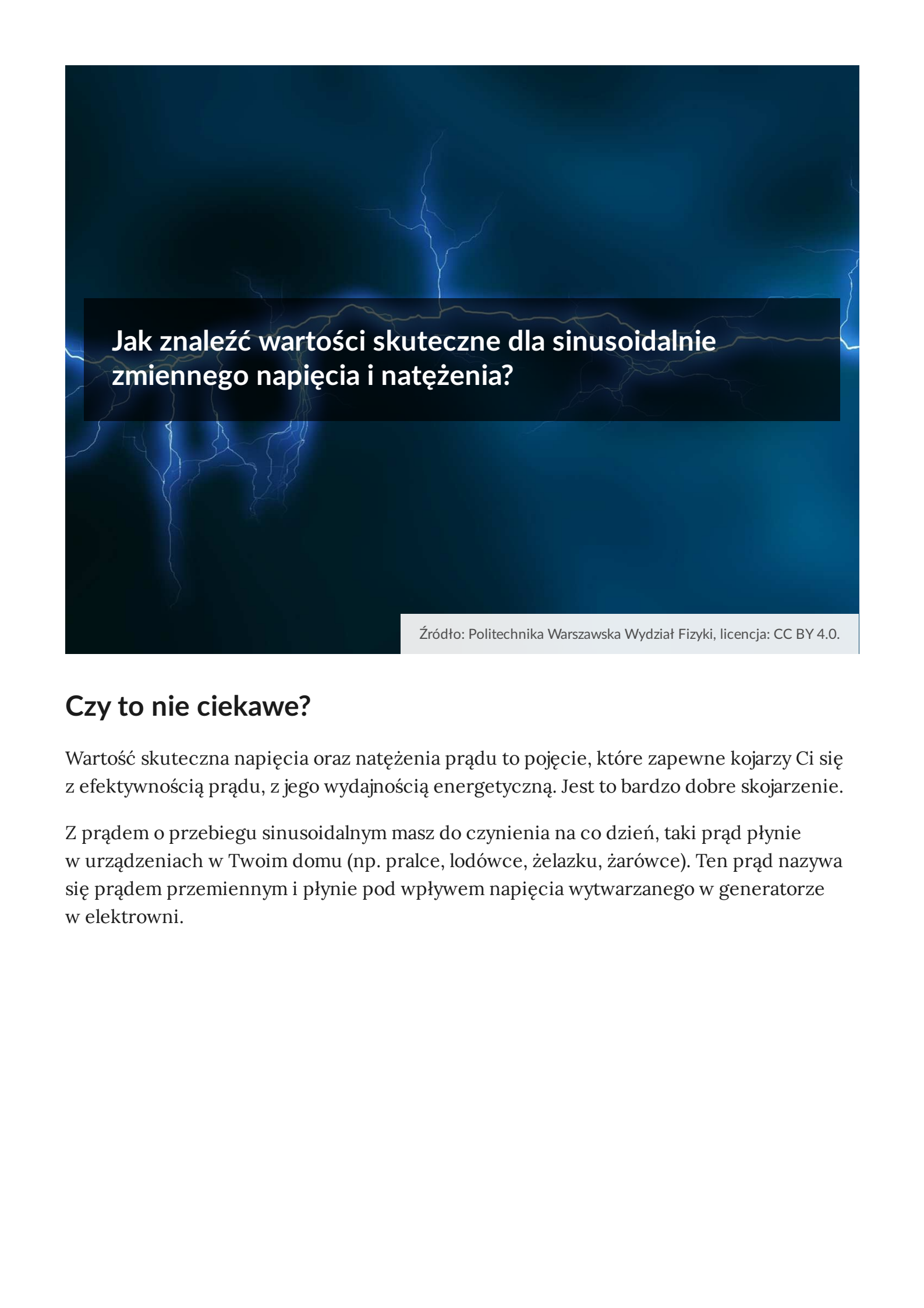




Jak znaleźć wartości skuteczne dla sinusoidalnie zmiennego napięcia i natężenia?

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Film samouczek](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



## Jak znaleźć wartości skuteczne dla sinusoidalnie zmiennego napięcia i natężenia?

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

### Czy to nie ciekawe?

Wartość skuteczna napięcia oraz natężenia prądu to pojęcie, które zapewne kojarzy Ci się z efektywnością prądu, z jego wydajnością energetyczną. Jest to bardzo dobre skojarzenie.

Z prądem o przebiegu sinusoidalnym masz do czynienia na co dzień, taki prąd płynie w urządzeniach w Twoim domu (np. pralce, lodówce, żelazku, żarówce). Ten prąd nazywa się prądem przemiennym i płynie pod wpływem napięcia wytwarzanego w generatorze w elektrowni.



Rys. a. Turbogenerator.

Źródło: Siemens, dostępny w internecie: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Turbogenerator01.jpg> [dostęp 15.05.2022 r.], licencja: CC BY-SA 3.0.

Prąd przemienny nie jest oczywiście prądem stałym, jego moc w każdej chwili się zmienia. Przypomnijmy, że moc prądu elektrycznego wydzielana w oporniku wyrażona jest poprzez napięcie na oporniku albo natężenie płynącego przez niego prądu następująco:

$$P = \frac{U^2}{R} = I^2 R.$$

W jaki sposób obliczamy pracę prądu przemiennego, dowiesz się w dalszej części tego e-materiału. Tutaj powiemy jeszcze tyle, że napięcie 230 V, z którym mamy zwykle do czynienia, to **napięcie skuteczne**. Oznacza to tyle, że gdybyśmy do np. czajnika elektrycznego podłączyli napięcie stałe o takiej właśnie wartości, to czajnik działałby tak samo, jak gdyby został podłączony do gniazdka sieciowego, tj. z taką samą mocą.

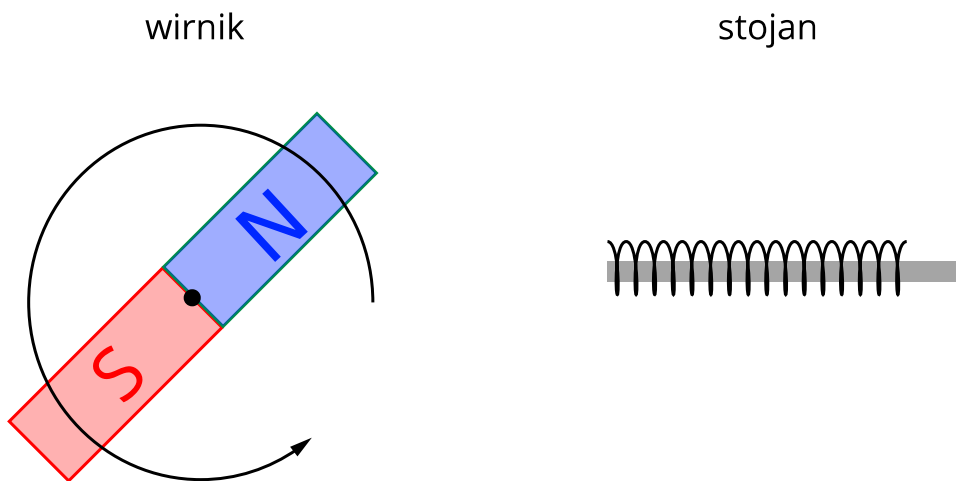
### Twoje cele

- dowiesz się, jak powstaje prąd przemienny w prostym generatorze,
- uzasadnisz, korzystając z definicji strumienia pola magnetycznego oraz prawa Faradaya, dlaczego jego przebieg jest sinusoidalny,
- zapoznasz się z pojęciem napięcia i natężenia skutecznego,
- zastosujesz zasadę obliczania wartości skutecznych napięcia oraz natężenia prądu przemiennego w różnych sytuacjach.

# Przeczytaj

## Warto przeczytać

Napięcie przemienne wytwarzane jest w generatorze synchronicznym, czyli takim rodzaju **prądnicy**, w którym obracającą się częścią (wirnikiem) jest źródło pola magnetycznego (Rys. 1.).



Rys. 1. Schemat generatora prądu przemiennego. Magnes obraca się na wirniku i indukuje prąd w uzwojeniu  
Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Obracający się przed uzwojeniem magnes (lub elektromagnes) powoduje, że strumień indukcji magnetycznej przenikający uzwojenie zmienia się. W uzwojeniu zachodzi zatem zjawisko **indukcji elektromagnetycznej** – generowane jest napięcie.

Przypomnijmy, że strumieniem indukcji magnetycznej przez płaską powierzchnię  $S$  nazywamy iloczyn skalarny wektorów  $\vec{B}$  i  $\vec{S}$ . Drugi z wektorów (z definicji) jest prostopadły do  $S$  i ma długość taką, jak pole powierzchni  $S$ .

$$\Phi_B = \vec{B} \cdot \vec{S} = BS \cos \alpha,$$

gdzie  $\alpha = \angle(\vec{B}, \vec{S})$ .

Ze względu na obrót wirnika, kąt między wektorami  $\vec{B}$  i  $\vec{S}$  zmienia się jednostajnie w czasie. Możemy napisać, że  $\alpha = \omega \cdot t$ , gdzie  $\omega$  jest prędkością kątową obrotów wirnika. Wobec tego zależność strumienia indukcji od czasu możemy zapisać jako

$$\Phi_B = BS \cos(\omega t).$$

Wynik ten opisuje strumień przez jeden zwoj. Dla całego uzwojenia musimy go pomnożyć przez liczbę zwojów. Nazwijmy  $n$ .

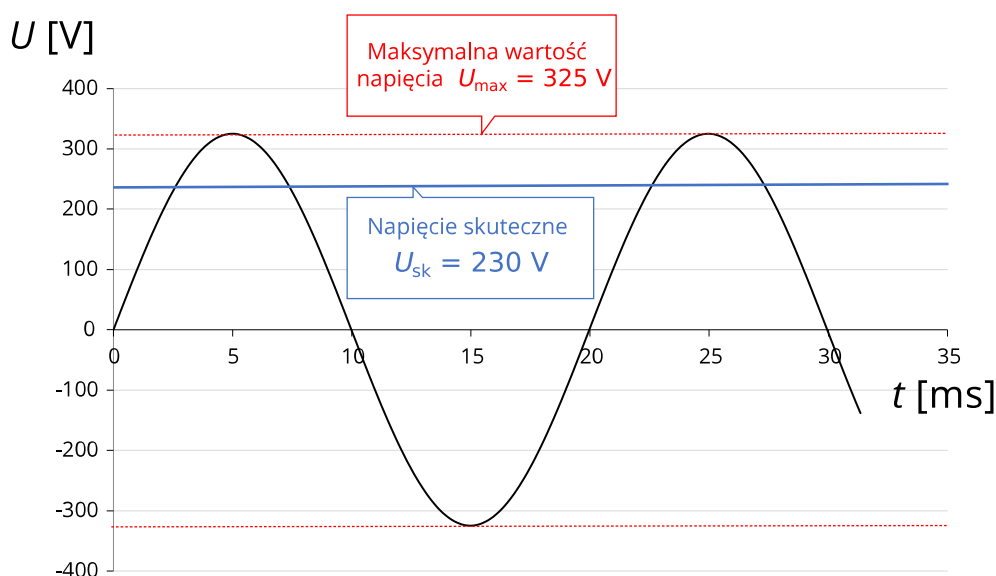
Przypomnijmy prawo Faradaya dotyczące zjawiska [indukcji elektromagnetycznej](#):

$$\varepsilon_{\text{ind}} = - \frac{d\Phi_B}{dt}.$$

Obliczmy obecną po prawej stronie pochodną względem czasu,

$$\varepsilon_{\text{ind}} = - \frac{d}{dt}(nBS \cos(\omega t)) = nBS\omega \sin(\omega t),$$

Jak widać, wygenerowana SEM indukcji, której nadajemy sens wytwarzanego przez prądnicę napięcia, jest sinusoidalnie zależna od czasu. Napięcie dostarczane do naszej domowej sieci energetycznej ma wobec tego przebieg sinusoidalny, co widzimy na wykresie (Rys. 2.)



Rys. 2. Zależność sieciowego napięcia przemiennego od czasu

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Tak więc napięcie wytworzone w obwodzie opisane jest zależnością

$$U(t) = U_{\text{max}} \cdot \sin(\omega t),$$

gdzie  $\omega$  jest prędkością kątową obracającego się wirnika. Znamy również jej związek z częstotliwością zmian napięcia:  $f = \frac{\omega}{2\pi}$ .

Maksymalna wartość napięcia  $U_{\text{max}}$  wynosi  $nBS\omega$ , gdzie  $n$  jest liczbą zwojów w uzwojeniu generatora,  $B$  – wartością indukcji zastosowanego pola magnetycznego,  $S$  – polem powierzchni rozpiętej na pojedynczym zwoju.

W europejskim standardzie maksymalne napięcie sieciowe  $U_{\max} = 325\text{V}$ , a częstotliwość  $f = 50\text{Hz}$ . Zależność czasowa natężenia prądu będzie miała taki sam charakter,

$$I(t) = I_{\max} \cdot \sin(\omega t),$$

gdzie  $I_{\max} = \frac{U_{\max}}{R}$ . Zależność ta wynika z prawa Ohma.

Chociaż charakter prądu przemiennego jest zupełnie inny niż prądu stałego (na chaotyczny ruch ładunków nałożony jest tu ruch drgający, a nie dryf w jednym kierunku wzdłuż obwodu), to okazuje się, że pod względem energetycznym taki prąd jest jak najbardziej użyteczny. Nie dość, że ogrzewa przewody (spiralą grzewczą w żelazku, czajniku, pralce), to można zaprząć go do wykonywania pracy mechanicznej (silnik). Tam, gdzie nie da się wykorzystać bezpośrednio prądu przemiennego np. do ładowania akumulatora, prostuje się go (tj. zamienia na prąd w dobrym przybliżeniu stały) i wykorzystuje pośrednio.

## Słowniczek

### **indukcja elektromagnetyczna**

(ang.: *electromagnetic induction*) - wytwarzanie prądu (zwanego indukcyjnym) w obwodzie zamkniętym podczas zmiany strumienia pola magnetycznego przez powierzchnię rozpiętą na tym obwodzie.

### **moc elektryczna**

(ang.: *electric power*) - ozn.  $P$ , co do wartości równa jest energii elektrycznej przypadającej na jednostkę czasu; tutaj energia ta wydzielana jest w oporniku. Jednostką mocy (w szczególności elektrycznej) jest wat, ozn.  $W$ .

### **napięcie skuteczne**

(ang.: *root mean square voltage*) - dla okresowo zmiennego napięcia taka wartość napięcia stałego, które przyłożone do danego oporu spowoduje wydzielenie się w tym oporze takiej samej ilości energii w jednostce czasu.

### **prądnica**

(ang.: *generator*) - urządzenie przekształcające energię mechaniczną w energię elektryczną. Jest rodzajem maszyny elektrycznej i generatora elektrycznego.

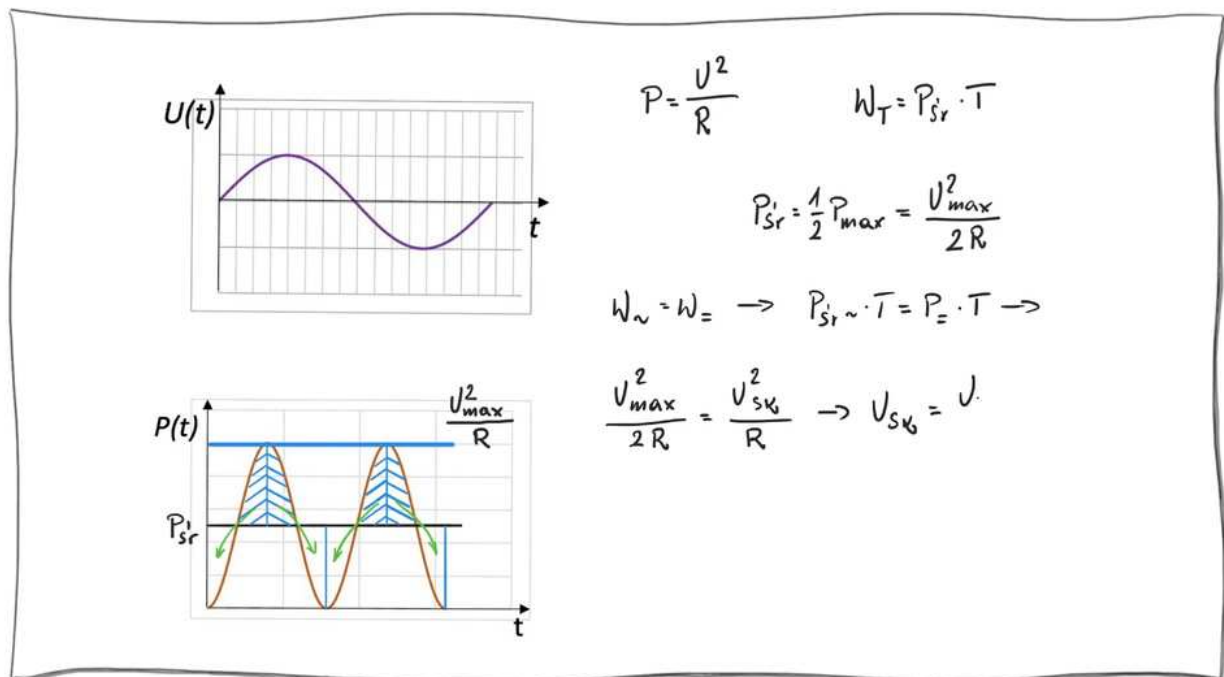
Wytwarzanie energii elektrycznej odbywa się w prądnicach dzięki zjawisku indukcji elektromagnetycznej.

# Film samouczek

## Jak znaleźć wartości skuteczne dla sinusoidalnie zmiennego napięcia i natężenia?

### Polecenie 1

Obejrzyj film-samouczek, w którym pokazano, w jaki sposób oblicza się pracę wykonywaną przez prąd przemienny i napięcie skuteczne. Zwróć uwagę na definicję i metodę obliczania napięcia skutecznego.



Film dostępny pod adresem </preview/resource/RUDF5iuyi2kob>

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Zapoznaj się z audiodeskrypcją samouczka.

### Polecenie 2

Wykaż, że:  $I_{sk} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$  przeprowadzając analogiczne rozumowanie dotyczące mocy prądu jak na filmie, ale stosując wzór wyjściowy z natężeniem prądu, a nie z napięciem:  $P(t) = I(t)^2 R$ .

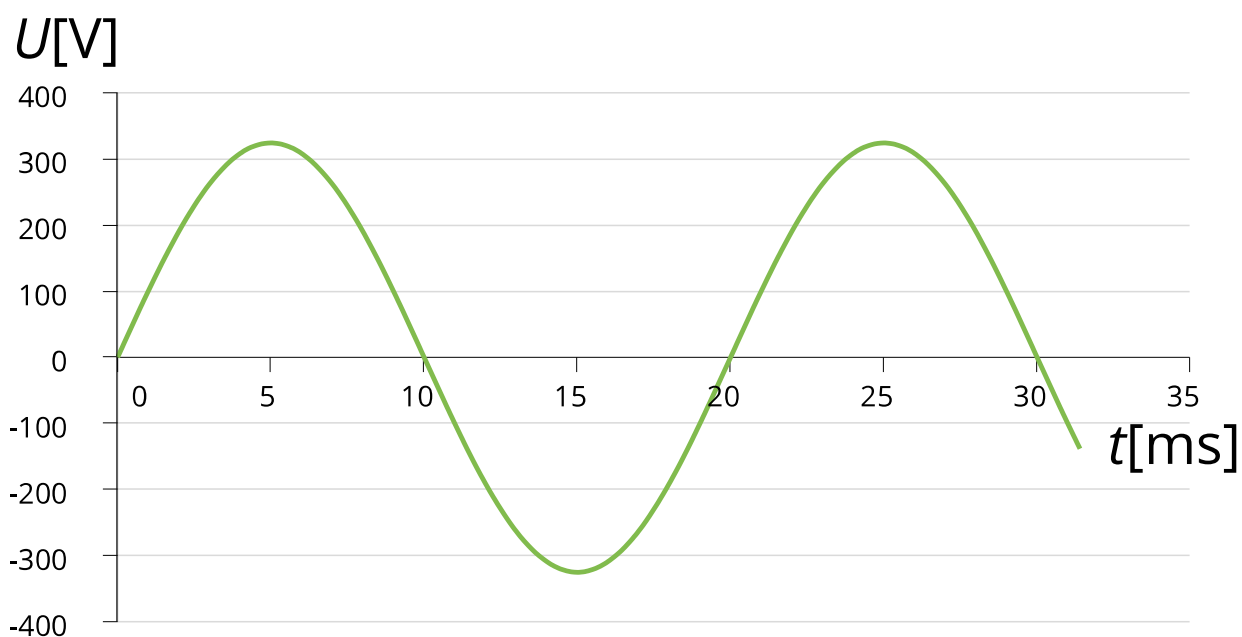
# Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Ćwiczenie 2



Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja:  
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Ćwiczenie 3



Ćwiczenie 4



Ćwiczenie 5



Ćwiczenie 6



Ćwiczenie 7





# Dla nauczyciela

---

<b>Imię i nazwisko autora:</b>	Nina Tomaszewska
<b>Przedmiot:</b>	Fizyka
<b>Temat zajęć:</b>	<b>Jak obliczyć napięcie i natężenie skuteczne dla przebiegu sinusoidalnego</b>
<b>Grupa docelowa:</b>	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony
<b>Podstawa programowa:</b>	<p><b>Cele kształcenia – wymagania ogólne</b></p> <p>II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.</p> <p><b>Zakres rozszerzony</b></p> <p><b>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b></p> <p>I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:</p> <p>7) wyodrębnia z tekstów, tabel, diagramów lub wykresów, rysunków schematycznych lub blokowych informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach;</p> <p>16) przeprowadza obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania oraz zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności pomiaru lub z danych;</p> <p>IX. Magnetyzm. Uczeń:</p> <p>12) opisuje cechy prądu przemiennego; posługuje się pojęciem napięcia i natężenia skutecznego; oblicza napięcie i natężenie skuteczne dla przebiegu sinusoidalnego;</p>

<b>Kształtowane kompetencje kluczowe:</b>	<b>Zalecenia Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji,</li> <li>• kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii,</li> <li>• kompetencje cyfrowe,</li> <li>• kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.</li> </ul>
<b>Cele operacyjne:</b>	<p>Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. objaśnia, jak powstaje prąd przemienny w typowym generatorze obrotowym i dlaczego jego przebieg czasowy jest sinusoidalny.</li> <li>2. definiuje pojęcia napięcia i natężenia skutecznego.</li> <li>3. objaśnia, w jaki sposób oblicza się napięcie i natężenie skuteczne dla prądu przemiennego.</li> </ol>
<b>Strategie nauczania:</b>	blended-learning,
<b>Metody nauczania:</b>	wykład informacyjny wspomagany pokazem multimedialnym
<b>Formy zajęć:</b>	Praca w zespole klasowym
<b>Środki dydaktyczne:</b>	komputer z rzutnikiem lub tablety do dyspozycji każdego ucznia.
<b>Materiały pomocnicze:</b>	Niniejszy e-materiał
<b>PRZEBIEG LEKCJI</b>	
<b>Faza wprowadzająca:</b>	
<p>Nauczyciel zaciekawia uczniów problemem napięcia sieciowego doprowadzonego do gniazdek i kontaktów w każdym domu. Stawia pytanie, skąd się bierze to napięcie i jaki prąd wywołuje w urządzeniu odbiorczym. Mówi o zupełnie innym charakterze tego prądu niż prąd stały. Stawia pytanie: "Czy ten prąd wykonuje pracę".</p>	
<b>Faza realizacyjna:</b>	

Lekcja w pełni wykorzystuje materiał tekstowy i medialny e- materiału. Najpierw nauczyciel wraz z uczniami przypominają działanie generatora synchronicznego. Następnie nauczyciel stosuje prawo Faradaya i wyprowadza zależność SEM indukcji od czasu. Mówi o mocy prądu przemiennego i zamianie energii elektrycznej na inne formy energii. Na zakończenie krótko wyjaśnia ideę napięcia skutecznego. Podsumowaniem opowieści o właściwościach prądu przemiennego niech będzie skorzystanie przez uczniów z samouczka, w którym wyjaśniony jest związek maksymalnego napięcia z napięciem skutecznym dla przebiegu sinusoidalnego napięcia i natężenia prądu.

**Faza podsumowująca:**

Nauczyciel wraz z uczniami rozwiązują zadania 6., 7. i 8. z zestawu ćwiczeń.

**Praca domowa:**

Zadania 1., 2., 3., 4., 5. z zestawu ćwiczeń

**Wskazówki  
metodyczne  
opisujące różne  
zastosowania danego  
multimedium:**

Samouczek, który zawiera dość trudny pojęciowo materiał, z powodzeniem może służyć do powtórki w domu zastosowanej tam procedury wyznaczania wartości napięcia lub prądu skutecznego.