

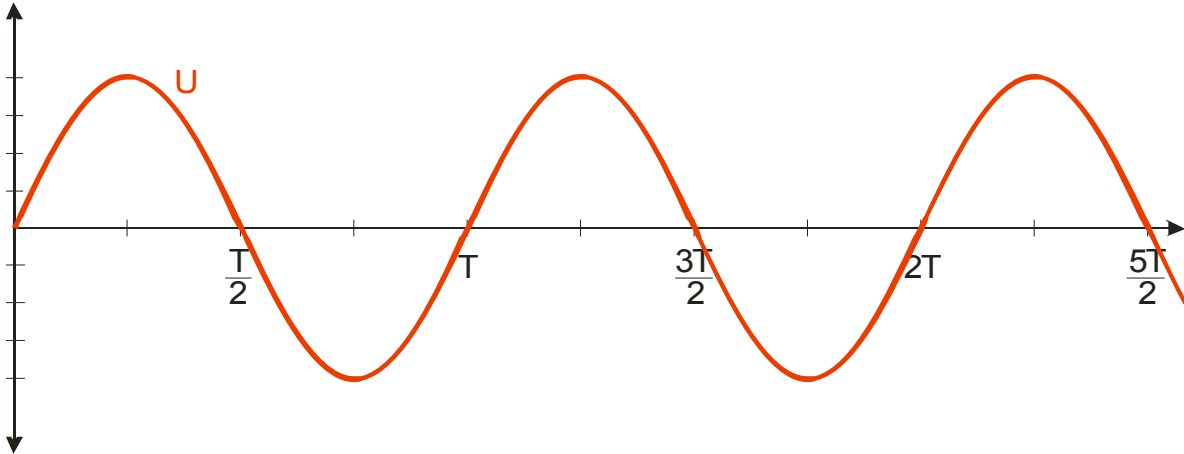
## 4.6.1 Střídavý proud

**Předpoklady:** 4509

Střídavý proud vzniká:

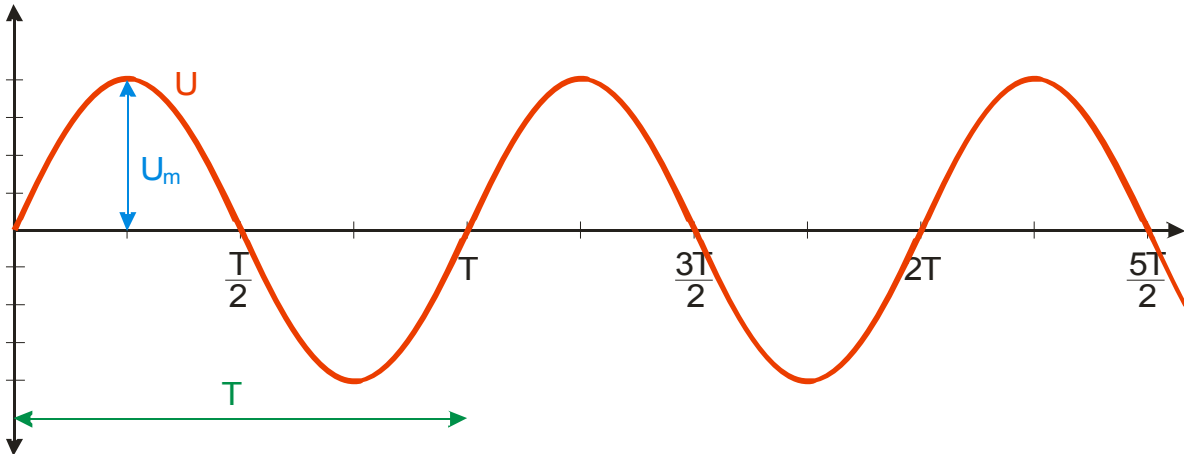
- cívka se otáčí v magnetickém poli
- magnet se otáčí v blízkosti cívky

Vzniklé napětí se v čase mění stejně jako funkce sinus:



Které hodnoty průběh napětí charakterizují?

- $U_m = 325 \text{ V}$  maximální hodnota napětí
- $U_e = U = 230 \text{ V}$  efektivní hodnota (používá se podstatně častěji, co přesně znamená si řekneme později)
- $f = 50 \text{ Hz}$  frekvence  $\Rightarrow T = 0,02 \text{ s}$



Hodnoty napětí i proudu se každou chvílí mění  $\Rightarrow$  rozlišujeme:

- malá písmena  $u$  nebo  $i$  znamenají okamžitou hodnotu
- velká písmena jako  $U$  nebo  $I$  znamenají hodnoty, které se s časem nemění (maximální hodnoty nebo hodnoty efektivní)

Okamžitá hodnota napětí je určena vztahem:  $u = U_m \cdot \sin(\omega \cdot t)$

(  $\omega = 2\pi f$   $f = 50 \text{ Hz}$  )

**Př. 1:** najdi vztah pro okamžitou hodnotu proudu, pokud pro ni platí vztah  $i = \frac{u}{R}$ .

Pokud je okamžitá hodnota proudu v každém okamžiku přímo úměrná okamžité hodnotě napětí, musí se proud stejně jako napětí v čase měnit jako funkci sinus  $\Rightarrow$

$$i = I_m \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

Pro hodnotu  $I_m$  zřejmě platí  $I_m = \frac{U_m}{R}$ .

**Př. 2:** Předpokládej, že v čase  $t=0$  s je okamžitá hodnota střídavého napětí v zásuvce rovna 0 V. V jakých časech bude okamžitá hodnota napětí v zásuvce opět nulová? Kdy bude napětí dosahovat nejvyšší kladné hodnoty 325 V?

Napětí v zásuvce se mění s frekvencí 50 Hz, tedy s periodou 0,02 s  $\Rightarrow$  za 0,02 s napětí opíše jednu celou vlnovku. Nulové hodnoty napětí dosáhne vždy po polovině periody, tedy po 0,01 s.

Nulové napětí v zásuvce bude v časech: 0,00 s; 0,01 s; 0,02 s; 0,03 s; ....

Maximální kladné hodnoty dosáhne sinusoida po čtvrtině periody, tedy po 0,005 s od začátku. Na zopakování této hodnoty pak musíme čekat celou periodu 0,02 s.

Maximální kladná hodnota napětí bude v zásuvce v časech: 0,005 s; 0,025 s; 0,045 s; ....

**Př. 3:** Urči okamžitou hodnotu elektrického napětí v zásuvce v čase:

a)  $t=0,001$  s

b)  $t=0,019$  s

c)  $t=1,526$  s

Získané výsledky porovnej s grafem.

Ve všech případech stačí dosadit do vztahu pro okamžitou hodnotu napětí:

a)  $t=0,001$  s

$$u = U_m \cdot \sin(\omega \cdot t) = 325 \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 0,001) \text{ V} = 100 \text{ V}$$

tento čas odpovídá začátku periody  $\Rightarrow$  hodnota napětí by měla být kladná, blíže nule než 325 V

b)  $t=0,019$  s

$$u = U_m \cdot \sin(\omega \cdot t) = 325 \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 0,019) \text{ V} = -100 \text{ V}$$

tento čas odpovídá okamžiku před koncem periody  $\Rightarrow$  hodnota napětí by měla být záporná, blíže nule než -325 V, stejná absolutní hodnota jako v bodě a)

c)  $t=1,526$  s

$$u = U_m \cdot \sin(\omega \cdot t) = 325 \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 1,526) \text{ V} = 309 \text{ V}$$

perioda je 0,02 s  $\Rightarrow$  v čase  $t=1,52$  s začíná další perioda  $\Rightarrow$  z této periody uplyne do času  $t=1,526$  s pouze 0,006 s, tedy o něco více než čtvrtina periody  $\Rightarrow$  napětí bude kladné blízké maximální hodnotě

**Pedagogická poznámka:** Nechte studenty spočítat bod a) a pak je nechte, aby svůj výsledek porovnali s grafem. Většinu studentů na první pokus vyjde 1,78 V, což je samozřejmě příliš málo. Studenti si totiž neuvědomí, že úhel, který dosazují do sinu je uveden v radiánech a tudíž musí přepnout na kalkulačce mód z DEG na RAD.

**Př. 4:** Urči okamžik, ve kterém se okamžitá hodnota napětí v zásuvce rovná 230 V.

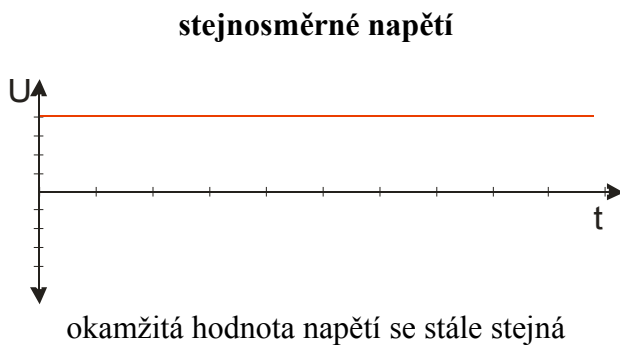
Dosadíme do vztahu  $u = U_m \cdot \sin(\omega \cdot t)$

$$\sin(\omega \cdot t) = \frac{u}{U_m} = \frac{230}{325} \Rightarrow \omega \cdot t = 0,79 \text{ rad}$$

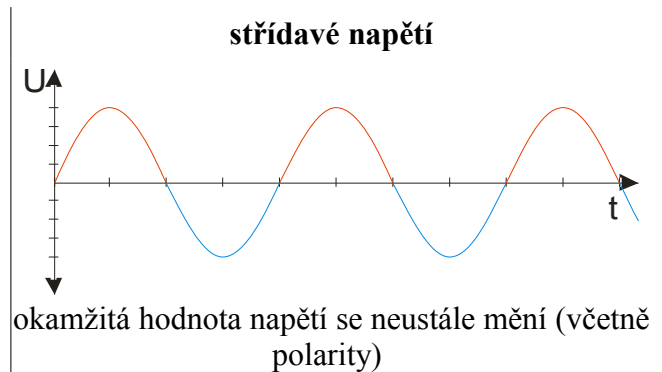
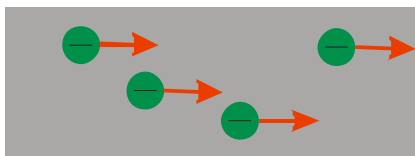
$$2 \cdot \pi \cdot f \cdot t = 0,79 \text{ rad} \Rightarrow t = \frac{0,79}{2 \cdot \pi \cdot f} = \frac{0,79}{2 \cdot \pi \cdot 50} \text{ s} = 0,0025 \text{ s}$$

Tento okamžik není jediný. Hodnota 230 V se bude opakovat po uplynutí každé další periody (tedy vždy po 0,02 s) a pak také ještě v úvodní periodě v čase 0,0075 s.

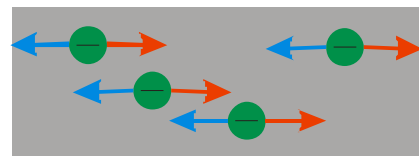
Porovnání stejnosměrného a střídavého proudu



polarita napětí se stále stejná  $\Rightarrow$  na elektrony působí elektrická síla stejným směrem  $\Rightarrow$  elektrony se pohybují stále stejným směrem



polarita napětí se mění  $\Rightarrow$  na elektrony působí elektrická síla dvěma navzájem opačnými směry  $\Rightarrow$  elektrony se pohybují půl periody jedním směrem a druhou polovinu periody druhým směrem



Protože zdroj střídavého napětí je něco podstatně odlišného od zdroje stejnosměrného napětí, má i

jinou značku: nebo .

Střídavé napětí je proměnné napětí s harmonickým průběhem (průběh ve tvaru funkce sinus)  $\Rightarrow$  proměnné napětí s jiným časovým průběhem nepovažujeme za střídavé

Grafy střídavého napětí se velmi podobají grafům časové závislosti výchylky kyvadla na čase  $\Rightarrow$  střídavé napětí je příkladem harmonického elektrického kmitání

Střídavé napětí nevzniká pouze v alternátorech (cívky, které se otáčejí v magnetickém poli), ale i ve speciálních obvodech (oscilátorech), které většinou vyrábějí střídavé napětí daleko vyšších frekvencí (až desítky GHz používané v satelitním vysílání).

**Př. 5:** Sestav vztah pro okamžitou hodnotu:

- a) střídavého napětí s amplitudou 15 V a frekvencí 50 Hz
- b) střídavého napětí s amplitudou 0,1 V a frekvencí 98 MHz
- c) stejnosměrného napětí 4,5 V

stačí dosadit do vztahu  $u = U_m \cdot \sin(\omega \cdot t)$

a)  $U_m = 15 \text{ V}$  ,  $f = 50 \text{ Hz}$   $\Rightarrow$   
 $u = U_m \cdot \sin(\omega \cdot t) = 15 \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot t) \text{ V} = 15 \cdot \sin(100 \cdot \pi \cdot t) \text{ V}$

b)  $U_m = 0,1 \text{ V}$  ,  $f = 98 \cdot 10^6 \text{ Hz}$   $\Rightarrow$   
 $u = U_m \cdot \sin(\omega \cdot t) = 0,1 \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot 98 \cdot 10^6 \cdot t) \text{ V} = 0,1 \cdot \sin(196 \cdot 10^6 \cdot \pi \cdot t) \text{ V}$

c)  $U_m = 4,5 \text{ V}$  ,  $f = 0 \text{ Hz}$   $\Rightarrow$   $u = 4,5 \text{ V}$

**Shrnutí:** Střídavé napětí je napětí, které se v čase mění jako funkce sinus.