

## 4.7.1 Třífázová soustava střídavého napětí

**Předpoklady:** 4509, 4601, 4607

Opakování: naprostá většina elektrické energie se vyrábí pomocí elektromagnetické indukce, v magnetickém poli magnetu (stator) jsme otáčeli cívkou (rotor)  $\Rightarrow$  měnil se magnetický indukční tok v cívce  $\Rightarrow$  indukovalo se napětí, které jsme odebírali pomocí kartáčků z osy

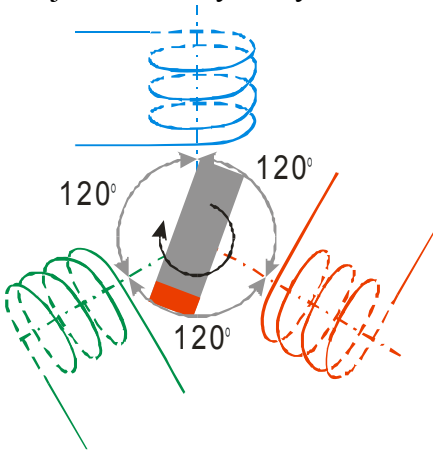
Alternátor v elektrárně se podstatně liší ve dvou ohledech:

- neotáčíme cívkou ale elektromagnetem  $\Rightarrow$  cívka, ve které se indukuje proud je umístěna ve statoru
- stator alternátoru jsou tři stejné cívky místo jedné

**Př. 1:** Navrhní důvody, které by mohly vést k umístění cívek do statoru namísto do rotoru.

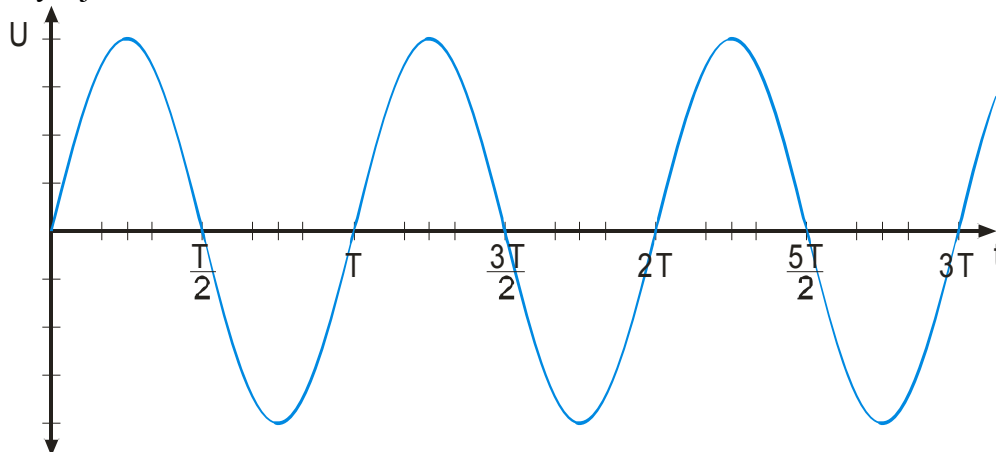
V alternátoru tečou velké proudy (chci vyrobit hodně energie), pokud by se cívka, kde se proudy indukují otáčela, musel bych vyrobený proud přenášet přes kartáčky  $\Rightarrow$  velké ztráty

Jak jsou umístěny cívky ve statoru?



jsou umístěny ve stejné poloze vůči rotoru, pouze jsou pootočený o úhel  $120^\circ$ .

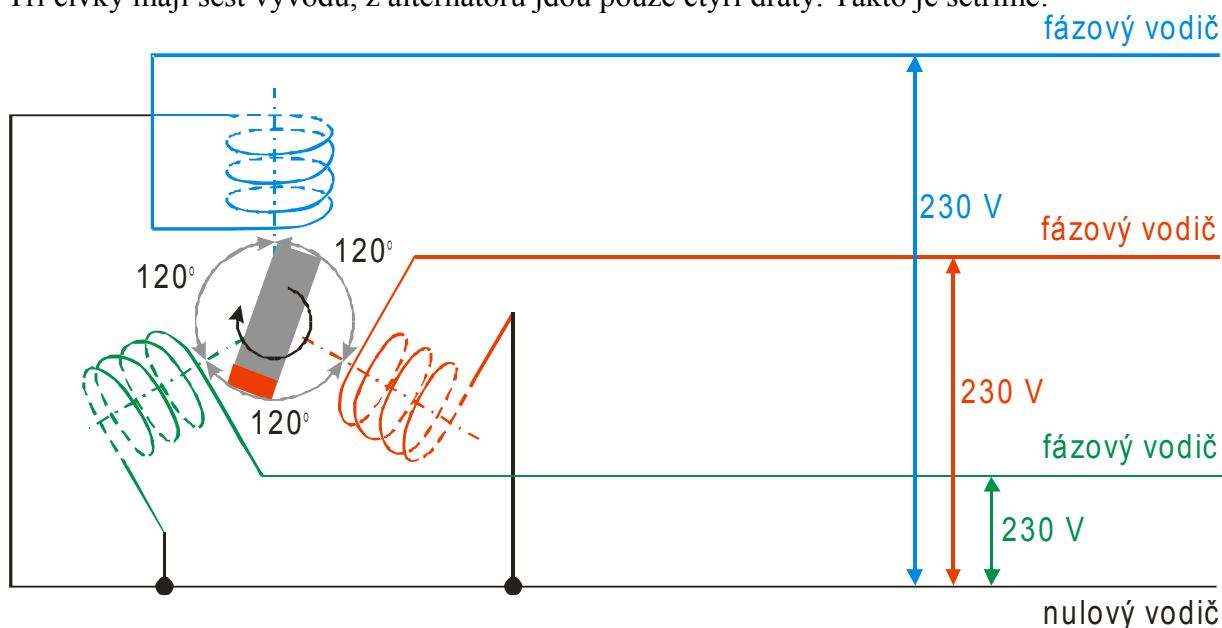
**Př. 2:** Na obrázku je nakreslen průběh napětí v modré cívce. Dokresli do obrázku průběh napětí na zbývajících cívkách.



Všechny cívky jsou stejné a jsou umístěny okolo stejného magnetu  $\Rightarrow$  průběh napětí bude na všech cívkách stejný, ale bude se lišit v posunutí v čase, průběhy budou vůči době zpožděné. Rozdíl mezi cívkami je třetina otáčky ( $120^\circ$ )  $\Rightarrow$  magnet bude potřebovat třetinu periody  $T$ , aby se otočil od jedné cívky k druhé  $\Rightarrow$  průběhy budou navzájem posunuté o třetinu periody

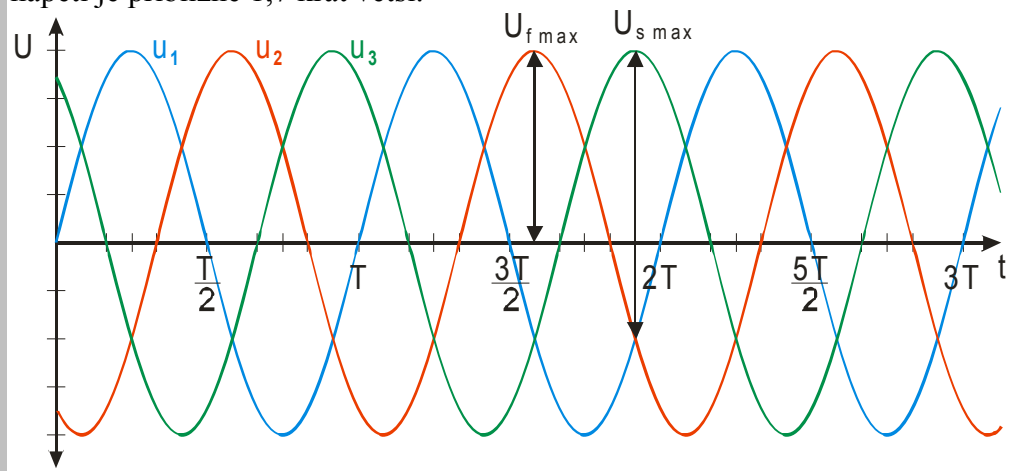
K čemu je to dobré?

Tři cívky mají šest vývodů, z alternátoru jdou pouze čtyři dráty. Takto je šetříme:



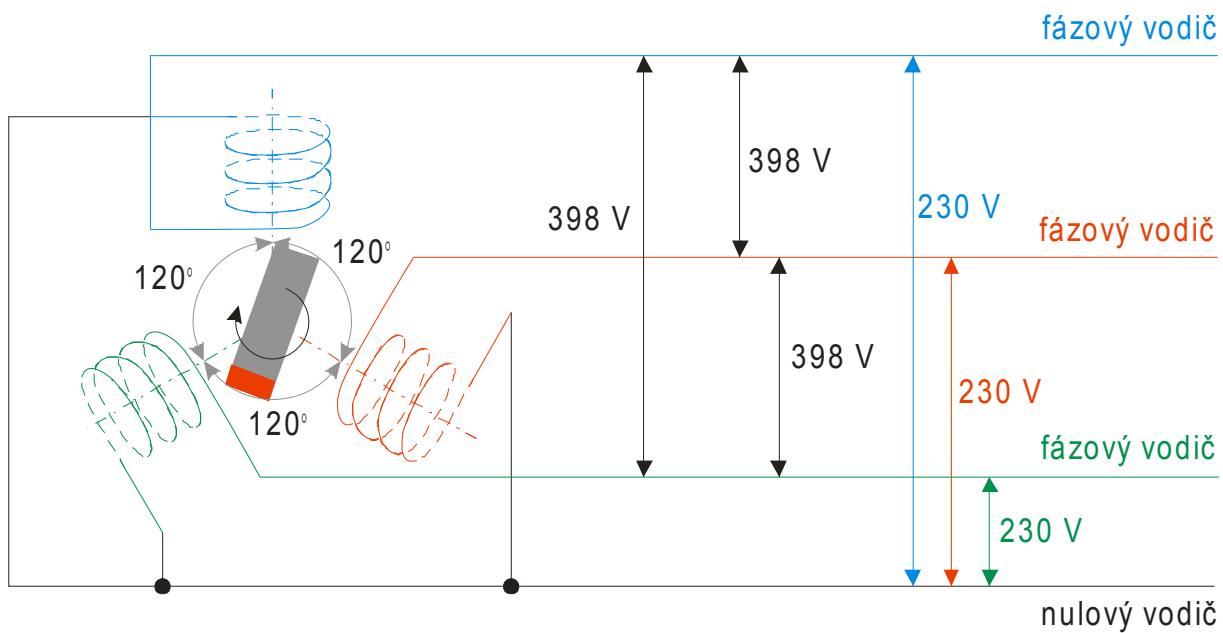
**Př. 3:** Sinusový průběh má nejen napětí indukované na jednotlivých cívkách (tedy napětí mezi fázovým a nulovým vodičem = **fázové napětí**), ale i napětí mezi dvěma fázovými vodiči (součet napětí na dvou indukovaných na dvou cívkách = **sdržené napětí**). Urči přibližně jeho efektivní hodnotu pokud efektivní hodnota fázového napětí je 230 V.

Například měřením můžeme zjistit, že amplituda (a tedy i efektivní hodnota) sdrženého napětí je přibližně 1,7 krát větší.



Přesným výpočtem bychom zjistili, že platí  $U_s = \sqrt{3} \cdot U_f = \sqrt{3} \cdot 230 \text{ V} = 398 \text{ V}$

Obrázek zapojení alternátoru můžeme doplnit o další hodnoty napětí:

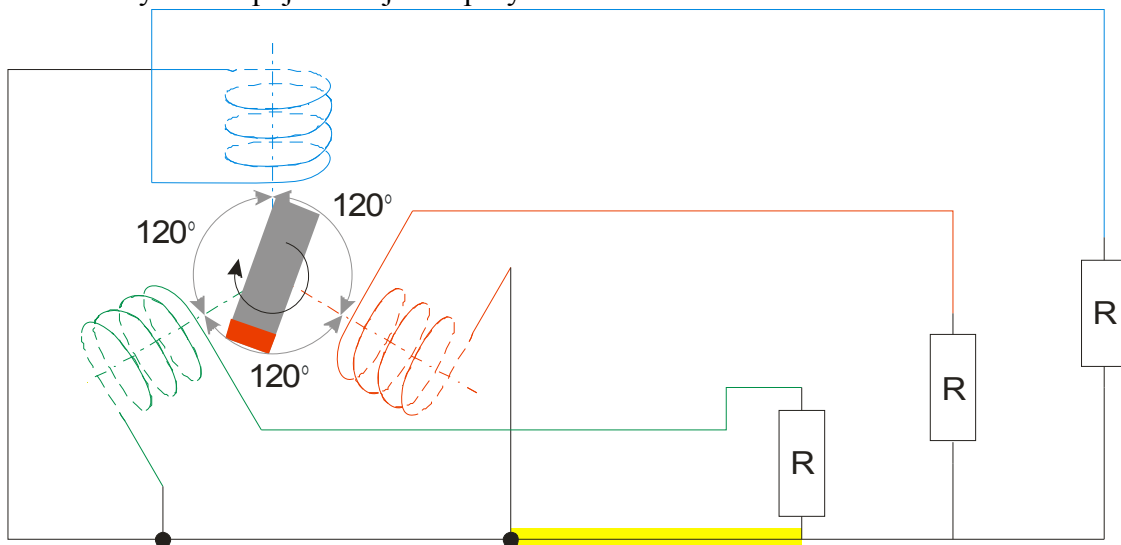


⇒ první výhoda: mám k dispozici dvě hodnoty napětí 230 V a 398 V

**Dodatek:** Ještě nedávno bylo fázové napětí 220 V a sružené 380 V (tato hodnota je známější).

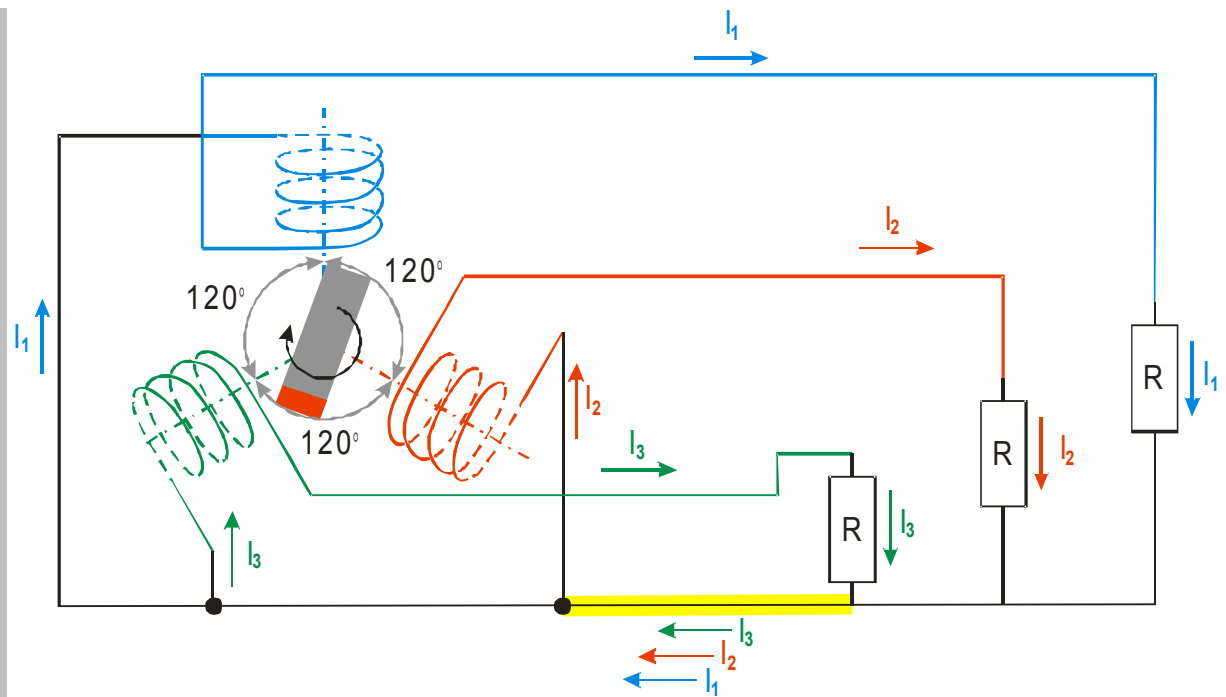
Je možné si ověřit (například z grafu), že pro okamžité hodnoty napětí platí v každém okamžiku  $u_1 + u_2 + u_3 = 0$ .

Na všechny fáze zapojíme stejné odpory:



**Př. 4:** Dokresli do obrázku proudy, které procházejí jednotlivými fázemi. Jaká hodnota proudu poteče ve žlutě vyznačené části nulového vodiče (vodič mezi alternátorem a spotřebičem)?

Na všech cívkách se indukují napětí se stejnou efektivní hodnotou, všechny odpory jsou stejné ⇒ platí  $I_1 + I_2 + I_3 = 0$ .



Efektivní hodnoty proudů jsou stejné. Okamžité hodnoty odpovídají okamžitým hodnotám indukovaného napětí na příslušné cívce  $\Rightarrow$  průběhy okamžitých hodnot proudů jsou jako u napětí stejné křivky posunuté o  $120^\circ$   $\Rightarrow$  jejich součet stejně jako u součtu okamžitých hodnot napětí je nulový  $\Rightarrow$  žlutě označenou částí nulového vodiče by netekl žádný proud.

Ve skutečnosti nejsou nikdy odpory stejné  $\Rightarrow$  proudy nemají stejnou efektivní hodnotu  $\Rightarrow$  součet proudů v nulovém vodiči není přesně nulový, ale je podstatně menší než jsou jednotlivé proudy ve větvích.

$\Rightarrow$  druhá výhoda: ušetřím dráty (místo šesti pouze čtyři) a drát na nulový vodič může být podstatně slabší (přenáší menší proudy)

$\Rightarrow$  třetí výhoda: příští hodina

Jak je zapojena elektrina v domácnosti:

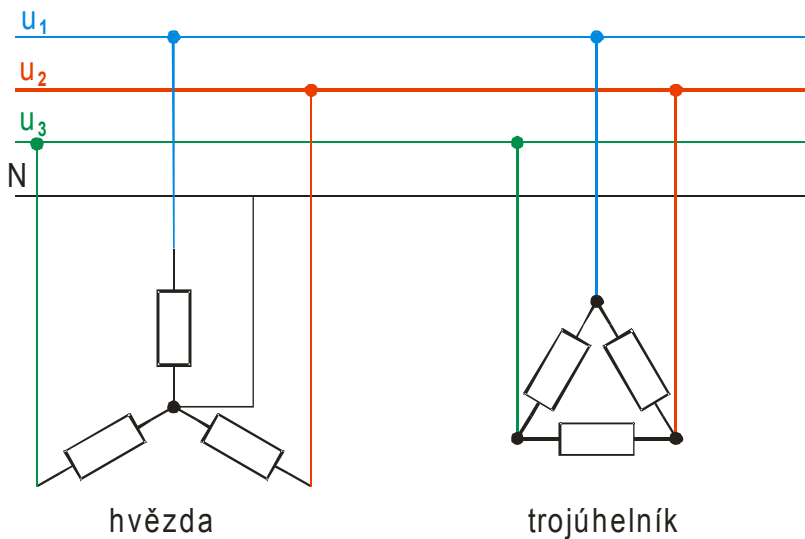
v normální zásuvce je vyvedena pouze jedna fáze (levá zdířka), nulový vodič (pravá zdířka) a ochranný vodič (kolík).

Snaha o rovnoměrné zatížení fází, aby v nulovém vodiči tekla, co nejmenší proud.

Některé spotřebiče s velkým výkonem (čerpadla, cirkulárky, stroje v továrnách) se připojují na všechny tři fáze (pětikolíková zásuvka: tři fáze, nulový vodič a ochranný vodič)

Existují dva způsoby zapojení:

- do hvězdy:
- do trojúhelníka:



**Př. 5:** Rozhodni, zda je výkon stroje větší při zapojení do hvězdy nebo při zapojení do trojúhelníka.

Větší výkon má přístroj při zapojení do trojúhelníka. V zapojení do trojúhelníka je připojený na sdružené napětí, které větší než fázové.

**Shrnutí:** V rozvodné síti se používá třífázové napětí se třemi stejnými, navzájem posunutými střídavými napětími.