



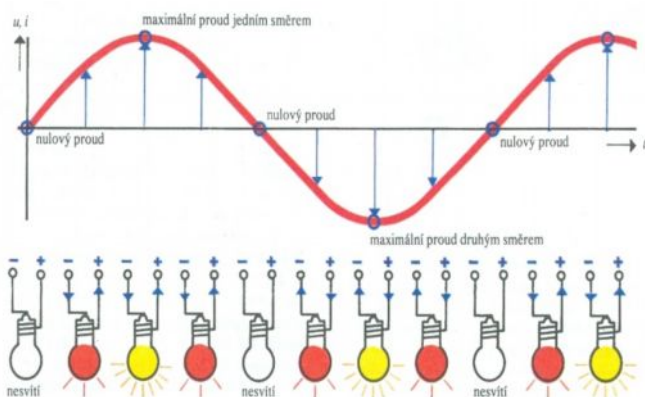
STŘÍDAVÝ ELEKTRICKÝ PROUD

Trojfázová soustava

TENTO PROJEKT JE SPOLUFINANCOVÁN EVROPSKÝM SOCIÁLNÍM FONDEM A STÁTNÍM ROZPOČTEM ČESKÉ REPUBLIKY.

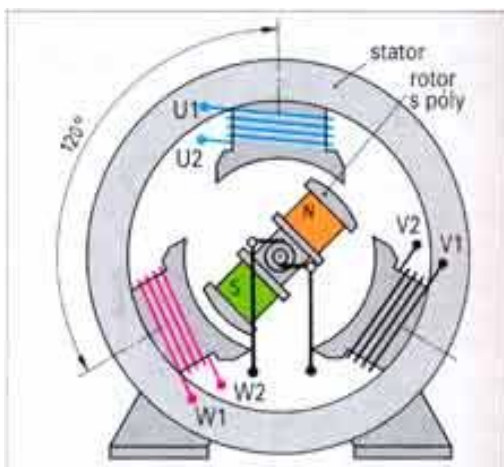


Vznik trojfázového napětí



Průběh naznačený na obrázku je *jednofázový*, zdroj dodával jedině napětí. Připojené žárovky svojí barvou signalizují způsob práce takového proudu = o-max-o-max atd., tedy svítí – nesvítí atd.. = činnost spotřebiče je nepravidelná. Okamžiky, kdy jednofázový spotřebič nepracuje překonáváme setrvačností např. mechanickou nebo tepelnou a volbou relativně vysoké frekvence otáčení generátoru, jakožto zdroje střídavého napětí.

Hospodárnější je, použije-li se místo jednofázového proudu soustavy několika střídavých proudů, které mají stejnou velikost a stejný kmitočet, avšak různou fází. Nejvýhodnější je **souměrná soustava trojfázová**. Skládá se ze tří napětí, která mají stejnou velikost, jejich sinusovky jsou však fázově posunuty o 120° . Na obrázku je princip vzniku trojfázového napětí:

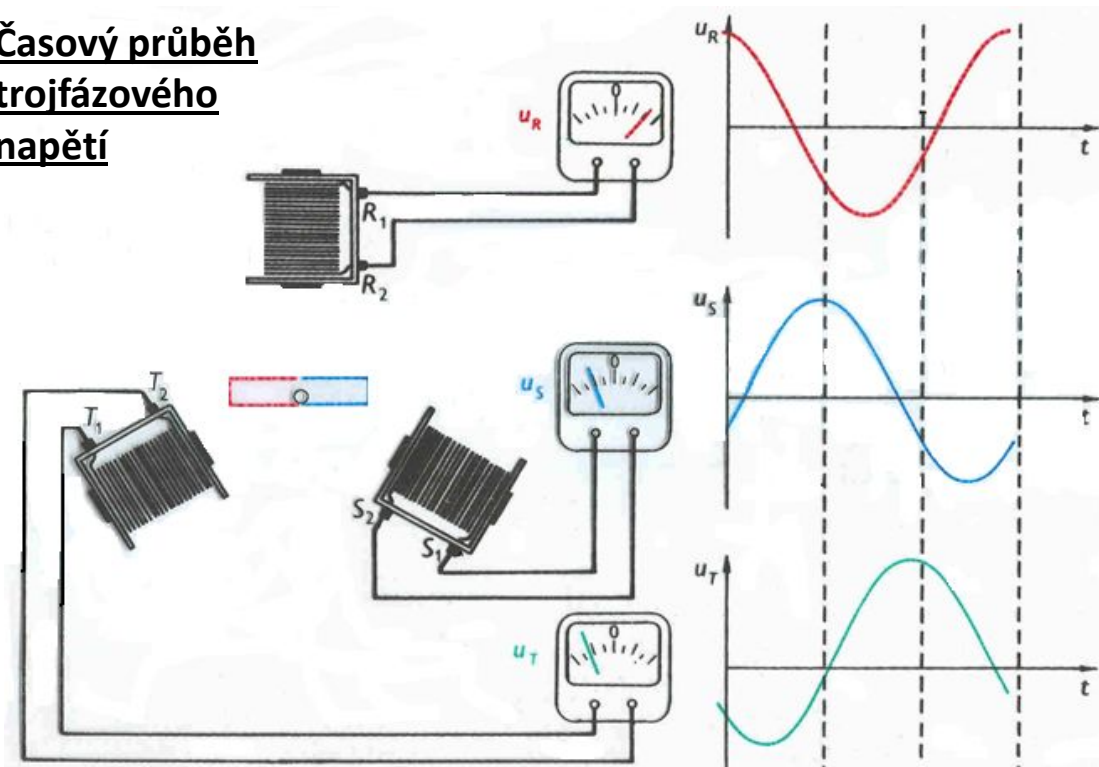


Stator tvoří tři cívky, vzájemně natočené o 120° .

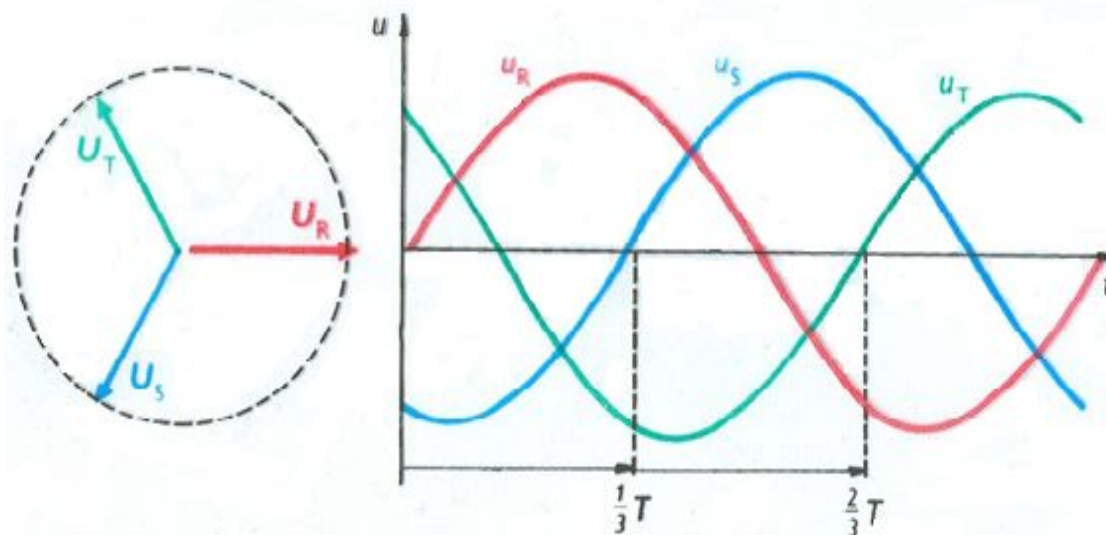
Rotor znázorněného generátoru je dvoupólový magnet, buzený stejnosměrným proudem tj. cívka protékána ss proudem, čímž se dosáhne neměnné polarity pólů.

Otáčí-li se rotor, otáčí se také magnetické pole, které protíná vodiče vinutí statoru, a v jednotlivých cívkách (fázích) se indukují tři napětí U_U (U_R), U_V (U_S) a U_W (U_T).

Časový průběh trojfázového napětí



Napětí fáze S dosáhne maximální hodnoty $U_{\max}$ později, než napětí fáze R, a to o dobu odpovídající fázovému úhlu 120° . Napětí fáze T má napětí později o dobu odpovídající fázovému posunu 240° než fáze R.

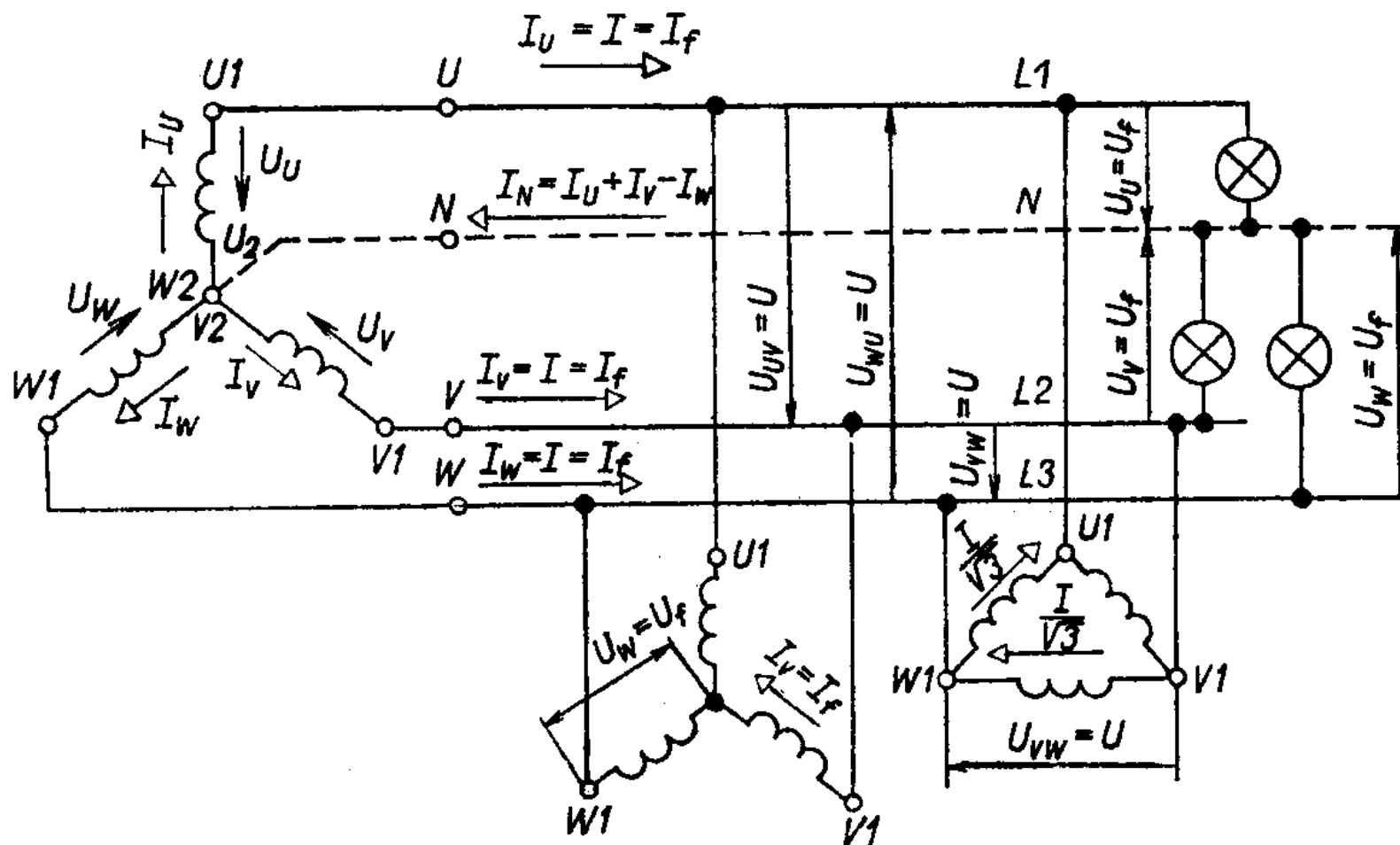


Časovému průběhu odpovídá vektorový diagram, z něhož vyplývá, že součet fázorů napětí je nula:

$$\hat{U}_R + \hat{U}_S + \hat{U}_T = 0$$

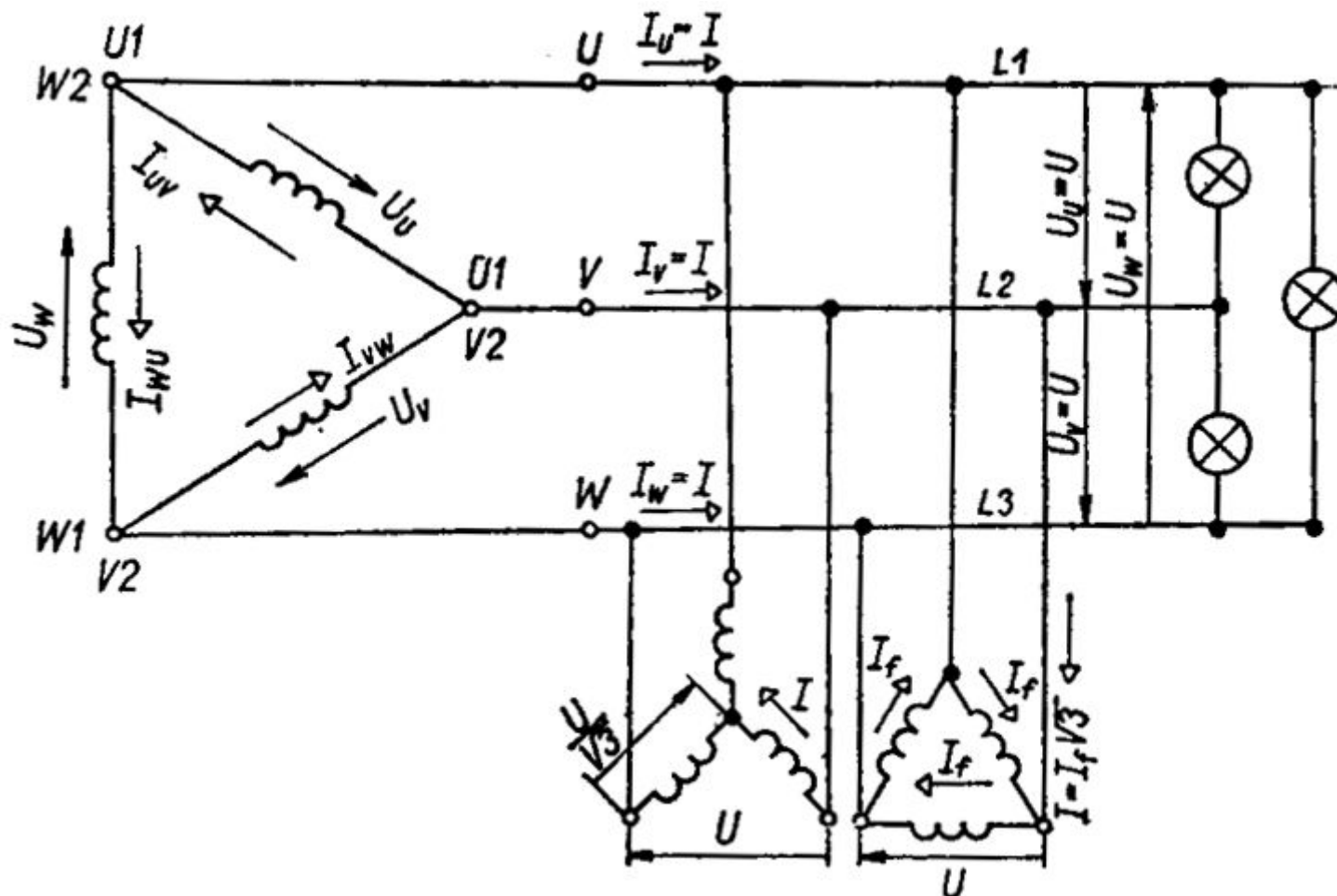
Spojení fází:

a) do hvězdy Y spojujeme cívky do jednoho bodu, tzv. uzlu; proto napětí v tomto uzlu je v každém okamžiku nulové. Uzel se nazývá *nulový bod* a vodič z něho vyvedený je *nulový vodič*. Tři vodiče vyvedené z „volných konců“ fází jsou tzv. *fázové vodiče*.

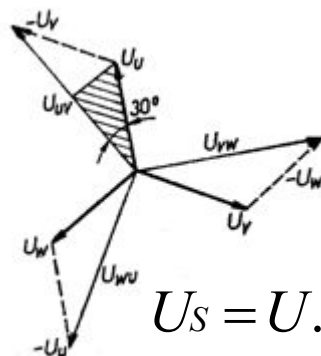


Spojení fází:

b) do trojúhelníka D spojujeme vždy začátek jedné fáze s koncem sousední fáze, takže všechny tři fáze tvoří uzavřený obvod. Nulový bod zde není, a proto není také nulový vodič. Z alternátoru, jehož cívky jsou spojeny do trojúhelníka, můžeme vyvést jen tři fázové vodiče.



Fázová a sdružená napětí



$$U_S = U \cdot \sqrt{3}$$

Při spojení do hvězdy máme dvojí napětí. Napětí mezi fázovým a nulovým vodičem je napětí jedné fáze neboli fázové napětí U_f ; jeho efektivní hodnoty označujeme U . Napětí mezi libovolnými fázovými vodiči je tzv. sdružené napětí U_S . Na vytvoření sdruženého napětí se podílejí vždy dvě fáze spojené proti sobě a jeho velikost určíme vektorovým součtem napětí jedné fáze a obráceného napětí druhé fáze.

Normalizované fázové napětí je $U = 230 \text{ V}$. Síťové napětí spotřebičů je $U_S = 230 \cdot \sqrt{3} = 398 \text{ V}$ (400 V).

Při spojení fází zdroje do hvězdy se fázový proud I_f rovná síťovému proudu I_S a platí rovnice

$$I_S = I_f = I$$

Při spojení do trojúhelníka se sdružené napětí rovná napětí na jednom spotřebiči zapojeném do trojúhelníka; platí rovnice

$$U_S = U$$

a fázemi generátoru prochází při zatížení fázový proud. Fázový vodič je připojen vždy ke svorce, tj. ke spojovacímu místu dvou fází. Proto proud v síti I_S je sdružený síťový proud a je dán geometrickým rozdílem proudů dvou fází $I_S = I_f \cdot \sqrt{3}$.

Výkon střídavého proudu

Výkon trojfázové soustavy je dán součtem výkonů jednotlivých fází:

$$P = P_{f1} + P_{f2} + P_{f3}$$

Činný výkon jedné fáze je určen vztahem $P_1 = UI \cos \varphi$. V trojfázové soustavě bude celkový činný výkon soustavy $P = 3UI \cos \varphi$, kde U a I jsou fázové hodnoty napětí a proudu, úhel φ je fázový posun mezi napětím a proudem. Chceme-li vyjádřit výkon sdruženými (síťovými) hodnotami U_s a I_s bude platit při spojení do hvězdy $P = \sqrt{3}U_s I_s \cos \varphi$; při spojení do trojúhelníka bude zápis formálně stejný: $P = \sqrt{3}U_s I_s \cos \varphi$ [W].

Pak obdobně platí: $Q = \sqrt{3}U_s I_s \sin \varphi$ [Var],

$$S = \sqrt{3}U_s I_s \text{ [VA]}.$$

Příklad: Trojfázový spotřebič, který má v každé fázi činný odpor 8Ω a indukční reaktanci 6Ω , zapojené do série, je připojen k síti trojfázového proudu se sdruženým napětím 380 V. Určete napětí každé fáze spotřebiče a proudy v každé fázi a ve vodičích, jsou-li fáze spojeny do hvězdy a do trojúhelníka.

Řešení:

a) Při spojení fází do hvězdy:

Fázové napětí

$$U = \frac{U_s}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220V$$

Impedance každé fáze

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{8^2 + 6^2} = \sqrt{100} = 10\Omega$$

Proud v každé fázi a ve sdruženém vodiči

$$I = I_s = \frac{U_s}{Z} = \frac{220}{10} = 22 A$$

b) Při spojení fází do trojúhelníka je $U = U_s = 380V$.

Proud v každé fázi

$$I = \frac{U_s}{Z} = \frac{380}{10} = 38 A$$

Proud v každém sdruženém vodiči

$$I_s = \sqrt{3}I = 1,73 \cdot 38 = 65,7 A$$

Při účinníku $\cos \varphi = R/Z = 8/10 = 0,8$ bude činný výkon

$$P = \sqrt{3}U_s I_s \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 65,7 \cdot 0,8 = 34594 W = 34,6 kW$$

jalový výkon

$$Q = \sqrt{3}U_s I_s \sin \varphi = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 65,7 \cdot 0,6 = 25,9 kVar$$

zdánlivý výkon

$$S = \sqrt{3}U_s I_s = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 65,7 = 43,24 kVA$$

S použitím:

- L. Javorský, A. Bobek, R. Musil. *Základy elektrotechniky*. 5. upravené vydání. Praha 1970: SNTL. od str. 345.
- L. Voženílek. *Kurs elektrotechniky. 2. přepracované vydání*. Praha 1988: SNTL. od str. 137.
- Zdeněk Opava. *Elektřina kolem nás*. 2. opravené a doplněné vydání. Praha 1985: Albatros. od str. 089.
- J. Kubrycht, R. Musil, L. Voženílek. *Elektrotechnika. Praha 1969: SNTL*.
- Kolektiv AKADEMIE VĚD ČESKÉ REPUBLIKY. *DVD Elektřina a magnetismus*. 2007.

vypracoval: Ing. Milan Maťátko