

Osnove elektrotehnike

TROFAZNI SUSTAV

Nastavnik: Srđan Doljanin
INDUSTRIJSKA ŠKOLA
S P L I T

CILJ NASTAVNOG SATA

Naučiti učenike što je trofazni sustav, te razliku između trofaznog generatora spojenog u zvijezdu i trokut.

Učenici će naučiti razliku između faznog i linijskog napona.

ISHODI UČENJA

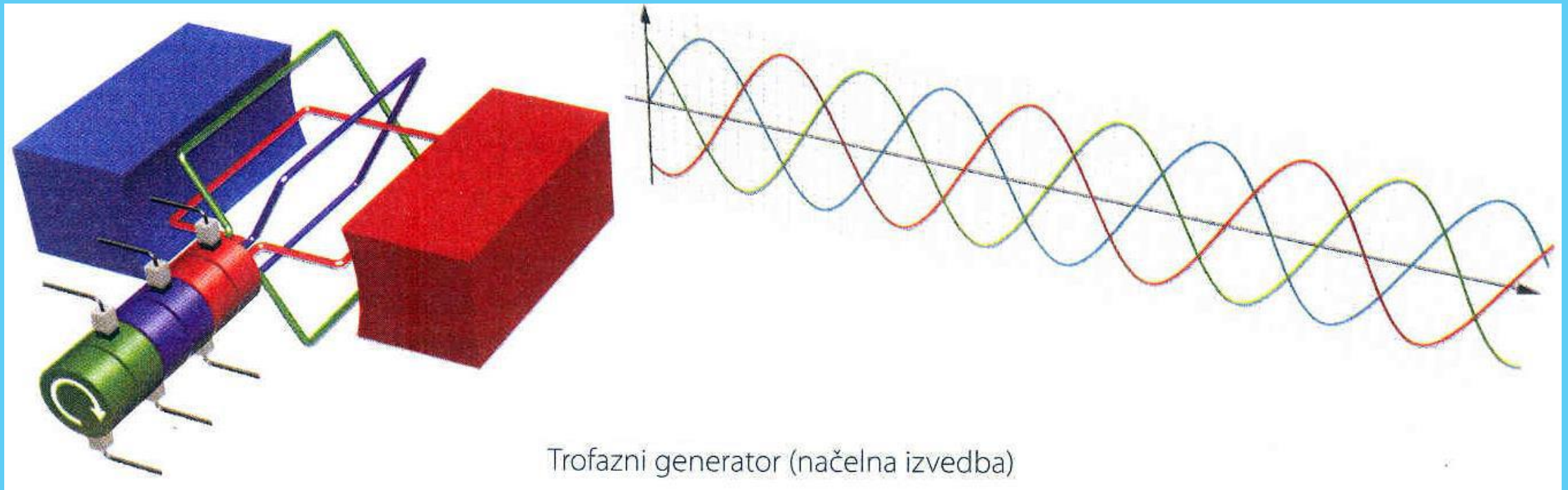
Nakon završenog nastavnog sata učenici će biti u stanju navesti na koje načine se mogu spojiti trofazni generatori, te objasniti razliku između faznog napona i linijskog napona.

Trofazni generator

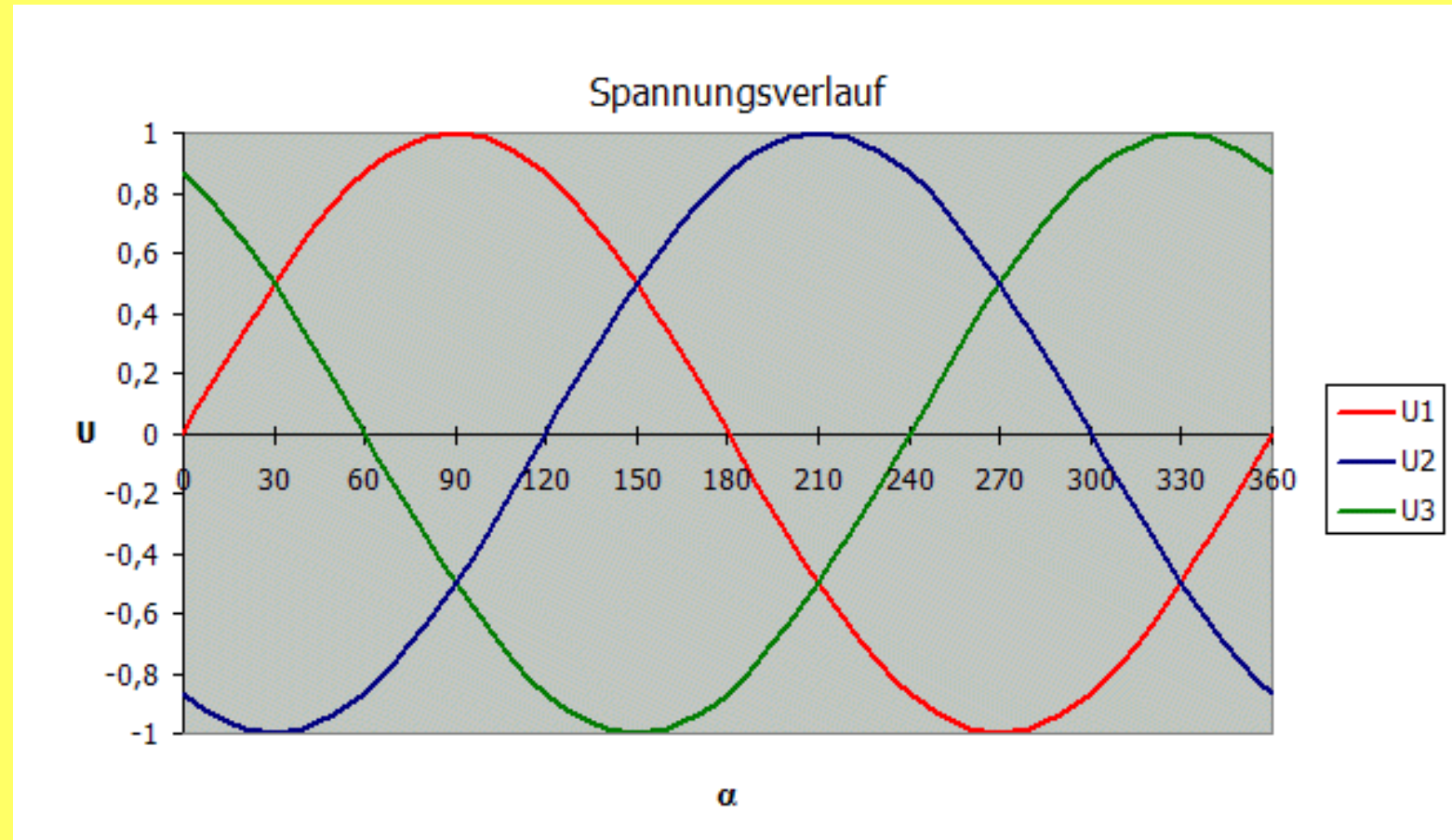
je uređaj koji na načelu elektromagnetske indukcije pretvara mehaničku energiju u električnu.

Načelnu izvedbu generatora možemo predložiti sa tri jednaka zavoja na jednoj osovini koji nisu međusobno spojeni, a prostorno su razmaknuti za 120° .

U svakom se zavoju inducira sinusni napon jednake amplitude i frekvencije, no zbog međusobnog prostornog položaja zavoja inducirani naponi su fazno pomaknuti za 120°

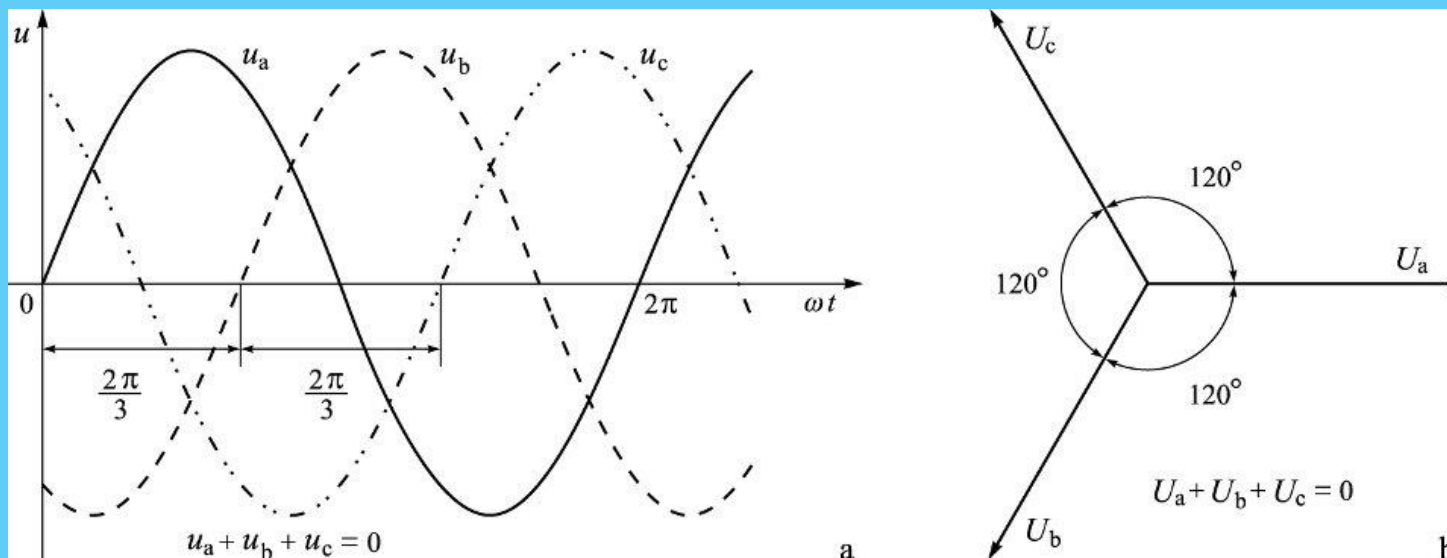


Takav se uređaj naziva **trofazni generator** izmjenične struje.
Njegove napone možemo prikazati kao tri sinusoide pomaknute za 120°



TROFAZNI SUSTAV

Trofazni sustav čine tri jednofazna sinusna izvora izmjenične struje spojena na odgovarajući način. Ta tri izvora imaju elektromotornu silu jednake amplitude i frekvencije međusobno fazno pomaknute za 120°

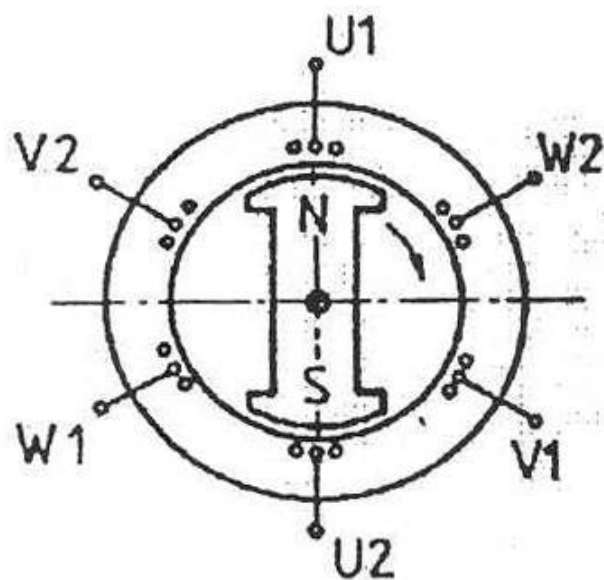


- Generator je rotacijski elektromagnetski stroj koji se sastoji od statora i rotora
- stator je mirujući dio stroja na kojemu su smještene tri namota u kojima se induciraju naponi
- rotor je rotirajući dio stroja na kojemu rotira magnetsko polje zajedno s uzbudnim namotom kroz koji teče uzbudna struja

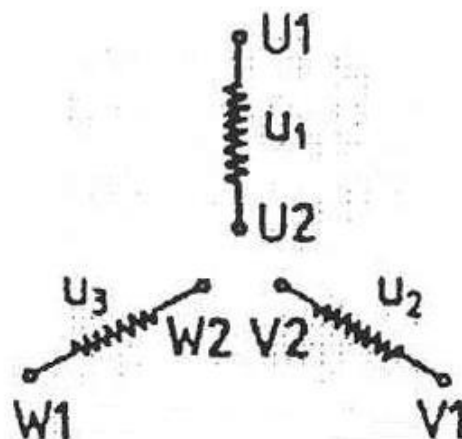


Sinkroni generator

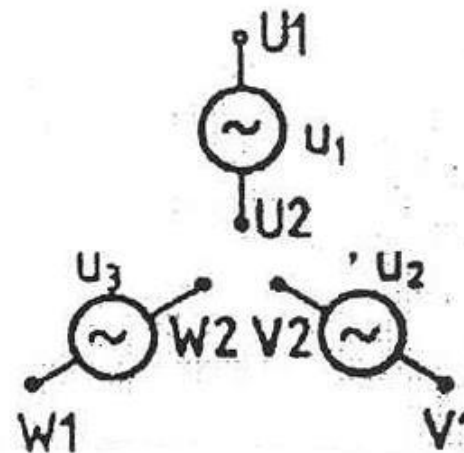
Presjek trofaznog generatora



a

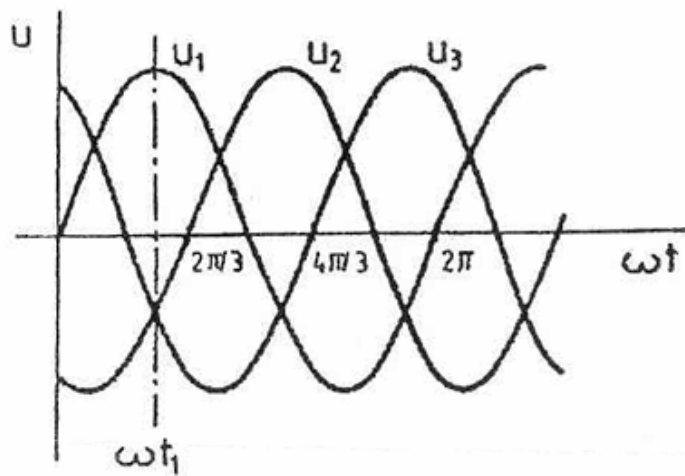


b.

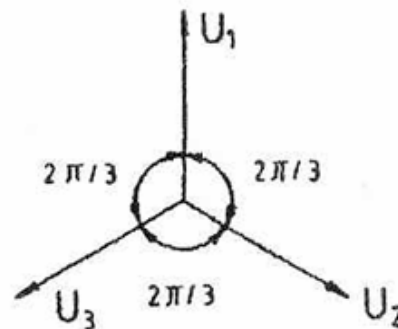


c.

- a) jednostavni trofazni generator u presjeku
- b) shema namota s počecima i krajevima
- c) inducirani naponi



a.



b.

Simetrični naponi trofaznog sustava

a) prikaz valnih oblika

b) vektori napona

Inducirani naponi u faznim namotima trofaznog generatora:

$$u_1 = U_M \sin \omega t$$

$$u_2 = U_M \sin(\omega t - 120^\circ)$$

$$u_3 = U_M \sin(\omega t - 240^\circ) = U_M \sin(\omega t + 120^\circ)$$

Zbroj triju izmjeničnih sinusnih napona međusobno pomaknutih za 120° uvijek je jednak nuli.

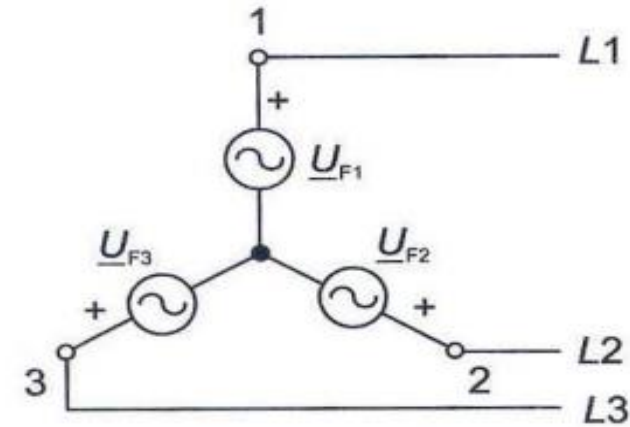
$$u_1 + u_2 + u_3 = 0$$

Svaki fazni namot trofaznog generatora koji se naziva **faza generatora** predstavlja zaseban izvor izmjeničnog sinusnog napona

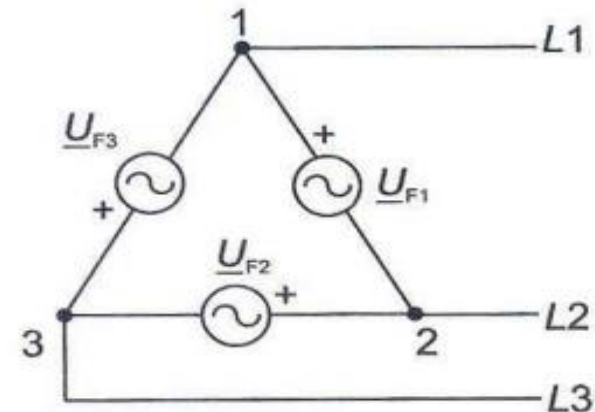
Ovisno o načinu na koji su faze generatora međusobno spojene, možemo govoriti o spoju u Z V I J E Z D U ili spoju u T R O K U T.

- **Spoj u zvijezdu** dobit ćemo ako početke trofaznog namota spojimo zajedno, a krajeve namota izvedemo van iz stroja kao izlazne stezaljke generatora. Zajednička točka svih triju namota naziva se **zvjezdište generatora**.

- Ako sva tri namota trofaznog generatora spojimo serijski, a njihove međusobne spojeve izvedemo van iz stroja kao izlazne stezaljke dobit ćemo **spoj u trokut**.



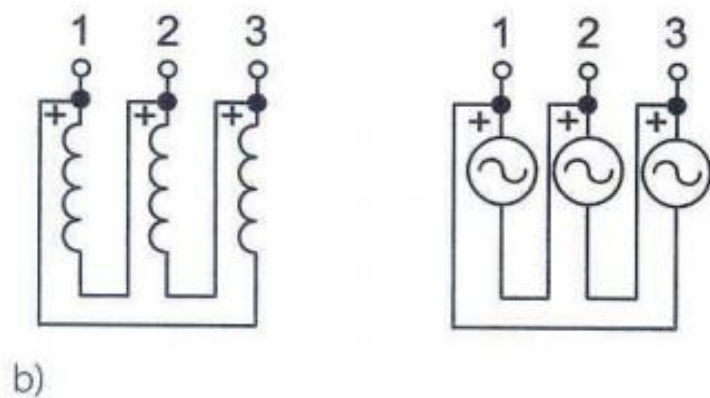
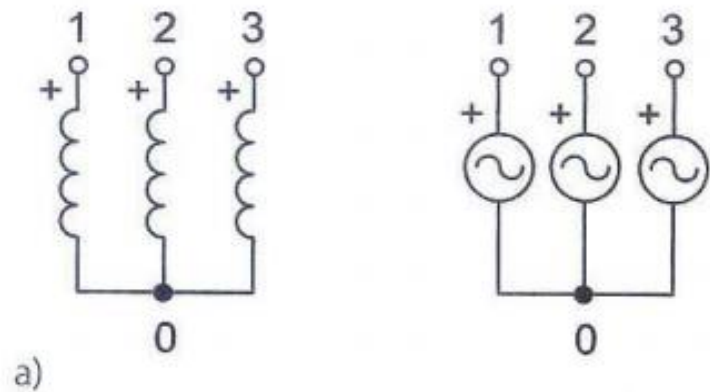
a)



b)

Trofazni generator
a) spojen u zvijezdu
b) spojen u trokut

U električnim shemama susrećemo različite simboličke prikaze trofaznog generatora



Simbolički prikaz trofaznog generatora

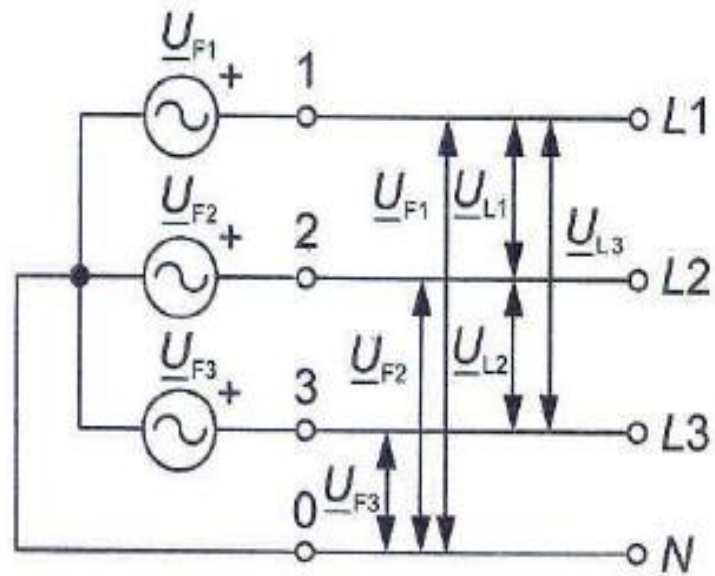
a) spoj u zvijezdu

b) spoj u trokut

Fazni i linijski naponi

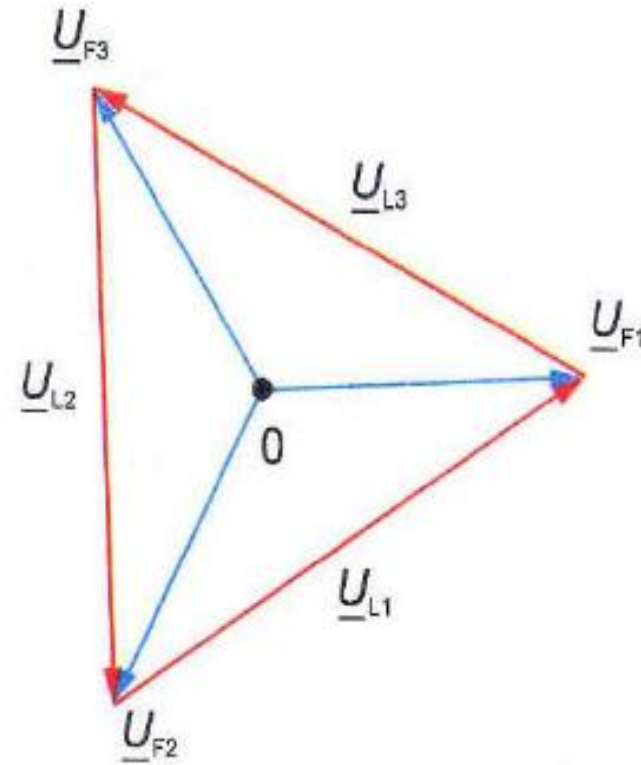
- Napon koji vlada na pojedinom namotu trofaznog generatora nazivamo **faznim naponom**. To je napon koji vlada između pojedine stezaljke 1, 2 ili 3 i zvjezdišta generatora 0 ili nulvodiča U_{F1} , U_{F2} , U_{F3}
- Napon koji vlada između pojedinih stezaljki 1, 2, 3 ili između pojedinih vodova (linija) L1, L2, L3 naziva se **linijski napon** U_{L1} , U_{L2} , U_{L3} .

Trofazni generator spojen u zvijezdu



a)

Fazni i linijski naponi trofaznog sustava -
a) i b) spoj u zvijezdu



b)

Odnos linijskih i faznih napona u simetričnom trofaznom sustavu spojenom u zvijezdu

$$\vec{U}_{L1} = \vec{U}_{F1} - \vec{U}_{F2}$$

$$\vec{U}_{L2} = \vec{U}_{F2} - \vec{U}_{F3}$$

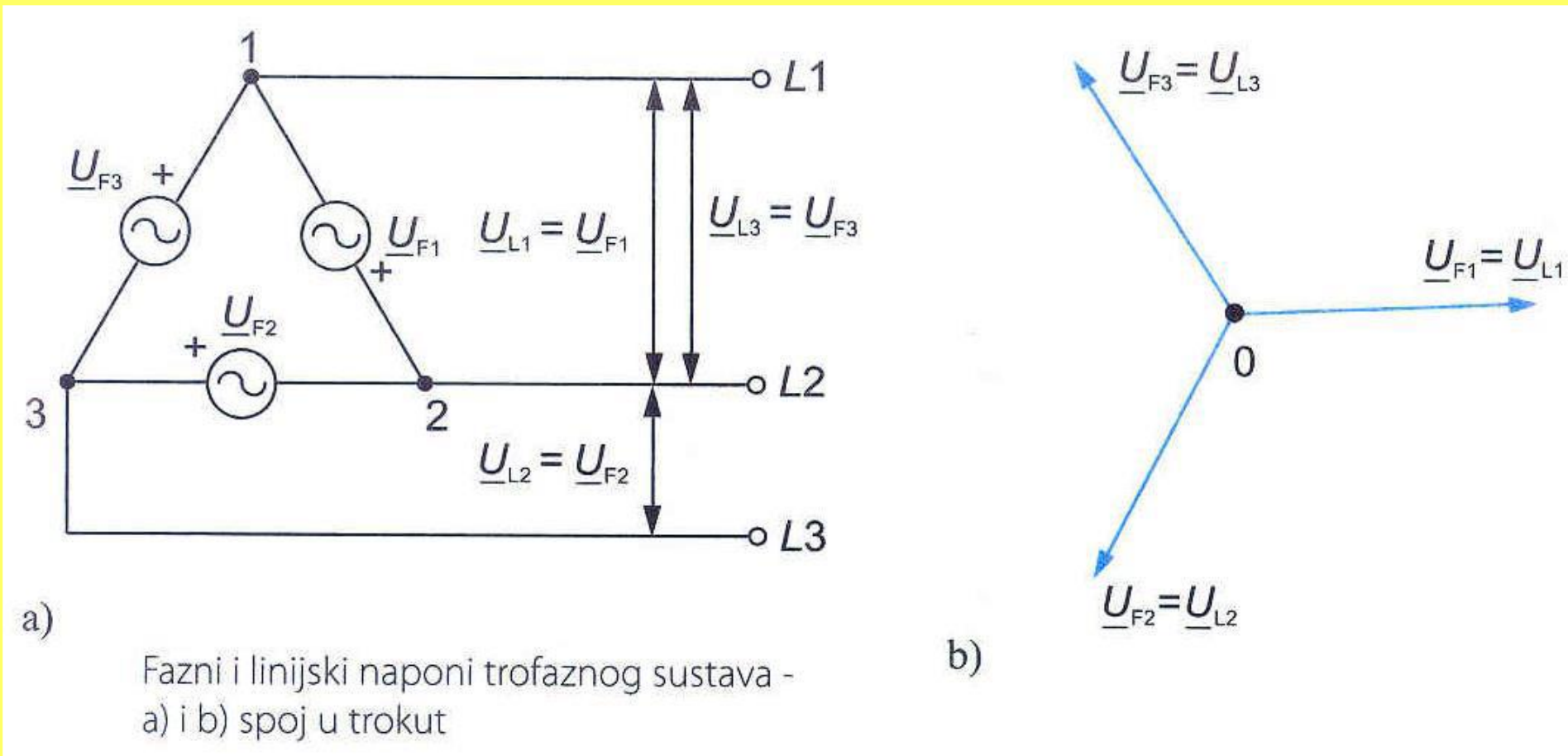
$$\vec{U}_{L3} = \vec{U}_{F3} - \vec{U}_{F1}$$

$$U_L = \sqrt{3}U_F$$

$$U = \sqrt{3}U_F$$

Linijski naponi u simetričnom trofaznom sustavu spojenom u zvijezda spoj imaju efektivne vrijednosti $\sqrt{3}$ puta veće od faznih vrijednosti.

Trofazni generator spojen u trokut



Odnos linijskih i faznih napona u simetričnom trofaznom sustavu spojenom u trokut

Linijski naponi:

$$\vec{U}_{L1} = \vec{U}_{F1}$$

$$\vec{U}_{L2} = \vec{U}_{F2}$$

$$\vec{U}_{L3} = \vec{U}_{F3}$$

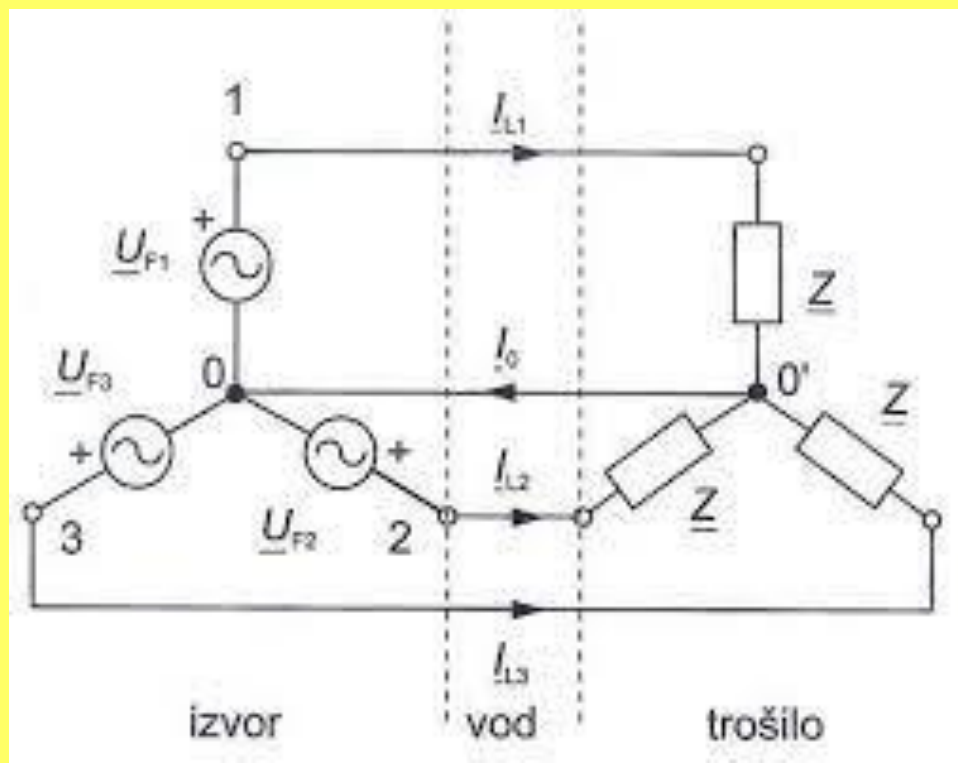
$$\boxed{U_L = U_F}$$

$$\boxed{U = U_F}$$

Linijski naponi u simetričnom trofaznom sustavu spojenom u trokut jednaki su faznim naponima.

Trofazno trošilo

Da bi smo mogli govoriti o strujama trofazni sinusni izvor mora biti opterećen. U trofaznom sustavu trošilo može biti dvojakog karaktera: **jednofazno ili trofazno**. Trofazno trošilo je simetrično ako je impedancija trošila u svakoj fazi jednaka. Priključimo li takvo trošilo na trofazni izvor, u fazama izvora će poteći **fazne struje** jednake amplitude. Struje koje teku vodovima (linijama) koji spajaju izvor i trošilo nazivamo **linijskim strujama**. Važno je napomenuti da su fazne struje jednake linijskim.



Primjer 1.

Na simetričan trofazni izvor spojen u zvijezdu faznog napona 230V/50HZ priključeno je simetrično trofazno trošilo spojeno u zvijezdu impedancije $Z=115\ \Omega$, a kut impedancije $\varphi=30^\circ$. Izračunajte efektivne vrijednosti faznih struja, linijskih napona i linijskih struja, te njihove vršne vrijednosti.

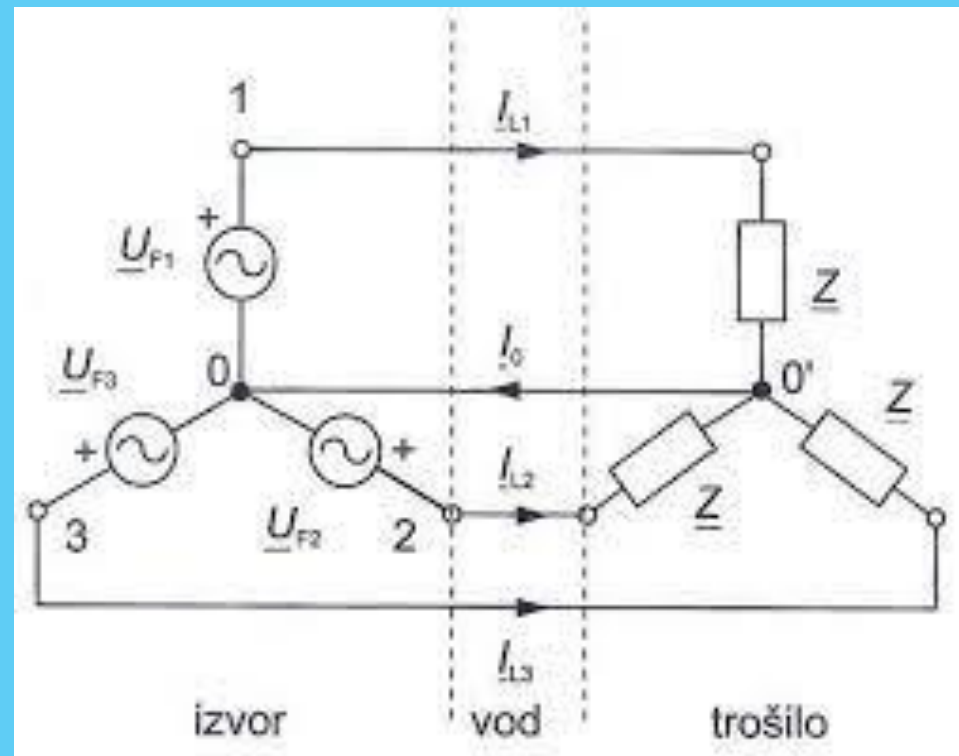
$$U_F=230\text{ V}$$

$$f=50\text{ Hz}$$

$$Z=115\ \Omega$$

$$\varphi=30^\circ$$

$$I_F=? \quad I_L=? \quad U_L=? \quad I_{Fm}=? \quad I_{Lm}=? \quad U_{Fm}=? \quad U_{Lm}=?$$



Domaći rad

- Na simetričan trofazni izvor spojen u zvijezdu faznog napona 230V/50HZ priključeno je simetrično trofazno trošilo spojeno u zvijezdu impedancije $Z=90\ \Omega$, a kut impedancije $\varphi=30^\circ$. Izračunajte efektivne vrijednosti faznih struja, linijskih napona i linijskih struja, te njihove vršne vrijednosti.

Ponovimo

- Na koja dva načina se mogu spojiti namoti na statoru generatora?
- Koji su to fazni naponi?
- Koji su to linijski naponi?
- Kakva je impedancija kod trofaznog simetričnog trošila?
- Koji je veći napon kod spoja u zvijezdu, linijski ili fazni?
- Koji je veći napon kod spoja u trokut, linijski ili fazni?