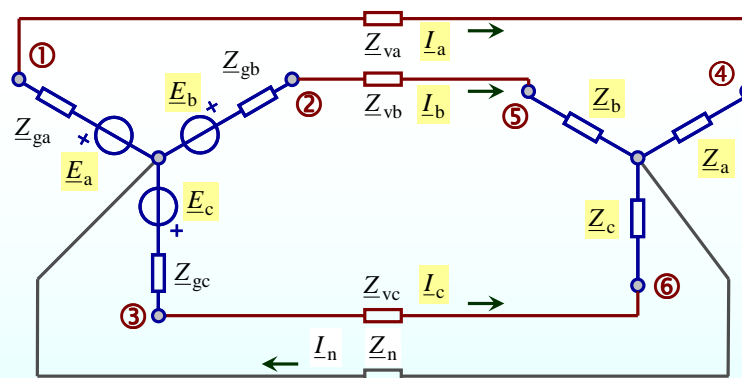
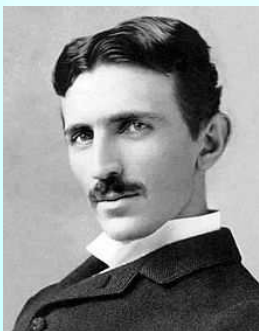


*Вишефазне електричне системе је патентирао
српски истраживач **Никола Тесла***

Теорија електричних кола



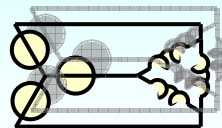
Користите само
материјале које вам
достави и препоручи
предметни наставник у
текућој школској
години.



Дејан Тошић

Блок шема трофазног кола





Трофазна електрична кола

временски непроменљива,
линеарна, са устаљеним
простопериодичним одзивом

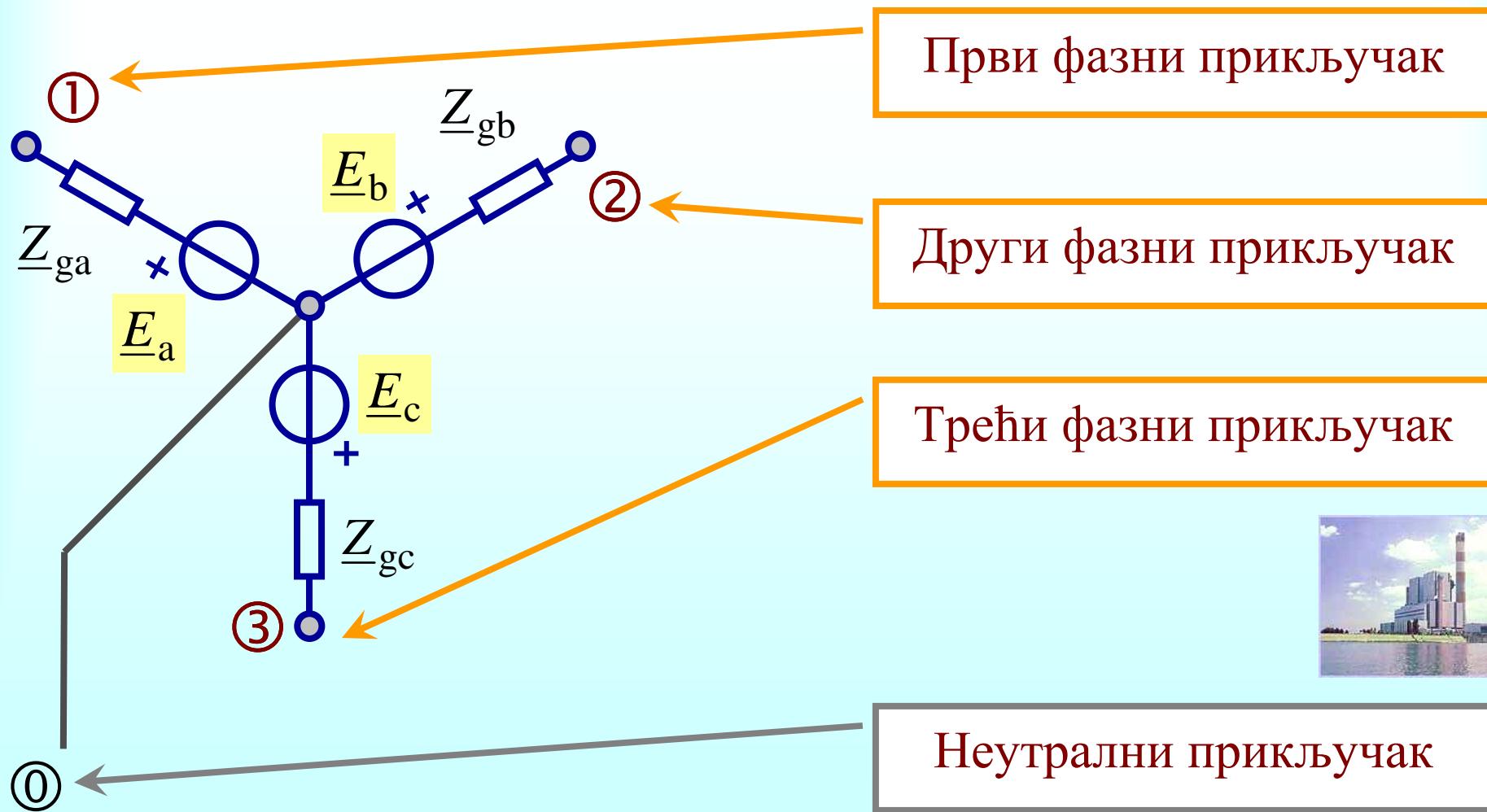
Шта кажу американци ...

Most of the electrical power generated in the world today is three-phase. Three-phase power was first conceived by Nikola Tesla. In the early days of electric power generation, Tesla not only led the battle concerning whether the nation should be powered with low-voltage direct current or high-voltage alternating current, but he also proved that three-phase power was the most efficient way that electricity could be produced, transmitted, and consumed.

Циљ, покретач (мотив), замисао (идеја)

- Исплативо и што једноставније произвођење, пренос, расподела и потрошња електричне енергије.
- Што мање машине и преносни водови, што мање “бакра” и губитака у преносу.
- Образовање троделних извора и троделних потрошача (пријемника).

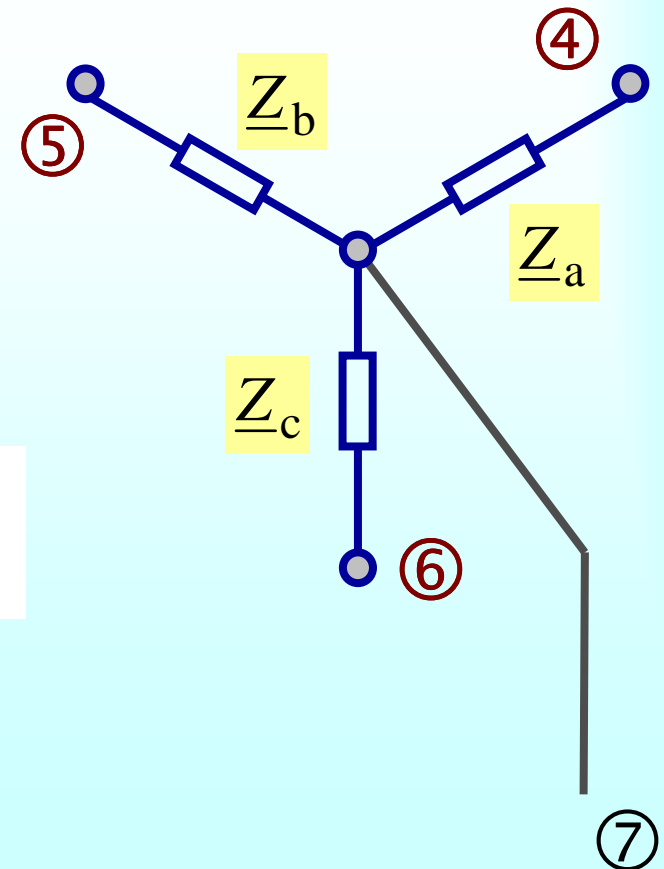
Трофазни генератор везан у звезду



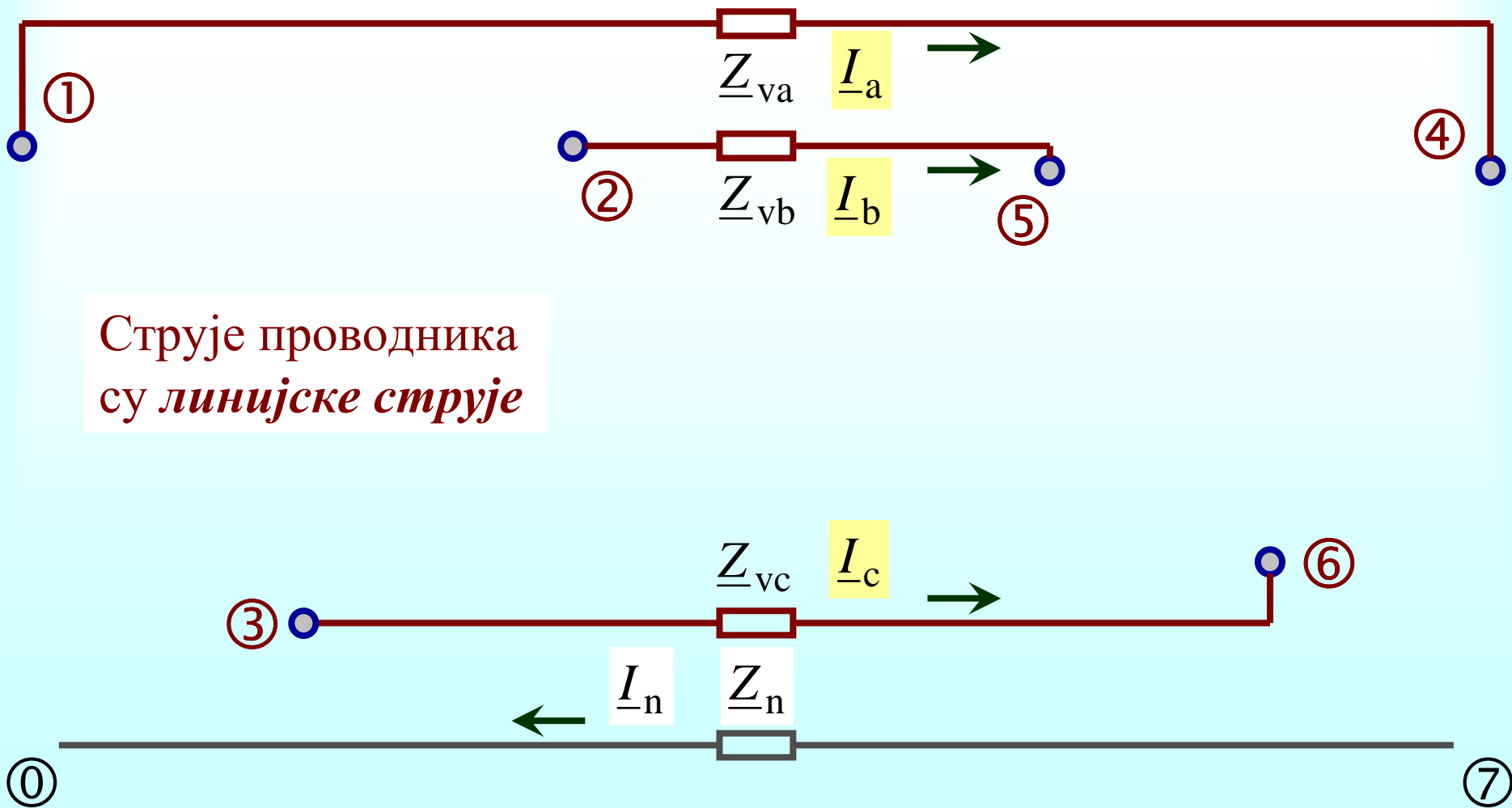
Трофазни потрошач везан у звезду

Трофазни потрошач везан у звезду, као и трофазни генератор везан у звезду, се може посматрати као мрежа са **4 краја** и **3 приступа**.

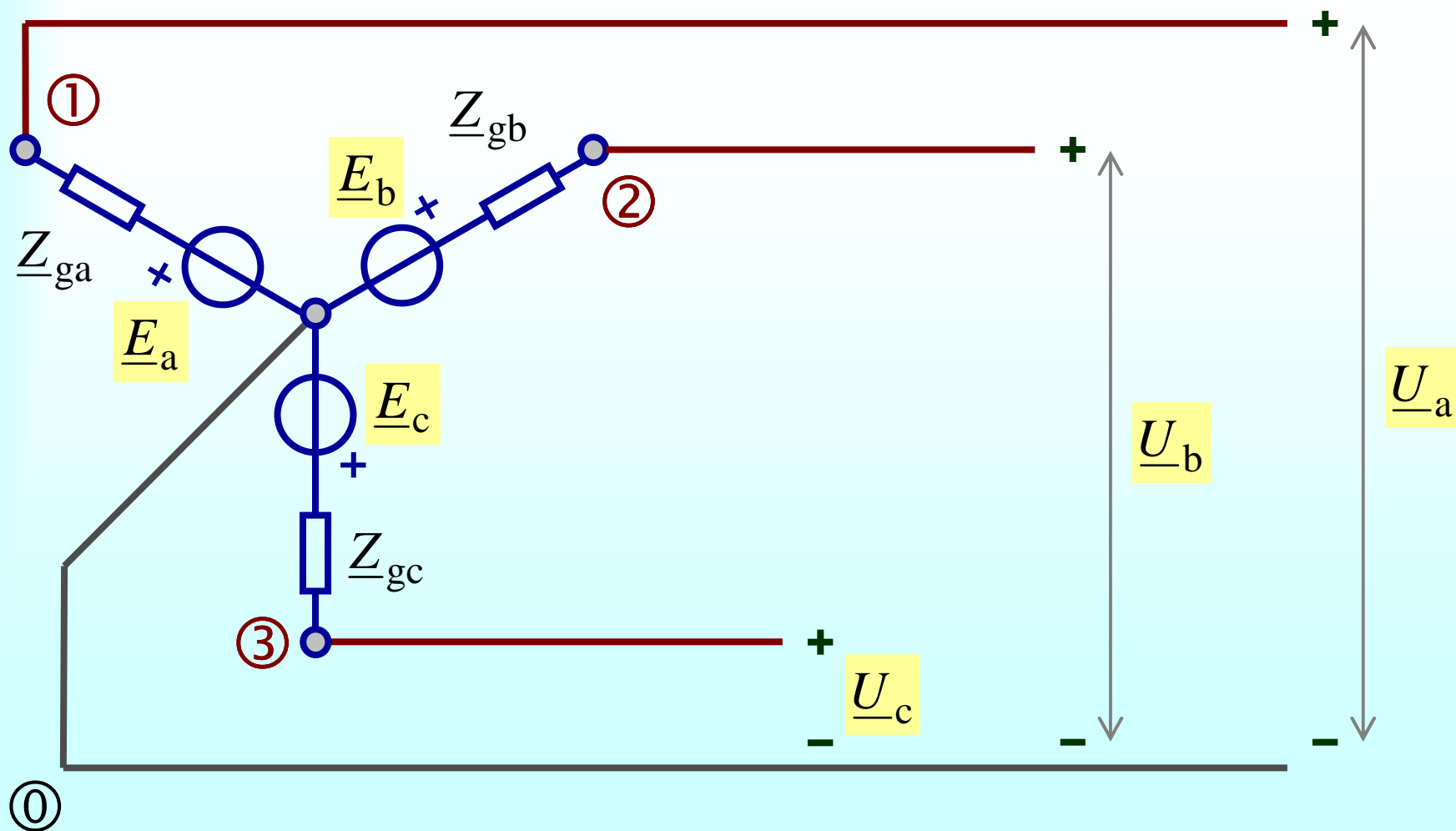
Приступ се образује од **фазног** прикључка и **неутралног** прикључка.



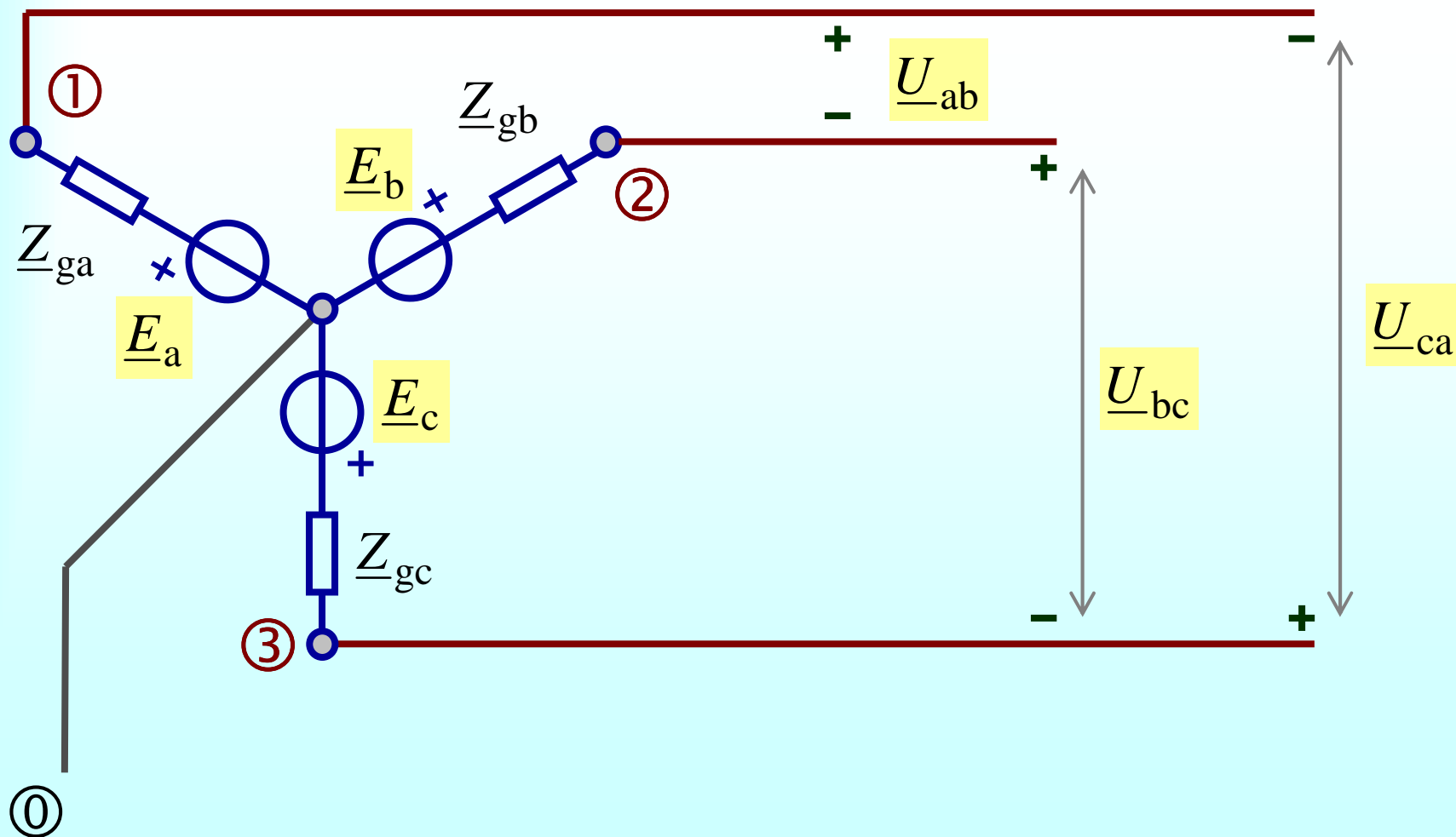
Трофазни вод (линија)



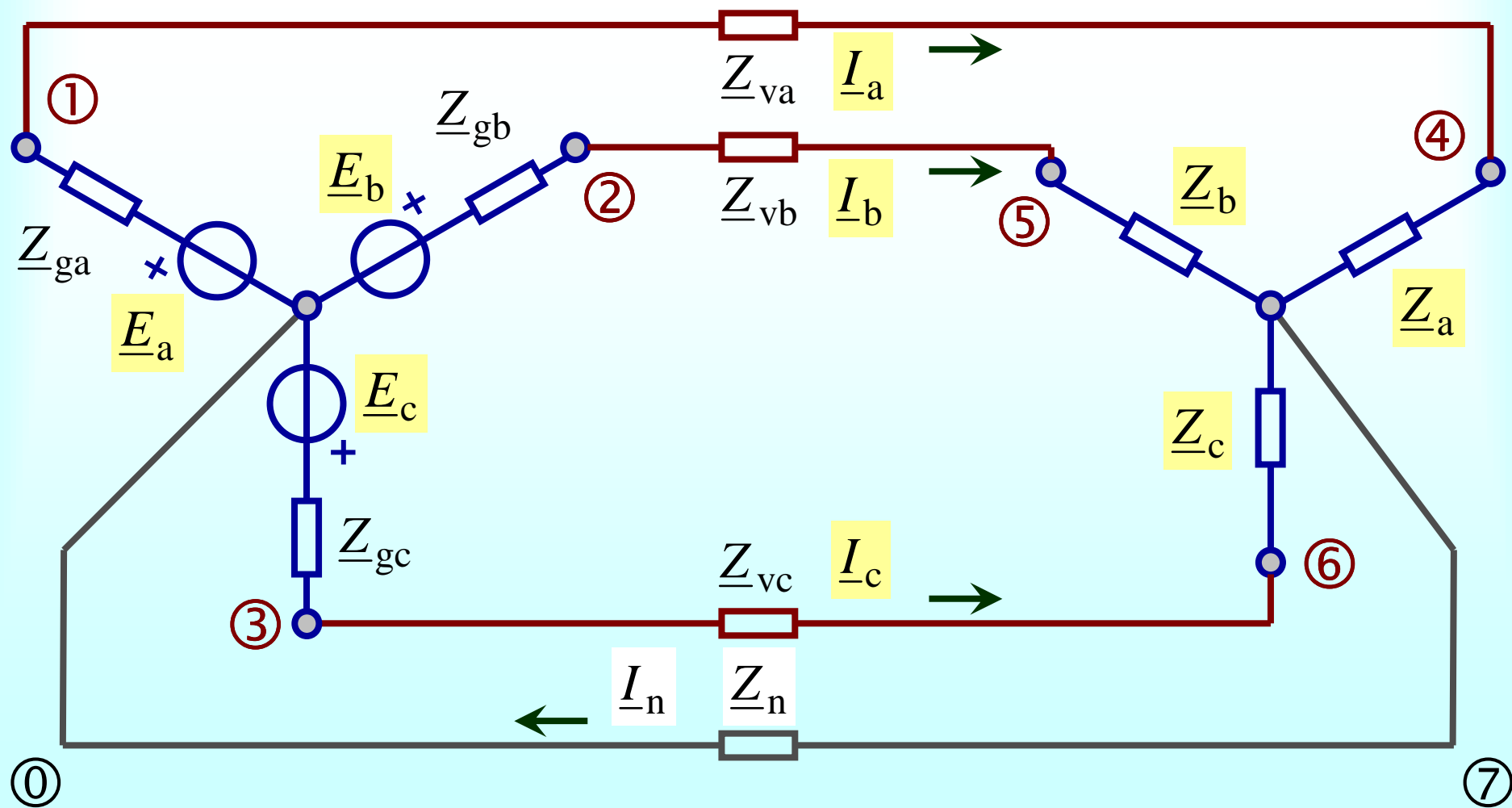
Фазни напони на генератору



Линијски (међуфазни) напони



Трофазно коло Y-Y



Трофазни енергетски вод

- **Енергетски вод (линија)** је скуп проводника којима се повезују трофазни генератор и трофазни потрошач.
- **Фазни проводник** је проводник који повезује фазне прикључке.
- **Неутрални проводник (повратни или нулти проводник)** је проводник који повезује неутралне прикључке.



Трофазни систем напона

- Учестаности свих извора су **исте**.
- **Фазни напон** је напон између фазног прикључка и неутралног прикључка.
- **Међуфазни (линијски) напон** је напон између два фазна прикључка.
- **Трофазни систем напона** је тројка фазних или линијских напона поређаних по редоследу фазних прикључка.

Трофазни систем струја

- *Фазна струја* је струја једног дела (гране) трофазног генератора или трофазног потрошача.
- *Линијска струја* је струја проводника енергетског вода (линије) којим повезујемо генератор и потрошач.
- *Трофазни систем струја* је тројка фазних или линијских струја поређаних по редоследу фазних прикључка.

Симетричан трофазни систем

- Трофазни систем напона или струја је ***симетричан*** ако су исте.
 - (а) амплитуде чланова и
 - (б) фазне разлике два суседна члана
- Симетричан систем је ***директан*** ако фазе чланова опадају.
- Симетричан систем је ***инверзан*** ако фазе чланова расту.

Директан симетричан систем

$$\underline{E}_a = E e^{j\theta_{ga}}$$

$$\underline{E}_b = \underline{E}_a e^{-j\varphi_3}$$

$$\underline{E}_c = \underline{E}_a e^{-j2\varphi_3}$$

$$e_a(t) = \sqrt{2}E \cos(\omega t + \theta_{ga})$$

$$e_b(t) = \sqrt{2}E \cos(\omega t + \theta_{ga} - \varphi_3)$$

$$e_c(t) = \sqrt{2}E \cos(\omega t + \theta_{ga} - 2\varphi_3)$$

$$\varphi_3 = \frac{2\pi}{3}$$

$$E_{\text{system}} = \{\underline{E}_a, \underline{E}_b, \underline{E}_c\}$$

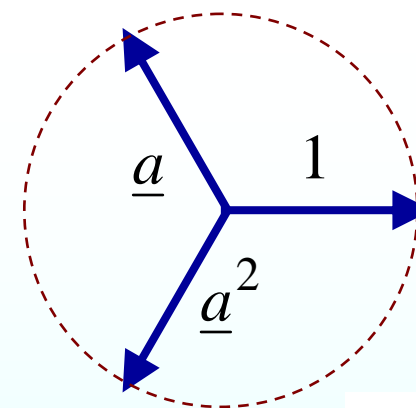
Збир чланова симетричног трофазног система је једнак нули.

$$e_a(t) + e_b(t) + e_c(t) = 0$$

$$\underline{E}_a + \underline{E}_b + \underline{E}_c = 0$$

Оператор трофазног система

$$\underline{a} = e^{j\varphi_3} = e^{j\frac{2\pi}{3}} = \frac{-1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}$$



$$|\underline{a}| = 1$$

$$1 + \underline{a} + \underline{a}^2 = 0$$

$$1 + \underline{a}^{-1} + \underline{a}^{-2} = 0$$

$$\underline{a}^{-3} = \underline{a}^3 = 1$$

$$1 - \underline{a}^{-1} = \sqrt{3} e^{j\frac{\pi}{6}}$$

$$\underline{a}^* = \underline{a}^{-1} = \underline{a}^2$$

$$1 - \underline{a} = \sqrt{3} e^{-j\frac{\pi}{6}}$$

$$\underline{a}^{-2} = \underline{a}$$

$$\begin{aligned} E_{\text{direktan}} &= \{\underline{E}_a, \underline{E}_a \underline{a}^{-1}, \underline{E}_a \underline{a}^{-2}\} \\ &= \{\underline{E}_a, \underline{a}^2 \underline{E}_a, \underline{a} \underline{E}_a\} \end{aligned}$$

$$E_{\text{inverzan}} = \{\underline{E}_a, \underline{a} \underline{E}_a, \underline{a}^2 \underline{E}_a\}$$

Веза фазних и линијских напона

$$\underline{U}_a = U_a e^{j\theta_a}$$

$$\underline{U}_b = \underline{a}^{-1} \underline{U}_a = \underline{a}^2 \underline{U}_a$$

$$\underline{U}_c = \underline{a}^{-2} \underline{U}_a = \underline{a} \underline{U}_a$$

$$U_{\text{direktan}} = \{\underline{U}_a, \underline{U}_a \underline{a}^{-1}, \underline{U}_a \underline{a}^{-2}\}$$

Ако је систем **фазних** напона симетричан директан и систем **линијских** напона ће бити симетричан директан.

$$\begin{aligned} \underline{U}_{ab} &= \underline{U}_a - \underline{U}_b = (1 - \underline{a}^{-1}) \underline{U}_a \\ &= \sqrt{3} e^{j\frac{\pi}{6}} \underline{U}_a \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \underline{U}_{bc} &= \underline{U}_b - \underline{U}_c = (1 - \underline{a}^{-1}) \underline{a}^{-1} \underline{U}_a \\ &= \sqrt{3} e^{j\frac{\pi}{6}} \underline{a}^{-1} \underline{U}_a = \underline{a}^{-1} \underline{U}_{ab} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \underline{U}_{ca} &= \underline{U}_c - \underline{U}_a = (1 - \underline{a}^{-1}) \underline{a}^{-2} \underline{U}_a \\ &= \sqrt{3} e^{j\frac{\pi}{6}} \underline{a}^{-2} \underline{U}_a = \underline{a}^{-2} \underline{U}_{ab} \end{aligned}$$

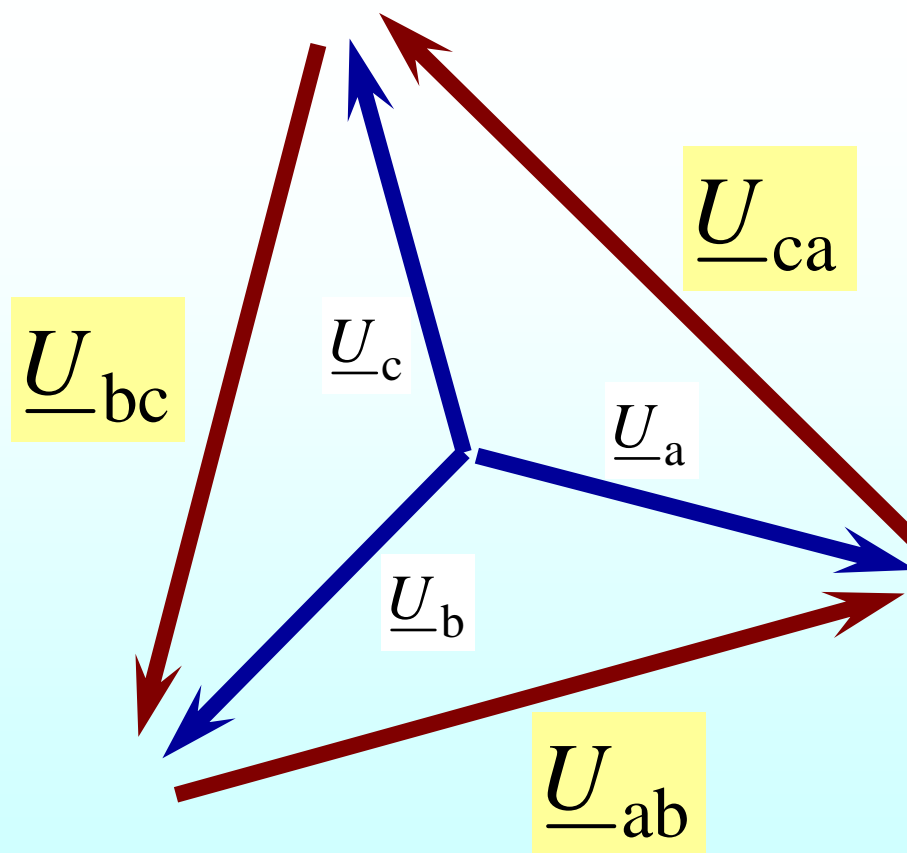
Где је корен из три?

- Корен из три се јавља када **одузимамо** два комплексна броја **истог модула** чији се аргументи разликују за **трећину пуног угла**.
- Ефективна вредност линијског напона је **корен из три** пута већи од ефективне вредности фазног напона (Y-генератор).

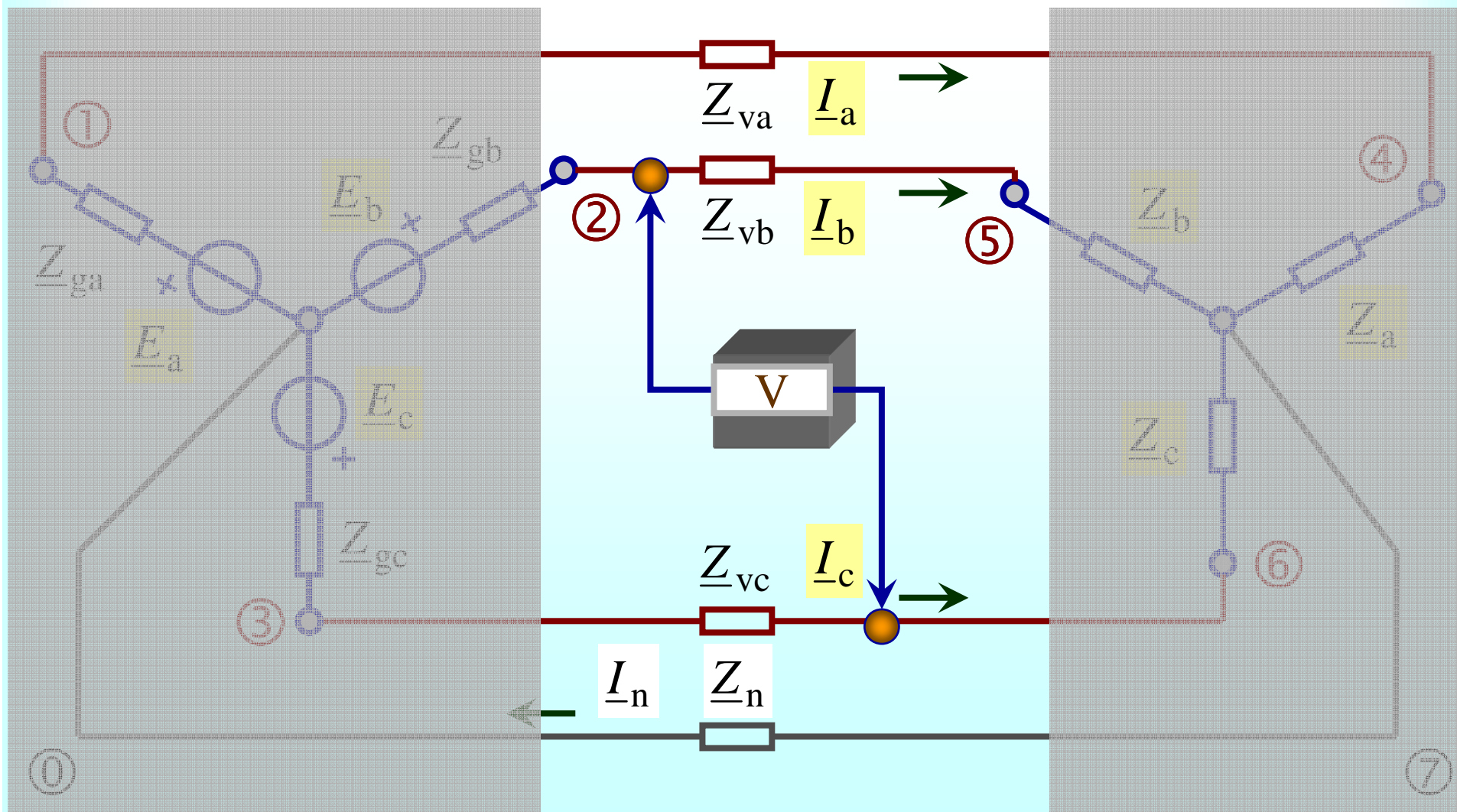
$$\frac{2\pi}{3}$$

$$U_{\text{linijski}} = \sqrt{3}U_{\text{fazni}}$$

Фазорски дијаграм



Линијске величине меримо



Симетрични трофазни елементи

- Трофазни генератор је ***симетричан*** ако његови напони чине симетричан систем напона и ако су импедансе једнаке.
- Трофазни потрошач је ***симетричан*** ако су његове импедансе једнаке.
- Трофазни вод је ***симетричан*** ако су импедансе фазних проводника једнаке.

Уравнотежено трофазно коло

- Трофазно коло је **уравнотежено** ако су сви трофазни системи напона и струја кола **симетрични**.
- Уравнотежено трофазно коло се образује повезивањем **симетричних** трофазних елемената.
- Уравнотежена трофазна кола су **циљ** у пракси.

Решавање уравнотеженог Y-Y кола

$$\underline{I}_a + \underline{I}_b + \underline{I}_c = \underline{I}_n$$

$$(\underline{Z}_{ga} + \underline{Z}_{va} + \underline{Z}_a)\underline{I}_a + \underline{Z}_n \underline{I}_n = \underline{E}_a$$

$$(\underline{Z}_{gb} + \underline{Z}_{vb} + \underline{Z}_b)\underline{I}_b + \underline{Z}_n \underline{I}_n = \underline{E}_b$$

$$(\underline{Z}_{gc} + \underline{Z}_{vc} + \underline{Z}_c)\underline{I}_c + \underline{Z}_n \underline{I}_n = \underline{E}_c$$

$$\underline{I}_n = 0$$

$$\underline{I}_a = \frac{\underline{E}_a}{\underline{Z}_g + \underline{Z}_v + \underline{Z}}$$

$$\underline{I}_b = \frac{\underline{E}_b}{\underline{Z}_g + \underline{Z}_v + \underline{Z}}$$

$$\underline{I}_c = \frac{\underline{E}_c}{\underline{Z}_g + \underline{Z}_v + \underline{Z}}$$

$$\underline{Z}_{ga} = \underline{Z}_{gb} = \underline{Z}_{gc} = \underline{Z}_g$$

$$\underline{E}_a$$

или

$$\underline{E}_a$$

$$\underline{Z}_{va} = \underline{Z}_{vb} = \underline{Z}_{vc} = \underline{Z}_v$$

$$\underline{E}_b = \underline{a}^{-1} \underline{E}_a$$

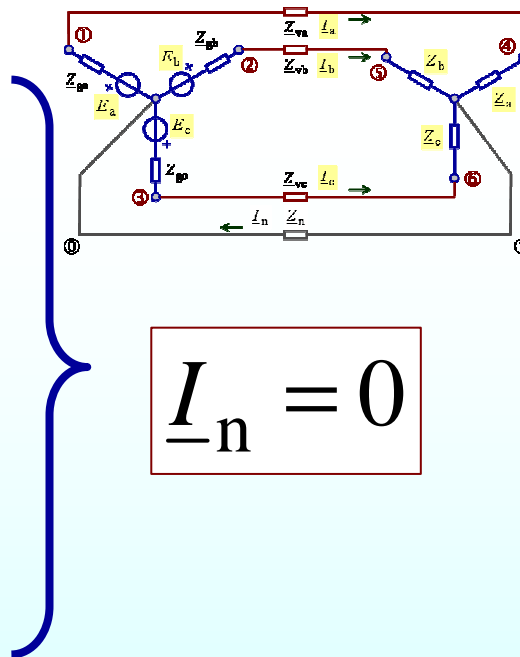
$$\underline{E}_b = \underline{a} \underline{E}_a$$

$$\underline{Z}_a = \underline{Z}_b = \underline{Z}_c = \underline{Z}$$

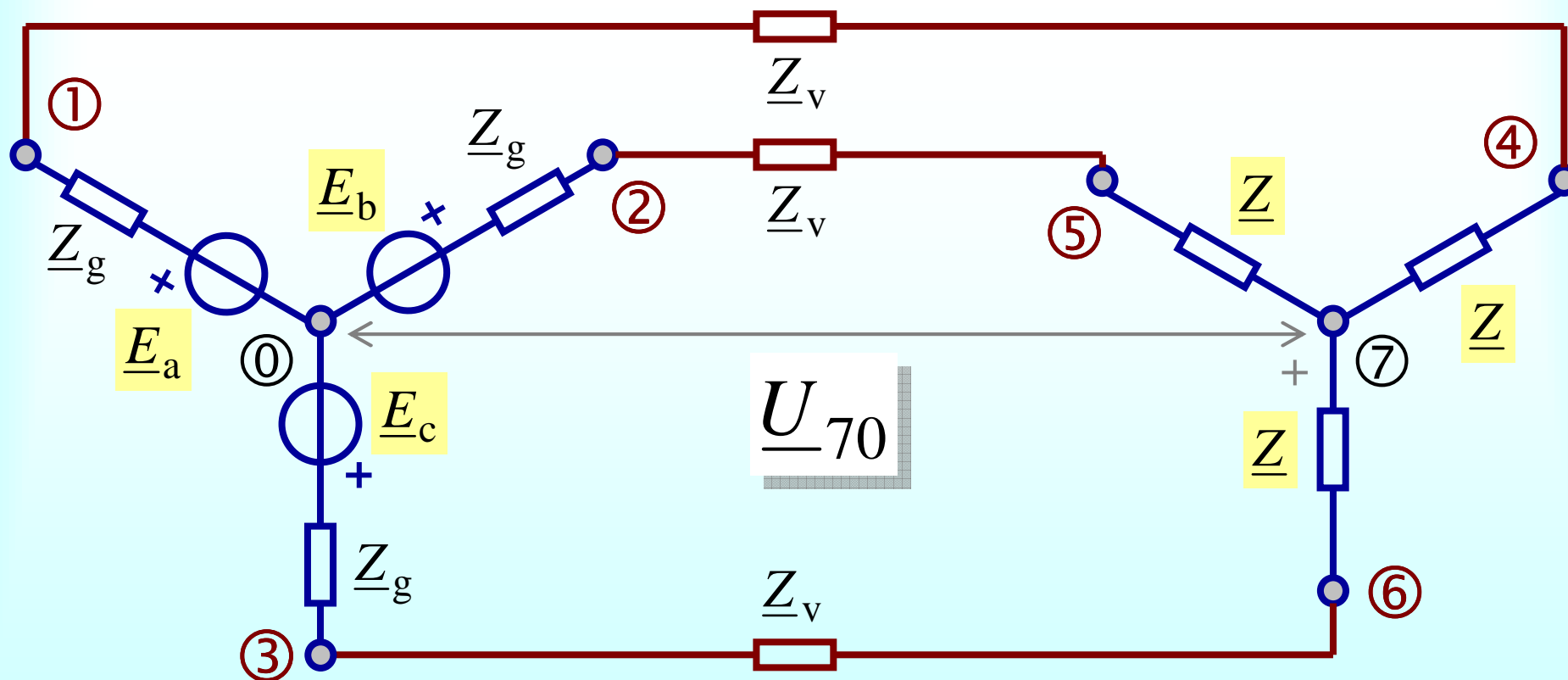
$$\underline{E}_c = \underline{a}^{-2} \underline{E}_a$$

$$\underline{E}_c = \underline{a}^2 \underline{E}_a$$

Струје чине симетричан трофаз. систем



Y-Y коло без нултог проводника

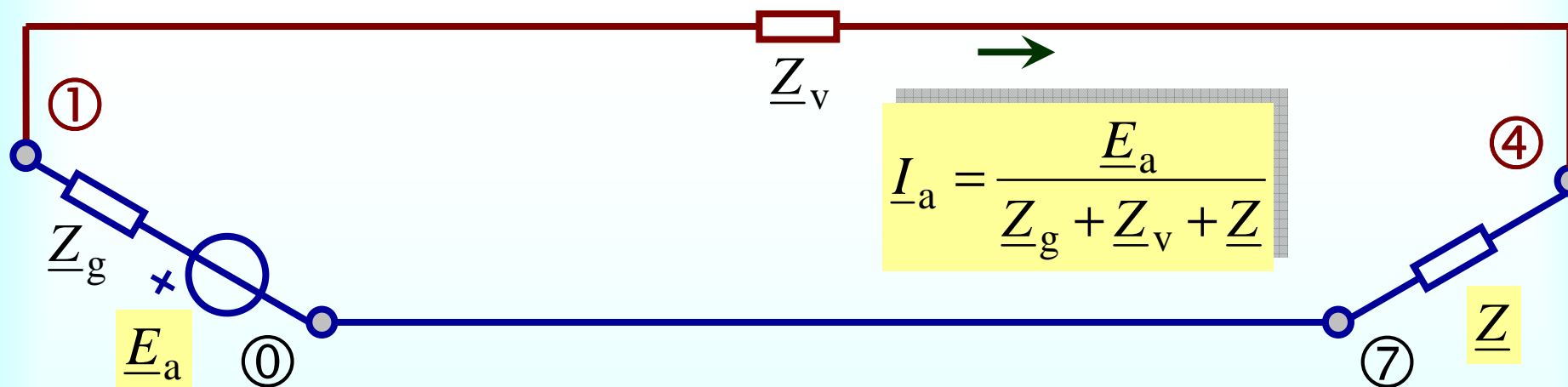
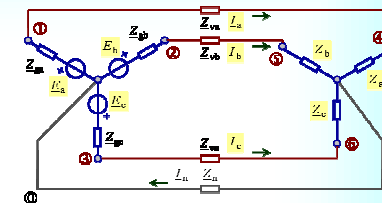


$$\underline{I}_n = 0$$

Можемо уклонити нулти проводник

$$\underline{U}_{70} = 0$$

Распрезање Y-Y кола



$$\underline{I}_a = \frac{\underline{E}_a}{\underline{Z}_g + \underline{Z}_v + \underline{Z}}$$

$$\underline{I}_b = \underline{a}^{-1} \underline{I}_a$$

$$\underline{I}_b = \underline{a} \underline{I}_a$$

$$\underline{I}_c = \underline{a}^{-2} \underline{I}_a$$

$$\underline{I}_c = \underline{a}^2 \underline{I}_a$$

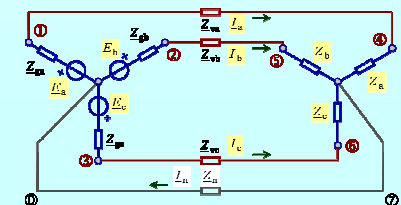
За директан систем

За инверзан систем

Решавамо просто једнофазно (монофазно) коло

Фазне струје Y-Y кола

- Фазне струје (струје делова) трофазног генератора уравнотеженог Y-Y кола су **једнаке** линијским струјама.
- Фазне струје (струје делова) трофазног потрошача уравнотеженог Y-Y кола су **једнаке** линијским струјама.
- **Звездишта су на истом потенцијалу.**



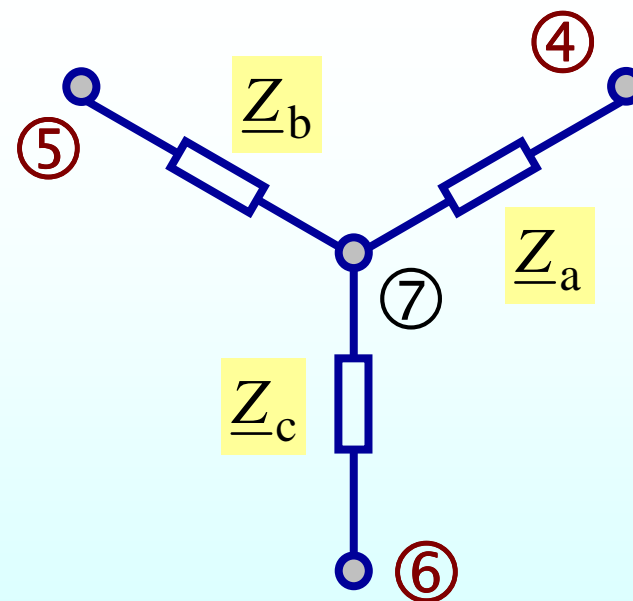
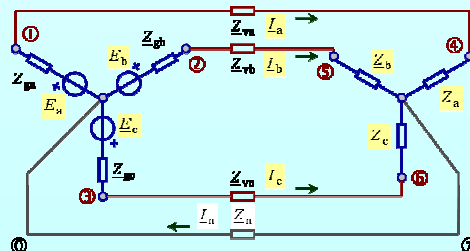
Фазни напони потрошача Y-Y кола

$$\underline{U}_{pa} = \underline{U}_{47} = \underline{Z} \underline{I}_a = \frac{\underline{Z}}{\underline{Z}_g + \underline{Z}_v + \underline{Z}} \underline{E}_a$$

$$\underline{U}_{pb} = \underline{U}_{57} = \underline{Z} \underline{I}_b = \frac{\underline{Z}}{\underline{Z}_g + \underline{Z}_v + \underline{Z}} \underline{E}_b$$

$$\underline{U}_{pc} = \underline{U}_{67} = \underline{Z} \underline{I}_c = \frac{\underline{Z}}{\underline{Z}_g + \underline{Z}_v + \underline{Z}} \underline{E}_c$$

**Фазни напони
чине симетричан
трофазни систем.**



$$\underline{Z}_a = \underline{Z}_b = \underline{Z}_c = \underline{Z}$$

Фазни напон потрошача је напон импедансе (гране).

Снага трофазног пријемника Y-Y кола

$$\underline{S}_{pa} = \underline{U}_{pa} \underline{I}_a^* = P_a + jQ_a$$

$$\underline{S}_{pb} = \underline{U}_{pb} \underline{I}_b^* = P_b + jQ_b$$

$$\underline{S}_{pc} = \underline{U}_{pc} \underline{I}_c^* = P_c + jQ_c$$

$$\underline{S}_p = \underline{S}_{pa} + \underline{S}_{pb} + \underline{S}_{pc} = 3 \underline{U}_{pa} \underline{I}_a^*$$

$$\underline{S}_p = P_p + jQ_p$$

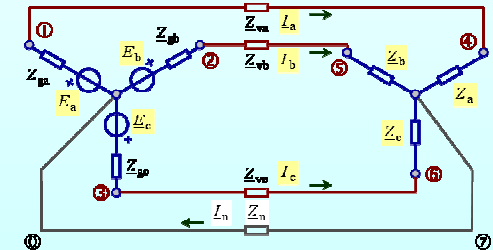
$$\underline{Z} = R + jX = Z e^{j\varphi}$$

$$P_p = 3U_{pa} I_a \cos(\varphi)$$

$$\varphi = \arg(\underline{Z})$$

Комплексна снага фазе је производ фазног напона и коњуговане фазне струје.

Комплексна снага трофазног пријемника је једнака **трострукој** снази једне фазе.



$\cos(\varphi)$ је **фактор снаге** трофазног пријемника.

Снага и корен из три

$$P_p = 3U_{fazni} I_{fazna} \cos(\varphi)$$

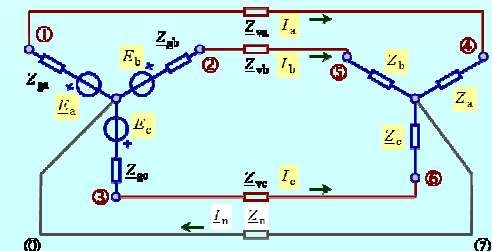
$$U_{linijski} = \sqrt{3}U_{fazni}$$

$$P_p = \sqrt{3}U_{linijski} I_{linijska} \cos(\varphi)$$

Фазна и линијска струја су исте код трофазног Y-Y кола.

$$I_{faznaY-Y} = I_{linijskaY-Y}$$

Линијски напон и линијска струја могу бити доступнији за мерење па је изражавање снаге преко линијских величина од интереса у пракси.



Тренутна снага трофазног пријемника

$$p_p(t) = p_{pa}(t) + p_{pb}(t) + p_{pc}(t)$$

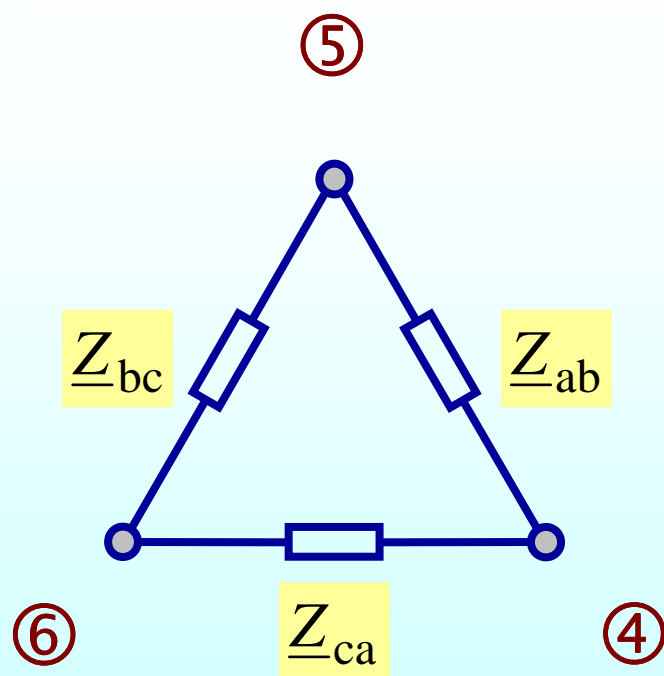
$$\begin{aligned} p_p(t) &= u_{pa}(t)i_a(t) + u_{pb}(t)i_b(t) + u_{pc}(t)i_c(t) \\ &= \sqrt{2}U_{pa} \cos(\omega t + \theta_{pa}) \sqrt{2}I_a \cos(\omega t + \psi_a) \\ &+ \sqrt{2}U_{pa} \cos(\omega t + \theta_{pa} - \frac{2\pi}{3}) \sqrt{2}I_a \cos(\omega t + \psi_a - \frac{2\pi}{3}) \\ &+ \sqrt{2}U_{pa} \cos(\omega t + \theta_{pa} - \frac{4\pi}{3}) \sqrt{2}I_a \cos(\omega t + \psi_a - \frac{4\pi}{3}) \end{aligned}$$

$$p_p(t) = 3U_{pa}I_a \cos(\theta_{pa} - \psi_a)$$

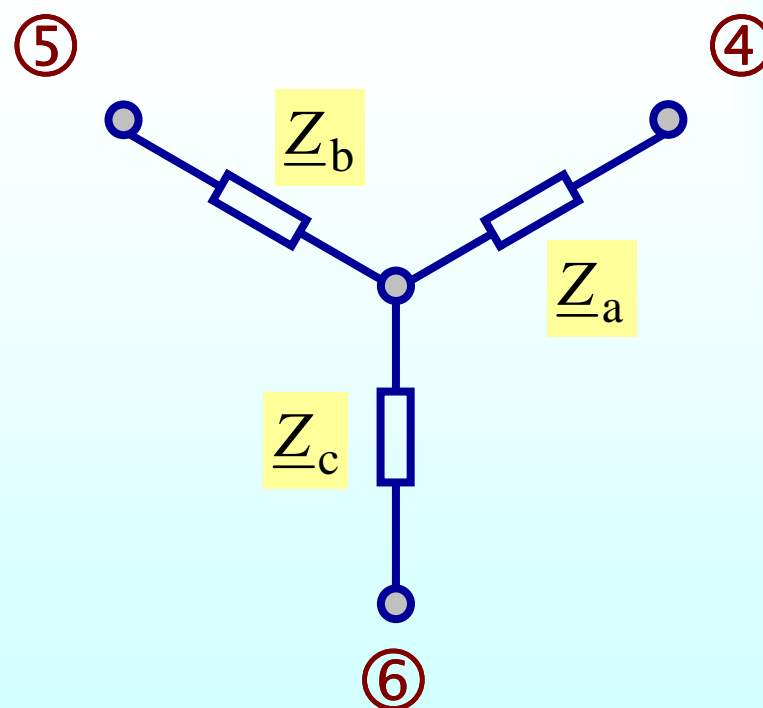
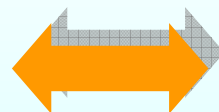
Снага не
зависи од
времена –
КОНСТАНТНА је!

Ово је подесно за
праксу (машине)

Трофазни потрошач везан у троугао



Веза у троугао или
 Δ веза (Delta)



Веза у звезду или
 Y веза (WYE)

Веза импеданси звезда-троугао

$$\underline{Z}_{ab} = \underline{Z}_a + \underline{Z}_b + \frac{\underline{Z}_a \underline{Z}_b}{\underline{Z}_c}$$

$$\underline{Z}_{bc} = \underline{Z}_b + \underline{Z}_c + \frac{\underline{Z}_b \underline{Z}_c}{\underline{Z}_a}$$

$$\underline{Z}_{ca} = \underline{Z}_c + \underline{Z}_a + \frac{\underline{Z}_c \underline{Z}_a}{\underline{Z}_b}$$

$$\underline{Z}_{\Delta} = 3\underline{Z}_Y$$

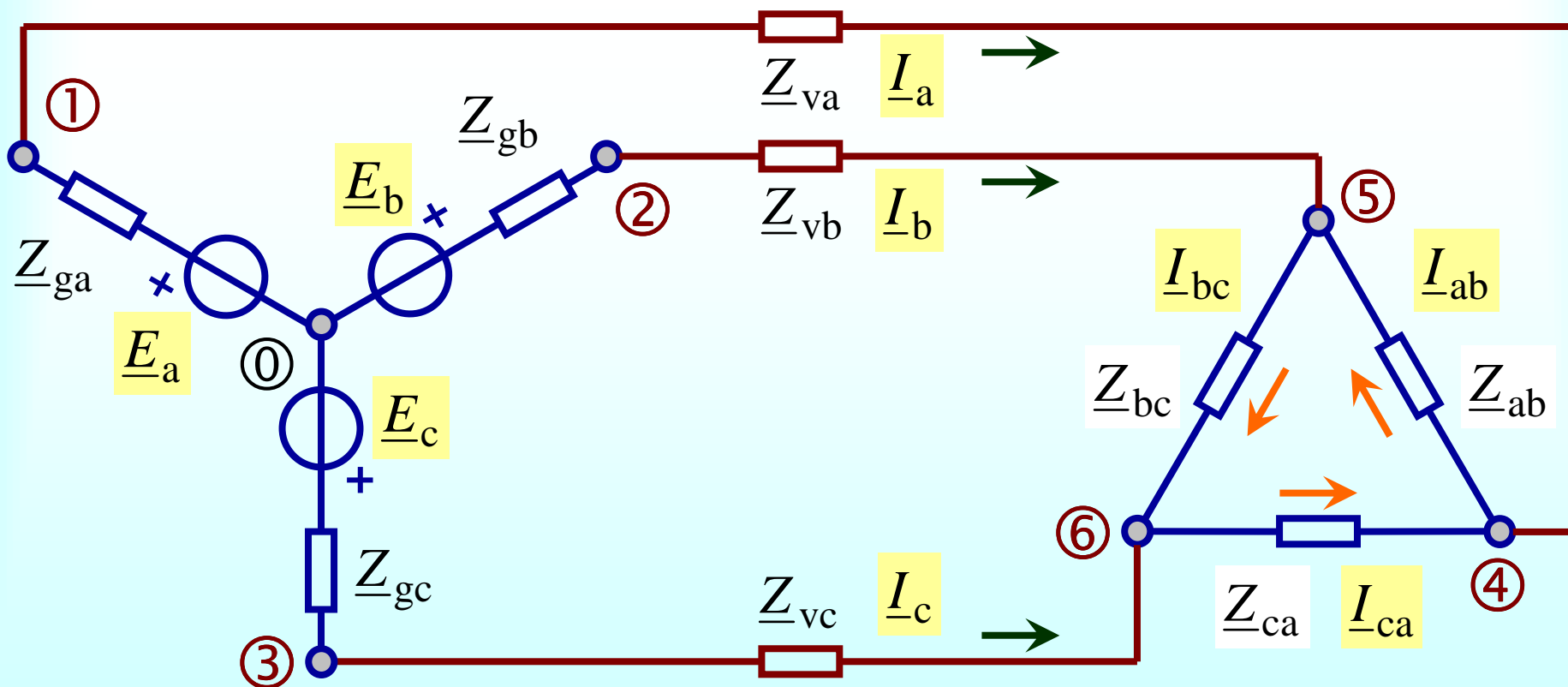
$$\underline{Z}_a = \frac{\underline{Z}_{ab} \underline{Z}_{ca}}{\underline{Z}_{ab} + \underline{Z}_{bc} + \underline{Z}_{ca}}$$

$$\underline{Z}_b = \frac{\underline{Z}_{bc} \underline{Z}_{ab}}{\underline{Z}_{ab} + \underline{Z}_{bc} + \underline{Z}_{ca}}$$

$$\underline{Z}_c = \frac{\underline{Z}_{ca} \underline{Z}_{bc}}{\underline{Z}_{ab} + \underline{Z}_{bc} + \underline{Z}_{ca}}$$

$$\underline{Z}_Y = \frac{1}{3} \underline{Z}_{\Delta}$$

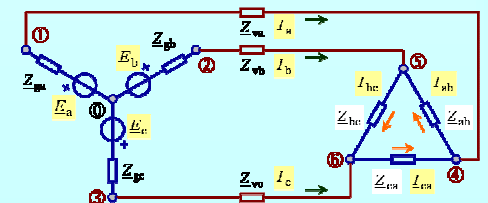
Трофазно коло Y-Δ



Наранцасте стрелице означавају смер **фазних** струја потрошача.

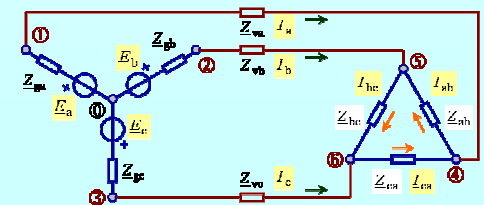
Како решавамо Y - Δ коло?

- Преобразујемо (трансфигуришемо) троугао импеданси потрошача у звезду.
- Решимо **заменско** Y - Y коло, одредимо линијске напоне потрошача.
- Из одређених линијских напона, у Y - Δ колу, одредимо **фазне** струје потрошача (фазни напони потрошача у Y - Δ колу су **једнаки** линијским напонима потрошача).

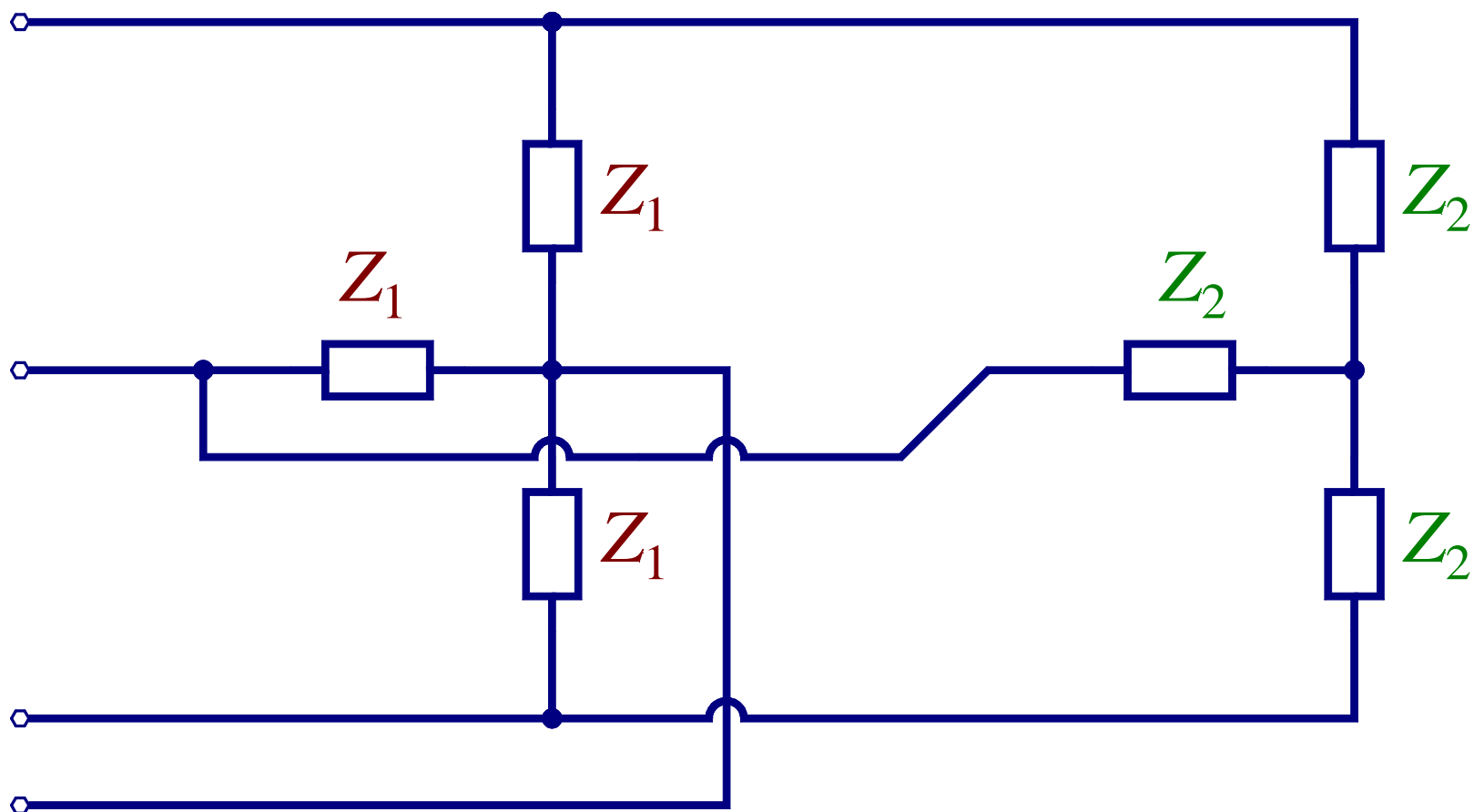


Домаћи задатак

- Трофазно коло Y - Δ је уравнотежено и вредности елемената су познате.
- Одреди фазне и линијске напоне и струје.
- Одредити комплексну и тренутну снагу потрошача.
- Сматрати да је трофазни генератор симетричан (а) директан, (б) инверзан.

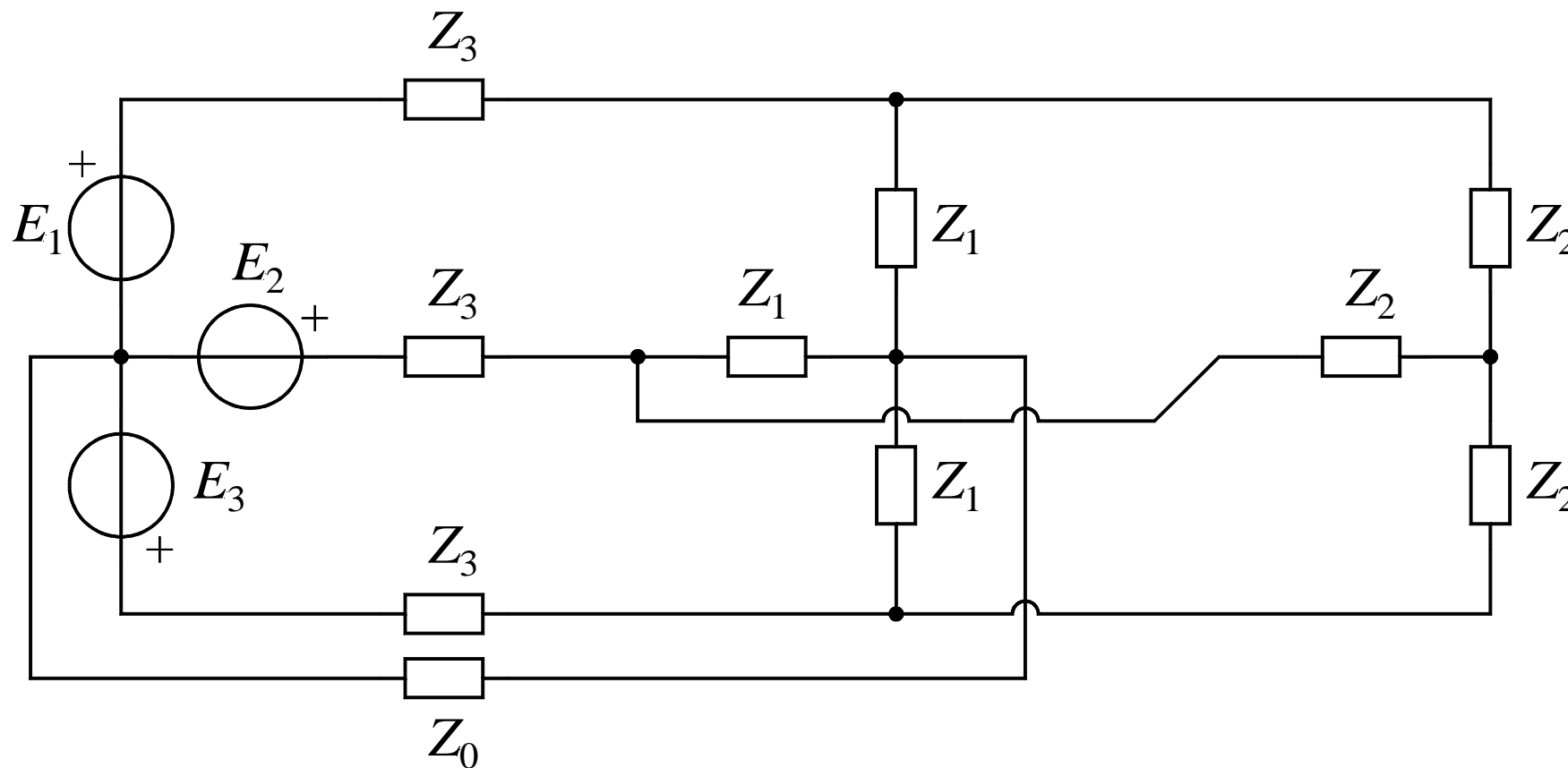


Како изгледа заменска шема везе два трофазна потрошача са слике?



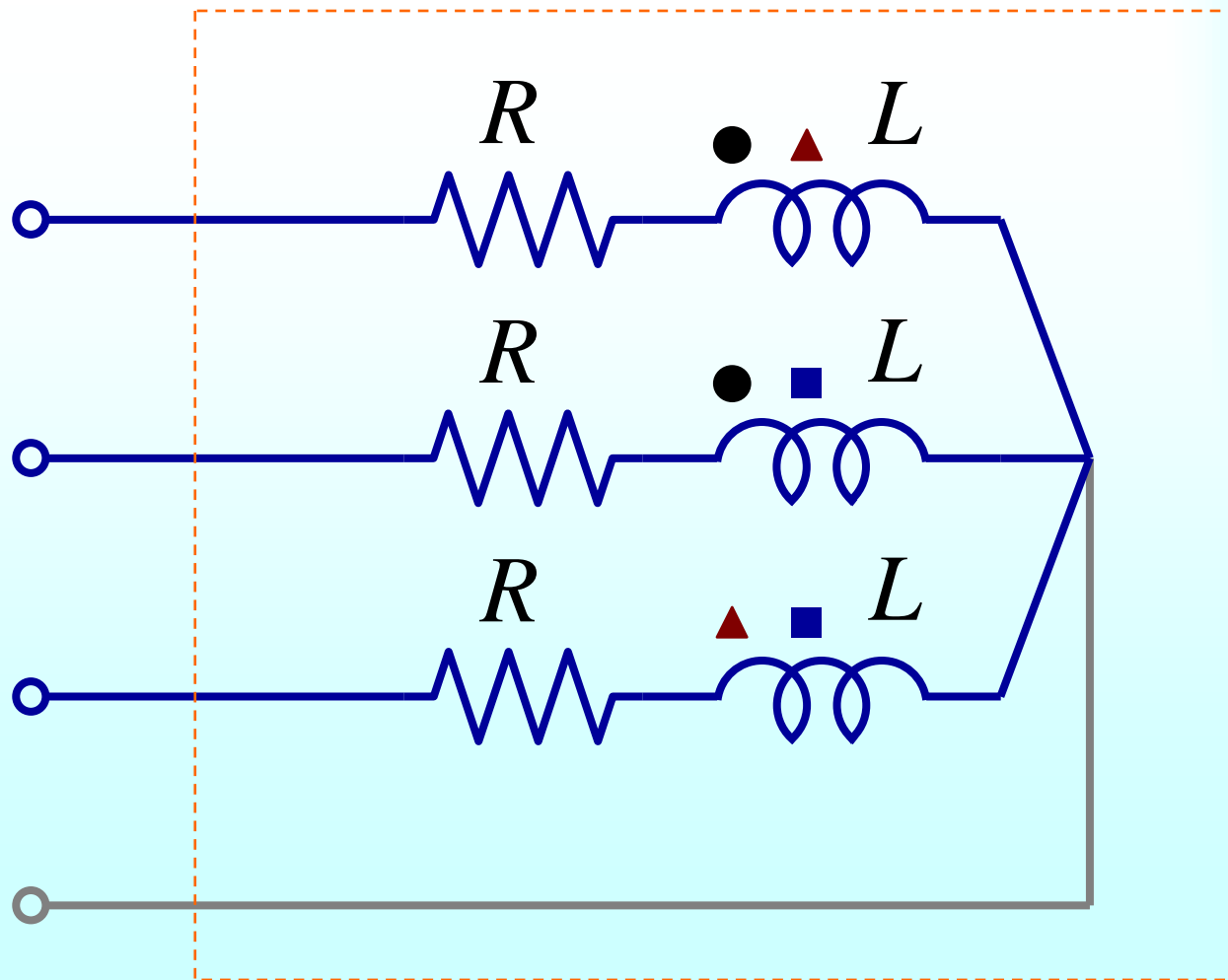
Решити трофазно коло са слике

Трофазно електрично коло је уравнотежено: $\underline{Z}_3 = R/5$, $\underline{Z}_2 = 4R$, $\underline{Z}_1 = R$, $R > 0$. Одредити тренутне вредности струја генератора. Одредити средњу снагу коју трофазни генератор предаје остатку електричног кола. Колика је тренутна вредност напона импедансе \underline{Z}_0 ?



Како изгледа заменска шема трофазног потрошача са спрегом?

Међусобна
индуктивност
између било која
два намотаја је
 M .



Капацитивна спрега

- У досадашњим колима није било спреге између делова трофазних елемената.
- У пракси, најизраженија је **магнетска** спрега која се у првом приближењу описује спрегнутим импедансама.
- У сложенијим описима трофазних кола уводи се и **капацитивна** спрега која се описује додатним кондензаторима.

Нуловање

- **Нуловање** је спајање неутралног проводника и кућишта (оклопа) уређаја.
- Ефективна вредност фазног напона електродистрибутивне мреже је **230 V**.
- Ефективна вредност линијског (међуфазног) напона је **400 V**.

$$U_{\text{linijski}} = \sqrt{3}U_{\text{fazni}} = \sqrt{3} \cdot 230 \text{ V} \approx 400 \text{ V}$$

Неуравнотежена трофазна кола

- Повезивањем несиметричних трофазних елемената образују се *неуравнотежена* трофазна кола.
- Несиметрија настаје услед **кварова** или укључивања монофазних уређаја.
- У пракси, статистички се добијају приближно уравнотежена кола (ЕЕС).

Практичан значај и предности уравнотежених трофазних кола (1)

- Тренутна **снага** којом се напаја симетричан трофазни потрошач је временски **константна**. Ово је предност код ротационих машина: момент силе на осовину симетричног трофазног генератора је константан, тако да су много **мањи губици енергије** и **мање вибрације**.
- Са трофазним напоном се **једноставно** ствара ротационо магнетско поље; сходно томе, асинхрони трофазни мотори су јефтинији, покрећу се и раде **боље** него једнофазни мотори, а и њихов момент силе на осовину је константан.
- **Тежина и величина** проводника у трофазном систему је **мања** него она коју захтева једнофазни систем који испоручује исту електричну снагу.

Инвестиције у електроенергетски систем су капиталне и стратешке за сваку државу и регион.
Свака правовремена уштеда и рационализација система је увек добродошла и пожељна!

Практичан значај и предности уравнотежених трофазних кола (2)

- У уравнотеженом трофазном колу, што подразумева симетричне трофазне потрошаче, довољне су **три жице** уместо шест за једнофазно коло; следује да су трофазни енергетски водови **исплативији** за пренос електричне енергије од једнофазних.
- Коришћење трофазних система, а некада и 6-фазних и 12-фазних система, има предности у напајању великих исправљача, што је потребно у индустријским процесима као што је електролиза. Излаз исправљача је приближно временски стална струја са малом променом (пулсацијом), која се зове **таласност** (ripple), која **опада** са повећањем броја фаза.

Инвестиције у електроенергетски систем су капиталне и стратешке за сваку државу и регион. Свака правовремена уштеда и рационализација система је увек добродошла и пожељна!

Зашто трофазни системи? I

- За пренос електричне енергије дате снаге трофазни систем потребује **тање** жице, што чини **уштеду** од око **25% у маси** бакра или алуминијума у односу на монофазни систем.
- Жице за повезивање трофазне опреме су **мањег** попречног пресека, за дату називну снагу, него у монофазним системима, што је **једноставније за инсталацију**: носачи енергетских водова могу бити мање масивни.
- Трофазне машине могу бити ефикасније за покретање, мање и лакше од монофазних, али су сложеније конструкције.

Инвестиције у електроенергетски систем су капиталне и стратешке за сваку државу и регион. Свака правремена уштеда и рационализација система је увек добродошла и пожељна!

Зашто трофазни системи? II

- Зашто **не** користимо полифазне системе вишег реда од 3, на пример, 6-фазне системе или 12-фазне системе, у преносу електричне енергије? Из **техноекономских** разлога, били би сложенији и скупљи у раду.
- **Повезивање** потрошача у електроенергетском систему са трофазним колама је разноврсно: прикључивање монофазних потрошача, као и потрошача који раде на међуфазном и фазном напону.
- **Искључивање** електричне енергије је могуће при проласку електричне струје кроз **нулу**, што није могуће код преноса сталне струје.
- Системим за **конверзију** АС-ДС су ефикаснији, на пример, и у погледу потребног хлађења.

Инвестиције у електроенергетски систем су капиталне и стратешке за сваку државу и регион. Свака правовремена уштеда и рационализација система је увек добродошла и пожељна!

Колики су електрични напони у трофазним системима?

- Производња (генерисање) 6–25 kV
- Пренос (трансмисија) 110–765 kV
- Дистрибуција (локална) од 0.4 kV до неколико десетина kV
- Потрошња (конзум):
индустрија реда 10 kV
становништво 120–230 V

Питања (1)

- Ко је патентирао (први у свету) вишефазне електричне системе?
- Зашто су трофазни системи значајни у пракси?
- Шта је трофазни генератор?
- Шта је трофазни потрошач?
- Шта је трофазни вод (енергетски вод, линија)?
- Шта је трофазно коло?
- Шта је фазни проводник?
- Шта је неутрални проводник (повратни вод)?

Питања (2)

- Шта је фазни напон?
- Шта је међуфазни (линијски) напон?
- Шта је трофазни систем напона?
- Шта је фазна струја?
- Шта је линијска струја?
- Шта је трофазни систем струја?
- Шта је симетричан трофазни систем напона или струја?
- Шта је директан симетричан систем?
- Шта је инверзан симетричан систем?

Питања (3)

- Чему је једнак збир чланова симетричног трофазног система?
- Како гласи директан симетричан систем електромоторних сила трофазног генератора: (а) тренутних вредности, (б) комплексних представника?
- Шта је оператор трофазног система?
- Каква је веза фазних и линијских напона директног симетричног система?
- Како изгледа фазорски дијаграм фазних и линијских напона симетричног трофазног генератора везаног у звезду (а) директног система, (б) инверзног система?

Питања (4)

- Шта су симетрични трофазни елементи:
(а) генератор, (б) потрошач, (в) линија?
- Шта је уравнотежено трофазно коло?
- Да ли је могуће повезати трофазни проводник и трофазни потрошач без повратног (нултог) проводника?
- Шта је распрезање трофазног кола?

Питања (5)

- Чему је једнака снага трофазног пријемника у уравнотеженом колу?
- Како се снага трофазног пријемника уравнотеженог кола одређује преко линијских напона и струја?
- Чему је једнака тренутна снага трофазног пријемника у уравнотеженом колу? Каква је њена промена у времену?
- Како изгледа заменска шема симетричног трофазног потрошача са индуктивном спрегом?
- Шта је то нуловање?
- Шта су неуравнотежена трофазна кола?

Питања (6)

- Трофазни грејач се може представити са три отпорника од 220 W везаних у звезду. Потрошач се прикључује на симетричан трофазни Y -генератор фазног напона 220 V и занемарљиве импедансе. Колика је снага потрошача? Колике су фазне струје генератора? Колики су фазни напони потрошача?
- Три идентичне импедансе су везане у звезду и прикључене на симетричан трофазни генератор. Затим су импедансе везане у троугао и прикључене на исти генератор. У ком случају ће средња снага оваквог трофазног пријемника бити већа?

Питања (7)

- Шта је фактор снаге симетричног трофазног пријемника?
- Шта је поправка фактора снаге симетричног трофазног пријемника?
- Како се може одредити редослед фаза помоћу сијалица?
- Уравнотежено трофазно коло без нултог проводника се састоји од Y -генератора и два потрошача, једног везаног у звезду и једног везаног у троугао. Колика је разлика потенцијала звездишта?
- Линејски напон трофазног пријемника је 400 V, линејска струја је 2.5 A, и фактор снаге је 0.9. Колика је средња снага пријемника? Коло је уравнотежено.
- У уравнотеженом трофазном колу са једним трофазним генератором је дошло до квара тако да су се почетне фазе свих електромоторних сила генератора смањиле за један проценат. Да ли је коло и даље уравнотежено? Образложити одговор.

Питања (8)

- У уравнотеженом трофазном колу са једним трофазним генератором је дошло до квара тако да су се амплитуде свих електромоторних сила генератора смањиле за један проценат. Да ли је коло и даље уравнотежено? Образложити одговор.
- У уравнотеженом трофазном колу са једним трофазним генератором је дошло до квара тако да су се амплитуде свих електромоторних сила генератора смањиле за један волт. Да ли је коло и даље уравнотежено? Образложити одговор.
- У уравнотеженом трофазном колу са једним трофазним генератором је дошло до квара тако да се фазни став једне електромоторне силе генератора повећао за један проценат. Да ли је коло и даље уравнотежено? Образложити одговор.
- У уравнотеженом трофазном колу је дошли до квара тако да су све електромоторне силе једног трофазног генератора постале једнаке нули. Да ли је коло и даље уравнотежено?

Питања (9)

<p>(5) У уравнотеженом трофазном електричном колу са једним трофазним генератором је дошло до квара тако да су се фазе свих електромоторних сила генератора смањиле два пута. Да ли је коло и даље уравнотежено? Образложити одговор.</p>	<p>(а) Да (б) Не</p>
<p>(5) Уравнотежено трофазно електрично коло $Y - Y$ повезује симетричан трофазни генератор са симетричним трофазним потрошачем фактора снаге $\cos(\varphi)$. Измерене су ефективне вредности линијског напона и линијске струје U_{lin} и I_{lin}. Средња (активна) снага потрошача је</p>	<p>(а) $P_p = 3U_{\text{lin}}I_{\text{lin}} \cos(\varphi)$, (б) $P_p = U_{\text{lin}}I_{\text{lin}} \cos(\varphi)$, (в) $P_p = \frac{1}{3}U_{\text{lin}}I_{\text{lin}} \cos(\varphi)$, (г) $P_p = \sqrt{3}U_{\text{lin}}I_{\text{lin}} \cos(\varphi)$, (д) $P_p = \frac{1}{\sqrt{3}}U_{\text{lin}}I_{\text{lin}} \cos(\varphi)$?</p>

Питања (10)

(5) Збир чланова симетричног трофазног система комплексних напона или комплексних струја једнак је

- а) 1,
- б) 0,
- в) -1 ,
- г) $e^{j2\pi/3}$?

(5) Уравнотежено трофазно електрично коло садржи један генератор. Ако се ефективне вредности свих напона генератора смање за 5 V, коло ће бити

- а) уравнотежено,
- б) неуравнотежено,
- в) монофазно,
- г) двофазно?

(5) Тренутна снага симетричног трофазног потрошача у уравнотеженом трофазном електричном колу је

- а) периодична функција времена,
- б) константа у односу на време,
- в) апериодична функција времена,
- г) једнака нули?

Питања (11)

(5) Извести матричне једначине трофазног Y-Y електричног кола преко симетричних компоненти.

Објаснити поступак извођења, написати потребне једначине, нацртати потребне шеме и објаснити величине које се појављују на шемама и у једначинама.

(4) Тренутна снага симетричног трофазног потрошача у уравнотеженом трофазном електричном колу је

- а) периодична функција времена,
- б) константа у односу на време,
- в) апериодична функција времена,
- г) једнака нули?

Задатак (1)

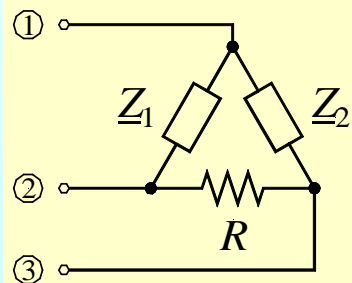
Трофазни потрошач везан у троугао чине отпорник R и импедансе $\underline{Z}_1 = jX$ и $\underline{Z}_2 = -jX$, $X \in \mathbb{R}$. Потрошач је прикључен на симетричан трофазни генератор, линијски напони чине директан симетричан трофазни систем напона $\{u_{12}, u_{23}, u_{31}\}$ и $u_{12}(t) = \sqrt{2}U \cos(\omega t + \theta)$.

Одредити

(5) (а) комплексне линијске струје,

(5) (б) реактансу X тако да линијске струје чине директан симетричан трофазни систем струја, и

(5) (в) реактивну снагу потрошача под условом из (б).



Задатак (2)

Задатак 2

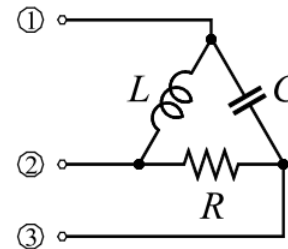
Електротермичко постројење електроиндукционе пећи се може приближно представити трофазним потрошачем везаним у троугао који чине отпорник R , калем L и кондензатор C . Потрошач је прикључен на симетричан трофазни генератор, линијски напони чине директан симетричан трофазни систем напона $\{u_{12}, u_{23}, u_{31}\}$ и

$u_{12}(t) = \sqrt{2}U \cos(\omega t + \theta)$. Одредити

(5) а) индуктивност L и капацитивност C тако да линијске струје чине директан симетричан трофазни систем струја,

(5) б) реактивну снагу потрошача под условом из а), и

(5) в) средњу (активну) снагу потрошача под условом из а).



а) Индуктивност је

Капацитивност је

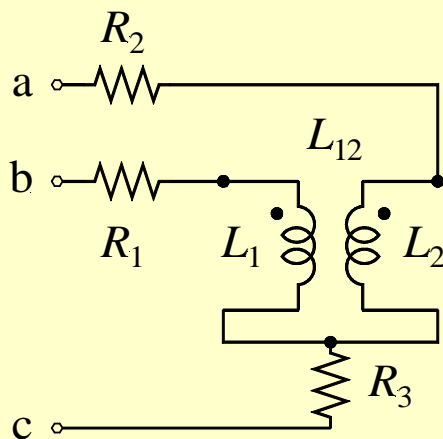
б) Реактивна снага потрошача под условом из а) је

в) Средња (активна) снага потрошача под условом из а) је

Задатак (3)

Трофазни потрошач чине три отпорника и линеарни индуктивни трансформатор.

- (5) Одредити везу вредности елемената тако да потрошач буде симетричан.
- (5) Колико у том случају износи коефицијент спреге трансформатора?
- (5) Који је тада фактор снаге потрошача?



Задатак (4)

Задатак 1

Уравнотежен трофазан трожицни електроенергетски систем напаја два симетрична потрошача. Један потрошач, за поправку фактора снаге, је повезан у троугао и чине га три кондензатора, импеданси

$\underline{Z}_2 = -j500 \Omega$. Други потрошач, електро-

мотор, је повезан у звезду импеданси

$\underline{Z}_1 = 89 \angle 36.8^\circ \Omega$. Импеданса проводника

трофазног електроенергетског вода је

$\underline{Z}_3 = (8.0 + j4.5) \Omega$. Ефективна вредност

линијског напона генератора је 6.6 kV.

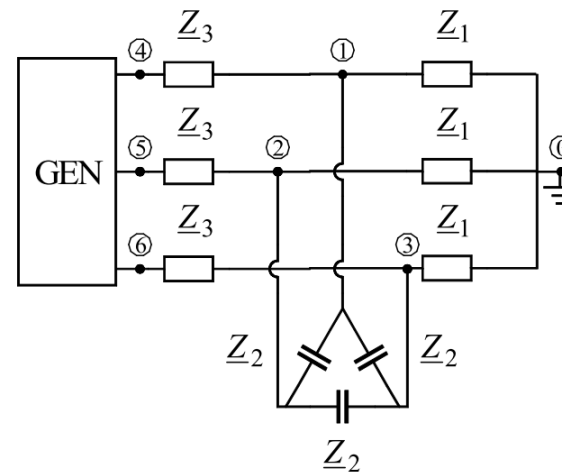
Одредити

(5) ефективне вредности струја вода,

(5) ефективне вредности фазних напона мотора и

(5) средњу (активну) и реактивну снагу коју генератор предаје остатку кола.

Да ли коло остаје уравнотежено ако се кондензатори уклоне (замене отвореном везом)?



Ефективне вредности струја вода су

Ефективне вредности фазних напона мотора су

Средња (активна) и реактивна снага су

Да ли коло остаје уравнотежено?

Задатак (5)

Задатак 2

Ефективна вредност међуфазног напона симетричног трофазног генератора је 400 V а учестаност је 50 Hz . На генератор се прикључују два симетрична трофазна потрошача.

Први потрошач је везан у звезду и импеданса његовог трофазног дела је $25/_30^\circ\ \Omega$. Други потрошач је везан у троугао и импеданса његовог трофазног дела је $40\ \Omega$.

(5) Одредити ефективне вредности фазних струја оба потрошача.

(5) Колика је средња (активна) снага коју даје генератор?

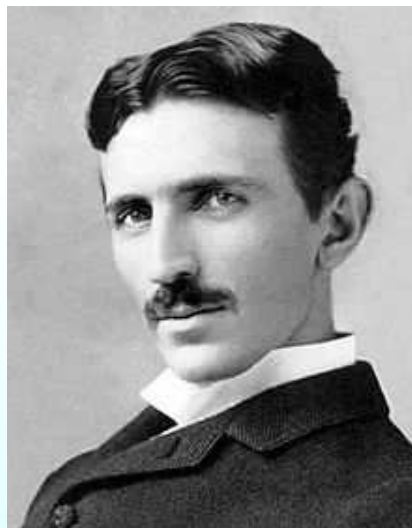
(5) Колики је укупан сачинитељ (фактор) снаге?

Ефективне вредности фазних струја оба потрошача су

Средња (активна) снага коју даје генератор је

Укупан сачинитељ (фактор) снаге је

Никола Тесла 1856–1943



Српски научник светског гласа и врхунског светског признања.
Рођен у српској породици православног свештеника, у Смиљану,
Аустријска Империја (садашња Хрватска).