# Технически университет – София Електротехнически Факултет Катедра "Обща електротехника" Презентация № 7

Трифазни вериги. Основни понятия и определения. Свързване в схема "звезда" и "триъгълник"

дисципл<mark>ина "Е</mark>лектротехника и електроника 1" – ВІМ16 ОКС "Бакалавър" от Учебен план на специалност Индустриален мениджмънт, Професионално направление 5.13. Общо инженерство



ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042 "Организационна и технологична инфраструктура за учене през

щелия живот и развитие на компетенции"

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма "Развитие на човешките ресурси",
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



### Съдържание

- Трифазна верига дефиниции
  - Понятие за трифазна система електрически величини
  - Симетрични и несиметрични системи
  - Понятие за трифазен източник
  - Понятие за трифазен консуматор
  - Съединения "звезда" и "триъгълник" на консуматор
  - 3, 4, 5 проводни трифазни вериги
- Трифазни вериги при съединение "звезда" на консуматорите
  - Линейни и фазни величини
  - Симетричен консуматор
  - Несиметричен консуматор
  - Роля на нулевия проводник
- Трифазни вериги при съединение "триъгълник " на консуматорите
  - Линейни и фазни величини
  - Предимства и особености на съединението
- Мощност при трифазни вериги
- Литература



#### ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042





### Трифазна верига – дефиниции

- *Трифазна система от синусоидално изменящи се във времето* величини се нарича съвкупност от три еднородни синусоидални величини, които имат съответни амплитуди, еднакви честоти и са отместени по фаза една спрямо друга на съответен ъгъл.
- Трифазната система от синусоидално изменящи се величини е симетрична когато амплитудите и фазовите отмествания са еднакви.
   Жко някое от тези условия не е изпълнено, системата е несиметрична.

Една с<mark>иметрич</mark>на триф<mark>азна с</mark>истема от е.д.н. може да се запише по следния начин:

$$e_{A} = E_{Am} \sin \omega t$$

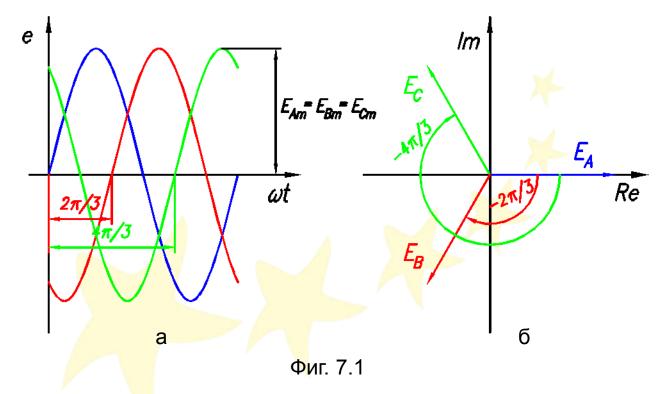
$$e_{B} = E_{Bm} \sin \left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right)$$

$$e_{C} = E_{Cm} \sin \left(\omega t - \frac{4\pi}{3}\right)$$



ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042





На фиг. 7.1 а са показани синусоидите на трифазна симетрична система от е.д.н., а на фиг. 7.1 б – комплексните ефективни стойности:

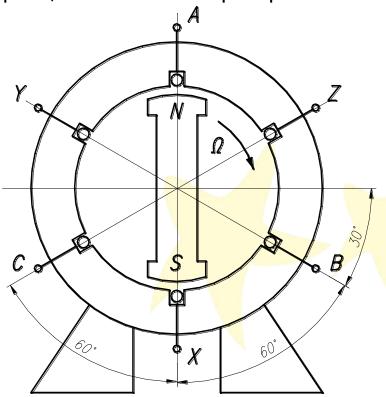
$$\dot{E}_{A} = E_{A}; \dot{E}_{B} = E_{B}e^{-j\frac{2\pi}{3}}; \dot{E}_{C} = E_{C}e^{j\frac{2\pi}{3}}$$



ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042



<u>Симетрична трифазна система от е.д.н.</u> се индуктира в намотките на трифазен променливотоков (синхронен) генератор. На фиг. 7.2 е показан принципно такъв генератор.



Трите еднакви намотки (за простота показани с по една навивка) са разположени в каналите на неподвижната част (статора) така, че техните оси сключват ъгъл  $\alpha = 2\pi/3 = 120^{\circ}$ Началата на трите намотки се означават с бук<mark>вите *А, В, С*, а краищата им – с *X, Y, Z.*</mark> При въртенето на ротора на генератора (подвижната част) с постоянна ъглова  $\Omega$ , неговото магнитно СКОРОСТ поле пресича неподвижните намотки статора и индуктира е.д.н.  $e_{\scriptscriptstyle A}$  ,  $e_{\scriptscriptstyle B}$  ,  $e_{\scriptscriptstyle C}$  , които образуват трифазна симетрична система.

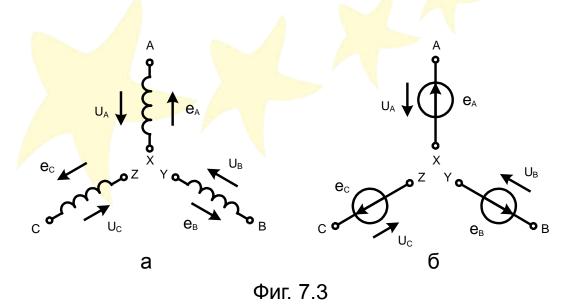
Фиг. 7.2



#### ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042



Прието е намотките на генератора да се наричат *"фазови намотки"* или *"фази"*. За условна положителна посока на индуктираните е.д.н.  $e_A$ ,  $e_B$ ,  $e_C$  се приема посоката от края към началото на съответната намотка (фаза), а на фазовите напрежения  $u_A$ ,  $u_B$ ,  $u_C$  - от началото към края на намотките. Графичните означения на трите намотки на трифазен генератор, използвани в еквивалентните електрически схеми, са показани на фиг. 7.3 а, а на фиг. 7.3 б – означенията за идеален източник на е.д.н. При необходимост могат да се въведат и пълните вътрешни съпротивления на отделните намотки.







Ако към всяка от намотките на генератора чрез съединителни проводници се включи съответен консуматор, през така получените затворени електрически вериги ще протичат токовете

$$i_A = I_{Am} \sin(\omega t - \psi_A)$$

$$i_B = I_{Bm} \sin \left( \omega t - \frac{2\pi}{3} - \psi_B \right)$$

$$i_C = I_{Cm} \sin \left( \omega t + \frac{2\pi}{3} - \psi_C \right)$$

които образуват трифазна система токове. Амплитудите и фазовите отмествания на тези токове спрямо съответните е.д.н. зависят от съпротивленията на консуматорите. Когато  $I_{Am} = I_{Bm} = I_{Cm} = I_m$  и  $\Psi_A = \Psi_B = \Psi_C = \Psi$ , системата се нарича <u>симетрична</u>.

Харак<mark>т</mark>ерна особеност на симетричните трифазни системи е, че сумата от моментните стойности на отделните величини е равна на нула. Така например за е.д.н. от фиг. 7.1 лесно се доказва, че  $\dot{E}_A + \dot{E}_B + \dot{E}_C = 0$  и  $e_A + e_B + e_C = 0$ .

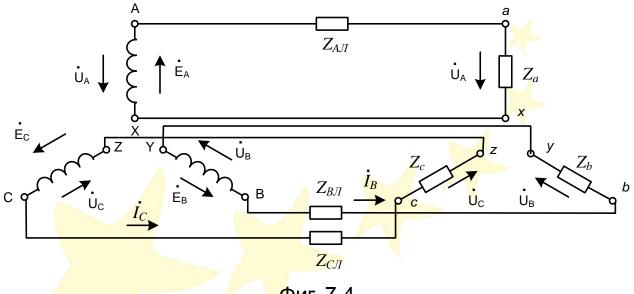


ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042 "Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции" Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на

Оперативна програма "Развитие на човешките ресурси", съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз Инвестира във вашето бъдеще!



> Съвкупността от трифазен източник на електрическа енергия, предавателните линии и консуматорите образува трифазна електрическа верига.



Фиг. 7.4

Трифазните електри<mark>че</mark>ски вериги могат да бъдат <u>несвързани</u> веригите на отделните фази на генератора са независими една от друга (фиг. 7.4), и *свързани* – при които фазите на генератора (и консуматорите) са свързани една с друга. Недостатък на несвързаните трифазни вериги е големия брой проводници на предавателната линия (3.2=6 проводника), докато при свързаните трифазни вериги този брой намалява от 6 на 4 или 3

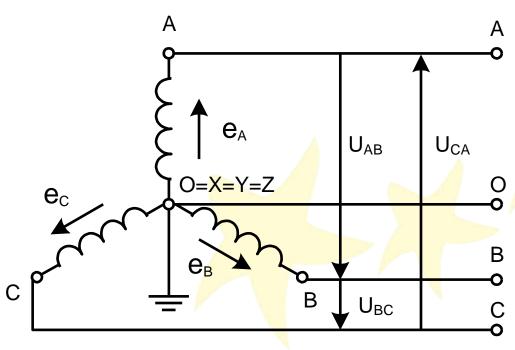
> ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042 "Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции" Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма "Развитие на човешките ресурси", съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз Инвестира във вашето бъдеще!

проводника

Европейски съюз

Европейски социален фонд

### Свързването на фазите може да стане по два начина:

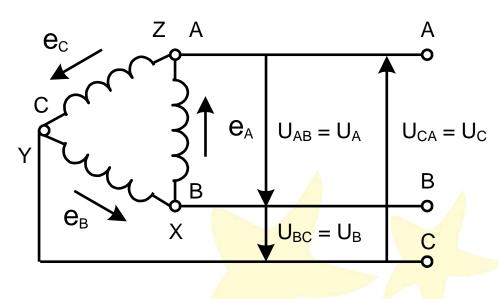






#### ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042





▶свързване <u>"триъгълник"</u> Д (фиг. 7.6) – към края на първата фаза се свързва началото на втората, към края на втората – началото на третата, към края на третата – началото на първата. При свързване "триъгълник" броя на проводниците намалява на 3 – трипроводна трифазна верига.

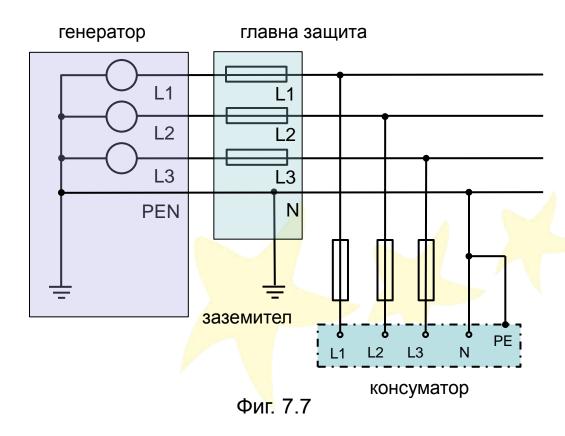
Фиг. 7.6

В практика<mark>та</mark> фазите на генератора се свързват в <u>"звезда"</u>, а тези на консуматора могат да бъдат свързани както в <u>"звезда"</u>, така и в <u>"триъгълник"</u>.



#### ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

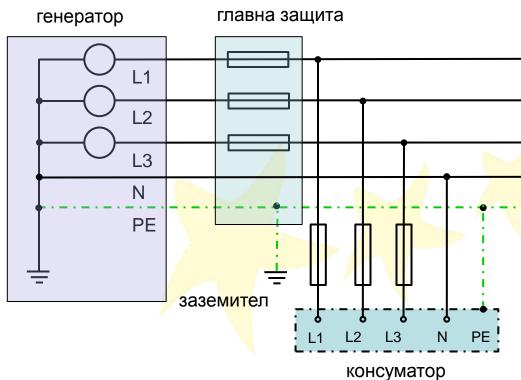




На фиг. 7.7 е показана четирипроводна трифазна електрическа верига, при която нулевия и защитния проводници са обединени (с маркировка PEN).







Ha фиг. 7.8 е показана трифазна петпроводна електрическа верига, при която има специално изведен защитен проводник *с маркировка РЕ*, отделно от нулевия проводник маркировка N.

Фиг. 7.8



#### ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042





### Трифазни вериги при съединение "звезда" на консуматорите

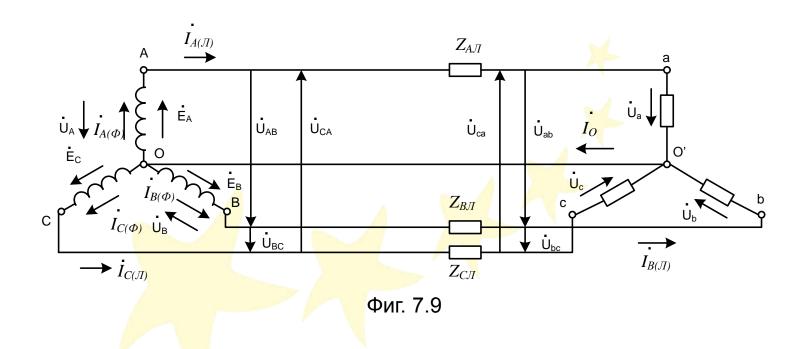
Свързване в "звезда" -  $\mathbf{Y}$  се получава, когато краищата на фазите на генератора се обединят в обща точка  $\mathbf{O}$ , наречена <u>звездна</u>, <u>неутрална</u> или <u>нулева</u> точка.

Ако и консуматорите са свързани по същия начин, проводникът, който съединява двете неутрални точки o и o' се нарича o и o o' се нарича o и o' се нарича o' се нарича o' и o' и o' се нарича o' и o' и o' и o' се нарича o' и o' и o' и o' се нарича o' и o' и o' и o' и o' се нарича o' и o' и

Останалите проводници на предавателната линия, които съединяват началата на фазите на генератора  $(A, B \cup C)$  с началата на консуматорите  $(a, B \cup C)$  се наричат <u>линейни проводници</u>.

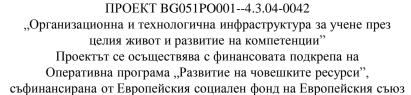






На фиг. 7.9 е показана еквивалентна схема на трифазна електрическа верига, свързана в "звезда".







### Трифазни вериги при съединение "звезда" на консуматорите

Както се вижда от фиг. 7.9, при свързване в "звезда" могат да се определят два вида напрежения:

- >Напрежение между началото и края на всяка фаза, наречено **фазно напрежение**  $(u_A, u_B \text{ и } u_C \text{ за генераторите и } u_a, u_b \text{ и } u_c \text{ за консуматорите});$
- ightharpoonup Напрежение между началата на две фази, наречено **междуфазно** или **линейно напрежение** ( $u_{AB}$ ,  $u_{BC}$  и  $u_{CA}$  за генераторите и  $u_{ab}$ ,  $u_{bc}$  и  $u_{ca}$  за консуматорите). При това редът на индексите показва посоката на съответното напрежение (напр.  $u_{AB}$  е с посока от т. A към т. B, а  $u_{BA}$  е в обратна посока и следователно  $u_{AB}$  =  $u_{BA}$ ).

Ако се запише II-ри закон на Кирхоф за мисл<mark>ения к</mark>онтур, образуван от първата и втората фаза и съответното линейно напрежение, ще се получи:

$$U_{AB} + U_B - U_A = 0$$
 или  $U_{AB} = U_A - U_B$  .

Аналогично за останалите линейни напрежения може да се определи:

$$U_{BC}=U_B-U_C$$
 и  $U_{CA}=U_C-U_A$  .

Тъй като обикновено вътрешните напрежителни падове на фазите на генератор са много малки, можем да считаме, че напреженията на изводите на генератора са числено равни на съответните е.д.н., т.е.  $U_A = E_A$ ,  $U_B = E_B$ ,  $U_C = E_C$ .



ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042 "Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции" Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма "Развитие на човешките ресурси", съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз

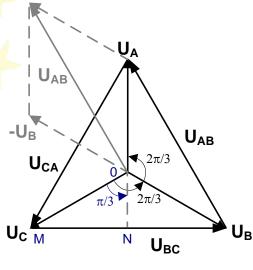


На фиг. 7.10 е показано разположението на векторите на фазните напрежения и получаването на съответните линейни напрежения, напр. $U_{AB}=U_A+\left(-U_B\right)$ . При симетрична система, когато  $U_A=U_B=U_C=U_{\Phi}$  и  $U_{AB}=U_{BC}=U_{CA}=U_{JI}$  , от триъгълника OMN се определя

$$rac{MN}{OM}=rac{U_{J/}}{U_{\phi}}=\sin 60^\circ=rac{\sqrt{3}}{2}$$
 , T.e.  $U_{J/Y}=\sqrt{3}.U_{\phi Y}$  .

При трифазната електрическа мрежа за ниско напрежение в нашата страна  $U_{\pi}/U_{\phi} = 380/220~V$ .

Трябва да се отбележи, че системата фазни и линейни напрежения на трифазните генератори винаги е симетрична, което се осигурява от тяхното конструктивно изпълнение.



Фиг. 7.10



ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042 "Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма "Развитие на човешките ресурси", съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз Инвестира във вашето бъдеще!



### Трифазни вериги при съединение "звезда" на консуматорите

При трифазните електрически вериги се различават също *фазни* и *линейни токове.* 

**Разни** са токовете, които протичат през съответните фази (на генератора и на консуматорите);

>Пинейни са токовете, протичащи по проводниците на предавателната линия.

От фиг. 7.9 е ясно, че при свързване в "звезда" фазните и линейните токове са равни:  $I_{\phi} = I_{\mathcal{I}}$ .

Съгласно І-ви закон на Кирхоф за т. O (или т. O) токът в неутралния проводник е:  $I_0 = I_A + I_B + I_C$ 

Големините на линейните токове зависят от съпротивленията на консуматорите,

T.e. 
$$I_A = \frac{U_a}{Z_a}$$
 ,  $I_B = \frac{U_b}{Z_b}$  ,  $I_C = \frac{U_c}{Z_c}$  .

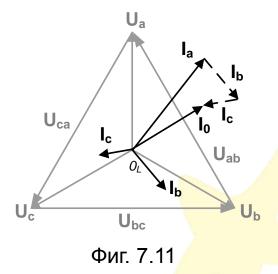
Когато големините и характерът на съпротивленията на консуматорите са еднакви, линейните токове също образуват симетрична система. Тогава  $I_0 = I_A + I_B + I_C = 0$  и неутралният проводник е излишен, т.е. предавателната линия може да бъде изпълнена само с три проводника. (На практика подобен симетричен режим се получава много рядко, тъй като консуматорите в трите фази в общия случай не са еднакви. Поради този факт трифазните електрически мрежи, свързани в "звезда", се изпълняват с четирипроводна предавателна линия.)



ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042 "Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции" Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма "Развитие на човешките ресурси", съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз



Ролята на нулевия проводник е да изравнява несиметрията на фазните напрежения на консуматора при несиметричен товар.



Така например, ако се пренебрегнат напрежителните падове в линейните проводници, напреженията в краищата на консуматора ще бъдат равни на напреженията на изводите на трифазния генератор  $(U_a = U_A \ , \ U_b = U_B \ , \ U_c = U_C)$  независимо от натоварването в отделните фази. Неутралните точки на източник и консуматорите ще имат еднакви потенциали.

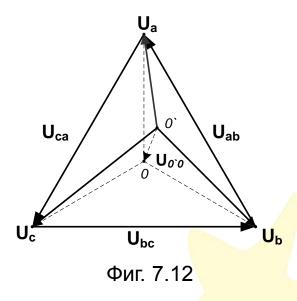
На фиг. 7.11 е показана симетричната векторна диаграма на напреженията на консуматорите и съответните несиметрични фазни токове. Токът през нулевия проводник е равен на геометричната сума на фазните токове:

 $\vec{I}_0 = \vec{I}_a + \vec{I}_b + \vec{I}_c$ 



ПРОЕКТ ВG051РО001--4.3.04-0042





Когато липсва нулевият проводник, симетрични остават само линейните напрежения  $U_{ab}$ ,  $U_{bc}$  и  $U_{ca}$ , т.е. запазва се симетричен триъгълника на линейните напрежения.

Фазните напрежения

$$U_a = Z_a.I_a$$
 ,  $U_b = Z_b.I_b$  и  $U_c = Z_c.I_c$ 

вследствие на нееднаквия товар стават несиметрични и между звездните точки на консуматорите и на източника се получава потенциална разлика.

На фиг. 7.12 е показана векторната диаграма на при несиметричен режим на трипроводна мрежа. С прекъсната линия са изобразени симетричните напрежения на източника и потенциалната разлика  $U_{0,0}$  между двете звездни точки.



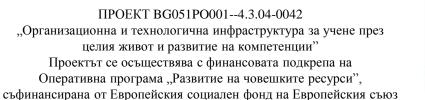
ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042 "Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции" Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма "Развитие на човешките ресурси", съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз



От фиг. 7.12 става ясно, че при липса на нулев проводник и при ясно изразена несиметрия на консуматора, звездната точка O` на напреженията на консуматора може да се измести на значително разстояние от т. O, т.е. някои от фазните напрежения на консуматора могат да станат значително по-големи от номиналните (което може да е аварийна ситуация за консуматора, включен в тази фаза).

Поради тази причина на нулевия проводник в четирипроводна трифазна мрежа не се поставя предпазител със стопяема вложка или изключвател (наличието на нулев проводник изравнява потенциалите на т. О и т. О`, тъй като ги свързва накъсо).



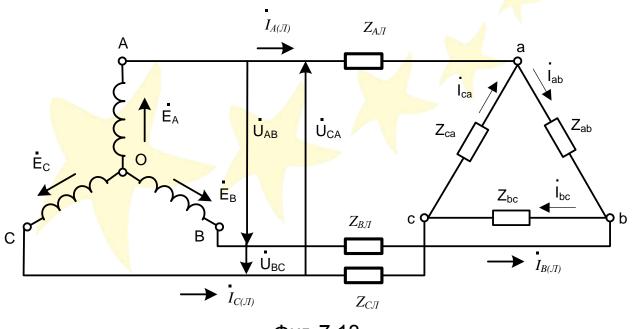






### Трифазни вериги при съединение "триъгълник" на консуматорите

Схема на трифазна електрическа верига, при която източникът е свързан в "звезда", консуматорът – в "триъгълник" може да се изобрази както е показано на фиг. 7.13.



Фиг. 7.13



#### ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042



Свързването в "триъгълник" –  $\Delta$  се получава като към края на първата фаза на консуматора се свързва началото на втората фаза – началото на третата, а края на третата – към началото на първата фаза. Както се вижда от фиг. 7.13 при това свързване фазните и линейните напрежения на консуматора са равни:

$$U_{J\!I\!\Delta} = U_{arPhi\!\Delta}$$

ightharpoonupТоковете в пр<mark>оводници</mark>те на предавателната линия между източника и консуматора  $I_A$ ,  $I_B$  и  $I_C$  се наричат **линейни токове** (положителната им посока е от генератора към консуматора);

≽Токовете във фазите на консуматора се наричат **фазни токове** и се означават с двоен индекс:  $I_{ab}$ ,  $I_{bc}$  и  $I_{ca}$  (положителните им посоки се избират: от a към b; от b към c и от c към a).



ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042 "Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции" Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма "Развитие на човешките ресурси", съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз



Токовете в отделните фази на консуматора се определят по закона на Ом:

$$\dot{I}_{ab} = \frac{\dot{U}_{ab}}{Z_{ab}}$$
;  $\dot{I}_{bc} = \frac{\dot{U}_{bc}}{Z_{bc}}$ ;  $\dot{I}_{ca} = \frac{\dot{U}_{ca}}{Z_{ca}}$ 

Линейните и фазните токове са свързани по между си чрез зависимости съгласно  $I^{su}$  закон на Кирхоф за отделните възли  $\underline{a}, \underline{b}$  и  $\underline{c}$ :

За възел 
$$\underline{a}$$
:  $I_A + I_{ca} - I_{ab} = 0 \rightarrow I_A = I_{ab} - I_{ca}$ 

За възел 
$$\underline{b}$$
:  $I_B + I_{ab} - I_{bc} = 0 \rightarrow I_B = I_{bc} - I_{ab}$ 

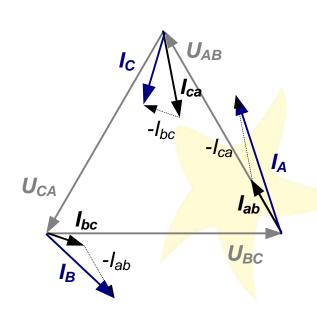
За възел 
$$\underline{c}$$
:  $I_C + I_{bc} - I_{ca} = 0 \rightarrow I_C = I_{ca} - I_{bc}$ 



ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042



На фиг. 7.14 е показана векторната диаграма на токовете и напреженията при свързване на консуматора в "триъгълник" (в най-общия случай товарите в отделните фази имат различен характер).



Фиг 7 14

- Изхожда се от триъгълника на фазните напрежения (те са равни на линейните напрежения на генератора), които при подходящо взаимно разположение образуват равностранен триъгълник.
- Фазните токове са в най-общо положение спрямо съответните фазни напрежения.
- Векторите на линейните токове се построяват съгласно получените зависимости:

$$I_{A} = I_{ab} - I_{ca} \rightarrow I_{A} = I_{ab} + (-I_{ca})$$
 $I_{B} = I_{bc} - I_{ab} \rightarrow I_{B} = I_{bc} + (-I_{ab})$ 
 $I_{C} = I_{ca} - I_{bc} \rightarrow I_{C} = I_{ca} + (-I_{bc})$ 

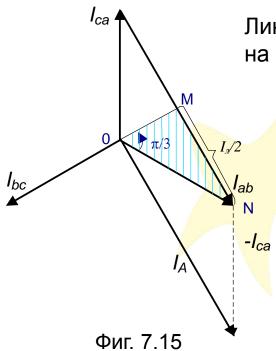


ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма "Развитие на човешките ресурси", съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз



При симетричен товар  $Z_{ab}=Z_{bc}=Z_{ca}=Z_{\phi}=z_{\phi}e^{j\varphi}$  фазните токове са равни помежду си по големина и са отместени по фаза спрямо фазните напрежения на един и същи ъгъл  $\varphi$ , а помежду си са отместени на 120°, т.е. фазните токове образуват симетрична трифазна система.



Линейните токове се получават чрез геометрично сумиране на векторите на фазните токове, напр.  $I_A = I_{ab} + (-I_{ca})$ .

От 
$$\Delta OMN$$
 следва  $MN/ON = \frac{I_{JJ}}{I_{\phi}} = \sin 60^{\circ} = \frac{\sqrt{3}}{2}$ .

Следователно 
$$I_{\it N} = \sqrt{3}.I_{\it \Phi} \Delta$$



ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042



### Мощност при трифазни вериги

Моментната мощност при трифазните електрически вериги се получава като сума от моментните мощности на отделните фази

$$p = p_a + p_b + p_c = u_a \cdot i_a + u_b \cdot i_b + u_c \cdot i_c$$

Ако се приеме, че фазните напрежения на консуматора се изменят както е.д.н. на източника, т.е.

$$u_a = U_{am} \sin \omega t; u_b = U_{bm} \sin \left( \omega t - \frac{2\pi}{3} \right); u_c = U_{cm} \sin \left( \omega t - \frac{4\pi}{3} \right)$$

а фазните токове са отместени от съответните напрежения на ъгли  $\varphi_a$  ,  $\varphi_b$  и  $\varphi_c$  , изразът за p добива вида:  $p=U_{am}\sin\omega t.I_{am}\sin(\omega t-\varphi_a)+$ 

$$U_{bm}\sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right)I_{bm}\sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{3} - \varphi_b\right) +$$

$$U_{cm} \sin \left(\omega t - \frac{4\pi}{3}\right) I_{cm} \sin \left(\omega t - \frac{4\pi}{3} - \varphi_c\right)$$



ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042



Освен това е известно, че мощността само на една фаза се определя с израза:

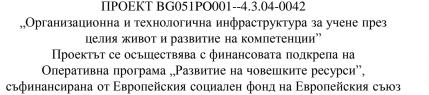
$$p_{a} = U_{am}I_{am}\sin\omega t.\sin(\omega t - \varphi_{a}) = U_{am}I_{am}\frac{1}{2}\left[\cos\varphi_{a} - \cos(2\omega t - \varphi_{a})\right] = U_{a}I_{a}\cos\varphi_{a} - U_{a}I_{a}\cos\varphi_{a}.\cos2\omega t - U_{a}I_{a}\sin\varphi_{a}.\sin2\omega t ,$$

а по аналогия могат да се запишат изразите и за  $p_b$  и  $p_c$ 

$$p_{b} = U_{b}I_{b}\cos\varphi_{b} - U_{b}I_{b}\cos\varphi_{b}.\cos2\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right) - U_{b}I_{b}\sin\varphi_{b}.\sin2\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right)$$

$$p_{c} = U_{c}I_{c}\cos\varphi_{c} - U_{c}I_{c}\cos\varphi_{c}.\cos2\left(\omega t - \frac{4\pi}{3}\right) - U_{c}I_{c}\sin\varphi_{c}.\sin2\left(\omega t - \frac{4\pi}{3}\right)$$







Общата активна мощност на трифазната верига, която е равна на средната стойност на моментната мощност, се получава като сума от активните мощности на консуматорите в трите отделни фази:

$$P = P_a + P_b + P_c = U_a I_a \cos \varphi_a + U_b I_b \cos \varphi_b + U_c I_c \cos \varphi_c$$

*≽<u>"Уравновесена"</u> система <mark>– к</mark>оято е симетричн<mark>а и по напр</mark>ежение и по ток.* 

За уравновесена система активната мощност е  $P=3U_{\phi}I_{\phi}\cos{\phi_{\phi}}$  ("ф" - фазна величина)

ightharpoonupравновесените системи се характеризират с това, че тяхната моментна мощност p остава постоянна във времето и е равна на активната мощност

$$p = P = 3U_{\phi}I_{\phi}\cos\varphi_{\phi}$$



ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042 
"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции" 
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма "Развитие на човешките ресурси", съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз

### Мощност при трифазни вериги

Ако в израза за активната мощност  $P = U_{\phi} I_{\phi} \cos \varphi_{\phi}$  фазните величини се заменят с линейните:

3a "Y" - 
$$U_{J\! Y}=\sqrt{3}.U_{\Phi Y}$$
 ;  $I_{J\! Y}=I_{\Phi Y}$  3a " $\Delta$ " -  $U_{J\! \Delta}=U_{\Phi \Delta}$  ;  $I_{J\! \Delta}=\sqrt{3}.I_{\Phi \Delta}$ 

❖За активната мощност в уравновесени трифазни системи се получава :

3a "Y" – 
$$P = 3\frac{U_{\pi}}{\sqrt{3}}I_{\pi}\cos\varphi_{\phi} = \sqrt{3}U_{\pi}I_{\pi}\cos\varphi_{\phi}$$

3a "Δ" - 
$$P = 3U_{\pi} \frac{I_{\pi}}{\sqrt{3}} \cos \varphi_{\phi} = \sqrt{3}U_{\pi}I_{\pi} \cos \varphi_{\phi}$$



ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042



<u>Реактивната</u> и <u>пълната</u> <u>мощност</u> при трифазна верига са равни на сумата от съответните фазни мощности:

$$Q = Q_a + Q_b + Q_c = U_a I_a \sin \varphi_a + U_b I_b \sin \varphi_b + U_c I_c \sin \varphi_c$$

$$S = S_a + S_b + S_c = U_a I_a + U_b I_b + U_c I_c$$

❖ За уравн<mark>овесена тр</mark>ифазна сис<mark>те</mark>ма:

$$Q = 3U_{\phi}I_{\phi}\sin\varphi_{\phi} = \sqrt{3}U_{\pi}I_{\pi}\sin\varphi_{\phi}$$
$$S = 3U_{\phi}I_{\phi} = \sqrt{3}U_{\pi}I_{\pi}$$



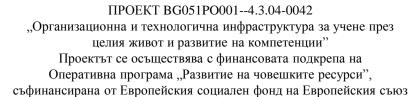


ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

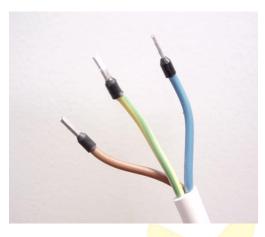
### Предимства на трифазните вериги

- 1. Възможност за получаване на два вида напрежения фазно и <u>линейно</u> от една и съща електрическа мрежа
- 2. Възможност за създаване на въртящо се магнитно поле, което лежи в основата на принципа на действие на електрическите машини за променлив ток





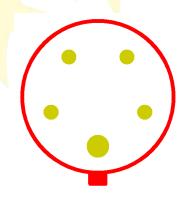














#### ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042



## **5** Литература

### Основна:

- 1. Цветков Д. и др., Електротехника и електроника, печат ЕТ "Здравков", София, 1997.
- 2. Цветков Д. и др., Основи на електротехниката и електрониката, изд. Техника, София, 1989.
- 3. Папазов С., С. Фархи, Теоретична електротехника, Техника, София, 1990.

### Допълнителна:

1. Kuphaldt T. R., Lessons In Electric Circuits, Volume II – AC, Sixth Edition, 2006, Open Book Project collection.



#### ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма "Развитие на човешките ресурси", съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз Инвестира във вашето бъдеще!

