



UNIVERSIDADE
DE VIGO

SISTEMAS TRIFÁSICOS

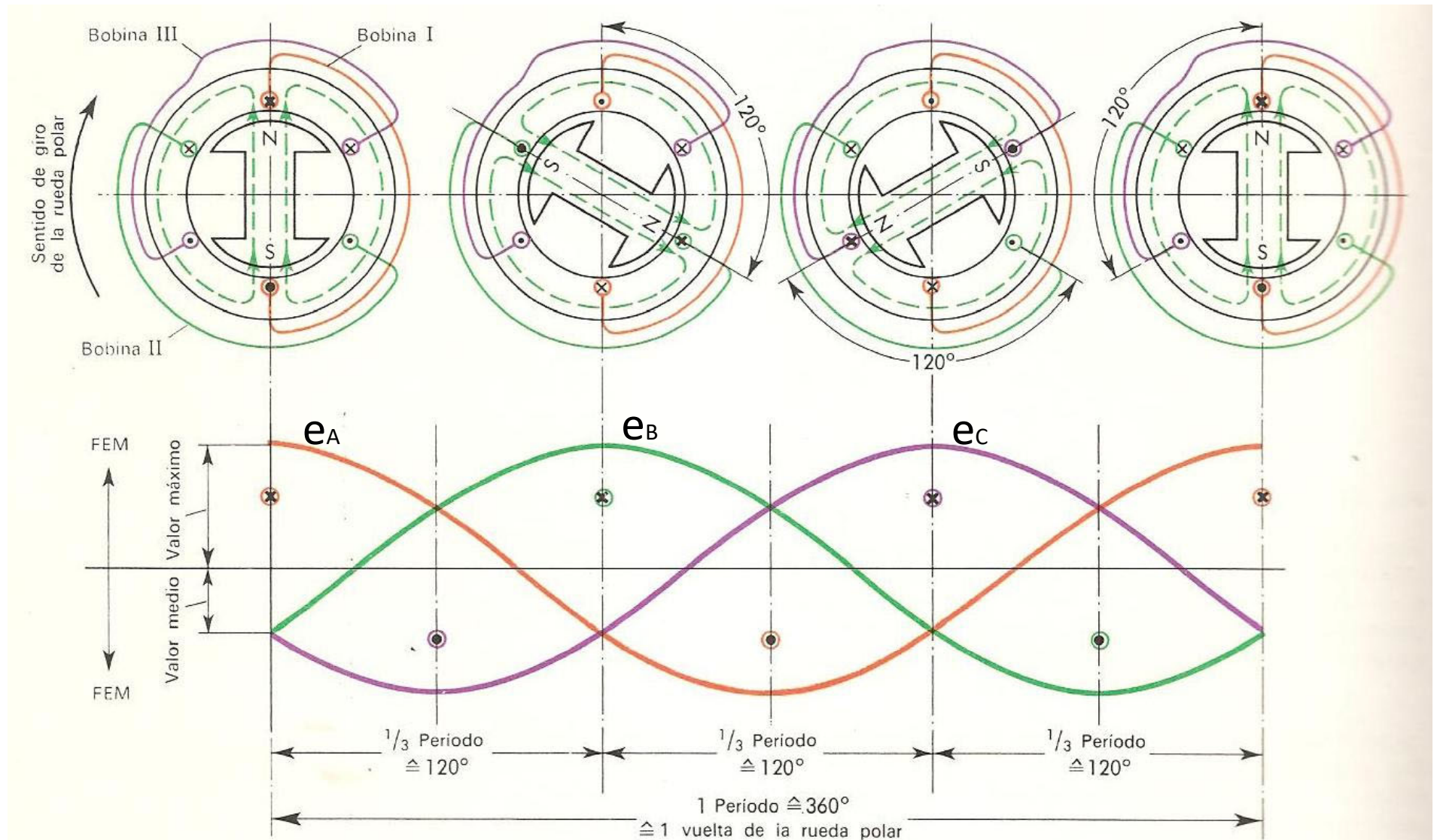
Circuitos

Manuel Pérez Donsión

Departamento de Ingeniería Eléctrica

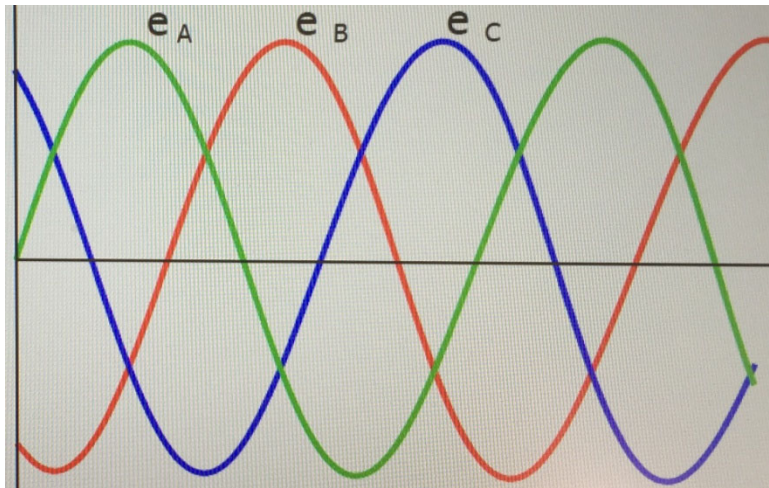
Universidad de Vigo

CIRCUITOS TRIFÁSICOS EQUILIBRADOS



Generación de un sistema trifásico equilibrado de tensiones

CIRCUITOS TRIFÁSICOS EQUILIBRADOS



Representación de la evolución temporal de las tensiones trifásicas

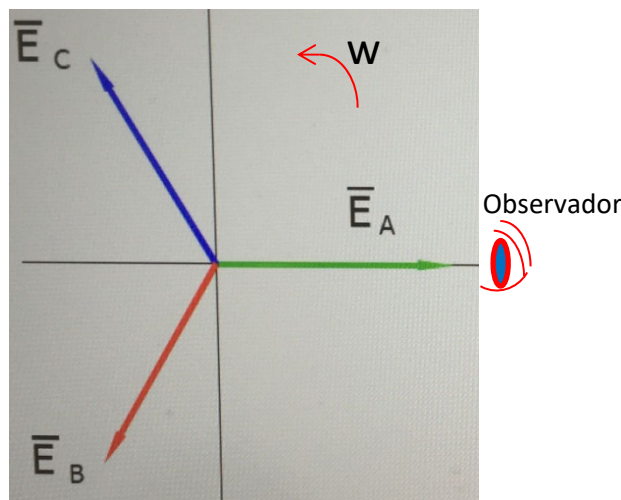
Analíticamente se puede poner:

$$e_A(t) = \sqrt{2}U \cos(\omega t)$$

$$e_B(t) = \sqrt{2}U \cos(\omega t - 2\pi/3)$$

$$e_C(t) = \sqrt{2}U \cos(\omega t + 2\pi/3)$$

Secuencia directa



Representación fasorial (secuencia directa)

Tensión de línea ó compuesta: tensión entre dos líneas del sistema ($\underline{E}_{AB}$, $\underline{E}_{BC}$, $\underline{E}_{CA}$).

Tensión de fase: tensión de cada fuente del sistema o tensión sobre la impedancia de cada rama.

Corriente de línea: corriente por la línea que sale de la fuente o corriente solicitada por la carga.

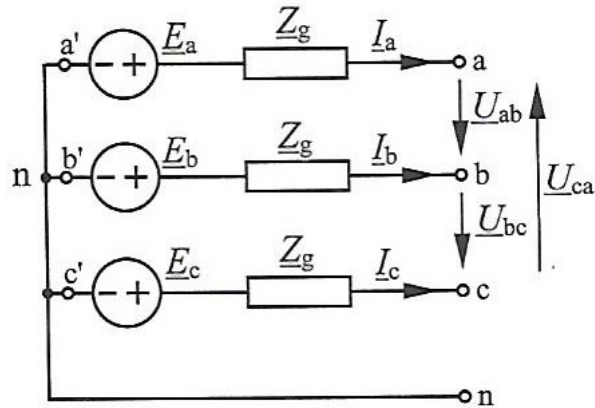
Corriente de fase: corriente por la fuente o por la impedancia de cada rama.

$$\vec{E}_A + \vec{E}_B + \vec{E}_C = 0$$

CIRCUITOS TRIFÁSICOS EQUILIBRADOS

Conexión de fuentes en estrella y en triángulo

ESTRELLA



En la práctica las tres fases del generador suelen conectarse en estrella. Si el conductor n existe el sistema es a **cuatro hilos** y si no existe es a **tres hilos**.

Esquema de conexión estrella

$$\left. \begin{aligned} \underline{E}_b &= \underline{E}_a \cdot (1 \angle -2\pi/3) \\ \underline{E}_c &= \underline{E}_a \cdot (1 \angle +2\pi/3) \end{aligned} \right\} \text{Sistema equilibrado} \left\{ \begin{aligned} \underline{I}_b &= \underline{I}_a \cdot (1 \angle -2\pi/3) \\ \underline{I}_c &= \underline{I}_a \cdot (1 \angle +2\pi/3) \end{aligned} \right.$$

$$\underline{U}_{an} = \underline{E}_a - \underline{Z}_g \cdot \underline{I}_a = \underline{U}_{an} \angle \theta$$

$$\underline{U}_{bn} = \underline{E}_b - \underline{Z}_g \cdot \underline{I}_b = \underline{E}_a \cdot (1 \angle -2\pi/3) - \underline{Z}_g \cdot \underline{I}_a \cdot (1 \angle -2\pi/3) = \underline{U}_{an} \angle \theta - 2\pi/3$$

$$\underline{U}_{cn} = \underline{E}_c - \underline{Z}_g \cdot \underline{I}_c = \underline{E}_a \cdot (1 \angle +2\pi/3) - \underline{Z}_g \cdot \underline{I}_a \cdot (1 \angle +2\pi/3) = \underline{U}_{an} \angle \theta + 2\pi/3$$

$$\underline{U}_{ab} = \underline{U}_{an} - \underline{U}_{bn} = \sqrt{3} \cdot \underline{U}_{an} \cdot (1 \angle +30^\circ)$$

$$\underline{U}_{bc} = \underline{U}_{bn} - \underline{U}_{cn} = \sqrt{3} \cdot \underline{U}_{bn} \cdot (1 \angle +30^\circ)$$

Las relaciones entre magnitudes de fase y de línea obtenidas para los generadores son validas para la carga.

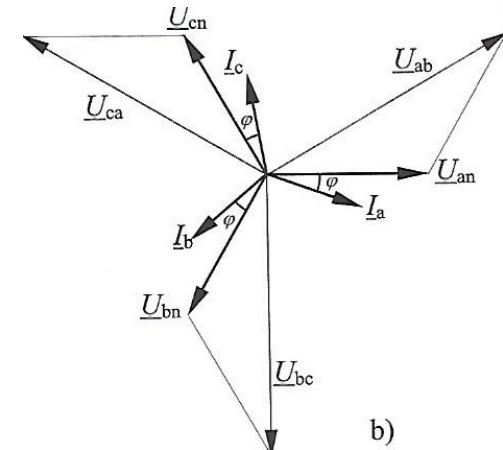


Diagrama vectorial

$$I_a = I_b = I_c = I_F$$

Al módulo común de las tres intensidades se le llama intensidad de fase I_F

En un generador en estrella equilibrado

$$I_L = I_F$$

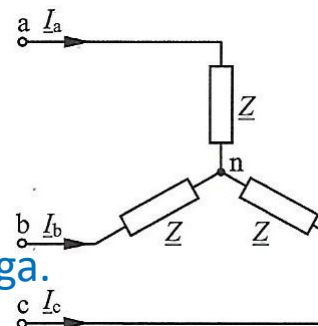
En régimen equilibrado:

$$U_{an} = U_{bn} = U_{cn} = U_F$$

U_F = tensión de fase

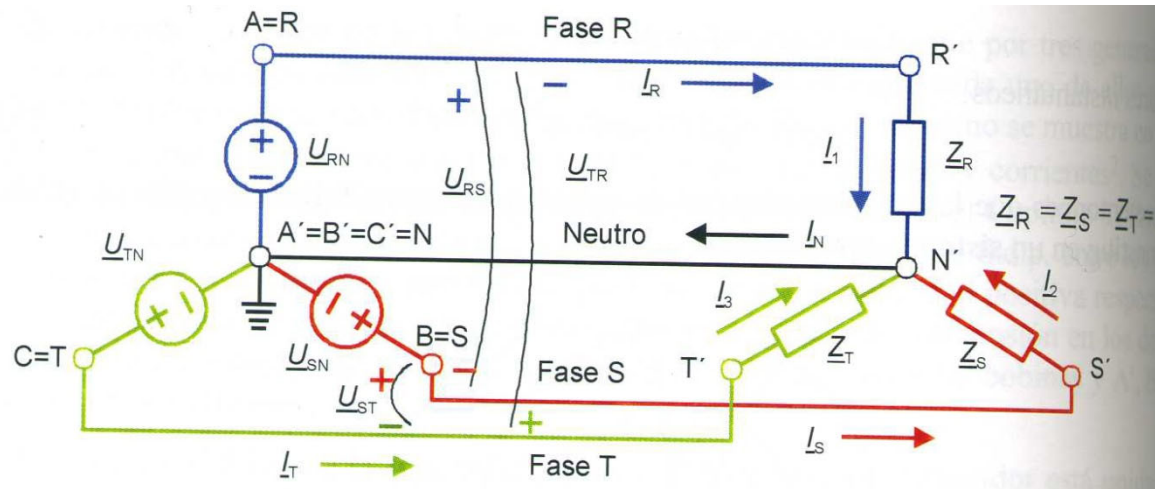
$$U_{ab} = U_{bc} = U_{ca} = U_L$$

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



CIRCUITOS TRIFÁSICOS EQUILIBRADOS

Sistema estrella-estrella



Sistema equilibrado Y-Y con neutro (a cuatro hilos)

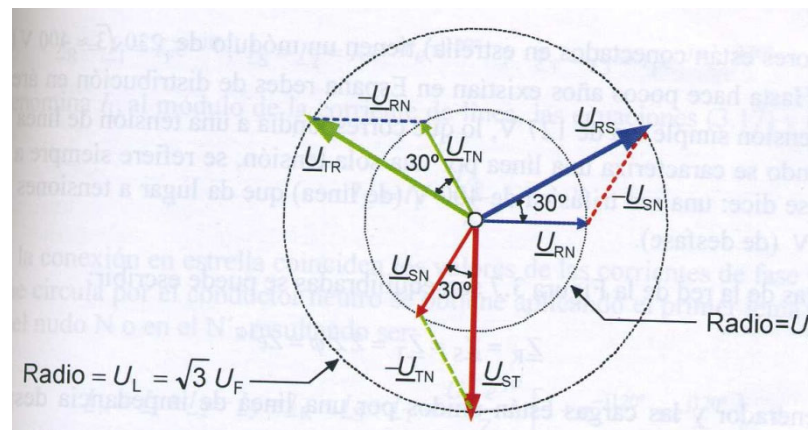
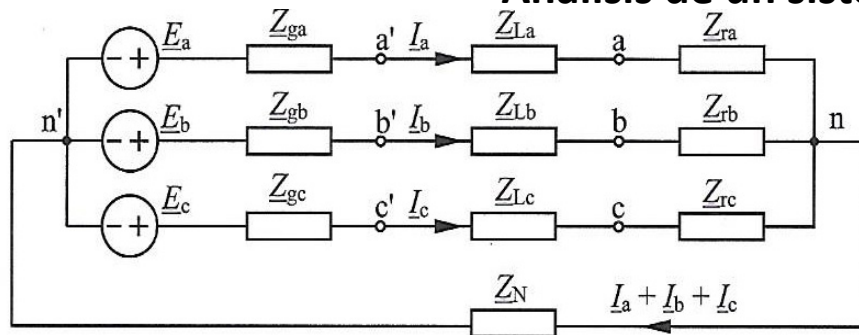


Diagrama fasorial de tensiones simples y compuestas en un sistema en estrella

CIRCUITOS TRIFÁSICOS EQUILIBRADOS

Análisis de un sistema estrella-estrella



Esquema de conexión estrella-estrella

Aplicando el teorema de Millman:

$$\underline{U}_{nn'} = (\underline{E}_a \cdot \underline{Y}_a + \underline{E}_b \cdot \underline{Y}_b + \underline{E}_c \cdot \underline{Y}_c) / (\underline{Y}_a + \underline{Y}_b + \underline{Y}_c + \underline{Y}_n)$$



$$1/\underline{Y}_a = \underline{Z}_a = \underline{Z}_{ga} + \underline{Z}_{La} + \underline{Z}_{ra}$$

$$1/\underline{Y}_b = \underline{Z}_b = \underline{Z}_{gb} + \underline{Z}_{Lb} + \underline{Z}_{rb}$$

$$1/\underline{Y}_c = \underline{Z}_c = \underline{Z}_{gc} + \underline{Z}_{Lc} + \underline{Z}_{rc}$$

$$1/\underline{Y}_n = \underline{Z}_n$$

Si no existe hilo neutro, entonces $\underline{Y}_n=0$

Si $\underline{Z}_n=0 \rightarrow \underline{Y}_n=\infty \rightarrow \underline{U}_{nn'}=0$



$$\underline{I}_a = \underline{E}_a / \underline{Z}_a$$

$$\underline{I}_b = \underline{E}_b / \underline{Z}_b$$

$$\underline{I}_c = \underline{E}_c / \underline{Z}_c$$

$$\underline{I}_a = (\underline{E}_a - \underline{U}_{nn'}) / \underline{Z}_a$$

$$\underline{I}_b = (\underline{E}_b - \underline{U}_{nn'}) / \underline{Z}_b$$

$$\underline{I}_c = (\underline{E}_c - \underline{U}_{nn'}) / \underline{Z}_c$$

Intensidades de línea

$$\underline{U}_{an} = \underline{Z}_{ra} \cdot \underline{I}_a$$

$$\underline{U}_{bn} = \underline{Z}_{rb} \cdot \underline{I}_b$$

$$\underline{U}_{cn} = \underline{Z}_{rc} \cdot \underline{I}_c$$

Tensiones de fase
en la carga

$$\underline{U}_{a'n'} = \underline{E}_a - \underline{Z}_{ga} \cdot \underline{I}_a$$

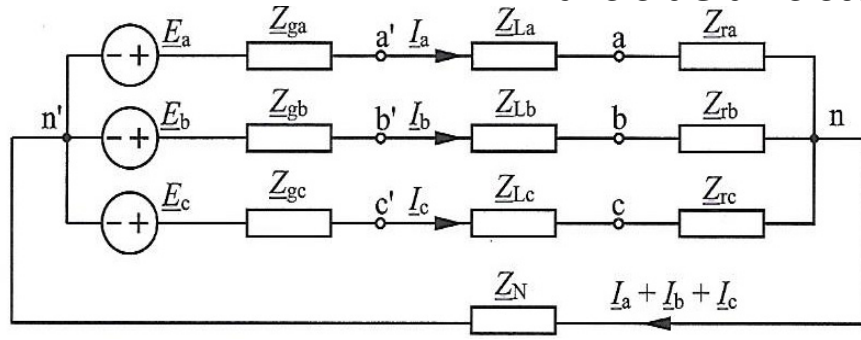
$$\underline{U}_{b'n'} = \underline{E}_b - \underline{Z}_{gb} \cdot \underline{I}_b$$

$$\underline{U}_{c'n'} = \underline{E}_c - \underline{Z}_{gc} \cdot \underline{I}_c$$

Tensiones de fase
del generador

CIRCUITOS TRIFÁSICOS EQUILIBRADOS

Análisis de un sistema estrella-estrella equilibrado



Esquema de conexión estrella-estrella

Si el generador, la carga y la línea están equilibrados

$$\begin{cases} \underline{Z}_{ga} = \underline{Z}_{gb} = \underline{Z}_{gc} = \underline{Z}_g \\ \underline{Z}_{ra} = \underline{Z}_{rb} = \underline{Z}_{rc} = \underline{Z}_r \\ \underline{Z}_{La} = \underline{Z}_{Lb} = \underline{Z}_{Lc} = \underline{Z}_L \end{cases}$$

Y si, además:

$$\underline{E}_b = \underline{E}_a \cdot (1 / -2.\pi/3)$$

$$\underline{E}_c = \underline{E}_a \cdot (1 / +2.\pi/3)$$

SECUENCIA DIRECTA

$$\underline{E}_b = \underline{E}_a \cdot (1 / +2.\pi/3)$$

$$\underline{E}_c = \underline{E}_a \cdot (1 / -2.\pi/3)$$

SECUENCIA INVERSA

$$\underline{Z}_a = \underline{Z}_b = \underline{Z}_c = \underline{Z}_g + \underline{Z}_L + \underline{Z}_r = \underline{Z}_Y = 1 / \underline{Y}_Y$$

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

$$\underline{U}_{nn'} = (\underline{E}_a + \underline{E}_b + \underline{E}_c) \cdot \underline{Y}_Y / (3 \cdot \underline{Y}_Y + \underline{Y}_n) = 0$$

EN UN SISTEMA TRIFÁSICO ESTRELLA-ESTRELLA EQUILIBRADO, LOS NEUTROS DEL GENERADOR Y DE LA CARGA ESTÁN AL MISMO POTENCIAL

$$\underline{I}_{nn'} = \underline{I}_a + \underline{I}_b + \underline{I}_c = \underline{U}_{nn'} \cdot \underline{Y}_n = \underline{U}_{nn'} / \underline{Z}_n = 0$$

Intensidad por el neutro

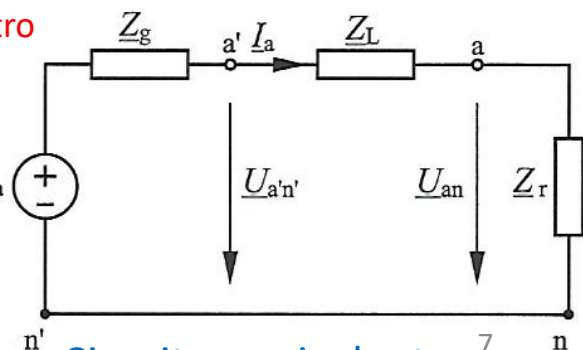
$$\underline{I}_a = \underline{E}_a / \underline{Z}_Y$$

$$\underline{I}_b = \underline{E}_b / \underline{Z}_Y$$

$$\underline{I}_c = \underline{E}_c / \underline{Z}_Y$$

Para el análisis de un sistema Y-Y equilibrado, a tres o cuatro hilos, se puede utilizar el circuito monofásico equivalente

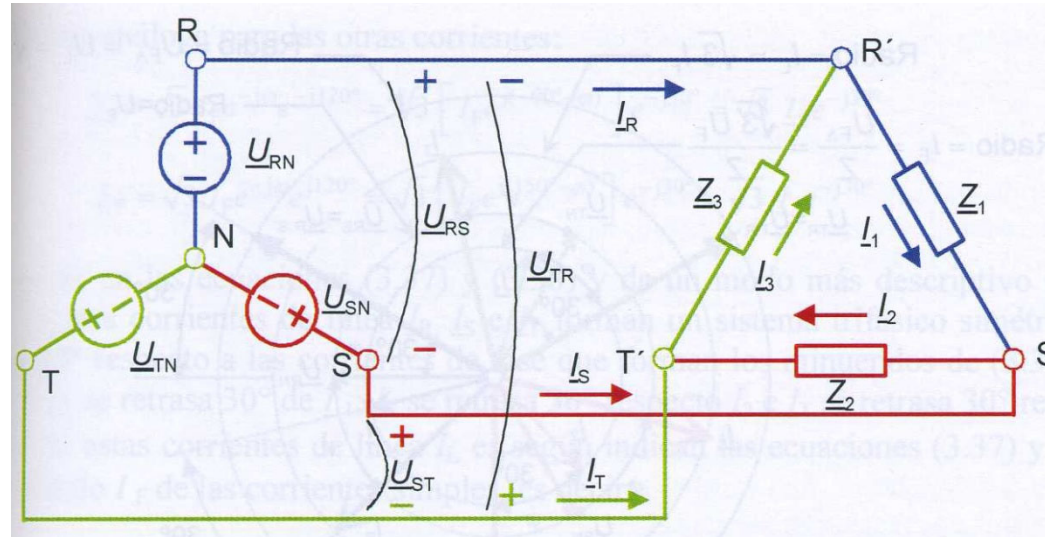
SISTEMA EQUILIBRADO DE INTENSIDADES DE LA MISMA SECUENCIA QUE LAS TENSIONES DE LAS FUENTES



Circuito equivalente

CIRCUITOS TRIFÁSICOS EQUILIBRADOS

Sistema estrella-triángulo equilibrado



Carga equilibrada conectada en triángulo

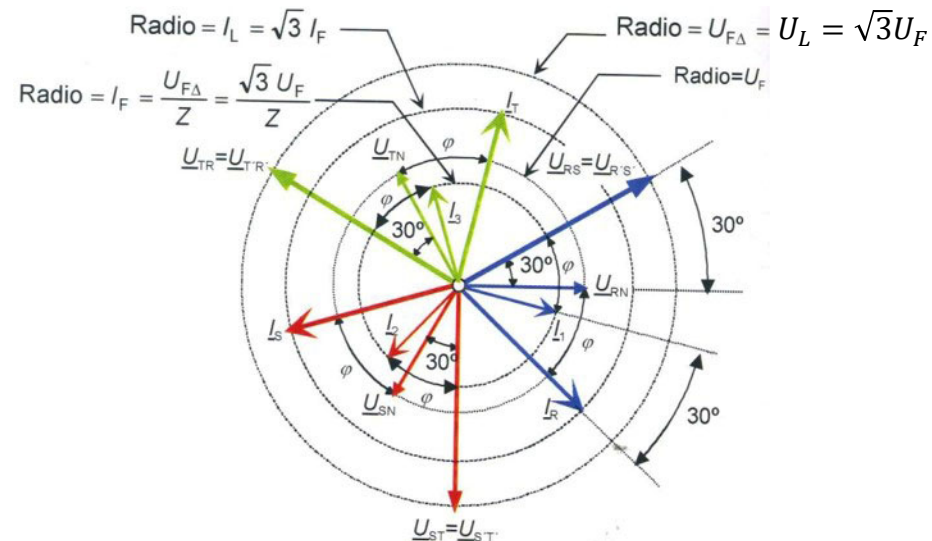
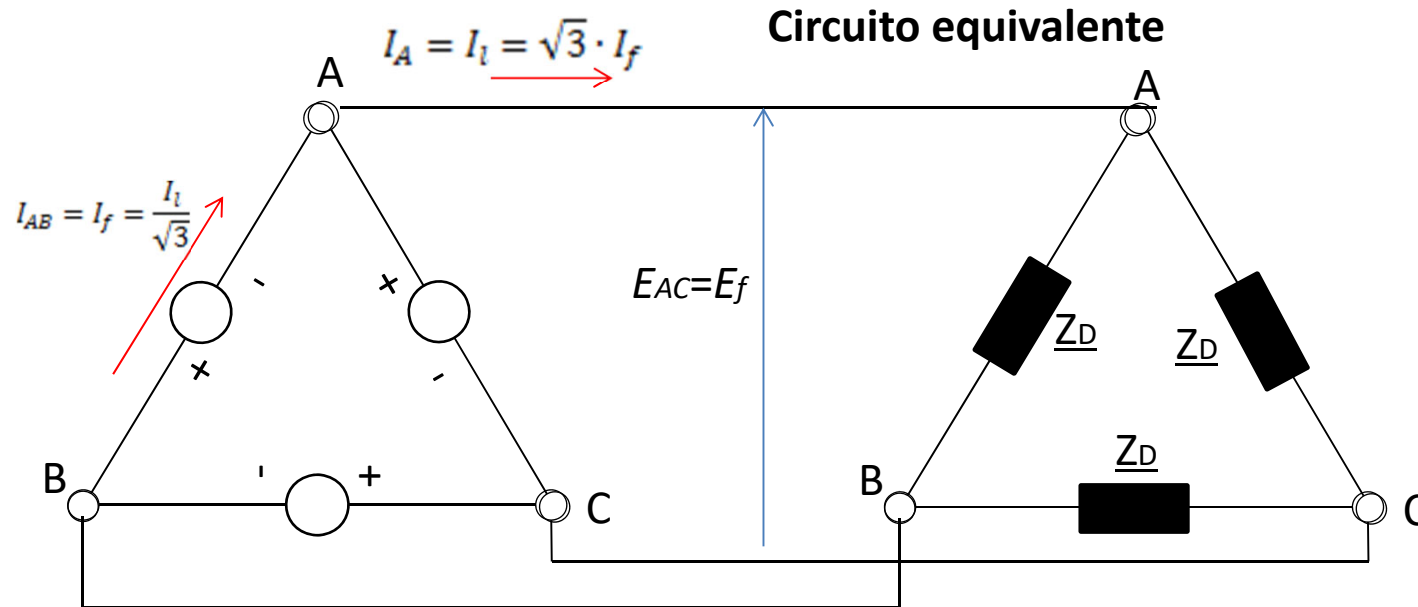


Diagrama fasorial de tensiones y corrientes en un sistema en triángulo equilibrado ⁸

CIRCUITOS TRIFÁSICOS EQUILIBRADOS



Ecuaciones:

$$\vec{V}_{AN} = \vec{Z} \vec{I}_A + \vec{V}_{N'N}$$

$$\vec{V}_{BN} = \vec{Z} \vec{I}_B + \vec{V}_{N'N}$$

$$\vec{V}_{CN} = \vec{Z} \vec{I}_C + \vec{V}_{N'N}$$

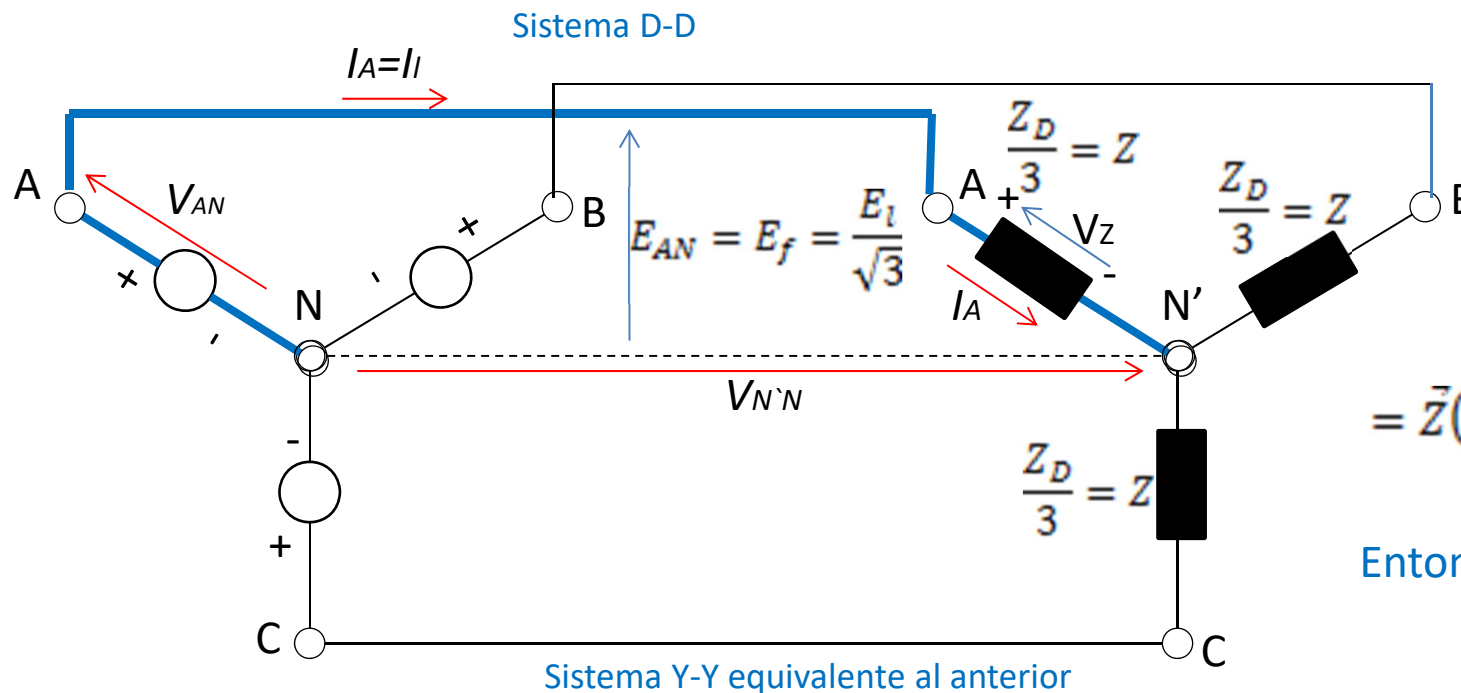


Sumando las tres ecuaciones anteriores:



$$\begin{aligned} \vec{V}_{AN} + \vec{V}_{BN} + \vec{V}_{CN} &= \\ &= \vec{Z}(\vec{I}_A + \vec{I}_B + \vec{I}_C) + 3\vec{V}_{N'N} \end{aligned}$$

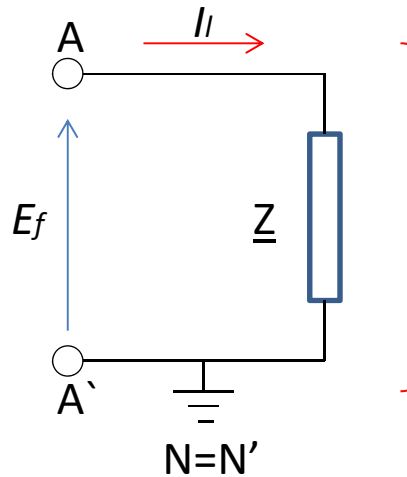
Entonces: $\vec{V}_N = \vec{V}_{N'}$



CIRCUITOS TRIFÁSICOS EQUILIBRADOS

Circuito equivalente

Por estar los dos neutros a la misma tensión se puede plantear el siguiente circuito para una fase:



Resolviendo este circuito se obtiene la corriente de la fase A. Las corrientes de las fases B y C se pueden obtener sin necesidad de resolver un circuito pues tendrán el mismo módulo que la calculada y estarán desfasada -120° y $+120^\circ$ (secuencia directa) respecto de la calculada.

Luego si se quieren las corrientes por las fases del generador original, o por las impedancias originales, se deben utilizar las relaciones para corrientes dentro y fuera de un triángulo.

De esta forma, la resolución de un circuito trifásico con fuentes simétricas y cargas equilibradas se reduce a la resolución de un circuito monofásico.

CIRCUITOS TRIFÁSICOS EQUILIBRADOS

Circuito equivalente

Un circuito trifásico equilibrado, es decir una carga trifásica equilibrada alimentada por un sistema de tensiones trifásicas equilibradas, se puede reducir a un circuito monofásico equivalente.

Dada una carga trifásica conectada en triángulo es posible encontrar una carga conectada en estrella eléctricamente equivalente donde la impedancia de la carga equivalente esta dada por:

$$\vec{Z}_Y = \frac{\vec{Z}_D}{3}$$

De esta forma cualquier carga equilibrada es posible representarla en estrella.

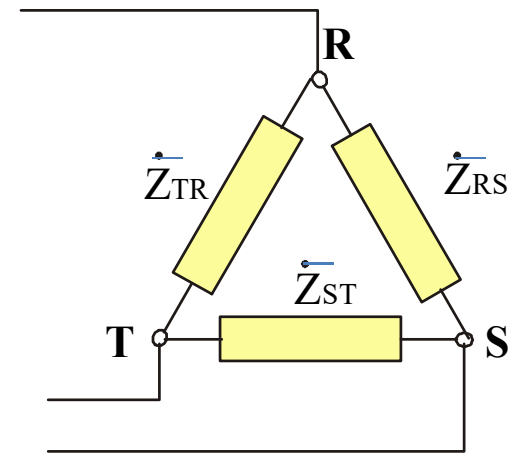
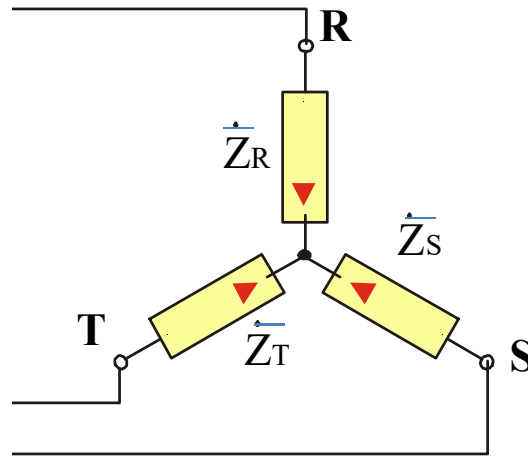
Cualquier sistema de tensiones trifásico simétrico se puede representar por una fuente conectada en estrella respetando las siguientes relaciones:

[	Triángulo	$\left\{ \begin{array}{l} I_l = \sqrt{3} \cdot I_f \\ E_l = E_f \end{array} \right.$
	Estrella	$\left\{ \begin{array}{l} I_l = I_f \\ E_l = \sqrt{3} \cdot E_f \end{array} \right.$

Resumiendo, siempre es posible, mediante la utilización de equivalentes eléctricos, representar un sistema trifásico equilibrado mediante una fuente en estrella y una carga en estrella.

CIRCUITOS TRIFÁSICOS EQUILIBRADOS

Conversión estrella-triángulo



$$\vec{Z}_{RS} = \frac{\vec{Z}_R \cdot \vec{Z}_S + \vec{Z}_S \cdot \vec{Z}_T + \vec{Z}_T \cdot \vec{Z}_R}{\vec{Z}_T}$$

$$\vec{Z}_{ST} = \frac{\vec{Z}_R \cdot \vec{Z}_S + \vec{Z}_S \cdot \vec{Z}_T + \vec{Z}_T \cdot \vec{Z}_R}{\vec{Z}_R}$$

$$\vec{Z}_{TR} = \frac{\vec{Z}_R \cdot \vec{Z}_S + \vec{Z}_S \cdot \vec{Z}_T + \vec{Z}_T \cdot \vec{Z}_R}{\vec{Z}_S}$$

Si se trata de un sistema equilibrado:

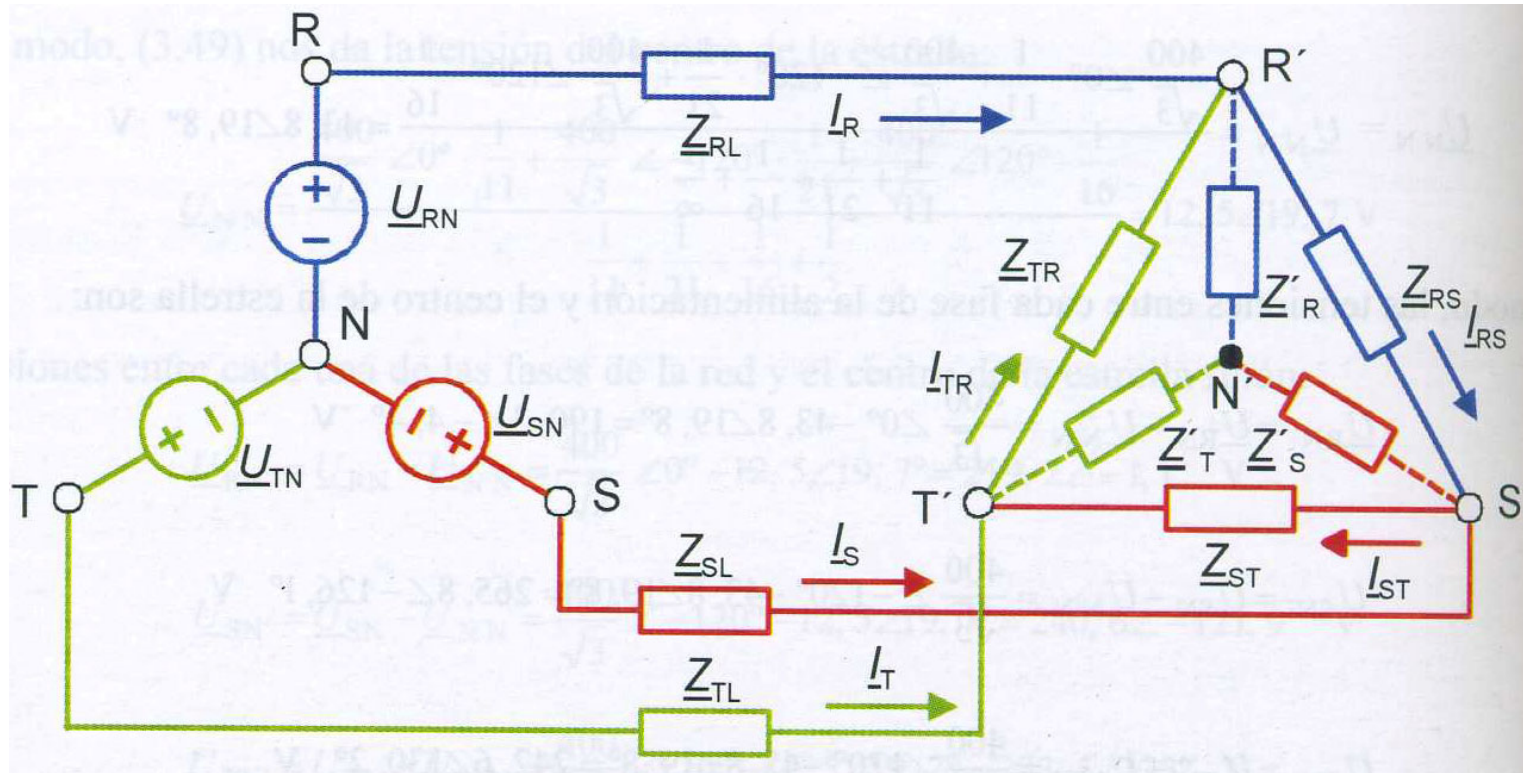
$$\vec{Z}_R = \vec{Z}_S = \vec{Z}_T = \vec{Z}_Y$$

$$\vec{Z}_D = 3 \cdot \vec{Z}_Y$$

$$\vec{Z}_Y = \frac{\vec{Z}_D}{3}$$

CIRCUITOS TRIFÁSICOS EQUILIBRADOS

Conversión triángulo-estrella



$$\underline{Z}'_R = \frac{\underline{Z}_{RS} \underline{Z}_{TR}}{\underline{Z}_{RS} + \underline{Z}_{ST} + \underline{Z}_{TR}} ; \underline{Z}'_S = \frac{\underline{Z}_{RS} \underline{Z}_{ST}}{\underline{Z}_{RS} + \underline{Z}_{ST} + \underline{Z}_{TR}} ; \underline{Z}'_T = \frac{\underline{Z}_{ST} \underline{Z}_{TR}}{\underline{Z}_{RS} + \underline{Z}_{ST} + \underline{Z}_{TR}}$$

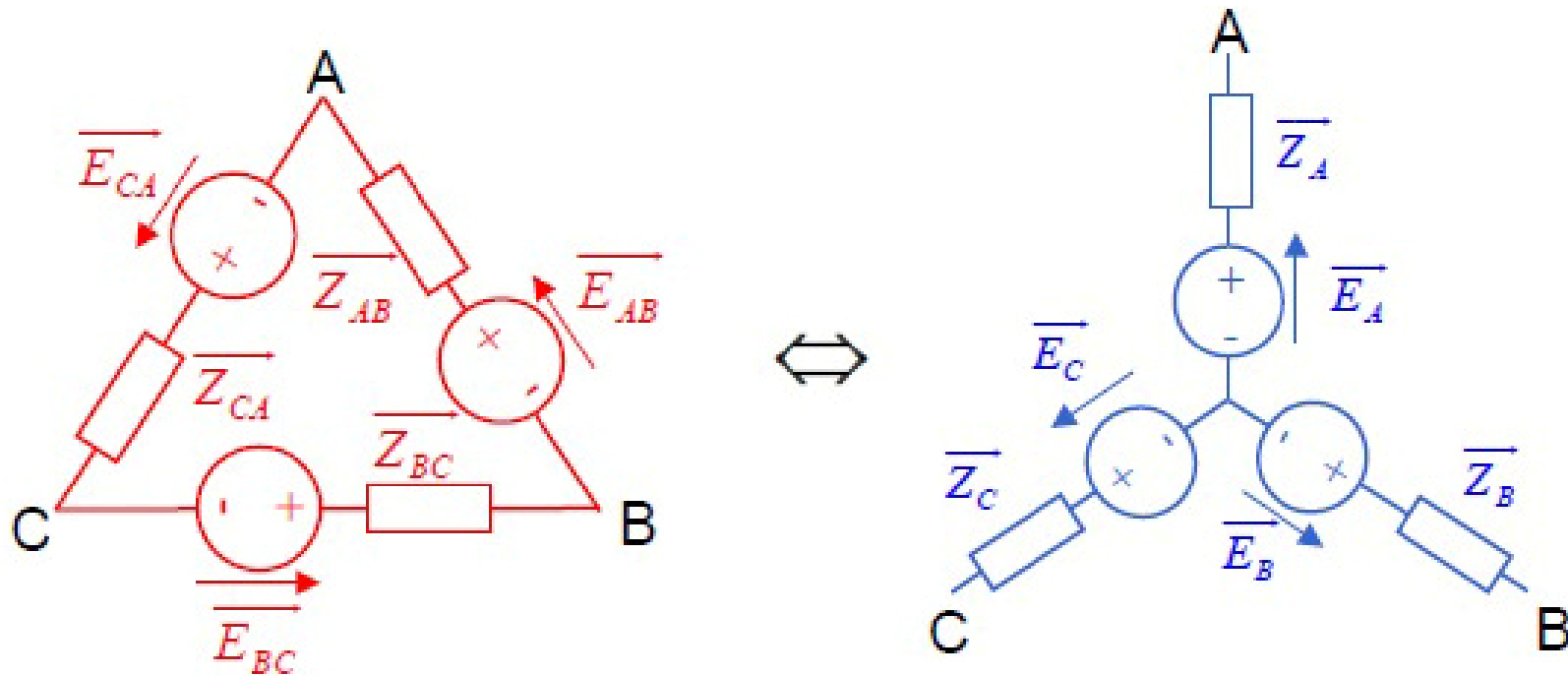
Para un sistema equilibrado:



$$\vec{Z}_Y = \frac{\vec{Z}_D}{3}$$

CIRCUITOS TRIFÁSICOS EQUILIBRADOS

Teorema de Kennelly



$$\overline{Z}_{AB} = \frac{\overline{Z}_A \cdot \overline{Z}_B + \overline{Z}_B \cdot \overline{Z}_C + \overline{Z}_C \cdot \overline{Z}_A}{\overline{Z}_C}$$

$$\overline{Z}_{BC} = \frac{\overline{Z}_A \cdot \overline{Z}_B + \overline{Z}_B \cdot \overline{Z}_C + \overline{Z}_C \cdot \overline{Z}_A}{\overline{Z}_A}$$

$$\overline{Z}_{CA} = \frac{\overline{Z}_A \cdot \overline{Z}_B + \overline{Z}_B \cdot \overline{Z}_C + \overline{Z}_C \cdot \overline{Z}_A}{\overline{Z}_B}$$

$$\overline{E}_{AB} = \overline{E}_A - \overline{E}_B$$

$$\overline{E}_{BC} = \overline{E}_B - \overline{E}_C$$

$$\overline{E}_{CA} = \overline{E}_C - \overline{E}_A$$

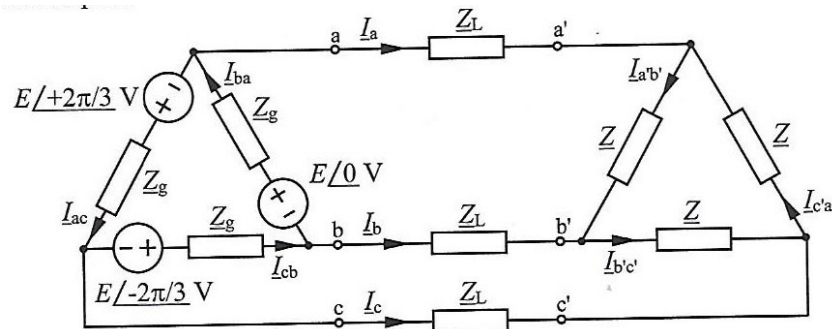
$$\overline{Z}_A = \frac{\overline{Z}_{AB} \cdot \overline{Z}_{CA}}{\overline{Z}_{AB} + \overline{Z}_{BC} + \overline{Z}_{CA}} \quad \overline{E}_A = \overline{Z}_A \left(\frac{\overline{E}_{AB}}{\overline{Z}_{AB}} - \frac{\overline{E}_{CA}}{\overline{Z}_{CA}} \right)$$

$$\overline{Z}_B = \frac{\overline{Z}_{AB} \cdot \overline{Z}_{BC}}{\overline{Z}_{AB} + \overline{Z}_{BC} + \overline{Z}_{CA}} \quad \overline{E}_B = \overline{Z}_B \left(\frac{\overline{E}_{BC}}{\overline{Z}_{BC}} - \frac{\overline{E}_{AB}}{\overline{Z}_{AB}} \right)$$

$$\overline{Z}_C = \frac{\overline{Z}_{BC} \cdot \overline{Z}_{CA}}{\overline{Z}_{AB} + \overline{Z}_{BC} + \overline{Z}_{CA}} \quad \overline{E}_C = \overline{Z}_C \left(\frac{\overline{E}_{CA}}{\overline{Z}_{CA}} - \frac{\overline{E}_{BC}}{\overline{Z}_{BC}} \right)$$

CIRCUITOS TRIFÁSICOS EQUILIBRADOS

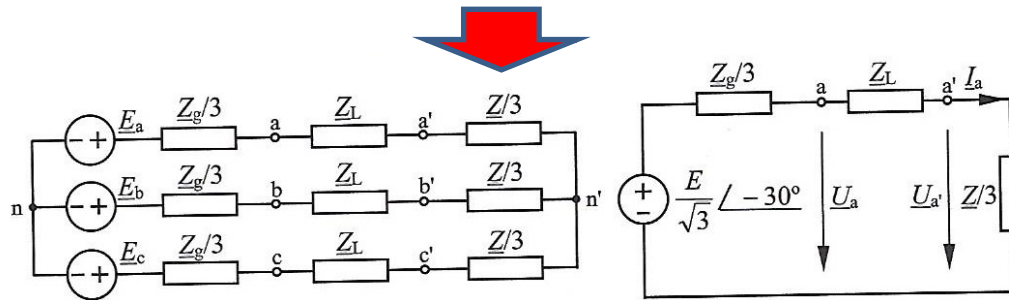
Paso de un sistema triángulo-triángulo al sistema estrella equivalente



$$\begin{aligned} \underline{U}_{ab} &= E \angle 0^\circ \text{ V} \\ \underline{U}_{bc} &= E \angle -120^\circ \text{ V} \\ \underline{U}_{ca} &= E \angle +120^\circ \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \underline{E}_a &= (E / \sqrt{3}) \angle -30^\circ \text{ V} \\ \underline{E}_b &= \underline{E}_a \cdot (1 \angle -120^\circ) \\ \underline{E}_c &= \underline{E}_a \cdot (1 \angle +120^\circ) \end{aligned}$$

(Secuencia directa)



$$\begin{aligned} \underline{I}_a &= (\sqrt{3} \cdot E \angle -30^\circ) / (\underline{Z}_g + 3 \cdot \underline{Z}_L + \underline{Z}) \text{ A} \\ \underline{U}_a &= (1 / \sqrt{3}) \cdot (E \angle -30^\circ) \cdot (3 \cdot \underline{Z}_L + \underline{Z}) / (\underline{Z}_g + 3 \cdot \underline{Z}_L + \underline{Z}) \text{ V} \\ \underline{U}_{a'} &= (1 / \sqrt{3}) \cdot (E \angle -30^\circ) \cdot (\underline{Z}) / (\underline{Z}_g + 3 \cdot \underline{Z}_L + \underline{Z}) \text{ V} \end{aligned}$$

$$\underline{U}_{ab} = \sqrt{3} \cdot \underline{U}_a \cdot (1 \angle +30^\circ) = E \angle 0^\circ \cdot (3 \cdot \underline{Z}_L + \underline{Z}) / (\underline{Z}_g + 3 \cdot \underline{Z}_L + \underline{Z}) \text{ V} \quad \underline{I}_{ba} = \underline{I}_{a'b'} = (1 / \sqrt{3}) \cdot \underline{I}_a \cdot (1 \angle +30^\circ) = E \angle 0^\circ / (\underline{Z}_g + 3 \cdot \underline{Z}_L + \underline{Z}) \text{ A}$$

$$\underline{U}_{a'b'} = \sqrt{3} \cdot \underline{U}_{a'} \cdot (1 \angle +30^\circ) = E \angle 0^\circ \cdot (\underline{Z}) / (\underline{Z}_g + 3 \cdot \underline{Z}_L + \underline{Z}) \text{ V} \quad \underline{I}_{cb} = \underline{I}_{b'c'} = \underline{I}_{a'b'} \cdot (1 \angle -120^\circ)$$

$$\underline{U}_{bc} = \underline{U}_{ab} \cdot (1 \angle -120^\circ) \quad \underline{I}_{ac} = \underline{I}_{c'a'} = \underline{I}_{a'b'} \cdot (1 \angle +120^\circ)$$

$$\underline{U}_{ca} = \underline{U}_{ab} \cdot (1 \angle +120^\circ)$$

$$\underline{U}_{b'c'} = \underline{U}_{a'b'} \cdot (1 \angle -120^\circ)$$

$$\underline{U}_{c'a'} = \underline{U}_{a'b'} \cdot (1 \angle +120^\circ)$$

$$\underline{I}_{a'b'} = \underline{U}_{a'b'} / \underline{Z} = E \angle 0^\circ / (\underline{Z}_g + 3 \cdot \underline{Z}_L + \underline{Z}) \text{ A}$$

$$\underline{I}_{ba} = (E \angle 0^\circ - \underline{U}_{ab}) / \underline{Z}_g = E \angle 0^\circ / (\underline{Z}_g + 3 \cdot \underline{Z}_L + \underline{Z}) \text{ A}$$

Las expresiones subrayadas en azul demuestran que

SIGUIENTE TRANSPARENCIA

CIRCUITOS TRIFÁSICOS EQUILIBRADOS

Paso de un sistema triángulo-triángulo al sistema estrella equivalente

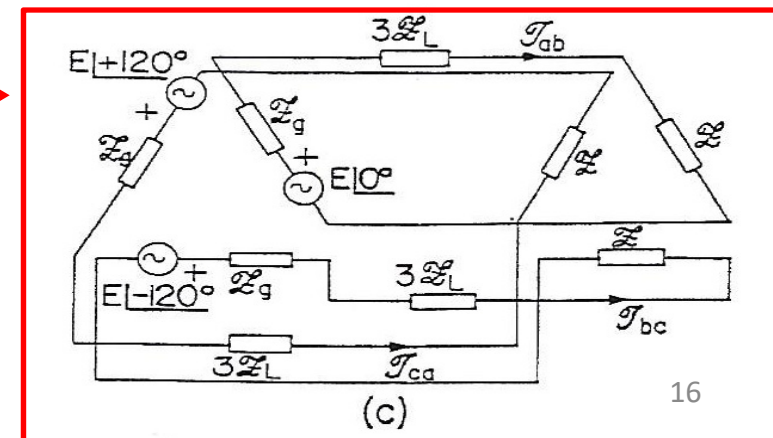
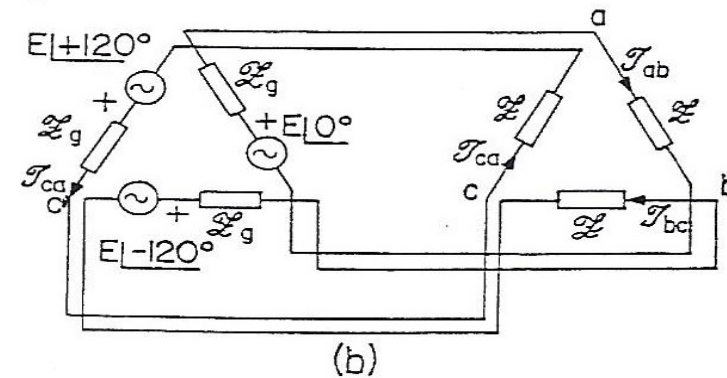
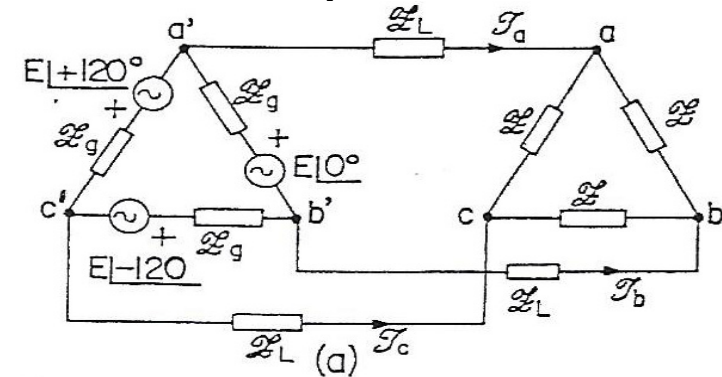
$$\underline{U}_{ab} = \sqrt{3} \cdot \underline{U}_a \cdot (1/\angle 30^\circ) = E/\angle 0^\circ \cdot (3 \cdot \underline{Z}_L + \underline{Z}) / (\underline{Z}_g + 3 \cdot \underline{Z}_L + \underline{Z}) \text{ V}$$

$$\underline{U}_{a'b'} = \sqrt{3} \cdot \underline{U}_a \cdot (1/\angle 30^\circ) = E/\angle 0^\circ \cdot (\underline{Z}) / (\underline{Z}_g + 3 \cdot \underline{Z}_L + \underline{Z}) \text{ V}$$

$$\underline{I}_{a'b'} = \underline{U}_{a'b'} / \underline{Z} = E/\angle 0^\circ / (\underline{Z}_g + 3 \cdot \underline{Z}_L + \underline{Z}) \text{ A}$$

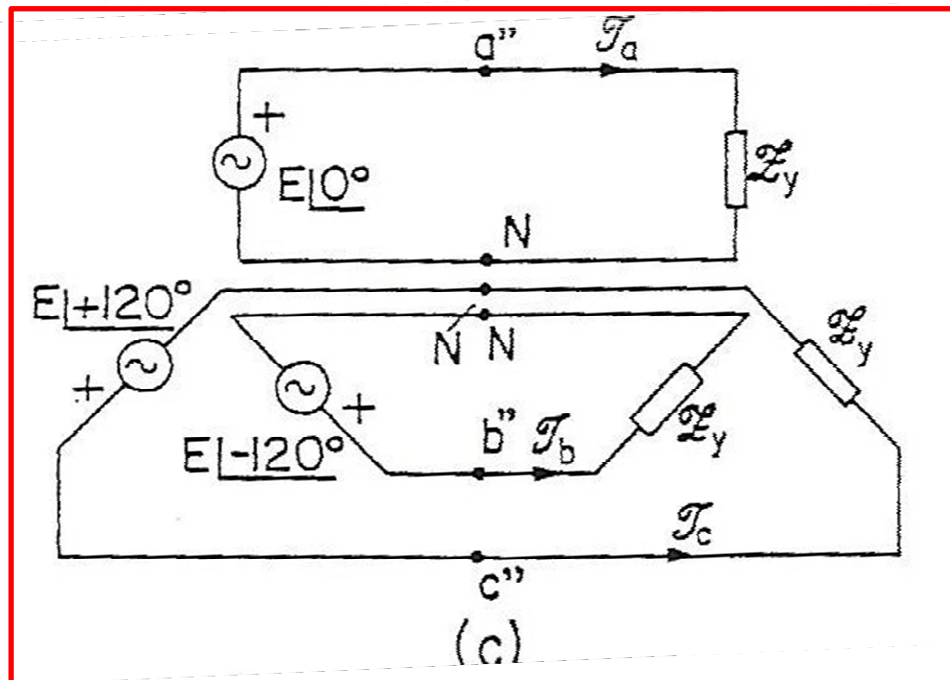
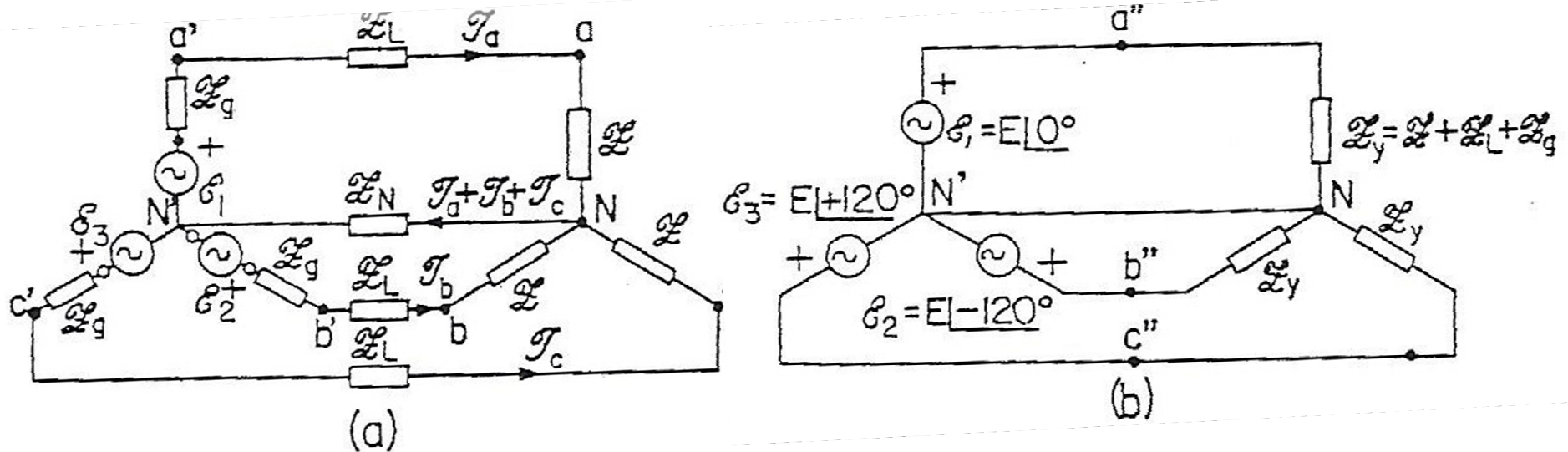
$$\underline{I}_{ba} = (E/\angle 0^\circ - \underline{U}_{ab}) / \underline{Z}_g = E/\angle 0^\circ / (\underline{Z}_g + 3 \cdot \underline{Z}_L + \underline{Z}) \text{ A}$$

Las expresiones subrayadas en azul demuestran que en un sistema trifásico equilibrado D-D, las intensidades de fase y las tensiones de línea, en el generador y en la carga, pueden obtenerse mediante un circuito monofásico equivalente formado por la conexión de una fase del generador a la correspondiente fase de la carga a través de una impedancia de valor igual a $3\underline{Z}_L$ es decir, tres veces la impedancia de uno de los conductores de la línea real.



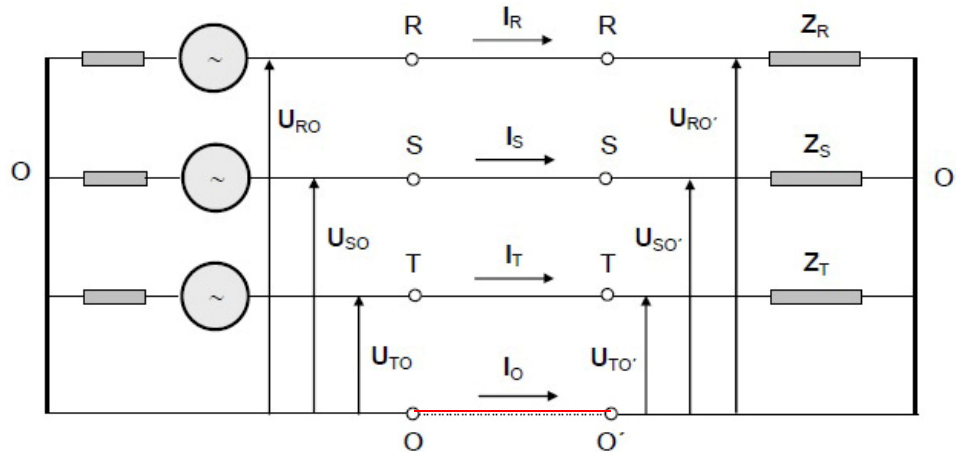
CIRCUITOS TRIFÁSICOS EQUILIBRADOS

Equivalente monofásico de un sistema estrella-estrella equilibrado



CIRCUITOS TRIFÁSICOS DESEQUILIBRADOS

Receptor desequilibrado con neutro



Generador trifásico alimentando un conjunto de cargas conectadas en estrella con neutro

$$I_R = \frac{U_{RO'}}{Z_R} = \frac{U_{RO}}{Z_R} = \frac{U_F \angle 90^\circ}{Z_R \angle \varphi_R} = \frac{U_F}{Z_R} \angle 90^\circ - \varphi_R$$

$$I_S = \frac{U_{SO'}}{Z_S} = \frac{U_{SO}}{Z_S} = \frac{U_F \angle 330^\circ}{Z_S \angle \varphi_S} = \frac{U_F}{Z_S} \angle 330^\circ - \varphi_S$$

$$I_T = \frac{U_{TO'}}{Z_T} = \frac{U_{TO}}{Z_T} = \frac{U_F \angle 210^\circ}{Z_T \angle \varphi_T} = \frac{U_F}{Z_T} \angle 210^\circ - \varphi_T$$

$$I_O = -(I_R + I_S + I_T)$$

Al tener el neutro conectado, los centros de estrella de la carga y del generador son coincidentes, lo que hace que también lo sean las tensiones. Las corrientes serán entonces:

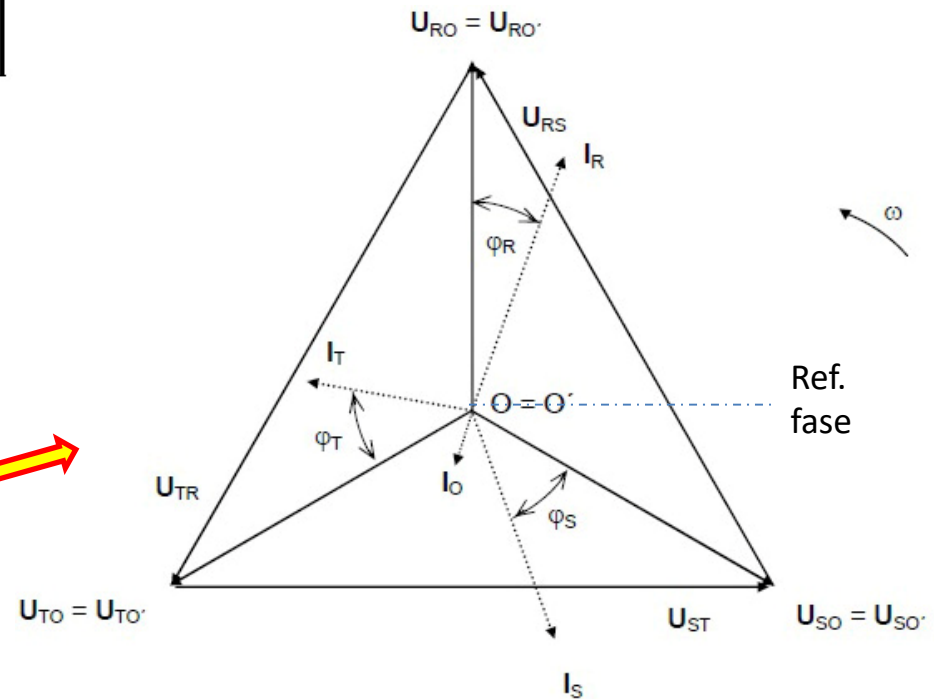
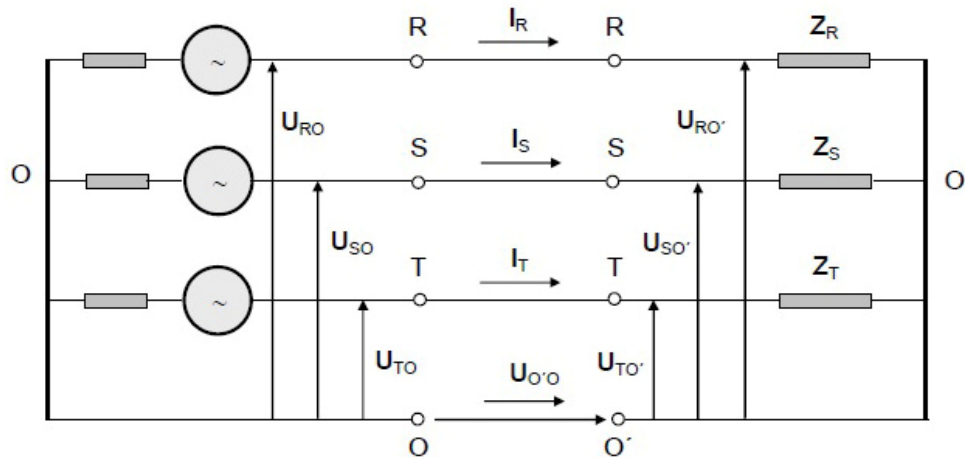


Diagrama fasorial para un sistema de cargas desequilibrado con neutro

CIRCUITOS TRIFÁSICOS DESEQUILIBRADOS

Receptor desequilibrado sin neutro



Generador trifásico alimentando un conjunto de cargas conectadas en estrella sin neutro

Las corrientes sobre la carga son:

$$\begin{aligned} I_R &= \frac{U_{RO'}}{Z_R} = U_{RO'} \cdot Y_R \\ I_S &= \frac{U_{SO'}}{Z_S} = U_{SO'} \cdot Y_S \\ I_T &= \frac{U_{TO'}}{Z_T} = U_{TO'} \cdot Y_T \end{aligned} \quad \begin{aligned} Y_R &= \frac{1}{Z_R} \\ Y_S &= \frac{1}{Z_S} \\ Y_T &= \frac{1}{Z_T} \end{aligned}$$

Reemplazando:

$$\left\{ \begin{aligned} I_R &= (U_{RO} - U_{O'O}) \cdot Y_R \\ I_S &= (U_{SO} - U_{O'O}) \cdot Y_S \\ I_T &= (U_{TO} - U_{O'O}) \cdot Y_T \end{aligned} \right.$$

Sumando:

$$(U_{RO} - U_{O'O}) \cdot Y_R + (U_{SO} - U_{O'O}) \cdot Y_S + (U_{TO} - U_{O'O}) \cdot Y_T = 0$$

Sacando factor común:

$$U_{O'O} = \frac{U_{RO} \cdot Y_R + U_{SO} \cdot Y_S + U_{TO} \cdot Y_T}{Y_R + Y_S + Y_T}$$

$$U_{RO} \cdot Y_R + U_{SO} \cdot Y_S + U_{TO} \cdot Y_T - U_{O'O}(Y_R + Y_S + Y_T) = 0$$

Al no estar conectado el conductor neutro, las tensiones sobre la carga deberán ser tales que se cumpla:

$$I_R + I_S + I_T = 0$$

En las tres mallas que se forman, teniendo la rama del neutro en común, se cumple:

$$-U_{RO} + U_{RO'} + U_{O'O} = 0 \Rightarrow U_{RO'} = U_{RO} - U_{O'O}$$

$$-U_{SO} + U_{SO'} + U_{O'O} = 0 \Rightarrow U_{SO'} = U_{SO} - U_{O'O}$$

$$-U_{TO} + U_{TO'} + U_{O'O} = 0 \Rightarrow U_{TO'} = U_{TO} - U_{O'O}$$

CIRCUITOS TRIFÁSICOS DESEQUILIBRADOS

Receptor desequilibrado sin neutro

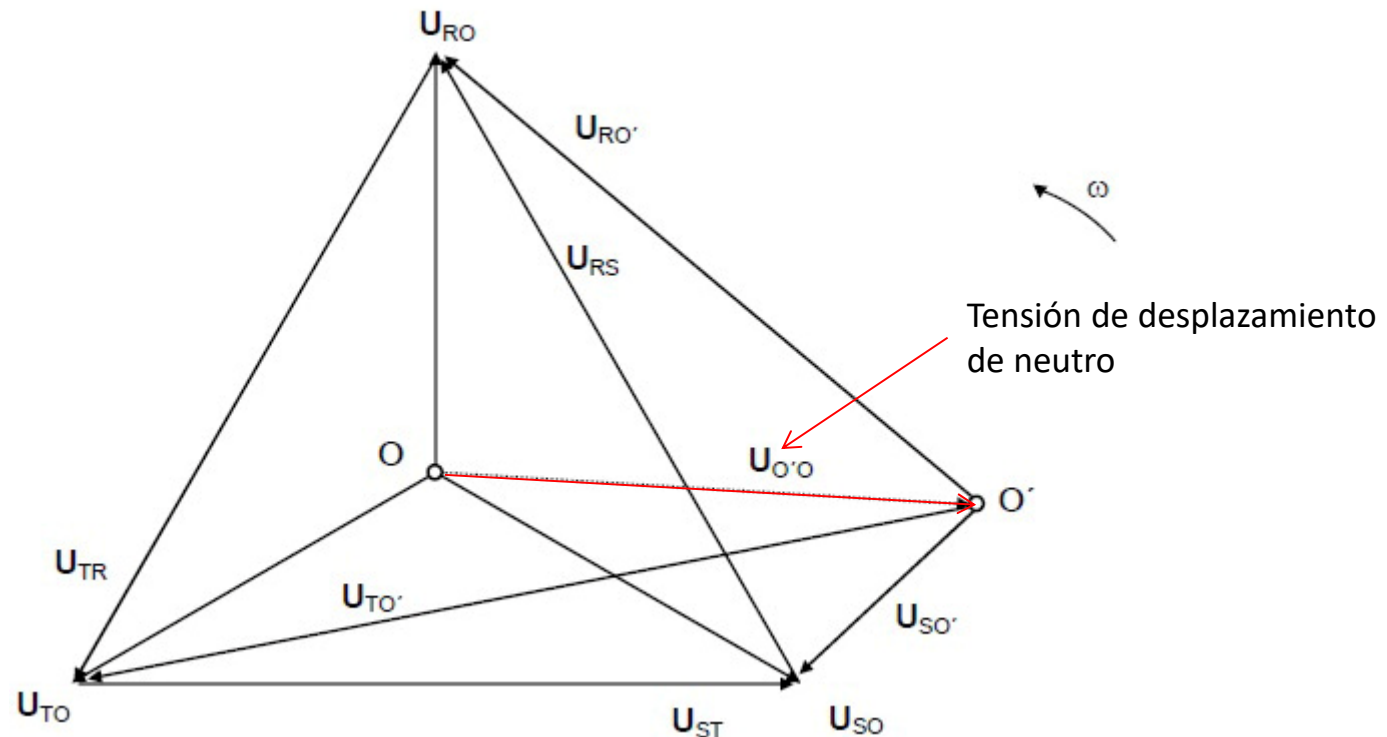


Diagrama fasorial para un sistema de cargas desequilibrado sin neutro

$$U_{O'O} = \frac{U_{RO} \cdot Y_R + U_{SO} \cdot Y_S + U_{TO} \cdot Y_T}{Y_R + Y_S + Y_T}$$

Si el sistema tuviese un neutro real entonces habría que añadir la admitancia del neutro Y_N en el denominador de esta expresión.

Esta es la diferencia de potencial entre los centros de estrella del generador y el receptor, con la cual podemos calcular las tensiones sobre cada carga y consecuentemente sus corrientes respectivas. El diagrama fasorial de un sistema trifilar con cargas desequilibradas es el de la figura