Fundamentos de Ingeniería Eléctrica

Tema 9: Trifásica

Contenidos

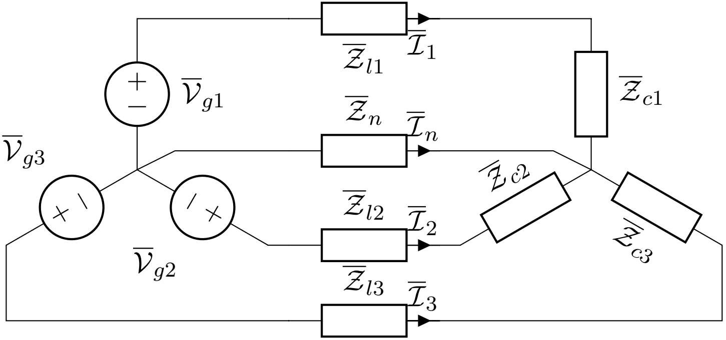
- Alternador trifásico
- Carga trifásica
- Línea trifásica
- Sistemas trifásicos equilibrados
- Circuitos monofásicos equivalentes

Ejercicio 9-1

Resuelve el circuito usando el método de mallas y calcula

a) I_1 [A]
b) ϕ_1 [°]
c) I_2 [A]
d) ϕ_2 [°]
e) I_3 [A]
f) ϕ_3 [°]
g) I_n [A]
h) ϕ_n [°]

donde $\overline{\mathcal{I}}_1 = I_1 \underline{/\phi_1^\circ}$ $\overline{\mathcal{I}}_2 = I_2 \underline{/\phi_2^\circ}$ $\overline{\mathcal{I}}_3 = I_3 \underline{/\phi_3^\circ}$ $\overline{\mathcal{I}}_n = I_n \underline{/\phi_n^\circ}$



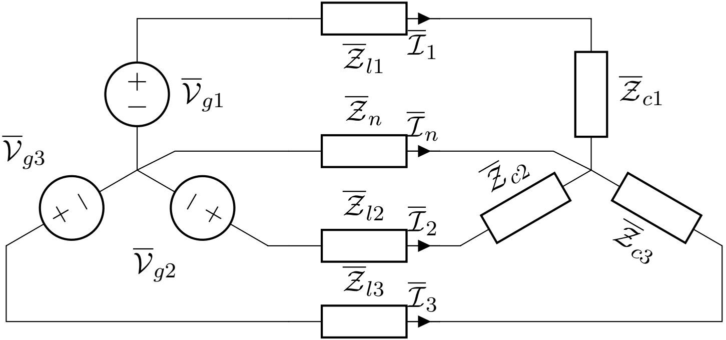
$\overline{\mathcal{V}}_{g1} = 200 + 10 \cdot \alpha \underline{/0^\circ}$ [V], $\overline{\mathcal{V}}_{g2} = 200 + 10 \cdot \alpha \underline{/120^\circ}$ [V], $\overline{\mathcal{V}}_{g3} = 200 + 10 \cdot \alpha \underline{/240^\circ}$ [V]
$\overline{\mathcal{Z}}_{l1} = \overline{\mathcal{Z}}_{l2} = \overline{\mathcal{Z}}_{l3} = \beta + j\gamma$ [Ω], $\overline{\mathcal{Z}}_{c1} = \overline{\mathcal{Z}}_{c2} = \overline{\mathcal{Z}}_{c3} = \delta + j\epsilon$ [Ω], $\overline{\mathcal{Z}}_n = \eta + j\theta$ [Ω]

Ejercicio 9-2

Resuelve el circuito usando el método de mallas y calcula

a) I_1 [A]
b) ϕ_1 [°]
c) I_2 [A]
d) ϕ_2 [°]
e) I_3 [A]
f) ϕ_3 [°]
g) I_n [A]
h) ϕ_n [°]

donde $\overline{\mathcal{I}}_1 = I_1\underline{/\phi_1^\circ}$ $\overline{\mathcal{I}}_2 = I_2\underline{/\phi_2^\circ}$ $\overline{\mathcal{I}}_3 = I_3\underline{/\phi_3^\circ}$ $\overline{\mathcal{I}}_n = I_n\underline{/\phi_n^\circ}$



$\overline{\mathcal{V}}_{g1} = 200 + 10 \cdot \alpha\underline{/0^\circ}$ [V], $\overline{\mathcal{V}}_{g2} = 200 + 10 \cdot \alpha\underline{/120^\circ}$ [V], $\overline{\mathcal{V}}_{g3} = 200 + 10 \cdot \alpha\underline{/240^\circ}$ [V]

$\overline{\mathcal{Z}}_{l1} = \overline{\mathcal{Z}}_{l2} = \overline{\mathcal{Z}}_{l3} = \beta + j\gamma$ [Ω], $\overline{\mathcal{Z}}_{c1} = \delta + j\epsilon$ [Ω], $\overline{\mathcal{Z}}_{c2} = \kappa + j\lambda$ [Ω]

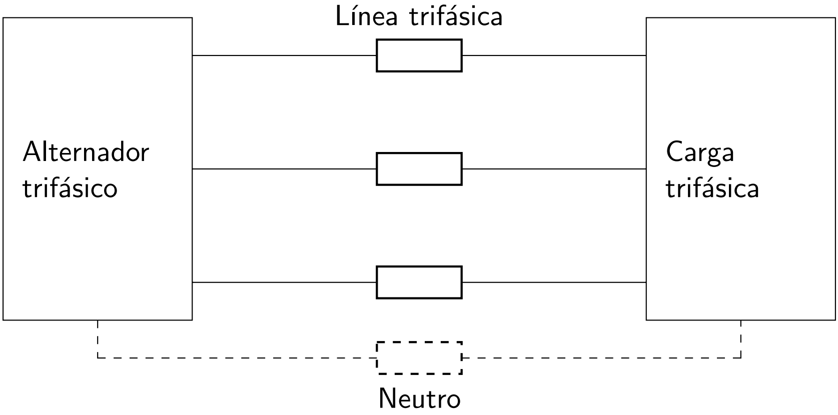
$\overline{\mathcal{Z}}_{c3} = \alpha + j\beta$ [Ω], $\overline{\mathcal{Z}}_n = \eta + j\theta$ [Ω]

Ejercicio 9-1 y 9-2

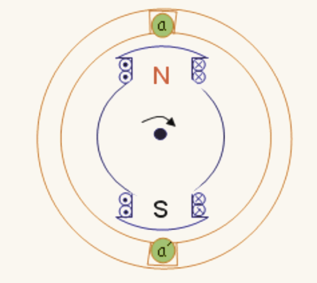
Compara los resultados de los ejercicios 9-1 y 9-2. ¿Qué conclusiones se derivan de los resultados?

	Ejercicio 9-1	Ejercicio 9-2
I_1 [A]		
ϕ_1 [$^\circ$]		
I_2 [A]		
ϕ_2 [$^\circ$]		
I_3 [A]		
ϕ_3 [$^\circ$]		
I_n [A]		
ϕ_n [$^\circ$]		

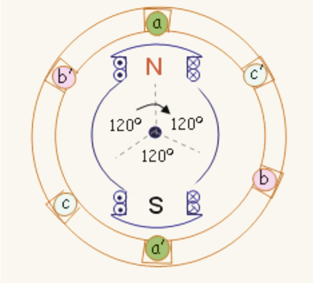
Circuito trifásico



Alternador monofásico

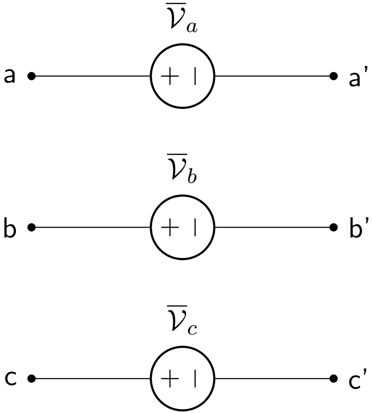


Alternador trifásico

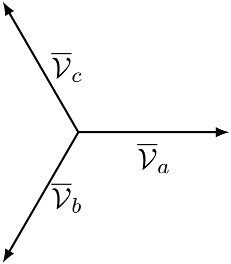


Alternador trifásico

Un alternador trifásico está formado por tres fuentes de tensión sinusoidales de misma amplitud y frecuencia y desfasados 120°



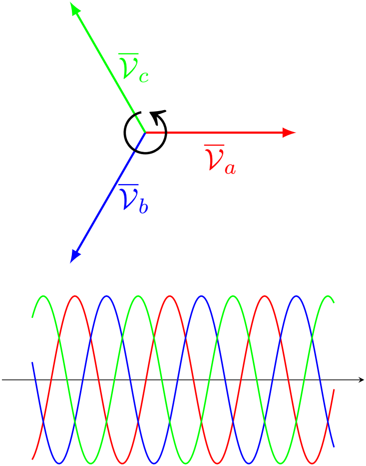
$$\overline{\mathcal{V}}_a = V\underline{/0^\circ} \text{ [V]}$$
$$\overline{\mathcal{V}}_b = V\underline{/-120^\circ} \text{ [V]}$$
$$\overline{\mathcal{V}}_c = V\underline{/+120^\circ} \text{ [V]}$$
$$\overline{\mathcal{V}}_a + \overline{\mathcal{V}}_b + \overline{\mathcal{V}}_c = 0$$



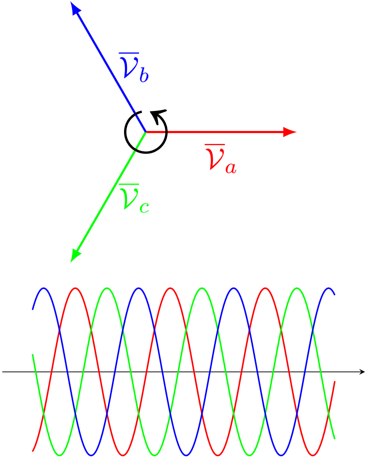
Alternador trifásico

La secuencia de fase establece el orden en el que se suceden los fasores de tensión (a-b-c, 1-2-3, R-S-T)

Secuencia directa

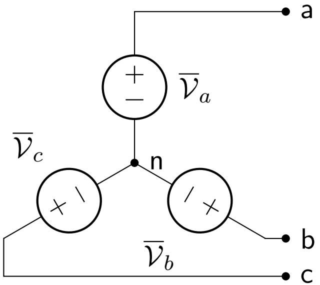


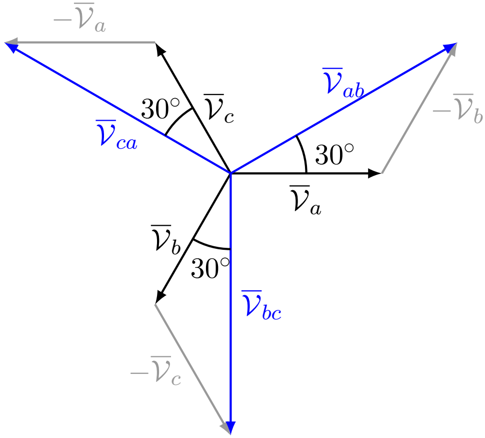
Secuencia inversa



Alternador trifásico

$\overline{\mathcal{V}}_a$, $\overline{\mathcal{V}}_b$ y $\overline{\mathcal{V}}_c$ forman un sistema trifásico de tensiones equilibrado (s. directa)

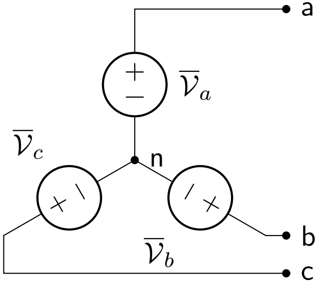


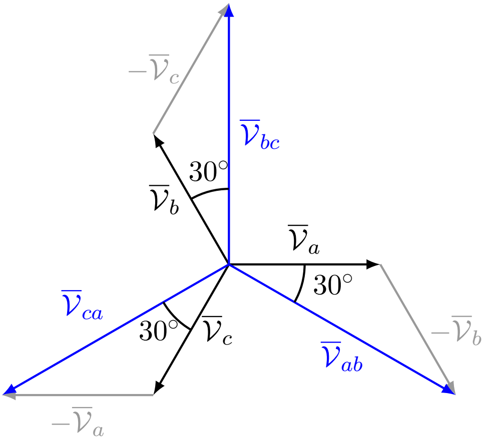


- El módulo de la tensión entre dos fases es $\sqrt{3}$ veces el de la tensión de fase
- La tensión entre dos fases **adelanta** 30° a la tensión de fase

Alternador trifásico

$\overline{\mathcal{V}}_a$, $\overline{\mathcal{V}}_b$ y $\overline{\mathcal{V}}_c$ forman un sistema trifásico de tensiones equilibrado (s. inversa)

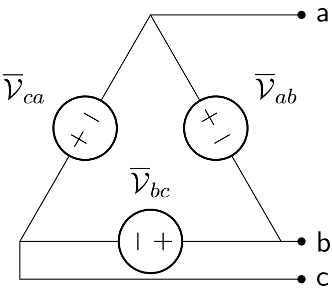


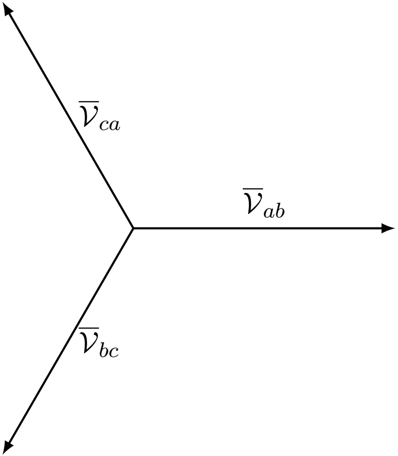


- El módulo de la tensión entre dos fases es $\sqrt{3}$ veces el de la tensión de fase
- La tensión entre dos fases **retrasa** 30° a la tensión de fase

Alternador trifásico

$\overline{\mathcal{V}}_{ab}$, $\overline{\mathcal{V}}_{bc}$ y $\overline{\mathcal{V}}_{ca}$ forman un sistema trifásico de tensiones equilibrado (s. directa)

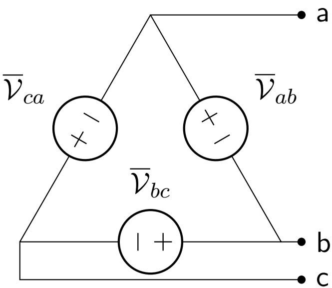


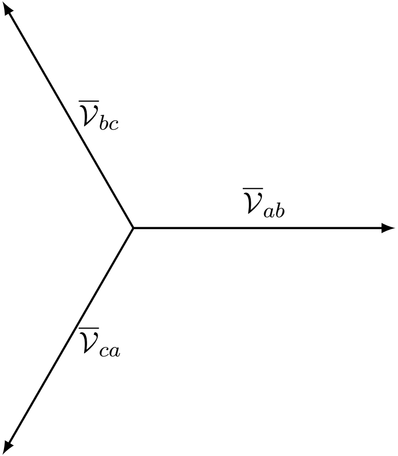


- La tensión entre dos fases coincide con la tensión de fase

Alternador trifásico

$\overline{\mathcal{V}}_a$, $\overline{\mathcal{V}}_b$ y $\overline{\mathcal{V}}_c$ forman un sistema trifásico de tensiones equilibrado (s. inversa)





- La tensión entre dos fases coincide con la tensión de fase

Ejercicio 9-3

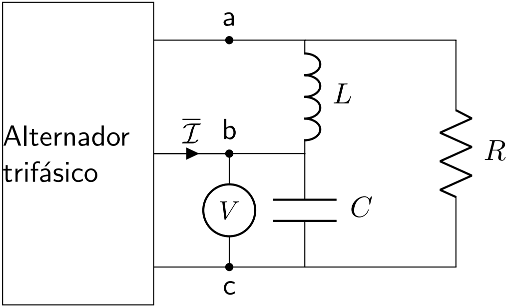
Tenemos un alternador trifásico equilibrado. Calcula el módulo de la intensidad $\overline{\mathcal{I}}$ [A] para los siguientes casos:

a) Alternador trifásico en estrella y secuencia directa

b) Alternador trifásico en triángulo y secuencia directa

c) Alternador trifásico en estrella y secuencia inversa

d) Alternador trifásico en triángulo y secuencia inversa



Datos:

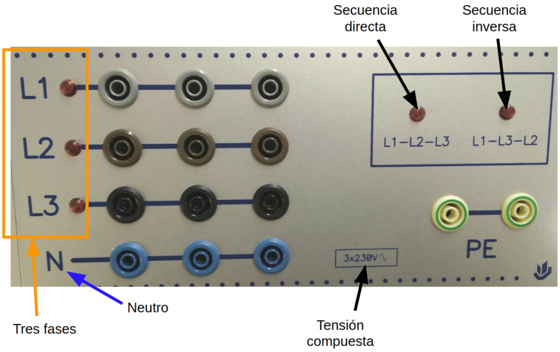
$V = 200 + 10 \cdot \alpha$ [V], $f = 50$ [Hz], $L = 10 + \beta$ [mH], $C = \gamma$ [μF], $R = \delta$ [Ω]

Solución 9-3

- Dibuja los fasores de las tensiones de fase del alternador trifásico. Ten en cuenta si la secuencia es directa o inversa
- Dibuja los fasores de las tensiones en bornas de la bobina, el condensador y la resistencia
- Dibuja los fasores de las intensidades que atraviesan la bobina, el condensador y la resistencia
- Determina el módulo de las intensidades que atraviesan la bobina, el condensador y la resistencia
- Dibuja el fasor de $\overline{\mathcal{I}}$ aplicando leyes de Kirchhoff
- Calcula el módulo de $\overline{\mathcal{I}}$

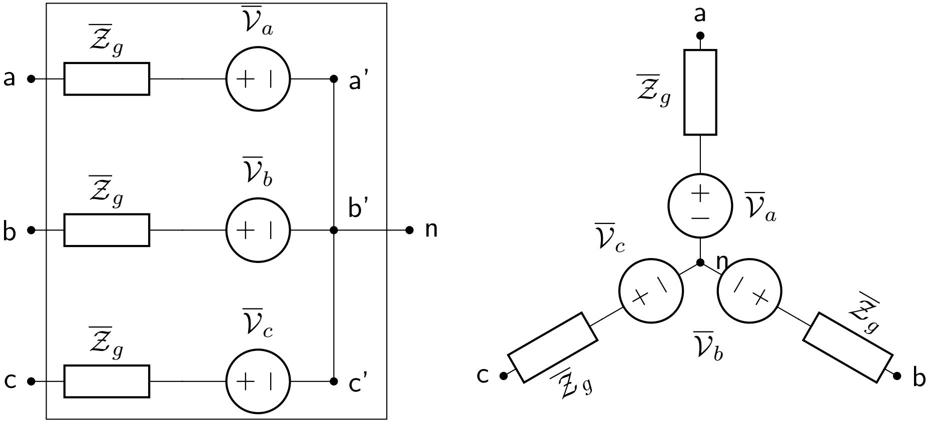
Alternador trifásico

- Lo que nos interesa de un alternador trifásico es:
  - El módulo de la tensión entre dos fases (tensión compuesta)
  - La secuencia



Alternador trifásico real

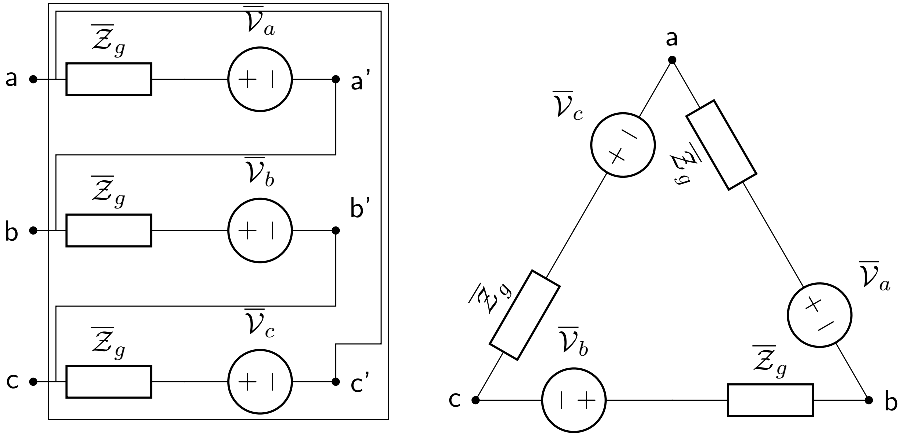
Conexión en estrella de un alternador trifásico equilibrado y real



$$\overline{\mathcal{V}}_{an}, \overline{\mathcal{V}}_{bn}, \overline{\mathcal{V}}_{cn} \rightarrow \text{ Tensiones de fase}$$

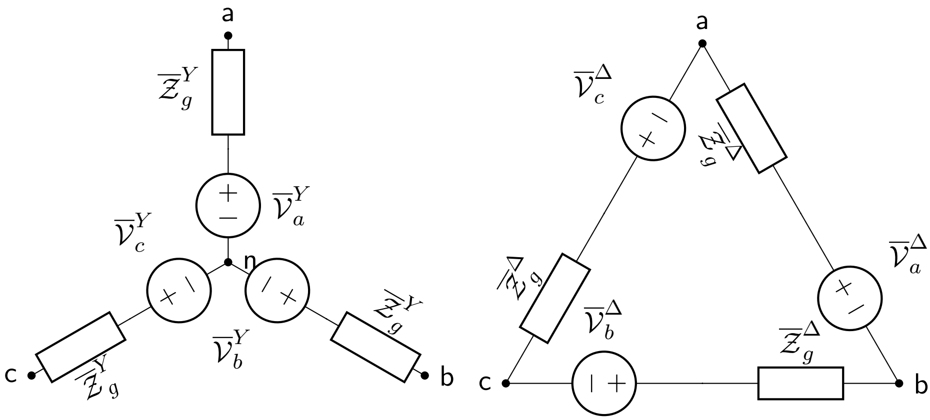
Alternador trifásico real

Conexión en triángulo de un alternador trifásico equilibrado y real



$$\overline{\mathcal{V}}_{ab}, \overline{\mathcal{V}}_{bc}, \overline{\mathcal{V}}_{ca} \rightarrow \text{ Tensiones de fase}$$

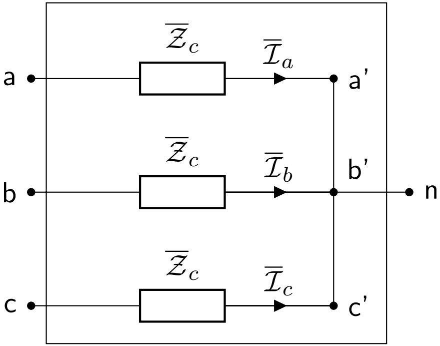
Conversión estrella-triángulo de un alternador trifásico equilibrado y real

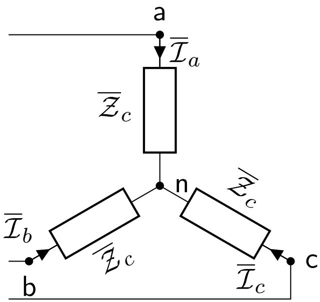


$$\overline{\mathcal{Z}}_g^\Delta = 3\overline{\mathcal{Z}}_g^Y \quad \overline{\mathcal{V}}_a^\Delta = \sqrt{3}\underline{/30^\circ} \cdot \overline{\mathcal{V}}_a^Y \quad \overline{\mathcal{V}}_b^\Delta = \sqrt{3}\underline{/30^\circ} \cdot \overline{\mathcal{V}}_b^Y \quad \overline{\mathcal{V}}_c^\Delta = \sqrt{3}\underline{/30^\circ} \cdot \overline{\mathcal{V}}_c^Y$$

Carga trifásica

Conexión en estrella de una carga trifásica equilibrada

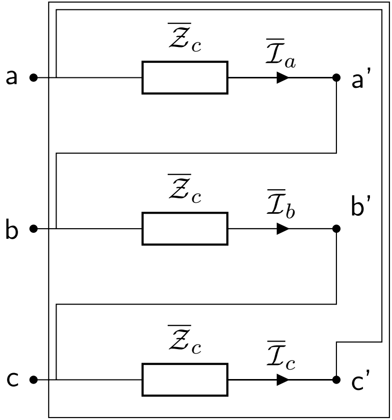


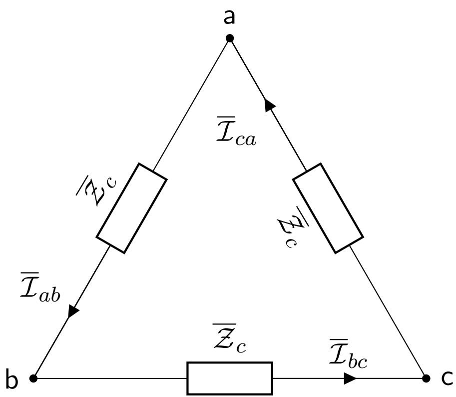


$\overline{\mathcal{V}}_{an}, \overline{\mathcal{V}}_{bn}, \overline{\mathcal{V}}_{cn} \rightarrow$ Tensiones de fase

$\overline{\mathcal{I}}_a, \overline{\mathcal{I}}_b, \overline{\mathcal{I}}_c \rightarrow$ Intensidades de fase

Conexión en triángulo de una carga trifásica equilibrada

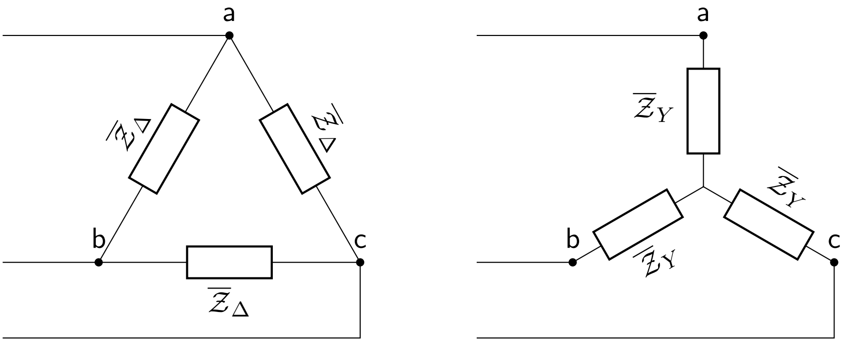




$\overline{\mathcal{V}}_{ab}, \overline{\mathcal{V}}_{bc}, \overline{\mathcal{V}}_{ca} \rightarrow$ Tensiones de fase

$\overline{\mathcal{I}}_{ab}, \overline{\mathcal{I}}_{bc}, \overline{\mathcal{I}}_{ca} \rightarrow$ Intensidades de fase

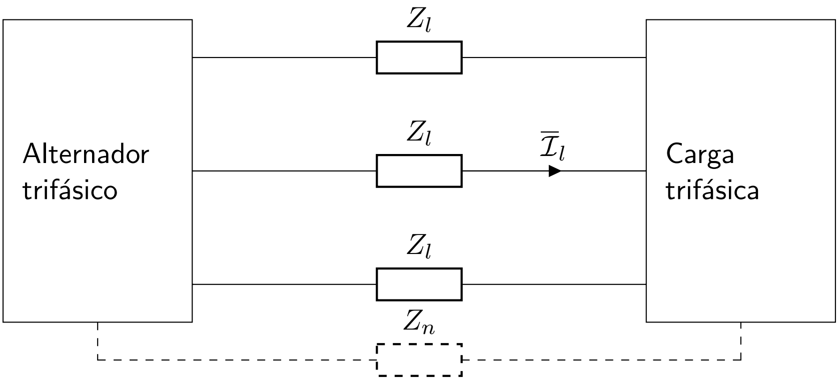
Conversión estrella-triángulo de cargas trifásicas equilibradas



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

Línea trifásica

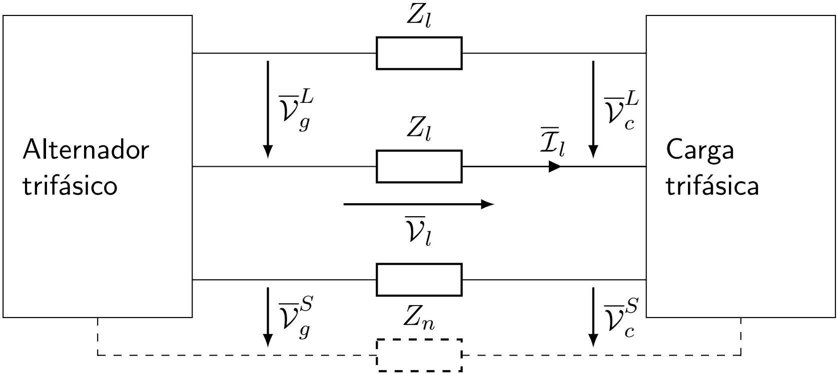
Una línea trifásica conecta un alternador trifásico y una carga trifásica



- Normalmente la conexión es a 3 cables (circuitos equilibrados)
- La conexión a 4 cables sólo es posible para alternador y carga en estrella

Línea trifásica

Una línea trifásica conecta un alternador trifásico y una carga trifásica



$\overline{\mathcal{V}}_g^L/\overline{\mathcal{V}}_g^S \rightarrow$ Tensión de línea/simple en bornas del generador

$\overline{\mathcal{V}}_c^L/\overline{\mathcal{V}}_c^S \rightarrow$ Tensión de línea/simple en bornas de la carga

$\overline{\mathcal{I}}_L \rightarrow$ Intensidad de línea

$\overline{\mathcal{V}}_L \rightarrow$ Caída de tensión en la línea

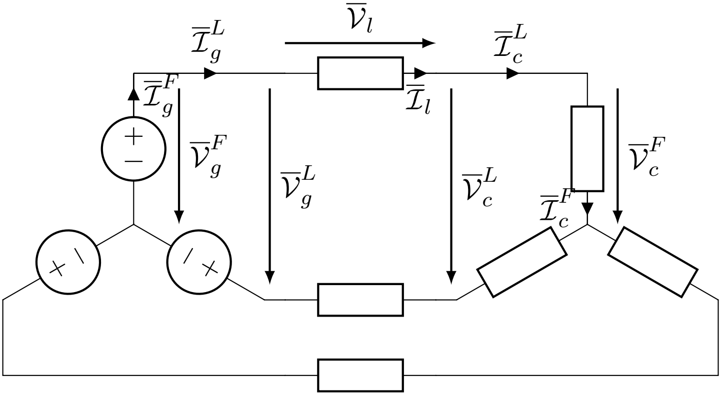
Magnitudes en circuitos trifásicos

- Magnitudes en generadores y cargas
  - Tensión de fase: tensión en cada fase del generador/carga
  - Intensidad de fase: intensidad en cada fase del generador/carga
- Magnitudes en líneas
  - Intensidad de línea: intensidad por cada conductor
  - Tensión de línea/fase-fase/compuesta: tensión entre dos fases
  - Tensión fase-neutro/simple: tensión entre fase y neutro
  - Se puede calcular la tensión de línea en bornes de generadores y cargas
  - No confundir tensión de línea con caída de tensión en la línea

Circuitos trifásicos equilibrados

- Un circuito trifásico equilibrado está compuesto por
  - Un alternador trifásico equilibrado (tensiones con mismo módulo y desfasadas $\pm 120^{\circ}$)
  - Líneas trifásica (misma impedancia)
  - Cargas trifásicas equilibradas (misma impedancia en cada fase)
- En un circuito trifásico equilibrado se cumple que:
  - Las tres intensidades de línea están equilibradas (mismo módulo y desfasadas $\pm 120^{\circ}$)
  - Las tensiones de línea y simples en cualquier punto de la línea trifásica también están equilibradas (mismo módulo y desfasadas $\pm 120^{\circ}$)

Circuitos trifásicos equilibrados



$$|\overline{\mathcal{V}}_g^L| = \sqrt{3}|\overline{\mathcal{V}}_g^F|$$
$$|\overline{\mathcal{V}}_c^L| = \sqrt{3}|\overline{\mathcal{V}}_c^F|$$
$$|\overline{\mathcal{I}}_g^L| = |\overline{\mathcal{I}}_g^F|$$
$$|\overline{\mathcal{I}}_c^L| = |\overline{\mathcal{I}}_c^F|$$

$\overline{\mathcal{V}}_g^F \rightarrow$ Tensión de fase generador

$\overline{\mathcal{I}}_g^F \rightarrow$ Intensidad de fase generador

$\overline{\mathcal{V}}_c^F \rightarrow$ Tensión de fase carga

$\overline{\mathcal{I}}_c^F \rightarrow$ Intensidad de fase carga

$\overline{\mathcal{V}}_l \rightarrow$ Caída de tensión en la línea

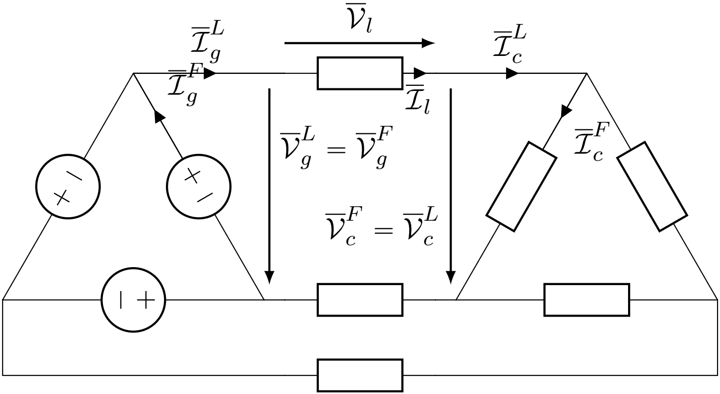
$\overline{\mathcal{V}}_g^L \rightarrow$ Tensión de línea generador

$\overline{\mathcal{I}}_g^L \rightarrow$ Intensidad de línea generador

$\overline{\mathcal{V}}_c^L \rightarrow$ Tensión de línea carga

$\overline{\mathcal{I}}_c^L \rightarrow$ Intensidad de línea carga

$\overline{\mathcal{I}}_l \rightarrow$ Intensidad de la línea



$$|\overline{\mathcal{V}}_g^L| = |\overline{\mathcal{V}}_g^F|$$
$$|\overline{\mathcal{V}}_c^L| = |\overline{\mathcal{V}}_c^F|$$
$$|\overline{\mathcal{I}}_g^L| = \sqrt{3}|\overline{\mathcal{I}}_g^F|$$
$$|\overline{\mathcal{I}}_c^L| = \sqrt{3}|\overline{\mathcal{I}}_c^F|$$

$\overline{\mathcal{V}}_g^F \rightarrow$ Tensión de fase generador

$\overline{\mathcal{I}}_g^F \rightarrow$ Intensidad de fase generador

$\overline{\mathcal{V}}_c^F \rightarrow$ Tensión de fase carga

$\overline{\mathcal{I}}_c^F \rightarrow$ Intensidad de fase carga

$\overline{\mathcal{V}}_l \rightarrow$ Caída de tensión en la línea

$\overline{\mathcal{V}}_g^L \rightarrow$ Tensión de línea generador

$\overline{\mathcal{I}}_g^L \rightarrow$ Intensidad de línea generador

$\overline{\mathcal{V}}_c^L \rightarrow$ Tensión de línea carga

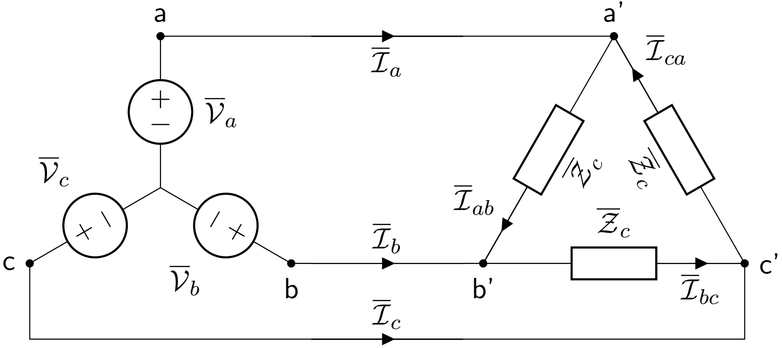
$\overline{\mathcal{I}}_c^L \rightarrow$ Intensidad de línea carga

$\overline{\mathcal{I}}_l \rightarrow$ Intensidad de la línea

Ejercicio 9-4

Para el circuito trifásico equilibrado de la figura (s. directa) calcula

a) $|\overline{\mathcal{I}}_a|$ [A]
b) $\angle\overline{\mathcal{I}}_a$ [°]
c) $|\overline{\mathcal{I}}_b|$ [A]
d) $\angle\overline{\mathcal{I}}_b$ [°]
e) $|\overline{\mathcal{I}}_c|$ [A]
f) $\angle\overline{\mathcal{I}}_c$ [°]
g) $|\overline{\mathcal{I}}_{ab}|$ [A]
h) $\angle\overline{\mathcal{I}}_{ab}$ [°]
i) $|\overline{\mathcal{I}}_{bc}|$ [A]
j) $\angle\overline{\mathcal{I}}_{bc}$ [°]
k) $|\overline{\mathcal{I}}_{ca}|$ [A]
l) $\angle\overline{\mathcal{I}}_{ca}$ [°]

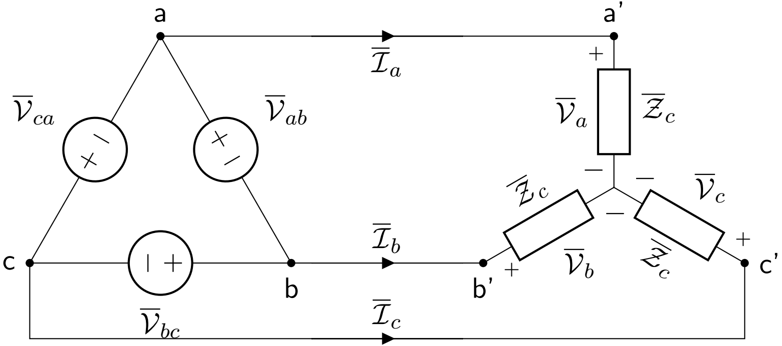


Datos: $\overline{\mathcal{V}}_a = 200 + 10 \cdot \lambda\angle 0°$, $\overline{\mathcal{V}}_b = 200 + 10 \cdot \lambda\angle -120°$, $\overline{\mathcal{V}}_c = 200 + 10 \cdot \lambda\angle 120°$, $\overline{\mathcal{Z}}_c = \alpha + \beta j$ [Ω]

Ejercicio 9-5

Para el circuito trifásico equilibrado de la figura (s. directa) calcula

a) $|\overline{\mathcal{I}}_a|$ [A]
b) $\angle\overline{\mathcal{I}}_a$ [°]
c) $|\overline{\mathcal{I}}_b|$ [A]
d) $\angle\overline{\mathcal{I}}_b$ [°]
e) $|\overline{\mathcal{I}}_c|$ [A]
f) $\angle\overline{\mathcal{I}}_c$ [°]
g) $|\overline{\mathcal{V}}_a|$ [A]
h) $\angle\overline{\mathcal{V}}_a$ [°]
i) $|\overline{\mathcal{V}}_b|$ [A]
j) $\angle\overline{\mathcal{V}}_b$ [°]
k) $|\overline{\mathcal{V}}_c|$ [A]
l) $\angle\overline{\mathcal{V}}_c$ [°]

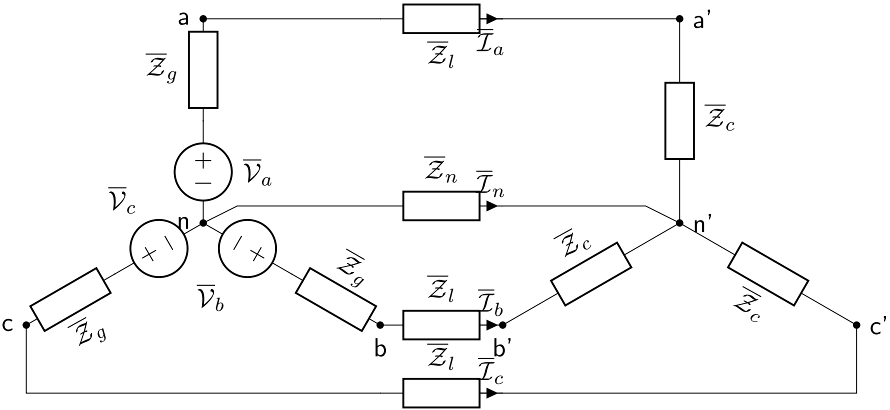


Datos: $\overline{\mathcal{V}}_{ab} = 200 + 10 \cdot \lambda\angle 0^\circ$, $\overline{\mathcal{V}}_{bc} = 200 + 10 \cdot \lambda\angle -120^\circ$, $\overline{\mathcal{V}}_{ca} = 200 + 10 \cdot \lambda\angle 120^\circ$, $\overline{\mathcal{Z}}_c = \alpha + \beta j$ [Ω]

Circuitos monofásicos equivalentes

- En los circuitos trifásicos equilibrados (CTE) todas las tensiones e intensidades están equilibradas (mismo módulo y desfasadas 120°).
- El análisis de CTE se suele hacer usando el circuito monofásico equivalente
- En un circuito monofásico equivalente solo consideramos una de las fases
- Los circuitos monofásicos equivalentes que vamos a ver son dos:
  - Conexión estrella-estrella
  - Conexión triángulo-triángulo
- Si el circuito no tiene ninguna de estás disposiciones aplicaremos transformación de fuentes o cargas trifásicas

Circuitos monofásicos equivalentes (Estrella-Estrella)



Como el circuito trifásico es equilibrado

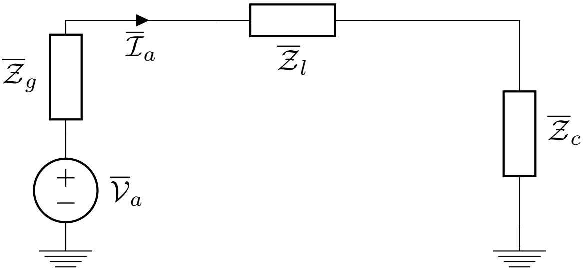
$$\overline{\mathcal{I}}_n = 0 \implies \overline{\mathcal{V}}_{nn'} = 0 \implies \overline{\mathcal{V}}_n = \overline{\mathcal{V}}_{n'}$$

Aplicando LKT entre n y n' por la fase a obtenemos la siguiente ecuación

$$-\overline{\mathcal{V}}_a + \overline{\mathcal{Z}}_g\overline{\mathcal{I}}_a + \overline{\mathcal{Z}}_l\overline{\mathcal{I}}_a + \overline{\mathcal{Z}}_c\overline{\mathcal{I}}_a = 0$$

Circuitos monofásicos equivalentes (Estrella-Estrella)

Construimos el siguiente circuito monofásico equivalente



Aplicamos la LKT al circuito monofásico

$$-\overline{\mathcal{V}}_a + \overline{\mathcal{Z}}_g\overline{\mathcal{I}}_a + \overline{\mathcal{Z}}_l\overline{\mathcal{I}}_a + \overline{\mathcal{Z}}_c\overline{\mathcal{I}}_a = 0$$

Observamos que la ecuación es exactamente la misma que en el caso del circuito trifásico. El monofásico de un CTE estrella-estrella incluye:

- Las impedancias originales de generador, líneas y cargas
- Las tensiones simples o de fase-neutro
- La intensidad de línea

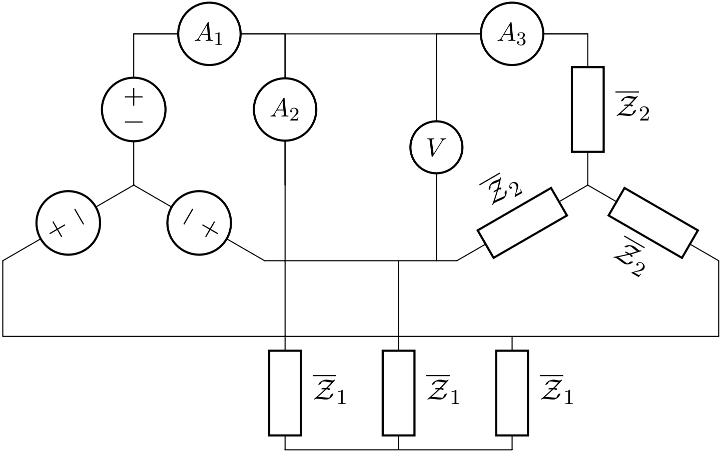
Ejercicio 9-6

Usa el circuito monofásico equivalente Y-Y del CTE de la figura y calcula

a) A_1 [A]

b) A_2 [A]

c) A_3 [A]



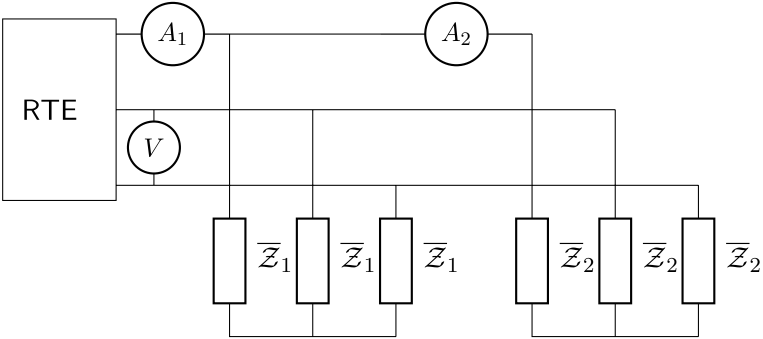
Datos: $V = 200 + 10 \cdot \gamma$ [V], $\overline{\mathcal{Z}}_1 = \delta + j\epsilon$ [Ω], $\overline{\mathcal{Z}}_2 = \eta - j\theta$ [Ω]

Ejercicio 9-7

Una red trifásica equilibrada (RTE) alimenta dos cargas. Usa el circuito monofásico equivalente Y-Y para calcular

a) A_1 [A]

b) a

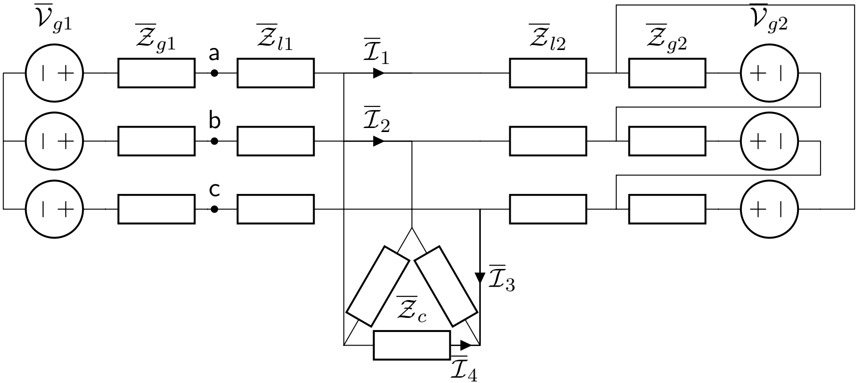


Datos: $V = 200 + 10 \cdot \kappa$ [V], $A_2 = 10 + \alpha$ [A], $\overline{Z}_1 = a$ [Ω], $\overline{Z}_2 = ja$ [Ω]

Ejercicio 9-8

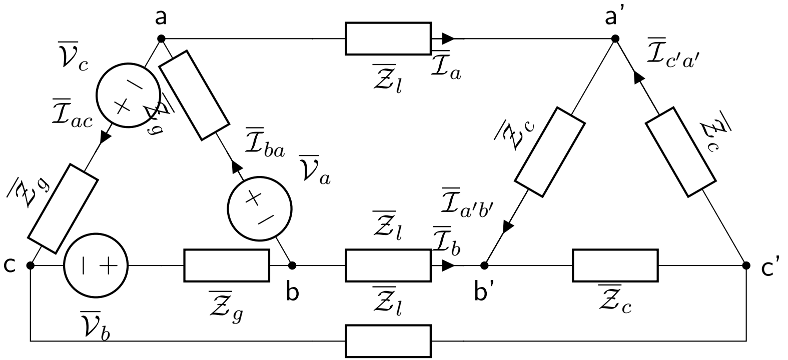
Los dos alternadores del CTE tienen secuencia directa. Usa el equivalente monofásico Y-Y para calcular

a) $|\overline{\mathcal{I}}_1|$ [A] b) $|\overline{\mathcal{I}}_2|$ [A] c) $|\overline{\mathcal{I}}_3|$ [A] d) $|\overline{\mathcal{I}}_4|$ [A]



Datos: $\overline{\mathcal{V}}_{g1} = 200 + 10 \cdot \beta \underline{/0^\circ}$ [V], $\overline{\mathcal{V}}_{g2} = 200 + 10 \cdot \gamma \underline{/30^\circ}$ [V], $\overline{\mathcal{Z}}_{g1} = j\delta$ [Ω], $\overline{\mathcal{Z}}_{l1} = \epsilon + j\eta$ [Ω], $\overline{\mathcal{Z}}_c = \theta - j\kappa$ [Ω], $\overline{\mathcal{Z}}_{l2} = \lambda + j\alpha$ [Ω], $\overline{\mathcal{Z}}_{g2} = j\beta$ [Ω]

Circuitos monofásicos equivalentes (Triángulo-Triángulo)



Suponemos secuencia directa y obtenemos

$$\left.\begin{aligned}\overline{\mathcal{I}}_a &= \overline{\mathcal{I}}_{a'b'} - \overline{\mathcal{I}}_{c'a'} = \sqrt{3}\underline{/-30^\circ}\overline{\mathcal{I}}_{a'b'} \\ \overline{\mathcal{I}}_a &= \overline{\mathcal{I}}_{ba} - \overline{\mathcal{I}}_{ac} = \sqrt{3}\underline{/-30^\circ}\overline{\mathcal{I}}_{ba}\end{aligned}\right\} \Longrightarrow \overline{\mathcal{I}}_{a'b'} = \overline{\mathcal{I}}_{ba}$$

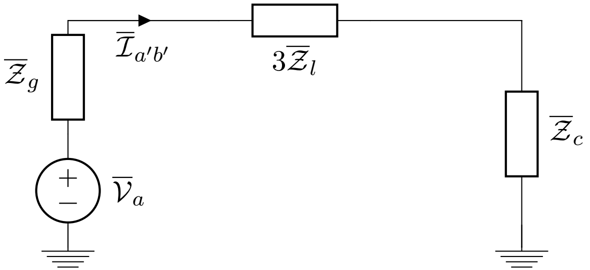
$$\overline{\mathcal{I}}_a - \overline{\mathcal{I}}_b = \sqrt{3}\underline{/30^\circ}\overline{\mathcal{I}}_a = \sqrt{3}\underline{/30^\circ}\sqrt{3}\underline{/-30^\circ}\overline{\mathcal{I}}_{a'b'} = 3\overline{\mathcal{I}}_{a'b'}$$

Aplicando LKT

$$\overline{\mathcal{V}}_a = \overline{\mathcal{Z}}_g\overline{\mathcal{I}}_{ba} + \overline{\mathcal{Z}}_l\overline{\mathcal{I}}_a + \overline{\mathcal{Z}}_c\overline{\mathcal{I}}_{a'b'} - \overline{\mathcal{Z}}_l\overline{\mathcal{I}}_b = (\overline{\mathcal{Z}}_g + 3\overline{\mathcal{Z}}_l + \overline{\mathcal{Z}}_c)\overline{\mathcal{I}}_{a'b'}$$

Circuitos monofásicos equivalentes (Triángulo-Triángulo)

Construimos el siguiente circuito monofásico equivalente



Aplicamos la LKT al circuito monofásico

$$\overline{\mathcal{V}}_a = (\overline{\mathcal{Z}}_g + 3\overline{\mathcal{Z}}_l + \overline{\mathcal{Z}}_c)\overline{\mathcal{I}}_{a'b'}$$

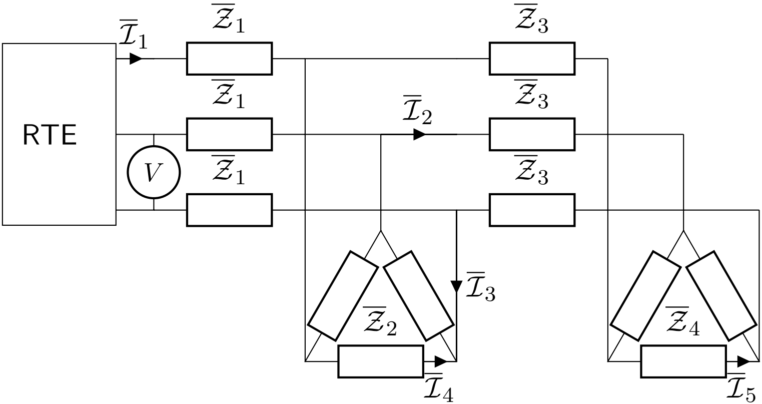
El monofásico de un CTE triángulo-triángulo incluye:

- Las impedancias originales de generador y cargas
- Las impedancias de las líneas multiplicadas por 3
- Las tensiones compuestas o de fase-fase
- La intensidad de fase

Ejercicio 9-9

Una red trifásica equilibrada (RTE) alimenta dos cargas. Usa el circuito monofásico equivalente D-D para calcular

a) $|\overline{\mathcal{I}}_1|$ [A] b) $|\overline{\mathcal{I}}_2|$ [A] c) $|\overline{\mathcal{I}}_3|$ [A] d) $|\overline{\mathcal{I}}_4|$ [A] e) $|\overline{\mathcal{I}}_5|$ [A]

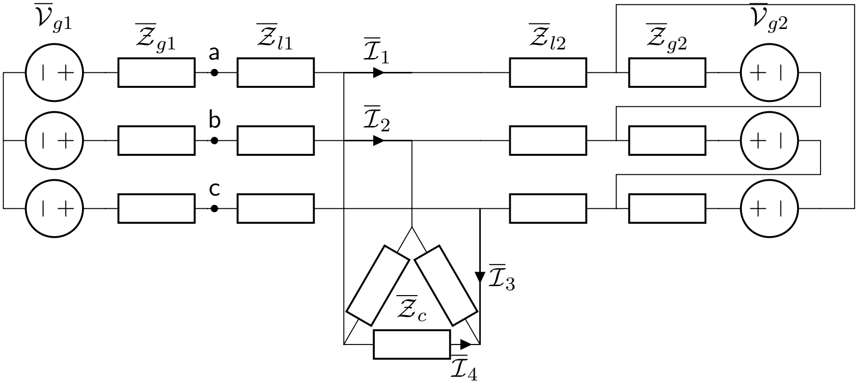


Datos: $V = 200 + 10 \cdot \kappa$ [V], $\overline{\mathcal{Z}}_1 = \alpha + j\beta$ [Ω], $\overline{\mathcal{Z}}_2 = 10(\gamma - j\delta)$ [Ω], $\overline{\mathcal{Z}}_3 = \epsilon + j\eta$ [Ω], $\overline{\mathcal{Z}}_4 = 10(\kappa + j\lambda)$ [Ω]

Ejercicio 9-10

Los dos alternadores del CTE tienen secuencia directa. Usa el equivalente monofásico D-D para calcular

a) $|\overline{\mathcal{I}}_1|$ [A] b) $|\overline{\mathcal{I}}_2|$ [A] c) $|\overline{\mathcal{I}}_3|$ [A] d) $|\overline{\mathcal{I}}_4|$ [A]



Datos: $\overline{\mathcal{V}}_{g1} = 200 + 10 \cdot \gamma \underline{/0^\circ}$ [V], $\overline{\mathcal{V}}_{g2} = 200 + 10 \cdot \delta \underline{/30^\circ}$ [V], $\overline{\mathcal{Z}}_{g1} = j\epsilon$ [Ω], $\overline{\mathcal{Z}}_{l1} = \eta + j\theta$ [Ω], $\overline{\mathcal{Z}}_c = \kappa - j\lambda$ [Ω], $\overline{\mathcal{Z}}_{l2} = \alpha + j\beta$ [Ω], $\overline{\mathcal{Z}}_{g2} = j\gamma$ [Ω]