Fundamentos de Ingeniería Eléctrica

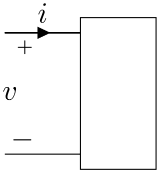
Tema 10: Potencia en circuitos trifásicos

Contenidos

- Potencia instantánea
- Potencia activa, reactiva y aparente
- Compensación reactiva
- Medida de potencia activa y reactiva

Potencia instantánea

Potencia instantánea en un circuito de alterna monofásico

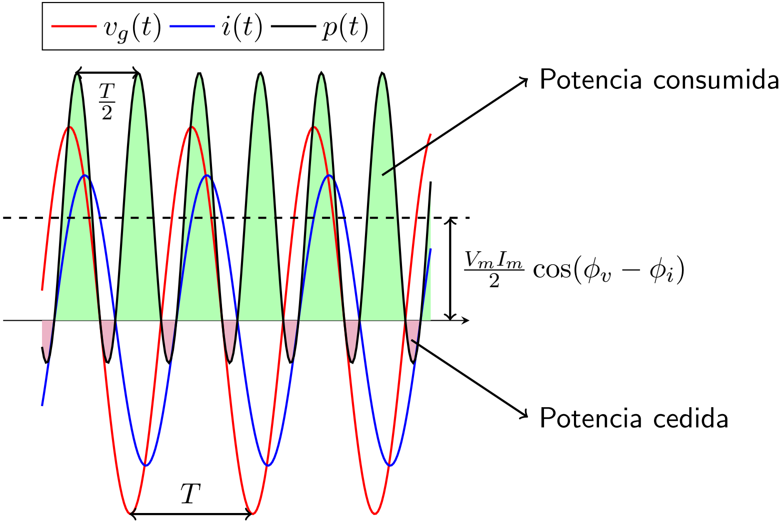


$$v(t) = V_m \cos(\omega t + \phi_v)$$
$$i(t) = I_m \cos(\omega t + \phi_i)$$

$$p(t) = \underbrace{\frac{V_m I_m}{2} \cos(\phi_v - \phi_i)}_{\text{Potencia activa } (P)} (1 + \cos 2\omega t) - \underbrace{\frac{V_m I_m}{2} \sin(\phi_v - \phi_i)}_{\text{Potencia reactiva } (Q)} \sin 2\omega t$$

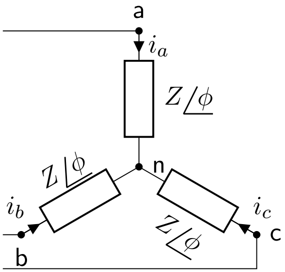
Potencia instantánea

$$p(t) = \frac{V_m I_m}{2}\cos(2\omega t + \phi_v - \phi_i) + \frac{V_m I_m}{2}\cos(\phi_v - \phi_i)$$



Potencia instantánea

Potencia instantánea en un circuito de alterna trifásico (s. directa)

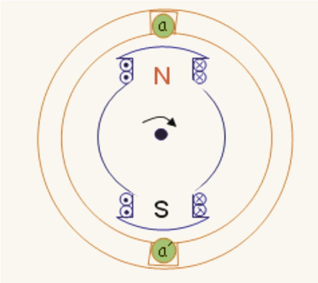


$$v_{an}(t) = \sqrt{2}V\cos(\omega t)$$
$$v_{bn}(t) = \sqrt{2}V\cos(\omega t - 120)$$
$$v_{cn}(t) = \sqrt{2}V\cos(\omega t + 120)$$
$$i_a(t) = \sqrt{2}I\cos(\omega t - \phi)$$
$$i_b(t) = \sqrt{2}I\cos(\omega t - \phi - 120)$$
$$i_c(t) = \sqrt{2}I\cos(\omega t - \phi + 120)$$

$$p(t) = p_a(t) + p_b(t) + p_c(t) = v_{an}(t)i_a(t) + v_{bn}(t)i_b(t) + v_{cn}(t)i_c(t) =$$
$$= 2VI\cos(\omega t)\cos(\omega t - \phi) + 2VI\cos(\omega t - 120)\cos(\omega t - \phi - 120) +$$
$$+ 2VI\cos(\omega t + 120)\cos(\omega t - \phi + 120) = VI\Big(\cos(2\omega t - \phi) + \cos(\phi) +$$
$$+ \cos(2\omega t - 240 - \phi) + \cos(\phi) + \cos(2\omega t + 240 - \phi) + \cos(\phi)\Big) =$$
$$= 3VI\cos(\phi) \rightarrow \text{ Potencia instantánea constante!!}$$

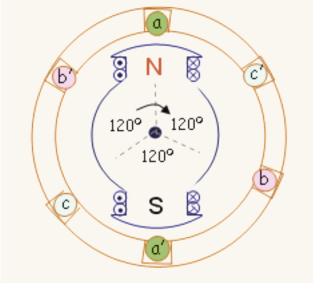
Potencia instantánea

Alternador monofásico



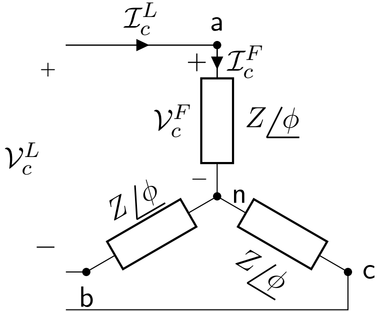
- P. instantánea variable
- P. activa menor
- Mayor tamaño
- Más vibraciones y fatiga

Alternador trifásico



- P. instantánea constante
- P. activa mayor
- Menor tamaño
- Menos vibraciones y fatiga

Potencia activa, reactiva y aparente



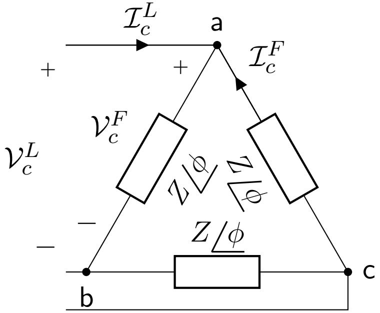
$$|\mathcal{V}_c^L| = \sqrt{3}|\mathcal{V}_c^F|$$
$$|\mathcal{I}_c^L| = |\mathcal{I}_c^F|$$

$$P_a = P_b = P_c = |\mathcal{V}_c^F||\mathcal{I}_c^F|\cos\phi$$
$$P = P_a + P_b + P_c$$
$$P = 3|\mathcal{V}_c^F||\mathcal{I}_c^F|\cos\phi$$
$$\boxed{P = \sqrt{3}|\mathcal{V}_c^L||\mathcal{I}_c^L|\cos\phi}$$

$$Q_a = Q_b = Q_c = |\mathcal{V}_c^F||\mathcal{I}_c^F|\sin\phi$$
$$Q = Q_a + Q_b + Q_c$$
$$Q = 3|\mathcal{V}_c^F||\mathcal{I}_c^F|\sin\phi$$
$$\boxed{Q = \sqrt{3}|\mathcal{V}_c^L||\mathcal{I}_c^L|\sin\phi}$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{3}|\mathcal{V}_c^L||\mathcal{I}_c^L|$$

Potencia activa, reactiva y aparente



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

$$P_a = P_b = P_c = |\mathcal{V}_c^F||\mathcal{I}_c^F|\cos\phi$$
$$P = P_a + P_b + P_c$$
$$P = 3|\mathcal{V}_c^F||\mathcal{I}_c^F|\cos\phi$$
$$\boxed{P = \sqrt{3}|\mathcal{V}_c^L||\mathcal{I}_c^L|\cos\phi}$$

$$Q_a = Q_b = Q_c = |\mathcal{V}_c^F||\mathcal{I}_c^F|\sin\phi$$
$$Q = Q_a + Q_b + Q_c$$
$$Q = 3|\mathcal{V}_c^F||\mathcal{I}_c^F|\sin\phi$$
$$\boxed{Q = \sqrt{3}|\mathcal{V}_c^L||\mathcal{I}_c^L|\sin\phi}$$

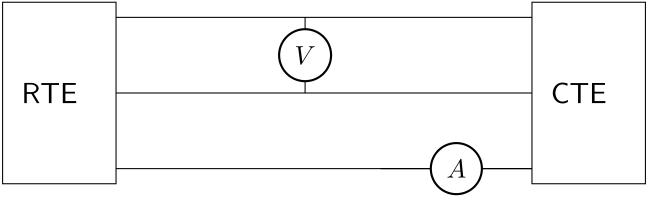
$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{3}|\mathcal{V}_c^L||\mathcal{I}_c^L|$$

Ejercicio 10-1

Una red trifásica equilibrada alimenta (RTE) alimenta a una carga trifásica equilibrada (CTE) con una impedancia de fase $\mathcal{Z}_c = R + jX$ tal que $\frac{X}{R} = \frac{\beta}{\alpha}$. Calcula la potencia activa consumida por la carga [kW,con] si:

a) la carga está conectada en estrella

b) la carga está conectada en triángulo



Datos: $V = 200 + 10 \cdot \kappa$ [V], $A = 10 \cdot \lambda$ [A]

Ejercicio 10-2

Una RTE con tensión de línea V_g^L alimenta una CTE que consume una potencia activa P_c con un factor de potencia igual a $0{,}1 \cdot \alpha$ (ind). Calcula

a) A [A]

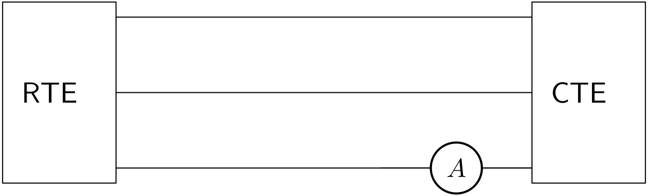
b) Q_c [kvar,con]

c) $\mathrm{Re}(\mathcal{Z}^{\Delta})$ $[\Omega]$

d) $\mathrm{Im}(\mathcal{Z}^{\Delta})$ $[\Omega]$

e) $\mathrm{Re}(\mathcal{Z}^{Y})$ $[\Omega]$

f) $\mathrm{Im}(\mathcal{Z}^{Y})$ $[\Omega]$



$\mathcal{Z}^{\Delta} \rightarrow$ Impedancia de fase para carga en triángulo

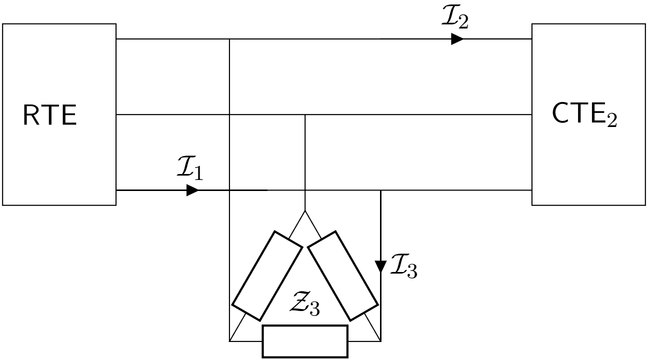
$\mathcal{Z}^{Y} \rightarrow$ Impedancia de fase para carga en estrella

Datos: $V_g^L = 200 + 10 \cdot \epsilon$ [V], $P_c = \eta$ [kW,con]

Ejercicio 10-3

Una RTE alimenta dos CTEs. Calcula

a) $|\mathcal{I}_1|$ [A]
b) $|\mathcal{I}_2|$ [A]
c) $|\mathcal{I}_3|$ [A]
d) P_g [kW,gen]
e) Q_g [kvar,gen]

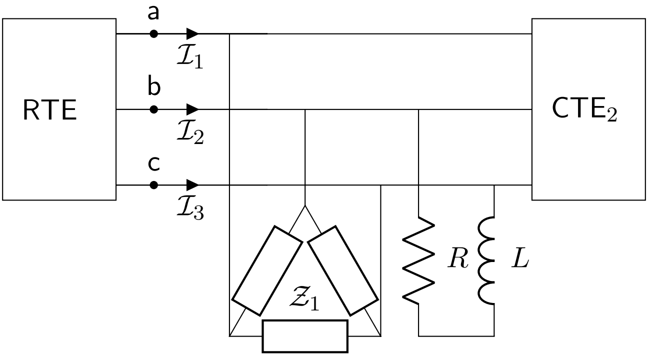


Datos: $V_g^L = 200 + 10 \cdot \alpha$ [V], $Q_2 = \eta$ [kvar,gen], $\cos\phi_2 = 0{,}1 \cdot \beta$ (cap), $\mathcal{Z}_3 = \gamma + j\delta$ [Ω]

Ejercicio 10-4

Una RTE (s. directa) alimenta dos CTEs y una carga monofásica entre las fases b y c. Calcula

a) $|\mathcal{I}_1|$ [A]
b) $|\mathcal{I}_2|$ [A]
c) $|\mathcal{I}_3|$ [A]
d) P_g [kW,gen]
e) Q_g [kvar,gen]

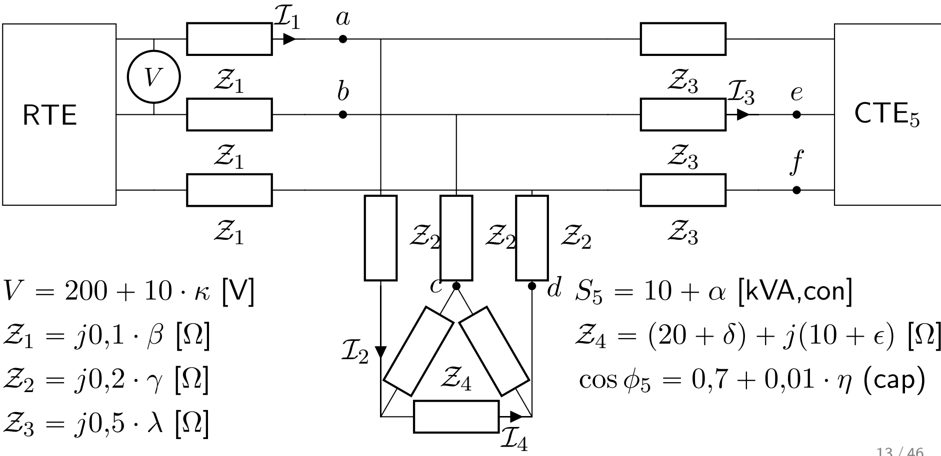


Datos: $V_g^L = 200 + 10 \cdot \beta$ [V], $f = 50$ [Hz], $S_2 = \gamma$ [kVA,con], $\cos\phi_2 = 0{,}1 \cdot \delta$ (cap), $\mathcal{Z}_1 = \epsilon - j\eta$ [Ω], $R = \theta$ [Ω], $L = \kappa$ [mH]

Ejercicio 10-5

La carga CTE$_5$ **consumiría** una potencia S_5 con fdp $\cos\phi_5$ (cap) a la tensión de línea nominal de $200 + 10\cdot\kappa$ [V]. Calcula

a) $|\mathcal{I}_1|$ [A]
b) $|\mathcal{I}_2|$ [A]
c) $|\mathcal{I}_3|$ [A]
d) $|\mathcal{I}_4|$ [A]
e) $|\mathcal{V}_{ab}|$ [V]
f) $|\mathcal{V}_{cd}|$ [V]
g) $|\mathcal{V}_{ef}|$ [V]



$V = 200 + 10\cdot\kappa$ [V]

$\mathcal{Z}_1 = j0{,}1\cdot\beta$ [Ω]

$\mathcal{Z}_2 = j0{,}2\cdot\gamma$ [Ω]

$\mathcal{Z}_3 = j0{,}5\cdot\lambda$ [Ω]

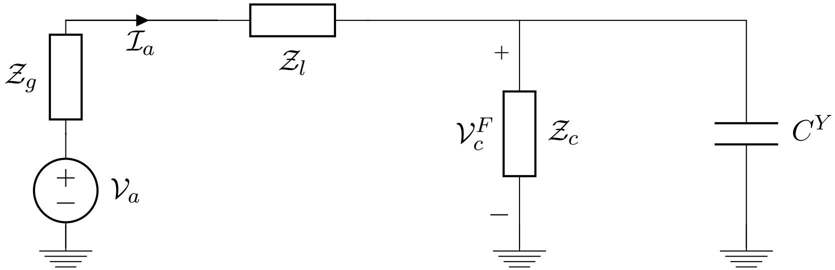
$S_5 = 10 + \alpha$ [kVA,con]

$\mathcal{Z}_4 = (20+\delta) + j(10+\epsilon)$ [Ω]

$\cos\phi_5 = 0{,}7 + 0{,}01\cdot\eta$ (cap)

Compensación de reactiva

Para compensar reactiva usamos el equivalente monofásico estrella-estrella



$$C^Y = \frac{P_a(\tan\phi - \tan\phi')}{2\pi f (V_c^F)^2} = \frac{\frac{P}{3}(\tan\phi - \tan\phi')}{2\pi f \left(\frac{V_c^L}{\sqrt{3}}\right)^2} = \frac{P(\tan\phi - \tan\phi')}{2\pi f (V_c^L)^2}$$

$$C^Y = 3C^\Delta$$

$P \rightarrow$ Potencia activa consumida por la carga trifásica equilibrada

$\cos\phi / \cos\phi' \rightarrow$ Factor de potencia inicial/deseado de la carga trifásica

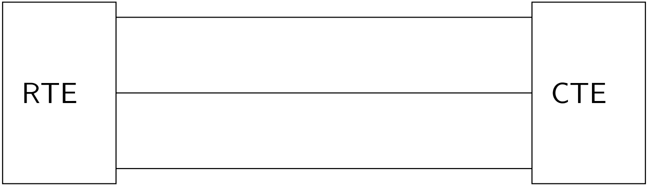
$V_c^L \rightarrow$ Módulo de la tensión de línea en bornas de la carga a compensar

Ejercicio 10-6

Una RTE alimenta una CTE. Calcula la capacidad de la batería de condensadores a colocar en paralelo con dicha carga para el factor de potencia sea la unidad.

a) C^Y [μF]

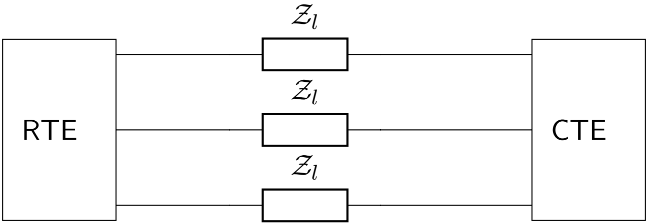
b) C^Δ [μF]



Datos: $V_g^L = 200 + 10 \cdot \alpha$ [V], $f = 50$ [Hz], $P_c = \beta$ [kW,con], $\cos\phi_c = 0{,}8 + 0{,}01 \cdot \gamma$ (ind)

Ejercicio 10-7

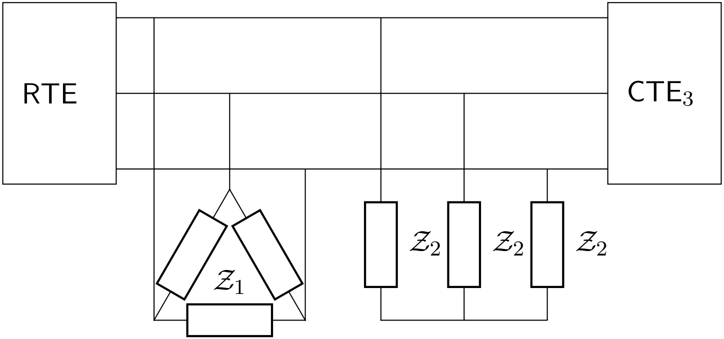
Una RTE alimenta una CTE que **consumiría** una potencia P_c con fdp $\cos\phi_c$ a la tensión de línea nominal de $200 + 10\alpha$ [V]. Calcula la capacidad de la batería de condensadores [μF] a colocar en estrella en paralelo con la fuente para que esta no consuma ni genere potencia reactiva.



Datos: $V_g^L = 200 + 10 \cdot \alpha$ [V], $f = 50$ [Hz], $P_c = \beta$ [kW,con], $\cos\phi_c = 0{,}8 + 0{,}01 \cdot \gamma$ (ind), $\mathcal{Z}_l = \delta + j\epsilon$ [Ω]

Ejercicio 10-8

Una RTE alimenta tres CTEs. Calcula la capacidad de la batería de condensadores a colocar en triángulo [μF] en paralelo con las tres cargas para que el factor de potencia resultante sea $0{,}9 + 0{,}01 \cdot \beta$ (ind).



Datos: $V_g^L = 200 + 10 \cdot \alpha$ [V], $f = 50$ [Hz], $\mathcal{Z}_1 = \gamma + j\delta$ [Ω], $\mathcal{Z}_2 = \epsilon + j\eta$ [Ω], $P_3 = \theta$ [kW,con], $\cos\phi_3 = 0{,}1 \cdot \kappa$ (ind)

Ejercicio 10-9*

Una RTE alimenta dos CTEs. Sabiendo que el factor de potencia del conjunto de las dos cargas es la unidad calcula

a) C_3 [μF]

b) $|\mathcal{I}_1|$ [A]

c) $|\mathcal{I}_2|$ [A]

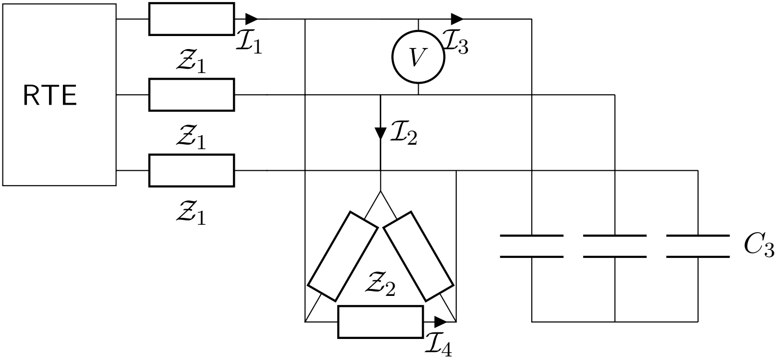
d) $|\mathcal{I}_3|$ [A]

e) $|\mathcal{I}_4|$ [A]

f) V [V]

g) P_g [kW,g]

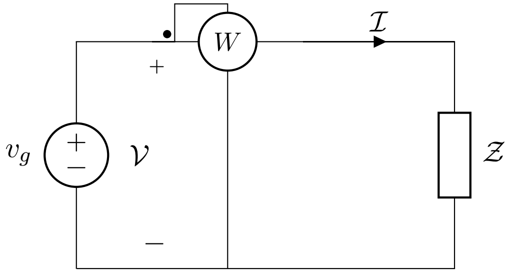
h) Q_g [kvar,g]



Datos: $V_g^L = 300 + 10 \cdot \alpha$ [V], $f = 50$ [Hz], $\mathcal{Z}_1 = \gamma + j\delta$ [Ω], $\mathcal{Z}_2 = (30 + \epsilon) + j(20 + \eta)$ [Ω]

Medida de potencia activa

La representación de un vatímetro en un circuito es la siguiente:



$$\mathcal{V} = V\underline{/\phi_v}$$
$$\mathcal{I} = I\underline{/\phi_i}$$

- Los puntos indican los terminales correspondientes de las bobinas. El vatímetro de la figura medirá

$$W = VI\cos(\phi_v - \phi_i)$$

- Si $\cos(\phi_v - \phi_i) < 0$, un vatímetro analógico no medirá nada
- El vatímetro mide el consumo de potencia activa "aguas abajo"

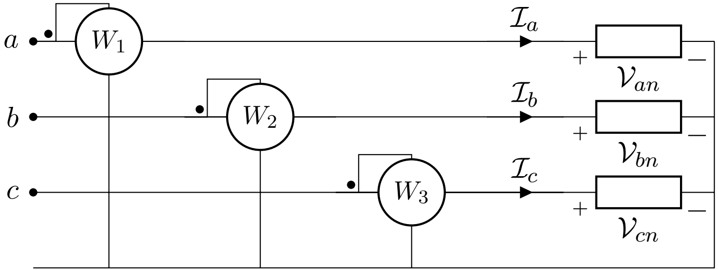
Medida de potencia activa y reactiva

Los métodos para medir la potencia en un circuito trifásico son:

Circuito	Número vatímetros	Activa	Reactiva
Desequilibrado con neutro	3	✓	✗
Equilibrado con neutro	3	✓	✗
Equilibrado con neutro	**1**	✓	✗
Equilibrado sin neutro	3	✓	✗
Equilibrado sin neutro	**2**	✓	✓
Desequilibrado sin neutro	2	✓	✗
Equilibrado sin neutro	**1**	✗	✓

Método de tres vatímetros con neutro (activa)

Este método se puede aplicar a circuitos trifásicos equilibrados y desequilibrados con acceso al neutro



$$W_1 = |\mathcal{V}_{an}||\mathcal{I}_a|\cos(\widehat{\mathcal{V}_{an},\mathcal{I}_a}) = P_a$$

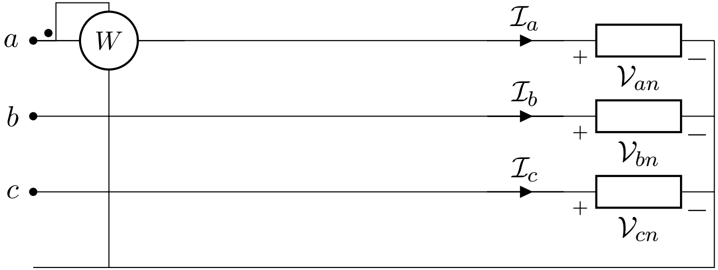
$$W_2 = |\mathcal{V}_{bn}||\mathcal{I}_b|\cos(\widehat{\mathcal{V}_{bn},\mathcal{I}_b}) = P_b$$

$$W_3 = |\mathcal{V}_{cn}||\mathcal{I}_c|\cos(\widehat{\mathcal{V}_{cn},\mathcal{I}_c}) = P_c$$

$$P = P_a + P_b + P_c \implies \boxed{P = W_1 + W_2 + W_3}$$

Método de un vatímetro con neutro (activa)

Este método es únicamente válido para circuitos trifásicos equilibrados con acceso al neutro



$$|\mathcal{V}_{an}| = |\mathcal{V}_{bn}| = |\mathcal{V}_{cn}| \qquad |\mathcal{I}_a| = |\mathcal{I}_b| = |\mathcal{I}_c|$$

$$\cos(\widehat{\mathcal{V}_{an}, \mathcal{I}_a}) = \cos(\widehat{\mathcal{V}_{bn}, \mathcal{I}_b}) = \cos(\widehat{\mathcal{V}_{cn}, \mathcal{I}_c})$$

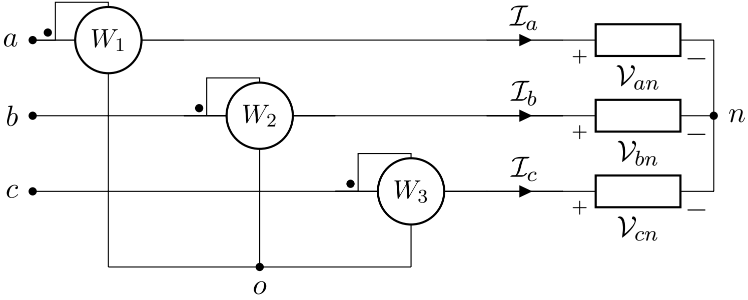
$$P_a = P_b = P_c$$

$$W = |\mathcal{V}_{an}||\mathcal{I}_a| \cos(\widehat{\mathcal{V}_{an}, \mathcal{I}_a}) = P_a$$

$$P = P_a + P_b + P_c = 3 \cdot P_a \implies \boxed{P = 3 \cdot W}$$

Método de tres vatímetros sin neutro (activa)

Este método es válido para circuitos trifásicos equilibrados



$$\mathcal{V}_{ao}\mathcal{I}_a^* = (\mathcal{V}_{an} + \mathcal{V}_{no})\mathcal{I}_a^* = \mathcal{V}_{an}\mathcal{I}_a^* + \mathcal{V}_{no}\mathcal{I}_a^*$$

$$\mathcal{V}_{bo}\mathcal{I}_b^* = (\mathcal{V}_{bn} + \mathcal{V}_{no})\mathcal{I}_b^* = \mathcal{V}_{bn}\mathcal{I}_b^* + \mathcal{V}_{no}\mathcal{I}_b^*$$

$$\mathcal{V}_{co}\mathcal{I}_c^* = (\mathcal{V}_{cn} + \mathcal{V}_{no})\mathcal{I}_c^* = \mathcal{V}_{cn}\mathcal{I}_c^* + \mathcal{V}_{no}\mathcal{I}_c^*$$

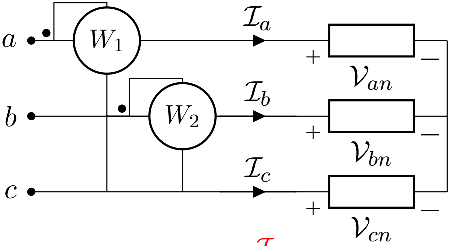
$$W_1 + W_2 + W_3 = \mathrm{Re}(\mathcal{V}_{ao}\mathcal{I}_a^*) + \mathrm{Re}(\mathcal{V}_{bo}\mathcal{I}_b^*) + \mathrm{Re}(\mathcal{V}_{co}\mathcal{I}_c^*) =$$

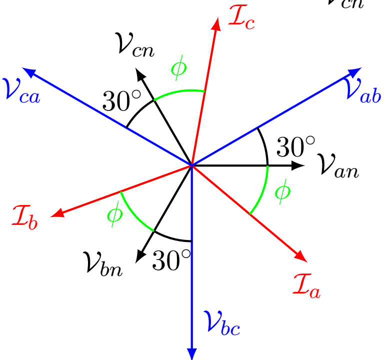
$$= \mathrm{Re}(\mathcal{V}_{an}\mathcal{I}_a^*) + \mathrm{Re}(\mathcal{V}_{bn}\mathcal{I}_b^*) + \mathrm{Re}(\mathcal{V}_{cn}\mathcal{I}_c^*) + \mathrm{Re}(\mathcal{V}_{no}(\cancelto{0}{\mathcal{I}_a^* + \mathcal{I}_b^* + \mathcal{I}_c^*})) =$$

$$= P_a + P_b + P_c \implies \boxed{P = W_1 + W_2 + W_3}$$

Método de dos vatímetros sin neutro (activa y reactiva)

Este método es válido para circuitos trifásicos equilibrados (s. directa)





$$W_1 = |\mathcal{V}_{ac}||\mathcal{I}_a|\cos(\widehat{\mathcal{V}_{ac},\mathcal{I}_a}) =$$

$$= V^L I^L \cos(\phi - 30^\circ) =$$

$$= V^L I^L (\cos\phi \frac{\sqrt{3}}{2} + \sin\phi \frac{1}{2})$$

$$W_2 = |\mathcal{V}_{bc}||\mathcal{I}_b|\cos(\widehat{\mathcal{V}_{bc},\mathcal{I}_b}) =$$

$$= V^L I^L \cos(\phi + 30^\circ) =$$

$$= V^L I^L (\cos\phi \frac{\sqrt{3}}{2} - \sin\phi \frac{1}{2})$$

$$W_1 + W_2 = \sqrt{3} V^L I^L \cos\phi \implies$$

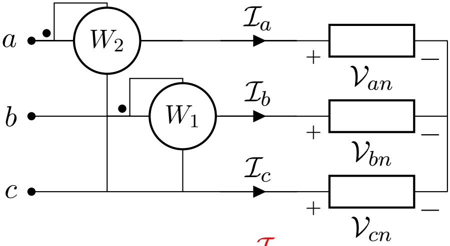
$$\boxed{P = W_1 + W_2}$$

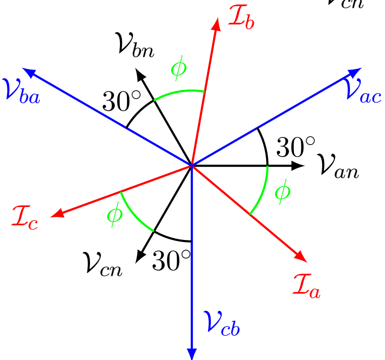
$$W_1 - W_2 = V^L I^L \sin\phi \implies$$

$$\boxed{Q = \sqrt{3}(W_1 - W_2)}$$

Método de dos vatímetros sin neutro (activa y reactiva)

Este método es válido para circuitos trifásicos equilibrados (s. inversa)





$$W_2 = |\mathcal{V}_{ac}||\mathcal{I}_a| \cos(\widehat{\mathcal{V}_{ac}, \mathcal{I}_a}) =$$

$$= V^L I^L \cos(\phi + 30^\circ) =$$

$$= V^L I^L (\cos\phi \frac{\sqrt{3}}{2} - \sin\phi \frac{1}{2})$$

$$W_1 = |\mathcal{V}_{bc}||\mathcal{I}_b| \cos(\widehat{\mathcal{V}_{bc}, \mathcal{I}_b}) =$$

$$= V^L I^L \cos(\phi - 30^\circ) =$$

$$= V^L I^L (\cos\phi \frac{\sqrt{3}}{2} + \sin\phi \frac{1}{2})$$

$$W_1 + W_2 = \sqrt{3} V^L I^L \cos\phi \implies$$

$$\boxed{P = W_1 + W_2}$$

$$W_1 - W_2 = V^L I^L \sin\phi \implies$$

$$\boxed{Q = \sqrt{3}(W_1 - W_2)}$$

Método de dos vatímetros sin neutro (activa y reactiva)

- Conectamos los terminales positivos de la bobina voltimétrica y la amperimétrica del primer vatímetro a una de las fases
- Conectamos los terminales positivos de la bobina voltimétrica y amperimétrica del segundo vatímetro a otra de las fases
- Los terminales negativos de las dos bobinas voltimétricas se conectan a la tercera fase
- Llamamos W_1 al vatímetro correspondiente a la fase que va más adelantada
- Llamamos W_2 al vatímetro correspondiente a la fase que va más retrasada
- Calculamos la potencia activa y reactiva como

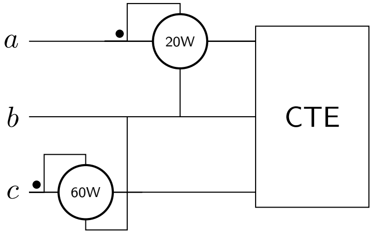
$$P = W_1 + W_2$$

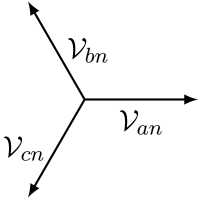
$$Q = \sqrt{3}(W_1 - W_2) \begin{cases} Q > 0 \rightarrow \text{ Inductivo} \\ Q < 0 \rightarrow \text{ Capacitivo} \end{cases}$$

- El método de los dos vatímetros es válido para calcular la potencia activa en sistemas desequilibrados sin neutro como $P = W_1 + W_2$

Método de dos vatímetros sin neutro (activa y reactiva)

Dadas las lecturas de los vatímetros y sabiendo que la red es de secuencia inversa, determina si la carga trifásica es inductiva o capacitiva.



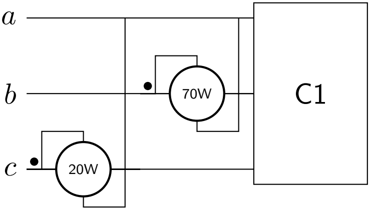


- La potencia reactiva se calcula como $Q = \sqrt{3}(W_1 - W_2)$
- Un vatímetro está conectado a la fase a y otro a la fase c
- Como la red tiene secuencia inversa, la fase a adelanta a la fase c
- W_1 corresponde a la fase más adelantada, $W_1 = 20$
- W_2 corresponde a la fase más atrasada, $W_2 = 60$
- $Q = \sqrt{3}(20 - 60) = -69{,}28$ [var,con] $\rightarrow$ Carga capacitiva

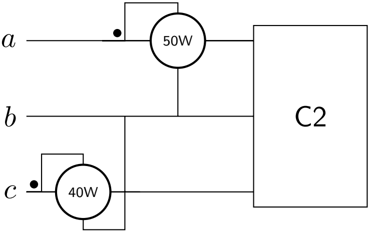
Método de dos vatímetros sin neutro (activa y reactiva)

Contesta en goo.gl/e3fQAq si la carga es inductiva o capacitiva

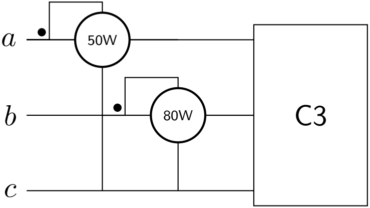
s. inversa



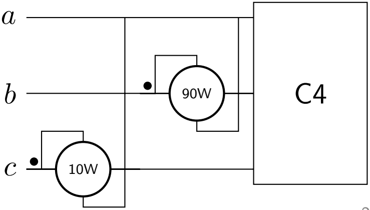
s. directa



s. inversa

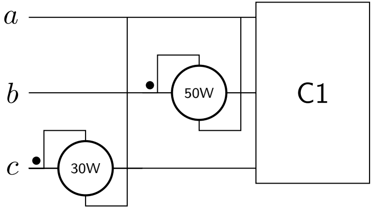


s. directa



Método de dos vatímetros sin neutro (activa y reactiva)

Dadas las lecturas de los vatímetros y sabiendo que la carga trifásica es inductiva, determina si la secuencia de la red es directa o inversa.

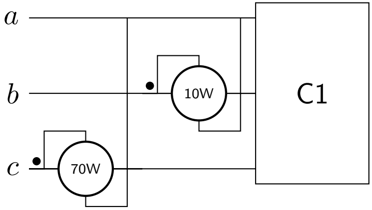


- La potencia reactiva se calcula como $Q = \sqrt{3}(W_1 - W_2)$
- Un vatímetro está conectado a la fase b y otro a la fase c
- Como la carga es inductiva $Q > 0$ y por lo tanto $W_1 = 50$ y $W_2 = 30$
- Como W_1 corresponde a la fase más adelantada y W_2 a la fase más retrasada, la fase b va adelantada con respecto a la fase c
- La fase b adelanta a la fase c en secuencia directa

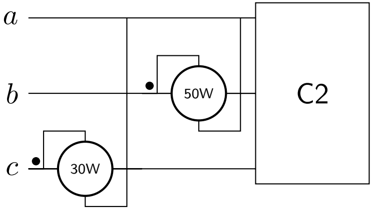
Método de dos vatímetros sin neutro (activa y reactiva)

Contesta en goo.gl/WywPgm si la secuencia de la red es directa o inversa

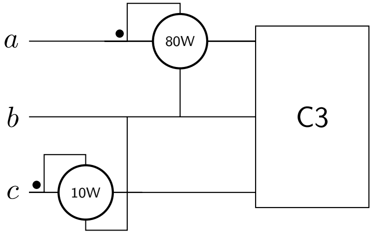
capacitivo



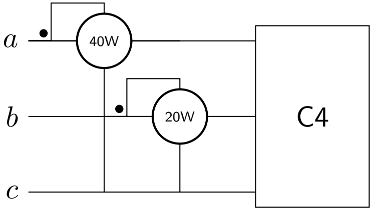
capacitivo



inductivo



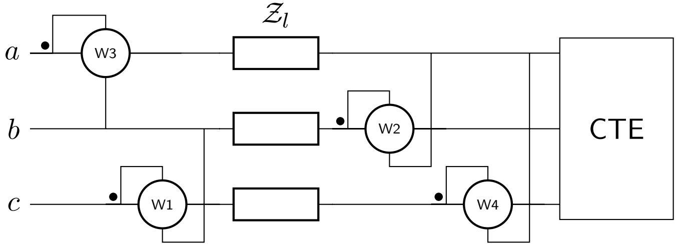
inductivo



Ejercicio 10-10

Sabiendo que la red trifásica tiene secuencia inversa y dadas las lecturas de los vatímetros calcula:

a) P_l [kW,con]
b) Q_l [kvar,con]
c) P_c [kW,con]
d) Q_c [kvar,con]



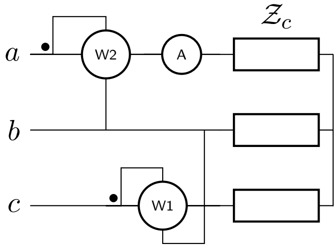
Datos:
$W1 = 10 + \beta$ [kW], $W2 = \alpha$ [kW], $W3 = 10 + \gamma$ [kW], $W4 = \delta$ [kW]

Ejercicio 10-11

Sabiendo que la red trifásica tiene secuencia inversa calcula

a) $W1$ [W]

b) $W2$ [W]



Datos: $A = \eta$ [A], $\mathcal{Z}_c = \theta - j\kappa$ [Ω]

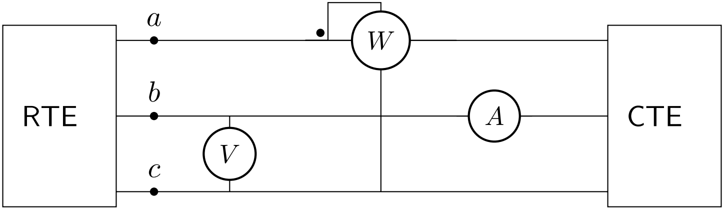
Ejercicio 10-12

La CTE es inductiva y está conectada en estrella. Si la inductancia de fase de la carga es $\mathcal{Z}_c = R + jX$ determina

a) R $[\Omega]$

b) X $[\Omega]$

Justifica si la secuencia de la red es directa o inversa

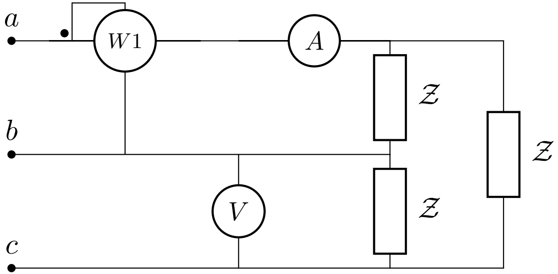


Datos: $V = 200 + 10 \cdot \kappa$ [V], $A = 10 \cdot \lambda$ [A], $W = 500 \cdot \lambda + 25 \cdot \kappa \cdot \lambda$ [W]

Ejercicio 10-13

Dibuja otro vatímetro $W2$ para que junto con $W1$ formen el método de dos vatímetros. Sabiendo que $W2 > 0$ y que la carga tiene caracter inductivo determina la secuencia de fases y calcula

a) $\cos\phi$ b) $W2$ [kW] c) $\mathrm{Re}(Z)$ [Ω] d) $\mathrm{Im}(Z)$ [Ω]



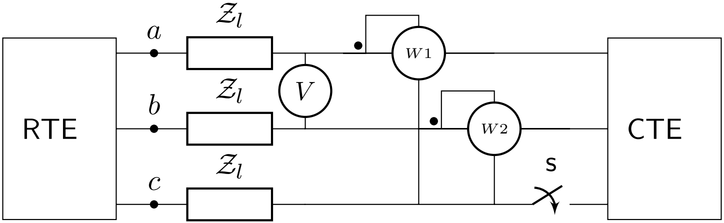
Datos: $V = 200 + 10 \cdot \eta$ [V], $A = 10 + \theta$ [A], $W1 = 0$ [kW]

Ejercicio 10-14*

Sabiendo las lecturas de V y $W1$ con el interruptor s cerrado, que la red es de secuencia directa y que la impedancia en estrella de la CTE es puramente resistiva $\mathcal{Z}_c = R$ calcula

a) R [Ω]
b) $W2$ [W] (s cerrado)
c) C^{Δ} [nF] (s cerrado)
d) $W1$ [W] (s abierto)
e) $W2$ [W] (s abierto)

C^{Δ}[nF] → batería de condensadores en triángulo a conectar en bornes del **generador** para que el conjunto tenga fdp unidad.

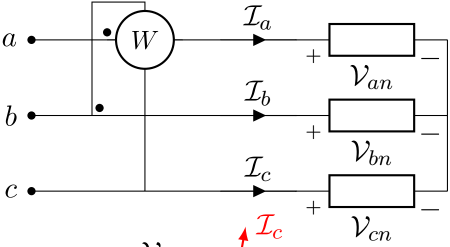


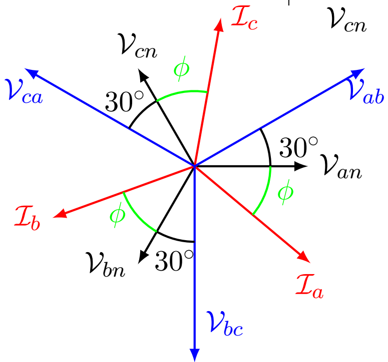
Datos:

$V = 200 + 10 \cdot \gamma$ [V], $f = 50$ [Hz], $W1 = 500 + 20 \cdot \delta$ [W], $\mathcal{Z}_l = j\epsilon$ [Ω]

Método un vatímetro (reactiva)

Este método es válido para circuitos trifásicos equilibrados





Secuencia directa

$$W = |\mathcal{V}_{bc}||\mathcal{I}_a| \cos(\widehat{\mathcal{V}_{bc}, \mathcal{I}_a}) =$$

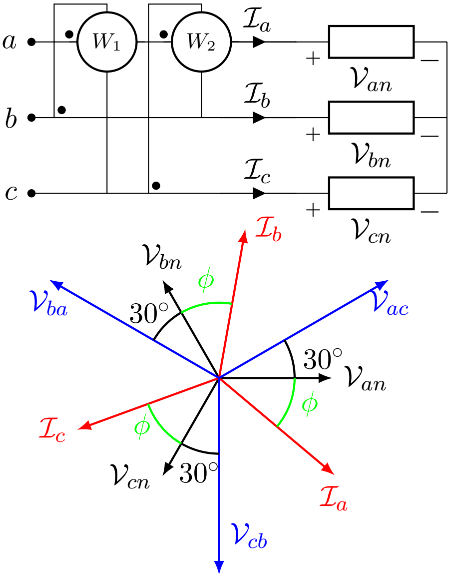
$$= V^L I^L \cos(90^\circ - \phi) =$$

$$= V^L I^L \sin\phi \implies$$

$$\boxed{Q = \sqrt{3} W}$$

Método un vatímetro (reactiva)

Este método es válido para circuitos trifásicos equilibrados



Secuencia inversa

$$W_1 = |\mathcal{V}_{bc}||\mathcal{I}_a|\cos(\widehat{\mathcal{V}_{bc}, \mathcal{I}_a}) =$$
$$= V^L I^L \cos(90^\circ + \phi) =$$
$$= -V^L I^L \sin\phi \implies$$

$\boxed{Q = \sqrt{3} W_1 < 0}$ (generada)

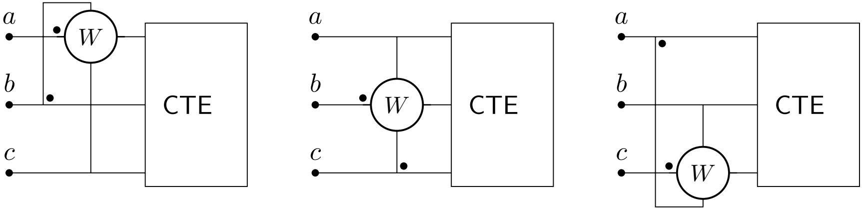
$$W_2 = |\mathcal{V}_{cb}||\mathcal{I}_a|\cos(\widehat{\mathcal{V}_{cb}, \mathcal{I}_a}) =$$
$$= V^L I^L \cos(90^\circ - \phi) =$$
$$= V^L I^L \sin\phi \implies$$

$\boxed{Q = \sqrt{3} W_2 > 0}$ (consumida)

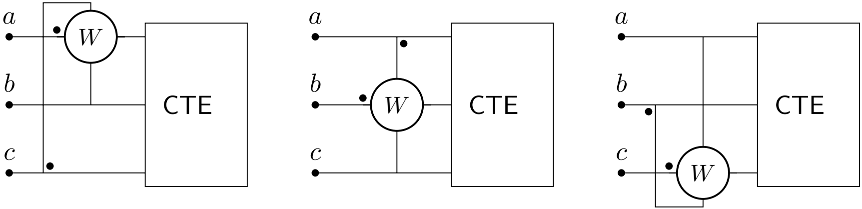
Método un vatímetro (reactiva)

$Q = \sqrt{(3)} \cdot W (Q > 0 \rightarrow$ Carga inductiva, $Q < 0 \rightarrow$ Carga capacitiva$)$

- Secuencia directa



- Secuencia inversa



Terminal positivo de la bobina voltimétrica conectado a la fase va retrasada con respecto a la fase que atraviesa la bobina amperimétrica

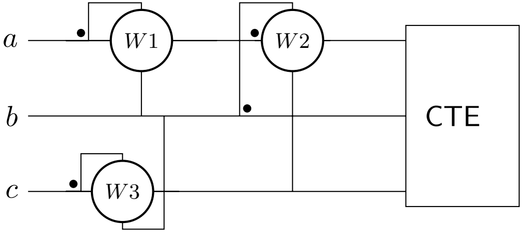
Ejercicio 10-15

Sabiendo que el circuito trifásico es equilibrado y de secuencia directa determina si la carga es inductiva o capacitiva y calcula:

a) $W3$ [W]

b) P_c [W,con]

c) Q_c [var,con]

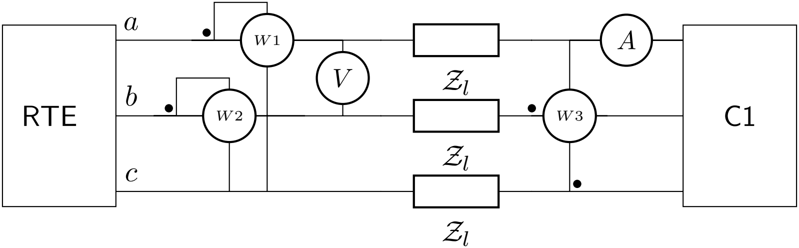


Datos: $W1 = 100 \cdot \alpha$ [W], $W2 = 100 \cdot \beta$ [W]

Ejercicio 10-16*

La red es de secuencia directa. Calcula:

a) $\mathrm{Re}(\mathcal{Z}_c^{\Delta})$ [Ω]
b) $\mathrm{Im}(\mathcal{Z}_c^{\Delta})$ [Ω]
c) P_c [kW,con]
d) Q_c [kvar,con]
e) $W1$ [kW]
f) $W2$ [kW]
g) $W3$ [kW]



Datos: $\mathcal{Z}_l = 0{,}1 \cdot \alpha + j0{,}1 \cdot \beta$ [Ω], $V = 300 + 10 \cdot \gamma$ [V], $A = 40 + \delta$ [A], $\cos\phi_g = 0{,}8$ (ind)

Ejercicio 10-17*

Sabiendo que la red es de secuencia directa calcula:

a) $W1$ [kW]

b) $W2$ [kW]

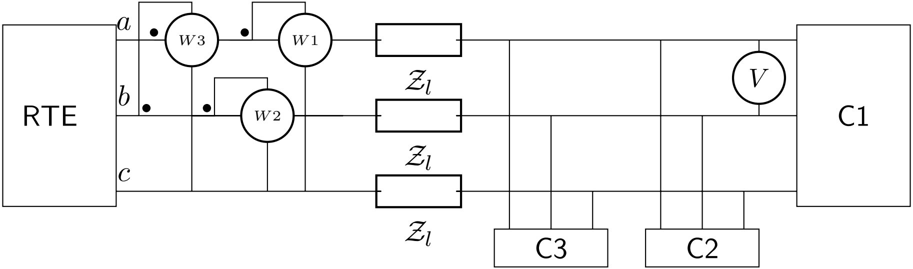
c) $W3$ [kW]

d) $\mathrm{Re}(\mathcal{Z}_2^{\Delta})$ [Ω]

e) $\mathrm{Im}(\mathcal{Z}_2^{\Delta})$ [Ω]

f) C^{Δ} [μF]

$C^{\Delta} \rightarrow$ batería de condensadores en triángulo a conectar en paralelo con las cargas para que el conjunto tenga fdp $0{,}9 + 0{,}01 \cdot \alpha$ (ind).



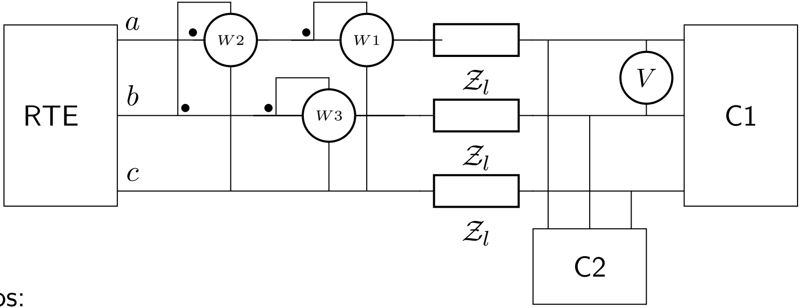
Datos: $V = 300 + 10 \cdot \beta$ [V], $P_1 = 5 + \gamma$ [kW], $\cos\phi_1 = 0{,}8$ (ind), $P_2 = \delta$ [kW], $Q_2 = 0{,}5 \cdot \epsilon$ [kvar,gen], $S_3 = 10 + \eta$ [kVA], $\cos\phi_3 = 0{,}5$ (ind), $\mathcal{Z}_l = 0{,}1 \cdot \theta + j0{,}1 \cdot \kappa$ [Ω]

Ejercicio 10-18

Sabiendo que C1 está conectada en triángulo y C2 en estrella y que la red es de secuencia directa dibuja el diagrama monofásico y calcula:

a) $W1$ [kW]
b) $\mathrm{Re}\left(\mathcal{Z}_l\right)$ [Ω]
c) $\mathrm{Im}\left(\mathcal{Z}_l\right)$ [Ω]
d) $|\mathcal{V}_g^L|$ [V]
e) C^Δ [μF]

$C^\Delta \rightarrow$ batería de condensadores en triángulo a conectar en paralelo con las cargas para que el conjunto tenga fdp unidad.



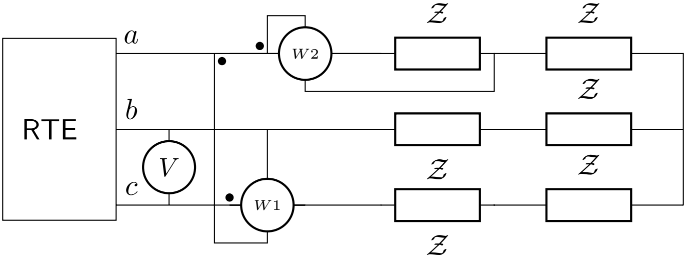
Datos:

$V = 200 + 10 \cdot \lambda$ [V], $P_1 = 15 + \alpha$ [kW,con], $\cos\phi_1 = 0{,}8$ (ind), $P_2 = 2 \cdot \beta$ [kW,con], $\cos\phi_2 = 1$, $W2 = 6 + \alpha$ [kW], $W3 = 5 + \beta$ [kW]

Ejercicio 10-19*

Determina la secuencia de fases de la red y calcula:

a) $W2$ [W]



Datos: $W1 = -1200 - 10 \cdot \kappa$ [W], $\mathcal{Z} = \lambda\underline{/-20 - \eta^{\circ}}$ $[\Omega]$

Ejercicio 10-20*

La red tiene secuencia directa y cede reactiva. Con el interruptor cerrado se conocen las lecturas de $W2$ y A. Dibuja los diagramas fasoriales con el interruptor abierto y cerrado y calcula:

a) $\mathrm{Re}(\mathcal{Z})$ [Ω]

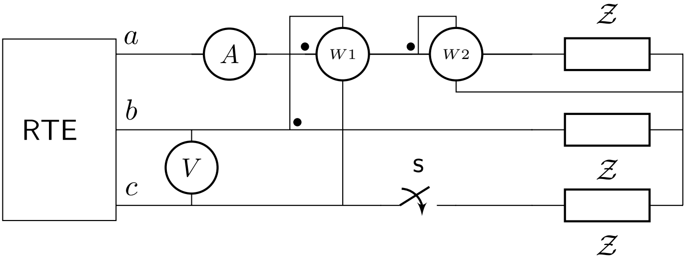
b) $\mathrm{Im}(\mathcal{Z})$ [Ω]

c) $W1$ [kW] (s cerrado)

d) A [A] (s abierto)

e) $W1$ [kW] (s abierto)

f) $W2$ [kW] (s abierto)



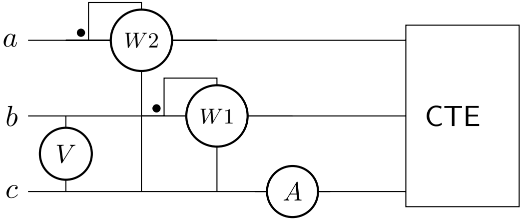
Datos:

$V = 900 + 10 \cdot \alpha$ [V], $A = 40 + \beta$ [A], $W2 = 20 + 0{,}5 \cdot \beta + 0{,}2 \cdot \alpha$ [kW]

Ejercicio 10-21*

La carga trifásica equilibrada está conectada en estrella y es de caracter inductivo. Determina la secuencia de la red y calcula:

a) $\mathrm{Re}(\mathcal{Z}_c)$ [Ω] b) $\mathrm{Im}(\mathcal{Z}_c)$ [Ω] c) A [A]



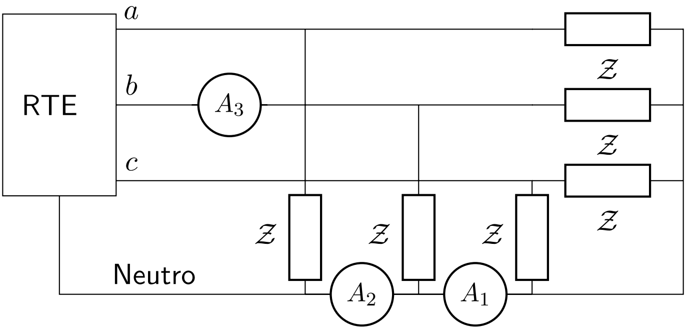
Datos: $V = 300 + 10 \cdot \epsilon$ [V], $W2 = 2 + 0{,}1 \cdot \eta$ [kW], $W1 = 0{,}1 \cdot \theta$ [kW]

Ejercicio 10-22*

Si la red es de secuencia directa y todas las impedancias son iguales, calcula

a) A_2 [A]

b) A_3 [A]



Datos: $A_1 = 10 + \eta$ [A]