

Fundamentos de Ingeniería Eléctrica

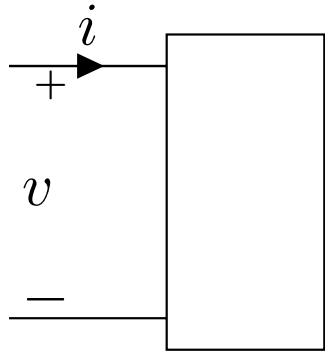
Tema 8: Potencia en alterna

Contenidos

- Potencia instantánea y media
- Potencia activa y reactiva
- Potencia compleja y aparente
- Factor de potencia
- Teorema de Boucherot
- Corrección del factor de potencia
- Medida de potencia
- Teorema de la máxima transferencia de potencia

Potencia instantánea y media

Calculamos la potencia instantánea $p(t)$ considerando criterio consumidor



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

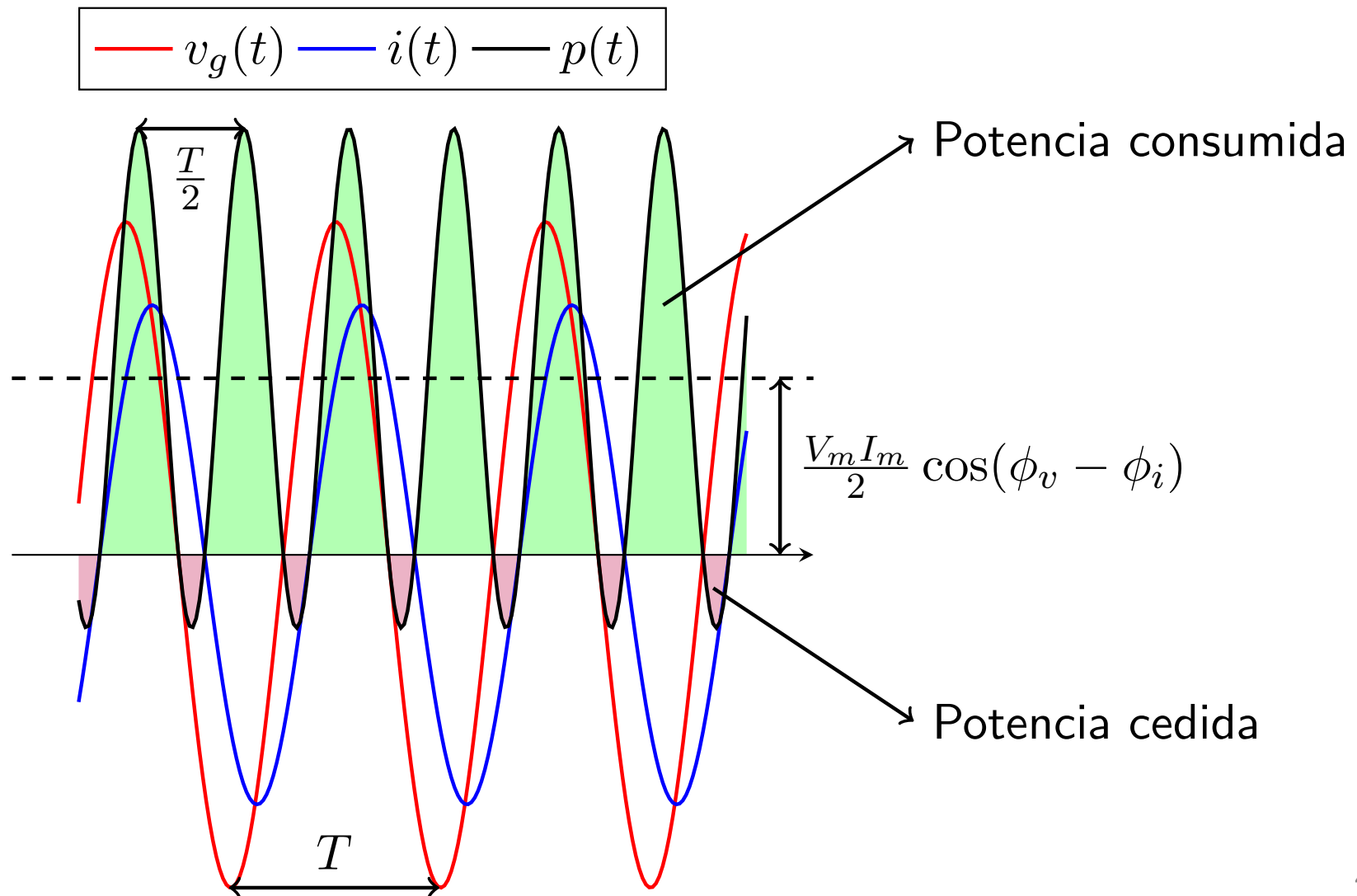
$$i(t) = I_m \cos(\omega t + \phi_i)$$

Tomando como origen de fases la intensidad

$$\begin{aligned} p(t) &= v(t)i(t) = V_m \cos(\omega t + \phi_v - \phi_i) I_m \cos(\omega t) \\ &= V_m I_m \cos(\omega t + \phi_v - \phi_i) \cos(\omega t) = \left[\cos a \cos b = \frac{1}{2} (\cos(a + b) \cos(a - b)) \right] = \\ &= \underbrace{\frac{V_m I_m}{2} \cos(2\omega t + \phi_v - \phi_i)}_{\text{Término sinusoidal}} + \underbrace{\frac{V_m I_m}{2} \cos(\phi_v - \phi_i)}_{\text{Término constante}} \end{aligned}$$

Potencia instantánea y media (cont)

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



Potencia instantánea y media (cont)

- La potencia instantánea es la suma de una constante (potencia media) más una función sinusoidal (potencia fluctuante)
- La potencia instantánea tiene el doble de frecuencia que la señal tensión e intensidad
- La potencia instantánea puede ser consumida o generada para un mismo elemento dependiendo del instante temporal

Potencia activa y reactiva

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

$$P = \frac{V_m I_m}{2} \cos(\phi_v - \phi_i) \implies \boxed{P = V_e I_e \cos \phi} \quad (\text{Vatios [W,con]})$$

$$Q = \frac{V_m I_m}{2} \sin(\phi_v - \phi_i) \implies \boxed{Q = V_e I_e \sin \phi} \quad (\text{Voltiamperios reactivos [VAr,con]})$$

$V_e \rightarrow$ Valor eficaz de la tensión [V]

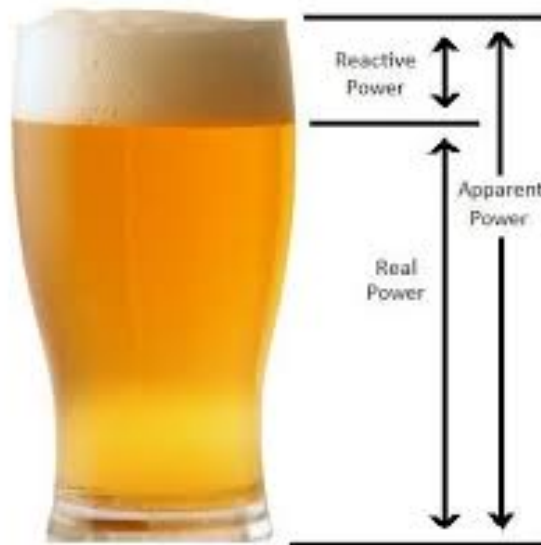
$I_e \rightarrow$ Valor eficaz de la intensidad [A]

$\phi \rightarrow$ Desfase de la tensión - desfase de la intensidad

$\cos \phi \rightarrow$ Factor de potencia (fdp)

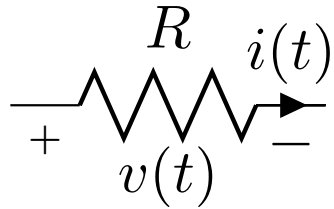
Potencia activa y reactiva (cont)

- La potencia activa es igual a la potencia media, que es la potencia útil para realizar un trabajo (energía calorífica, mecánica, etc.)
- La potencia reactiva es una potencia fluctuante que no es capaz de realizar un trabajo útil
- La potencia reactiva es necesaria para crear campos magnéticos en bobinas y campos eléctricos en condensadores. Los campos eléctricos de las bobinas son fundamentales para el funcionamiento de máquinas eléctricas



Potencia activa y reactiva (cont)

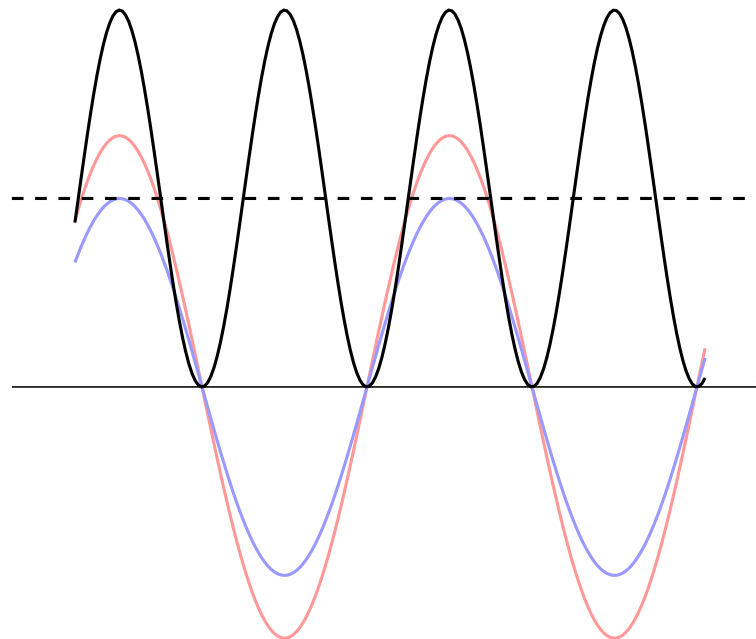
- Resistencia



$$v(t) = 2 \cos 6t$$

$$i(t) = 1,5 \cos 6t$$

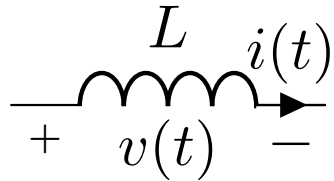
$$P = \frac{2}{\sqrt{2}} \frac{1,5}{\sqrt{2}} \cos(0 - 0) = 1,5 \text{ [W]} \quad Q = \frac{2}{\sqrt{2}} \frac{1,5}{\sqrt{2}} \sin(0 - 0) = 0 \text{ [VAr]}$$



Una resistencia no consume ni cede potencia reactiva

Potencia activa y reactiva (cont)

- Bobina

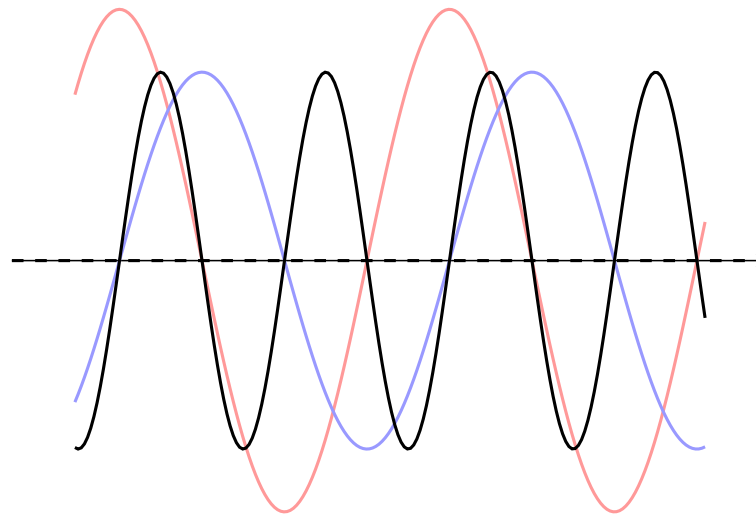


$$v(t) = 2 \cos 6t$$

$$i(t) = 1,5 \cos(6t - 90^\circ)$$

$$P = \frac{2}{\sqrt{2}} \frac{1,5}{\sqrt{2}} \cos(0 + 90) = 0 \text{ [W]}$$

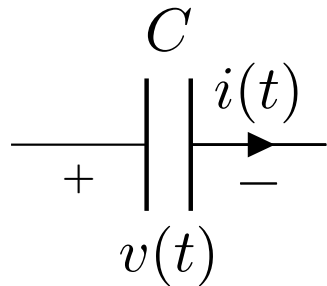
$$Q = \frac{2}{\sqrt{2}} \frac{1,5}{\sqrt{2}} \sin(0 + 90) = 1,5 \text{ [VAr]}$$



Una bobina no consume potencia activa pero sí consume potencia reactiva

Potencia activa y reactiva (cont)

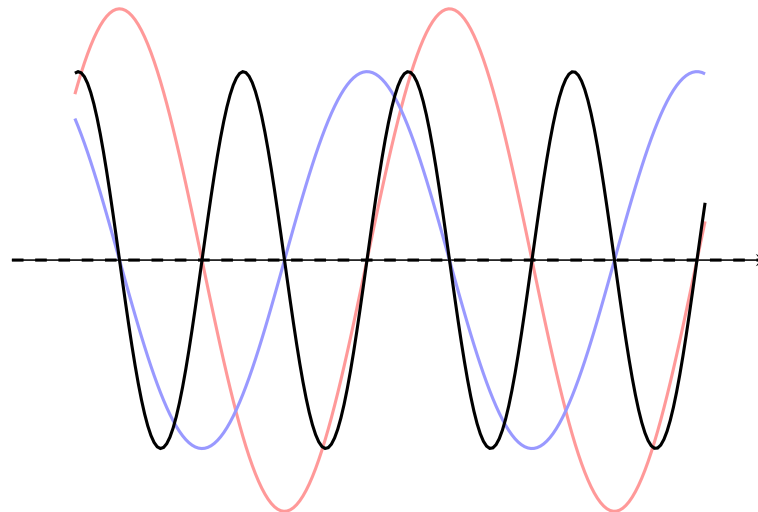
- Condensador



$$v(t) = 2 \cos 6t$$

$$i(t) = 1,5 \cos(6t + 90^\circ)$$

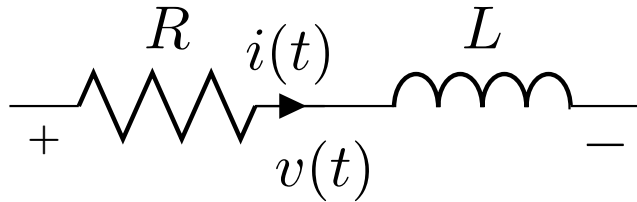
$$P = \frac{2}{\sqrt{2}} \frac{1,5}{\sqrt{2}} \cos(0 - 90) = 0 \text{ [W]} \quad Q = \frac{2}{\sqrt{2}} \frac{1,5}{\sqrt{2}} \sin(0 - 90) = -1,5 \text{ [VAr]}$$



Un condensador no consume potencia activa y cede potencia reactiva

Potencia activa y reactiva (cont)

- Bobina y resistencia

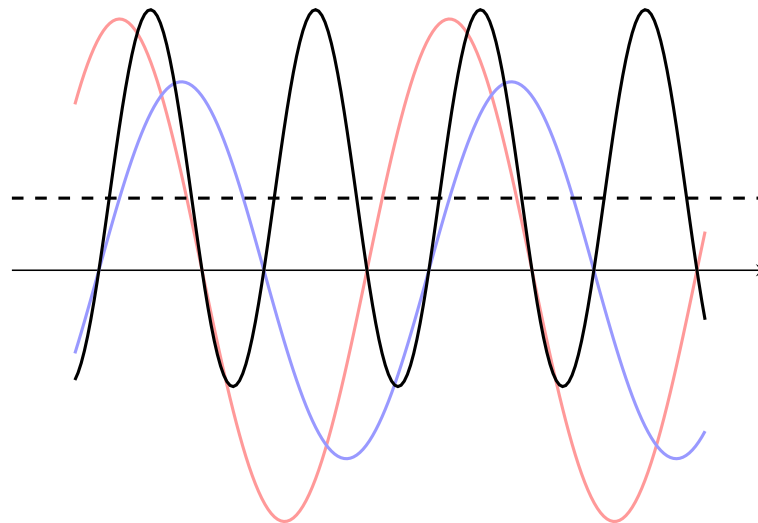


$$v(t) = 2 \cos 6t$$

$$i(t) = 1,5 \cos(6t - 67,5^\circ)$$

$$P = \frac{2}{\sqrt{2}} \frac{1,5}{\sqrt{2}} \cos(0 + 67,5) = 0,57 \text{ [W]}$$

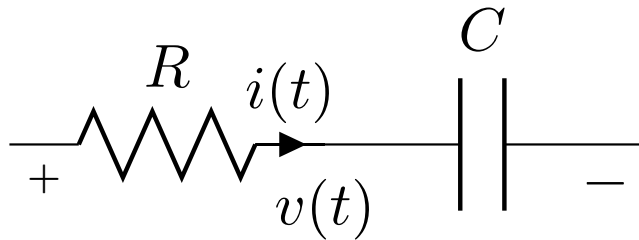
$$Q = \frac{2}{\sqrt{2}} \frac{1,5}{\sqrt{2}} \sin(0 + 67,5) = 1,38 \text{ [VAr]}$$



Una bobina y una resistencia consume potencia activa y reactiva

Potencia activa y reactiva (cont)

- Condensador y resistencia

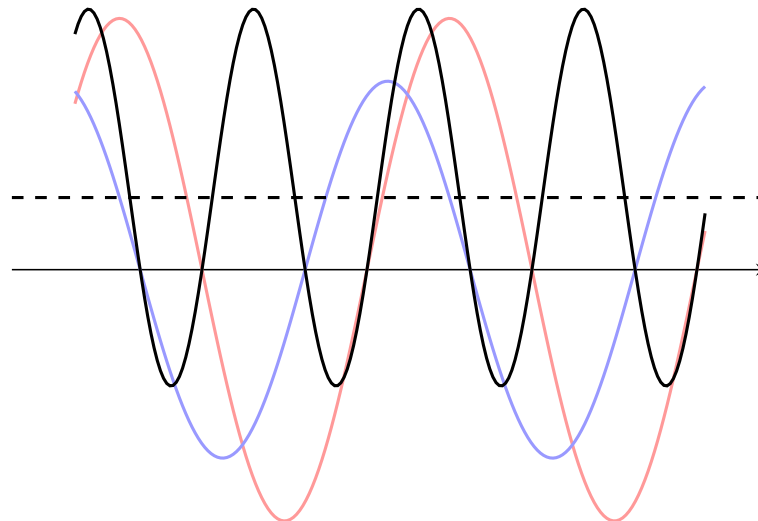


$$v(t) = 2 \cos 6t$$

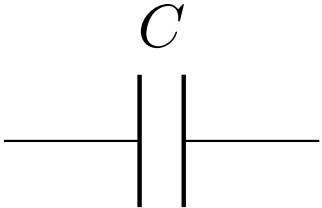
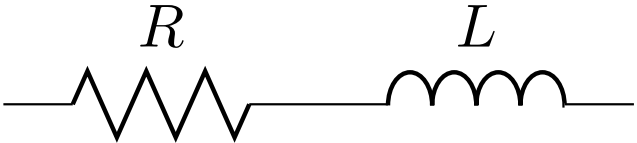
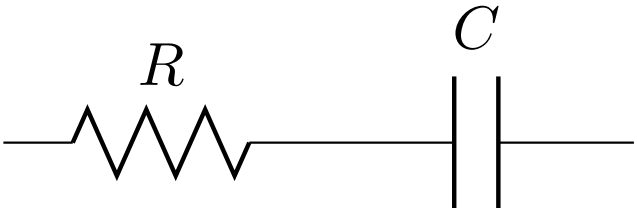
$$i(t) = 1,5 \cos(6t + 67,5^\circ)$$

$$P = \frac{2}{\sqrt{2}} \frac{1,5}{\sqrt{2}} \cos(0 - 67,5) = 0,57 \text{ [W]}$$

$$Q = \frac{2}{\sqrt{2}} \frac{1,5}{\sqrt{2}} \sin(0 - 67,5) = -1,38 \text{ [VAr]}$$



Potencia activa y reactiva (cont)

	$\phi = 0^\circ$	$P > 0$	$Q = 0$
	$\phi = 90^\circ$	$P = 0$	$Q > 0$
	$\phi = -90^\circ$	$P = 0$	$Q < 0$
	$0^\circ < \phi < 90^\circ$	$P > 0$	$Q > 0$
	$-90^\circ < \phi < 0^\circ$	$P > 0$	$Q < 0$

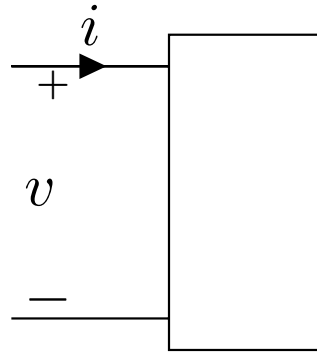
Potencia activa y reactiva (cont)

- Supongamos que tenemos dos remeros, uno de los remeros representa a la tensión, y otro a la intensidad.
- Si ambos reman perfectamente sincronizados, la canoa avanzará rápidamente en línea recta (potencia reactiva nula).
- Si ambos no reman sincronizadamente, la canoa dará tumbos de lado a lado y avanzará más lentamente (potencia reactiva mayor que cero).
- La potencia reactiva no debe entenderse como una potencia tal cual, sino que indica el desfase entre tensión e intensidad.



Ejercicio 8-1

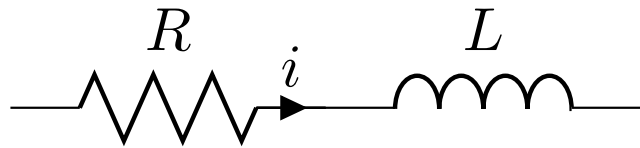
Rellena la tabla para distintos valores de señales de tensión e intensidad



$v(t)$ [V]	$i(t)$ [A]	P [W,con]	Q [VAr,con]
$10 \cdot \alpha \cos(100t)$	$\beta \cos(100t)$	a)	b)
$10 \cdot \gamma \cos(100t + 5 \cdot \delta^\circ)$	$\epsilon \cos(100t)$	c)	d)
$10 \cdot \eta \cos(100t - 5 \cdot \theta^\circ)$	$-\kappa \cos(100t)$	e)	f)
$10 \cdot \lambda \cos(100t)$	$\alpha \cos(100t + 5 \cdot \beta^\circ)$	g)	h)
$10 \cdot \gamma \cos(100t)$	$\delta \sin(100t - 5 \cdot \epsilon^\circ)$	i)	j)

Ejercicio 8-2

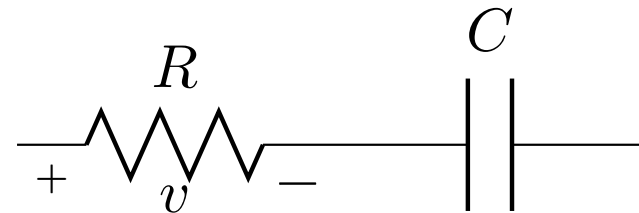
Calcula la potencia activa y reactiva consumida por cada circuito



$$i(t) = \alpha \cos(100 \cdot \beta t + 10 \cdot \gamma^\circ) \text{ [A]}$$

a) P [W,con]

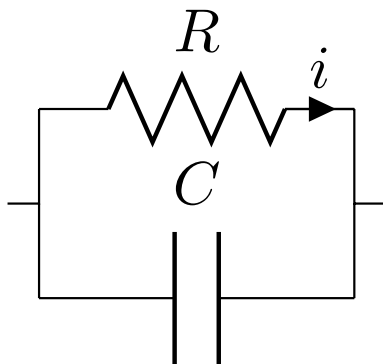
b) Q [VAr,con]



$$v(t) = 10 \cdot \beta \cos(100 \cdot \alpha t + 10 \cdot \gamma^\circ) \text{ [V]}$$

c) P [W,con]

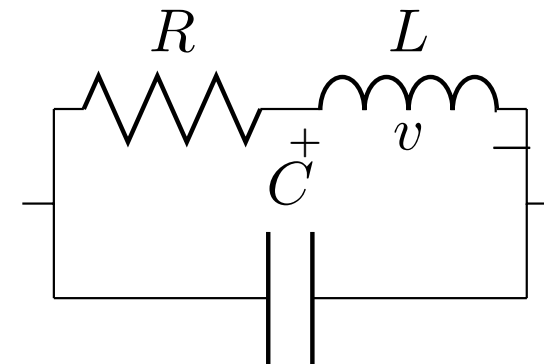
d) Q [VAr,con]



$$i(t) = \beta \cos(100 \cdot \gamma t + 10 \cdot \alpha^\circ) \text{ [A]}$$

e) P [W,con]

f) Q [VAr,con]



$$v(t) = 10 \cdot \alpha \cos(100 \cdot \gamma t + 10 \cdot \beta^\circ) \text{ [V]}$$

g) P [W,con]

h) Q [VAr,con]

Datos: $R = \delta \text{ } [\Omega]$, $L = \lambda \text{ [mH]}$, $C = 0,1 \cdot \eta \text{ [mF]}$

Potencia aparente y potencia compleja

- Potencia compleja (número complejo)

$$\mathcal{S} = P + jQ$$

$$\mathcal{S} = VI \cos \phi + jVI \sin \phi = VI \underline{\angle \phi} = VI \underline{\angle \phi_v - \phi_i} = V \underline{\angle \phi_v} I \underline{\angle -\phi_i} = \mathcal{V} \mathcal{I}^*$$

$$\boxed{\mathcal{S} = \mathcal{V} \mathcal{I}^*}$$

La potencia compleja no es un fasor!!

- Potencia aparente (número real)

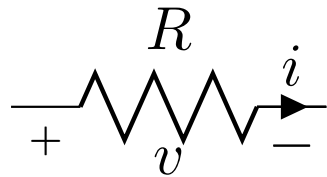
$$S = |\mathcal{S}| = \sqrt{P^2 + Q^2} = VI \text{ [VA]}$$

$$P = VI \cos \phi = S \cos \phi \text{ [W]}$$

$$Q = VI \sin \phi = S \sin \phi \text{ [VAr]}$$

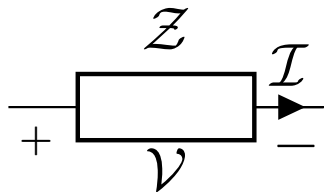
Potencia aparente y potencia compleja (cont)

- Potencia en continua



$$P = Ri^2 = \frac{v^2}{R}$$

- Potencia en alterna



$$Z = R + jX = Z/\phi \quad \mathcal{V} = V\angle 0 \quad \mathcal{V} = ZI \quad I = \frac{\mathcal{V}}{Z}$$

$$S = \mathcal{V}I^* = ZII^* \implies \boxed{S = ZI^2}$$

$$S = \mathcal{V}I^* = \mathcal{V} \left(\frac{\mathcal{V}}{Z} \right)^* = \frac{V\angle 0 V\angle 0}{Z^*} \implies \boxed{S = \frac{V^2}{Z^*}}$$

Potencia aparente y potencia compleja (cont)

- $Z = R$

$$S = ZI^2 = RI^2 \implies P = RI^2 \quad Q = 0$$

$$S = \frac{V^2}{Z^*} = \frac{V^2}{R} \implies P = \frac{V^2}{R} \quad Q = 0$$

- $Z = jX$

$$S = ZI^2 = jXI^2 \implies P = 0 \quad Q = XI^2$$

$$S = \frac{V^2}{Z^*} = \frac{V^2}{-jX} \implies P = 0 \quad Q = \frac{V^2}{X}$$

- $Z = R + jX = Z \angle \phi^\circ$

$$S = ZI^2 = (R + jX)I^2 = RI^2 + jXI^2 \implies P = RI^2 \quad Q = XI^2$$

$$S = \frac{V^2}{Z^*} = \frac{V^2}{Z \angle -\phi^\circ} = \frac{V^2}{Z} \angle \phi^\circ = \frac{V^2}{Z} \cos \phi + j \frac{V^2}{Z} \sin \phi \implies \begin{cases} P = \frac{V^2}{Z} \cos \phi \neq \frac{V^2}{R} \\ Q = \frac{V^2}{Z} \sin \phi \neq \frac{V^2}{X} \end{cases}$$

Potencia aparente y potencia compleja (cont)

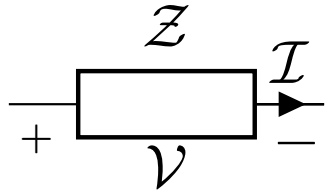
- Si quieres calcular potencia activa y reactiva usando fasores

$$\mathcal{S} = \mathcal{V}\mathcal{I}^* = P + jQ$$

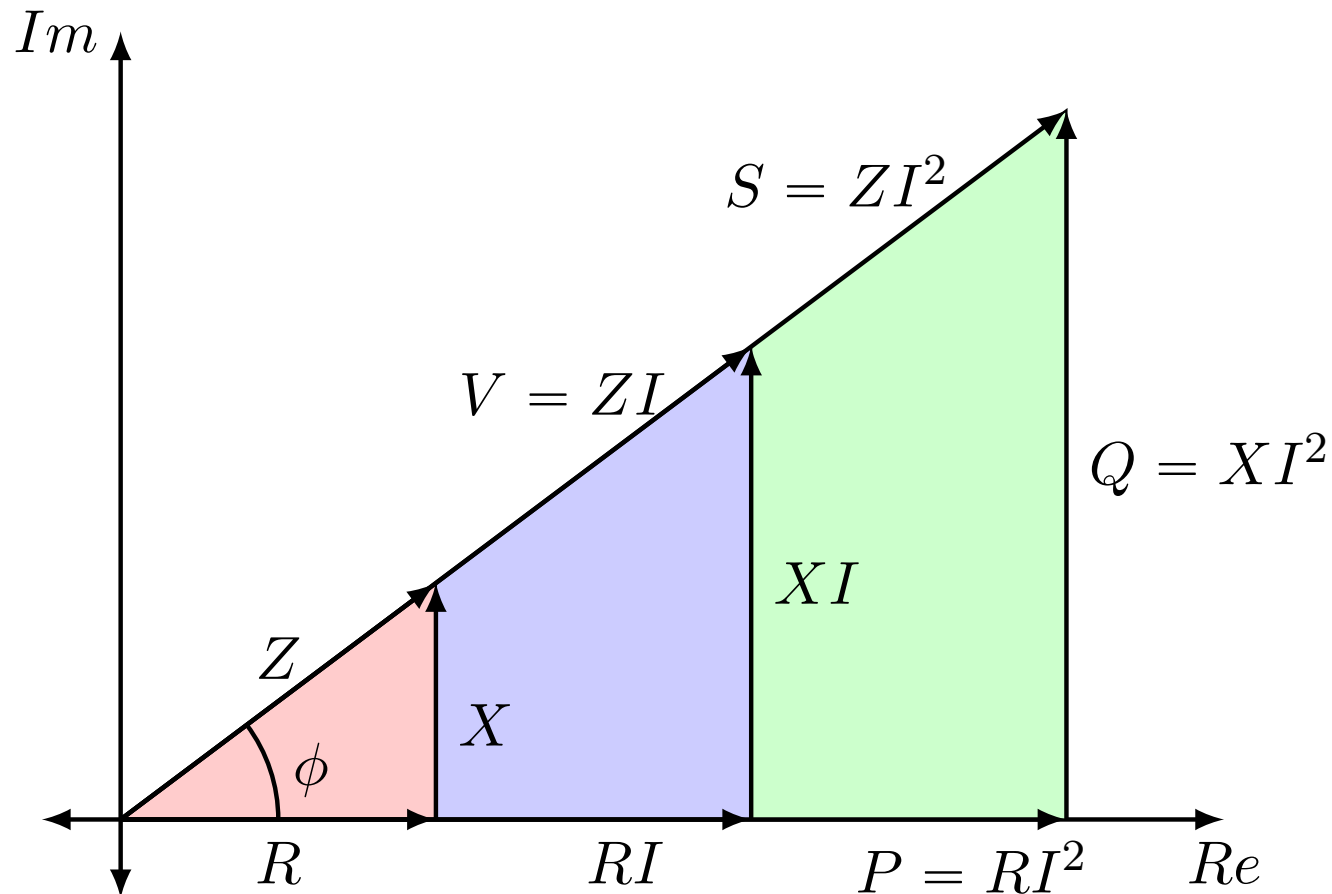
- Si quieres calcular potencia activa y reactiva usando módulos de tensión e intensidad

Impedancia	$P(I)$	$P(V)$	$Q(I)$	$Q(V)$
$Z = R$	$P = RI^2$	$P = \frac{V^2}{R}$	0	0
$Z = jX$	0	0	$Q = XI^2$	$Q = \frac{V^2}{X}$
$Z = R + jX = Z \angle \phi^\circ$	$P = RI^2$	$P = \frac{V^2}{Z} \cos \phi$	$Q = XI^2$	$Q = \frac{V^2}{Z} \sin \phi$

Triángulos de impedancia, tensión y potencia



$$Z = R + jX = Z \angle \phi \quad V = |V| \quad I = |I|$$



Factor de potencia

- El factor de potencia se define como el coseno de la diferencia de fases entre tensión e intensidad

$$\text{fdp} = \cos \phi = \cos(\phi_v - \phi_i)$$

- El factor de potencia varía entre 0 y 1

$$0 \leq \text{fdp} \leq 1$$

- El factor de potencia mide la relación entre la potencia activa y aparente que consume un circuito

$$\cos \phi = \frac{P}{S}$$

- El factor de potencia de una carga depende únicamente de cuestiones constructivas (valores de elementos pasivos y conexiones)

$$\cos \phi = \frac{R_{eq}}{\sqrt{R_{eq}^2 + X_{eq}^2}}$$

Factor de potencia (cont)

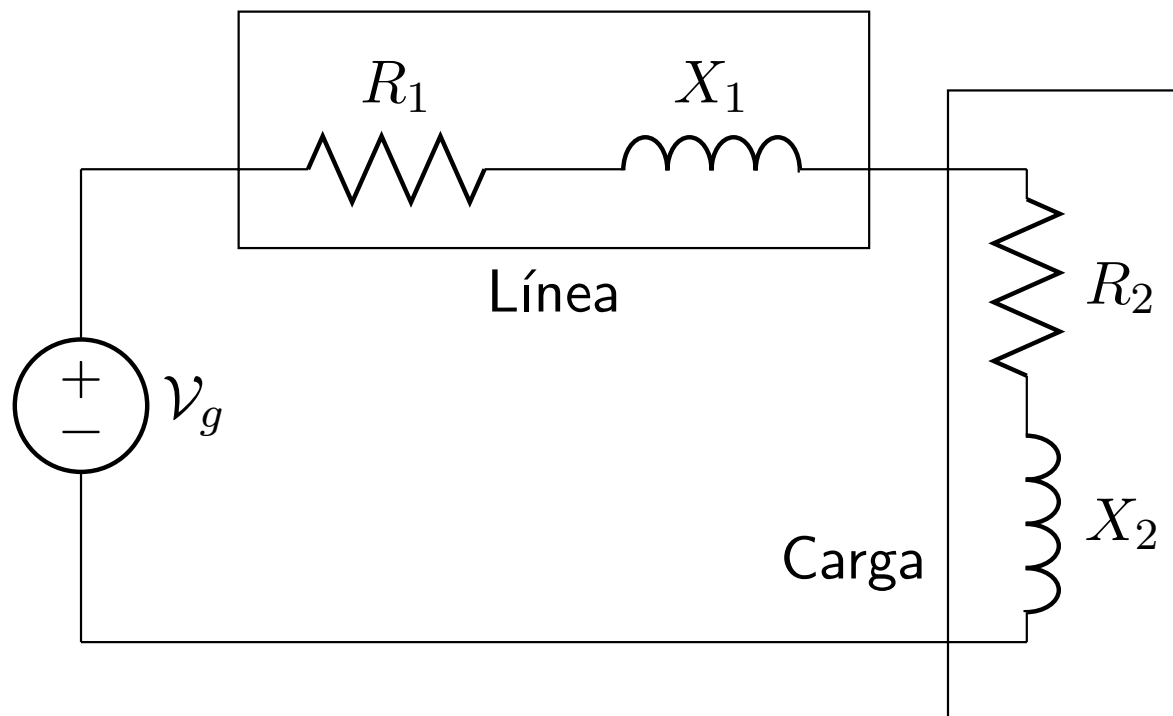
Factor de potencia	Tipo de circuito	Potencia activa	Potencia reactiva
$\cos \phi = 1$	Resistivo puro	$P > 0$	$Q = 0$
$\cos \phi = 0$	Inductivo puro	$P = 0$	$Q > 0$
$\cos \phi = 0$	Capacitivo puro	$P = 0$	$Q < 0$
$0 < \cos \phi < 1$	Inductivo	$P > 0$	$Q > 0$
$0 < \cos \phi < 1$	Capacitivo	$P > 0$	$Q < 0$

No es suficiente con saber el valor del factor de potencia, tienen que decirte si es inductivo o capacitivo!!

Ejercicio 8-3

Calcula la potencia activa y reactiva consumidas por la línea y la carga, así como el correspondiente factor de potencia. Calcula la potencia activa y reactiva suministrada por la fuente y su factor de potencia.

- | | | |
|--------------------|--------------------|--------------------|
| a) P_1 [W,con] | d) P_2 [W,con] | g) P_g [W,gen] |
| b) Q_1 [VAr,con] | e) Q_2 [VAr,con] | h) Q_g [VAr,gen] |
| c) $\cos \phi_1$ | f) $\cos \phi_2$ | i) $\cos \phi_g$ |



Datos:

$$\mathcal{V}_g = (200 + 10 \cdot \lambda) \angle 0^\circ \text{ [V]}$$

$$R_1 = \kappa \text{ } [\Omega]$$

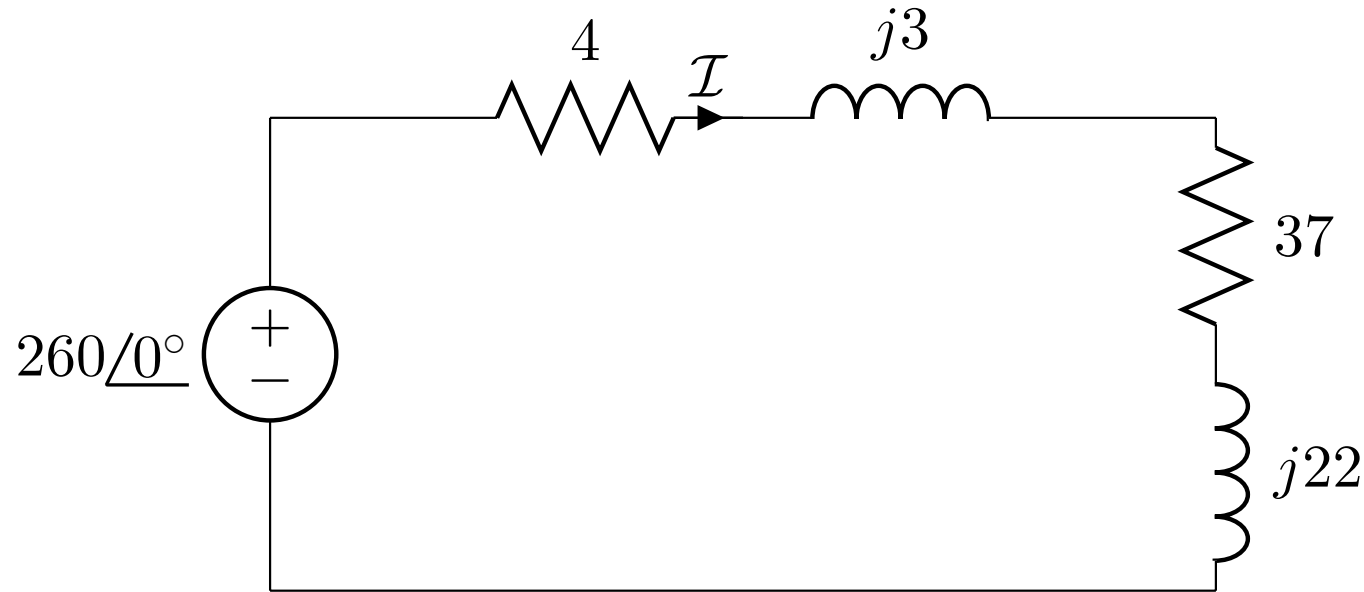
$$X_1 = j\theta \text{ } [\Omega]$$

$$R_2 = 30 + \eta \text{ } [\Omega]$$

$$X_2 = j(20 + \epsilon) \text{ } [\Omega]$$

Solución 8-3

- 1) Resuelvo el circuito en alterna usando fasores por mallas, nudos, etc.



$$\mathcal{I} = \frac{260/0^\circ}{4 + j3 + 37 + j22} = 5,41 \angle -31,37^\circ \text{ [A]}$$

$$\mathcal{V}_1 = (4 + j3)\mathcal{I} = 27,07 \angle 5,49^\circ \text{ [V]}$$

$$\mathcal{V}_2 = (37 + j22)\mathcal{I} = 233,07 \angle -0,64^\circ \text{ [V]}$$

Solución 8-3 (cont)

2) Calculo la potencia compleja de cada elemento como $\mathcal{S} = \mathcal{V}\mathcal{I}^*$

$$\begin{aligned}\mathcal{S}_1 &= \mathcal{V}_1\mathcal{I}^* = 27,07\angle 5,49^\circ 5,41\angle 31,37^\circ = 146,57\angle 36,87^\circ = \\ &= 117,26 + j87,97 \text{ [VA]} \implies \begin{cases} P_1 = 117,26 \text{ [W,con]} \\ Q_1 = 87,94 \text{ [VAr,con]} \end{cases}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mathcal{S}_2 &= \mathcal{V}_2\mathcal{I}^* = 233,07\angle -0,64^\circ 5,41\angle 31,37^\circ = 1261,90\angle 30,74^\circ = \\ &= 1084,65 + j644,93 \text{ [VA]} \implies \begin{cases} P_2 = 1084,65 \text{ [W,con]} \\ Q_2 = 644,93 \text{ [VAr,con]} \end{cases}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mathcal{S}_g &= \mathcal{V}_g\mathcal{I}^* = 260\angle 0^\circ 5,41\angle 31,37^\circ = 1407,72\angle 31,37^\circ = \\ &= 1201,91 + j732,87 \text{ [VA]} \implies \begin{cases} P_g = 1201,91 \text{ [W,gen]} \\ Q_g = 732,87 \text{ [VAr,gen]} \end{cases}\end{aligned}$$

Solución 8-3 (cont)

3) Calculo el factor de potencia como $\cos \phi = \frac{P}{S}$

$$\cos \phi_1 = \frac{117,26}{146,57} = 0,80 \text{ (inductivo)}$$

$$\cos \phi_2 = \frac{1084,65}{1261,90} = 0,86 \text{ (inductivo)}$$

$$\cos \phi_g = \frac{1201,91}{1407,72} = 0,85 \text{ (inductivo)}$$

Los factores de potencia también se pueden calcular usando únicamente las impedancias (recuerda los triángulos semejantes)

$$\cos \phi_1 = \frac{4}{\sqrt{4^2 + 3^2}} = 0,80 \text{ (inductivo)}$$

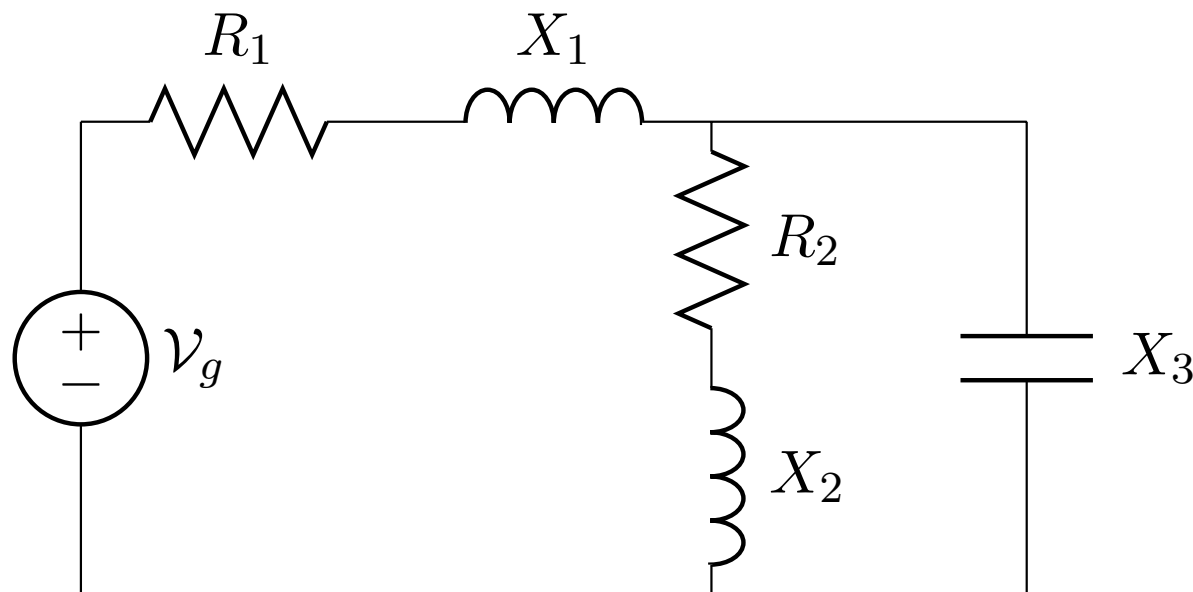
$$\cos \phi_2 = \frac{37}{\sqrt{37^2 + 22^2}} = 0,86 \text{ (inductivo)}$$

$$\cos \phi_g = \frac{4 + 37}{\sqrt{(4 + 37)^2 + (3 + 22)^2}} = 0,85 \text{ (inductivo)}$$

Ejercicio 8-4

Calcula la potencia activa y reactiva consumidas por las tres impedancias del circuito. Calcula la potencia activa y reactiva suministrada por la fuente y su factor de potencia. Calcula el factor de potencia de dos maneras diferentes.

- | | | | |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| a) P_1 [W,con] | d) P_2 [W,con] | g) P_3 [W,con] | j) P_g [W,gen] |
| b) Q_1 [VAr,con] | e) Q_2 [VAr,con] | h) Q_3 [VAr,con] | k) Q_g [VAr,gen] |
| c) $\cos \phi_1$ | f) $\cos \phi_2$ | i) $\cos \phi_3$ | l) $\cos \phi_g$ |



Datos:

$$\mathcal{V}_g = (200 + 10 \cdot \lambda) \angle 0^\circ \text{ [V]}$$

$$R_1 = \kappa \text{ } [\Omega]$$

$$X_1 = j\theta \text{ } [\Omega]$$

$$R_2 = 30 + \eta \text{ } [\Omega]$$

$$X_2 = j(20 + \epsilon) \text{ } [\Omega]$$

$$X_3 = -j(100 + \delta) \text{ } [\Omega]$$

Ejercicio 8-4 (cont)

Los circuitos de los ejercicio 8-3 y 8-4 son prácticamente iguales. La única diferencia es el condensador colocado en paralelo con la carga. Compara las potencias activas y reactivas consumidas por las impedancias y generadas por las fuente. ¿Qué conclusión sacas de los resultados?

	Ejercicio 8-3	Ejercicio 8-4
P_1 [W,con]		
Q_1 [VAr,con]		
P_2 [W,con]		
Q_2 [VAr,con]		
P_3 [W,con]		
Q_3 [VAr,con]		
P_g [W,gen]		
Q_g [VAr,gen]		

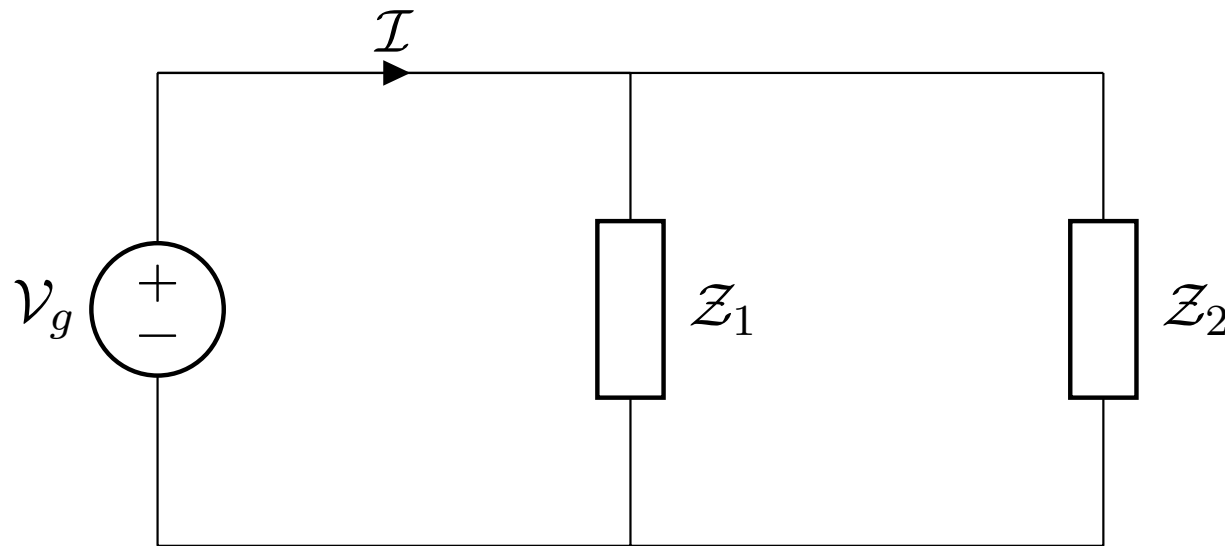
Ejercicio 8-5

Para el circuito de alterna de la figura calcula

a) $|\mathcal{I}|$ [A]

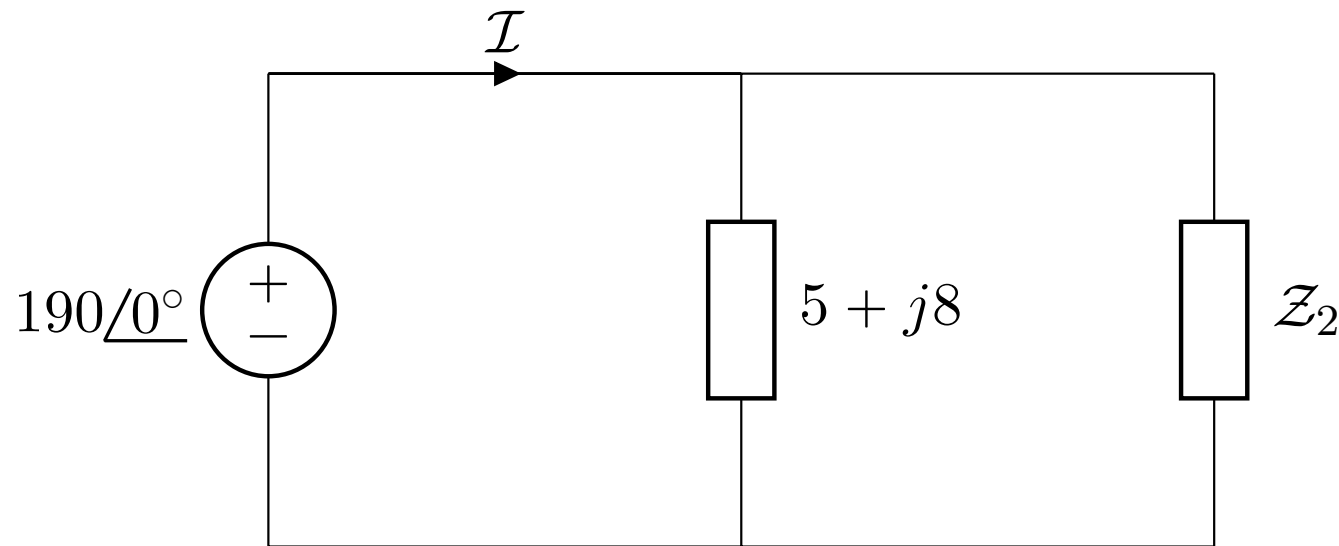
b) P_g [W,gen]

c) Q_g [VAr,gen]



Datos: $\mathcal{V}_g = 100 + 10 \cdot \alpha$ [V], $\mathcal{Z}_1 = \beta + j\gamma$ [Ω], $P_2 = 1000 \cdot \delta$ [W,con], $\cos \phi_2 = 0,1 \cdot \epsilon$ (inductivo)

Solución 8-5



Para calcular el valor de Z_2 hacemos

$$P_2 = S_2 \cos \phi_2 \implies S_2 = \frac{P_2}{\cos \phi_2} = \frac{1000}{0,2} = 5000 \text{ [VA]}$$

$$S_2 = S_2 \cos \phi_2 + jS_2 \sin \phi_2 = 1000 + j4898,98 \text{ [VA]}$$

$$S_2 = \mathcal{V}_g \mathcal{I}_2^* \implies \mathcal{I}_2 = \frac{S_2^*}{\mathcal{V}_g^*} = \frac{1000 - j4898,98}{190\angle 0^\circ} = 26,32\angle -78,46^\circ \text{ [A]}$$

$$Z_2 = \frac{\mathcal{V}_g}{\mathcal{I}_2} = \frac{190\angle 0^\circ}{26,32\angle -78,46^\circ} = 7,22\angle 78,46^\circ \text{ [\Omega]}$$

Solución 8-5 (cont)

A continuación resolvemos el circuito

$$\mathcal{I} = \frac{\mathcal{V}_g}{\mathcal{Z}_1 || \mathcal{Z}_2} = 45,73 \angle -69,60^\circ \text{ [A]}$$

$$\mathcal{S}_g = \mathcal{V}_g \mathcal{I}^* = 190 \angle 0^\circ 45,73 \angle -69,60^\circ = 3028,09 + j8143,92 \text{ [VA,gen]}$$

$$P_g = 3028,09 \text{ [W,gen]}$$

$$Q_g = 8143,92 \text{ [VAr,gen]}$$

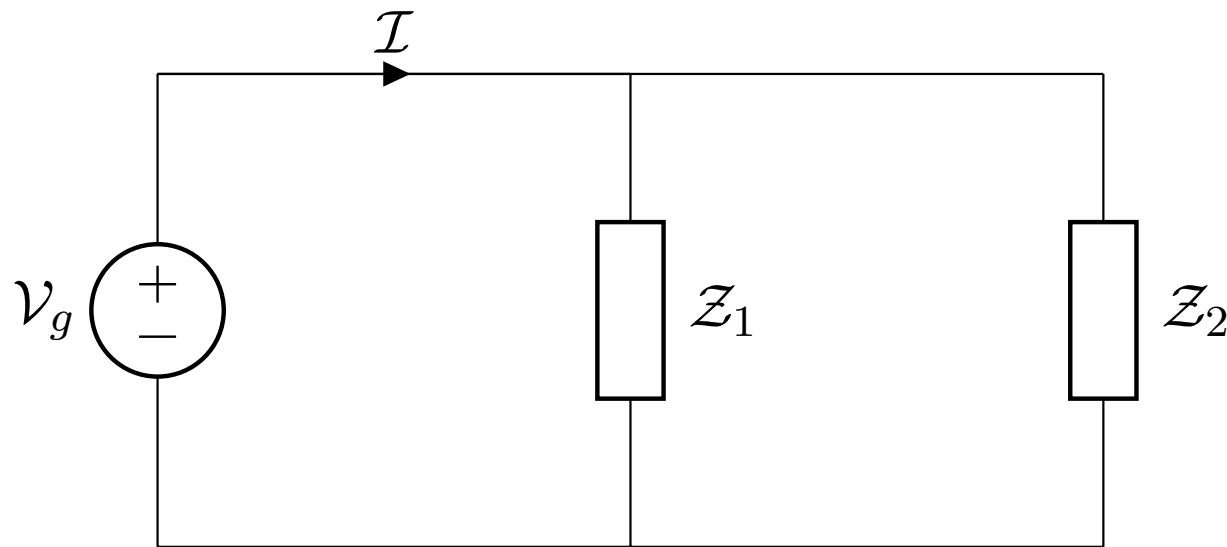
Ejercicio 8-6

Para el circuito de alterna de la figura calcula

a) $|\mathcal{I}|$ [A]

b) P_g [W,gen]

c) Q_g [VAr,gen]



Datos: $\mathcal{V}_g = 100 + 10 \cdot \alpha$ [V], $P_1 = 1000 \cdot \kappa$ [W,con], $\cos \phi_1 = 0,1 \cdot \lambda$ (capacitivo), $P_2 = 1000 \cdot \epsilon$ [W,con], $\cos \phi_2 = 0,1 \cdot \delta$ (inductivo)

Teorema de Boucherot

- La suma de potencias activas generadas en un circuito es igual a la suma de potencias activas consumidas

$$\sum_k P_k = 0$$

- La suma de potencias reactivas generadas en un circuito es igual a la suma de potencias reactivas consumidas

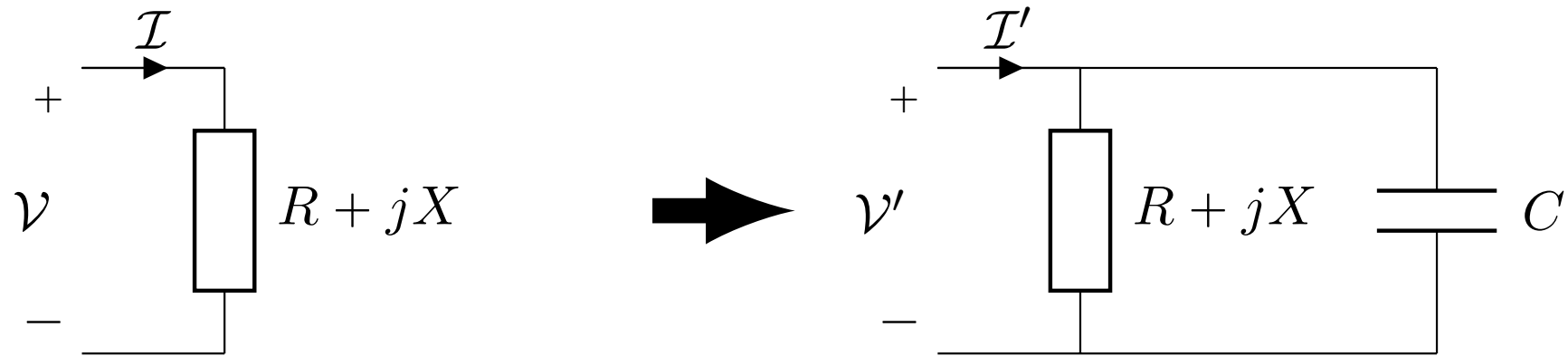
$$\sum_k Q_k = 0$$

- Comprueba que este teorema se cumple en tus resultados de los ejercicios 8-3 y 8-4

Corrección del factor de potencia

- Los ejercicios 8-3 y 8-4 muestran que conectar un condensador en paralelo con una carga reduce el módulo de la intensidad y las pérdidas en la línea
- Corregir el fdp de una instalación es un problema muy importante porque
 - Los contadores eléctricos miden el módulo de la intensidad
 - Reduce las pérdidas en las líneas
 - Contribuye al mejor aprovechamiento de las líneas
- En la mayoría de los casos, las cargas son inductivas (máquinas eléctricas del ascensor, por ejemplo)
- Se suelen instalar bancos de condensadores para compensar la reactiva de dichas cargas y acercar el factor de potencia resultante a la unidad
- Determinar la capacidad del condensador que da lugar a un determinado fdp de la carga depende únicamente de cuestiones constructivas

Corrección del factor de potencia (cont)



Calculamos el valor de C para conseguir un fdp igual a $\cos \phi'$

$$Z' = (R + jX) \parallel (-jX_C) = \frac{(R + jX)(-jX_C)}{R + j(X - X_C)} =$$

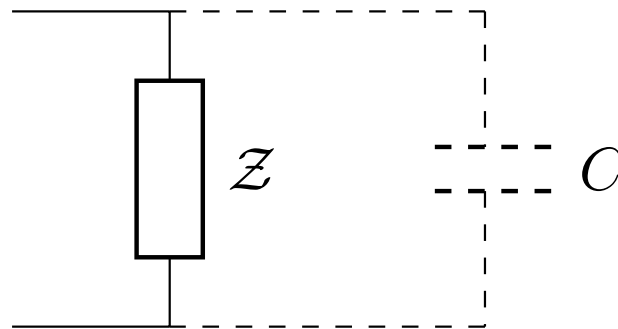
$$= \frac{RX_C^2}{R^2 + (X - X_C)^2} - j \frac{X_C(X^2 + R^2 - X \cdot X_C)}{R^2 + (X - X_C)^2}$$

$$\tan \phi' = \frac{-X_C(X^2 + R^2 - X \cdot X_C)}{RX_C^2} \implies X_C = \frac{X^2 + R^2}{X - R \tan \phi'}$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} \implies C = \frac{X - R \tan \phi'}{2\pi f Z^2} \implies \boxed{C = \frac{R(\tan \phi - \tan \phi')}{2\pi f Z^2}}$$

Ejercicio 8-7

Calcula la capacidad de un condensador (C [μF]) a colocar en paralelo con la impedancia $\mathcal{Z}$ para que el factor de potencia (inductivo) resultante sea $\cos \phi' = 0,9 + 0,01 \cdot \alpha$.



Datos: $\mathcal{Z} = \beta + j\beta$ [Ω], $f = 50$ [Hz]

Solución 8-7

Para resolver este ejercicio simplemente sustituimos en la fórmula

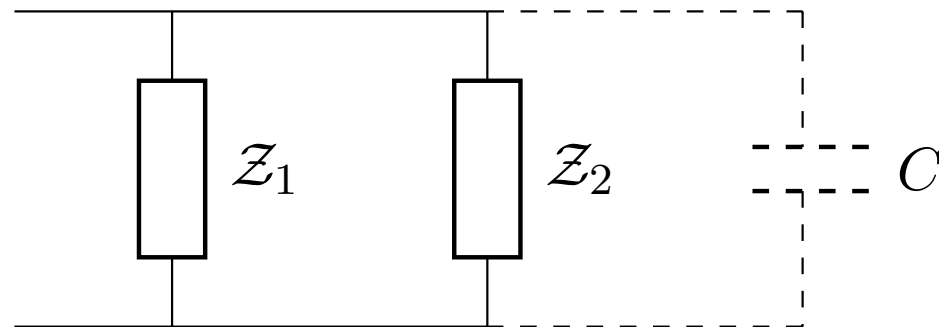
$$\cos \phi' = 0,99 \qquad \mathcal{Z} = 5 + j5$$

$$X_C = \frac{5^2 + 5^2}{5 - 5 \operatorname{tg} 8,11^\circ} = 11,66$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} \implies C = \frac{1}{2\pi f X_C} = 272,95 \text{ } [\mu\text{F}]$$

Ejercicio 8-8

Calcula la capacidad de un condensador (C [μF]) a colocar en los terminales A y B para que el factor de potencia (inductivo) resultante sea $\cos \phi' = 0,9 + 0,01 \cdot \gamma$



Datos: $Z_1 = \delta + j10 \cdot \epsilon$ [Ω], $Z_2 = \eta + j\theta$ [Ω], $f = 50$ [Hz]

Corrección del factor de potencia (cont)

En la práctica no conocemos la impedancia de la carga, ya que no es fija y depende, por ejemplo, del nivel de tensión. Lo que conocemos es:

- El módulo de la tensión inicial en la carga $V = |\mathcal{V}|$
- La potencia activa inicial consumida por la carga P
- El factor de potencia inicial de la carga $\cos \phi$

Podemos derivar la impedancia de la carga y obtener la capacidad del condensador en función de dichos datos:

$$P = VI \cos \phi = V \frac{V}{Z} \cos \phi \implies Z = \frac{V^2 \cos \phi}{P}$$

$$R = Z \cos \phi$$

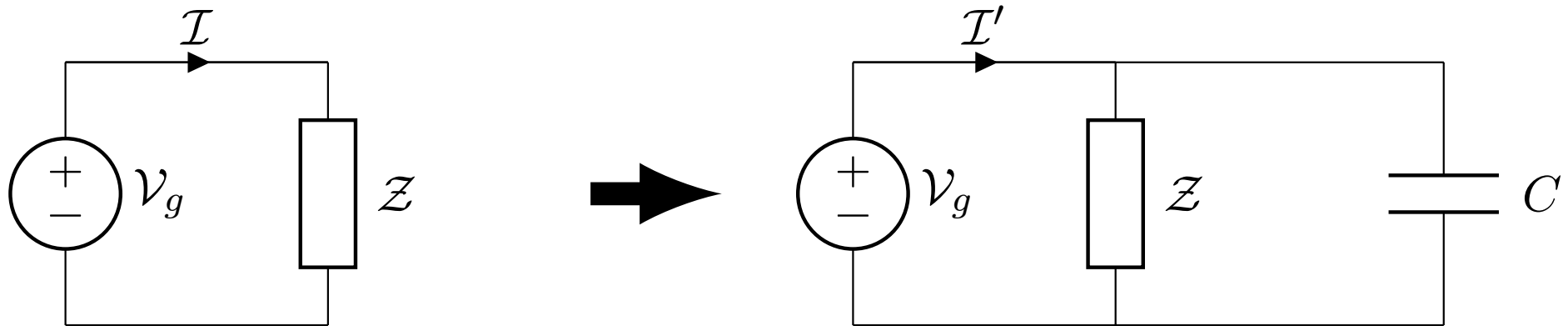
Sustituimos en la expresión de la transparencia 36 y obtenemos

$$C = \frac{R(\operatorname{tg} \phi - \operatorname{tg} \phi')}{2\pi f Z^2} = \frac{\cos \phi (\operatorname{tg} \phi - \operatorname{tg} \phi')}{2\pi f Z} \implies \boxed{C = \frac{P(\operatorname{tg} \phi - \operatorname{tg} \phi')}{2\pi f V^2}}$$

V y P son la tensión y potencia activa originales en la carga!!

Corrección del factor de potencia (cont)

Supongamos el caso particular en el que la tensión en bornas de la carga no varía porque está conectada a una fuente de tensión ideal



Si conocemos la tensión original ($V_g = |\mathcal{V}_g|$), la potencia activa original (P), el factor de potencia original ($\cos \phi$) y el factor de potencia deseado ($\cos \phi'$), la capacidad del condensador se calcula como

$$C = \frac{P(\operatorname{tg} \phi - \operatorname{tg} \phi')}{2\pi f V_g^2}$$

Corrección del factor de potencia (cont)

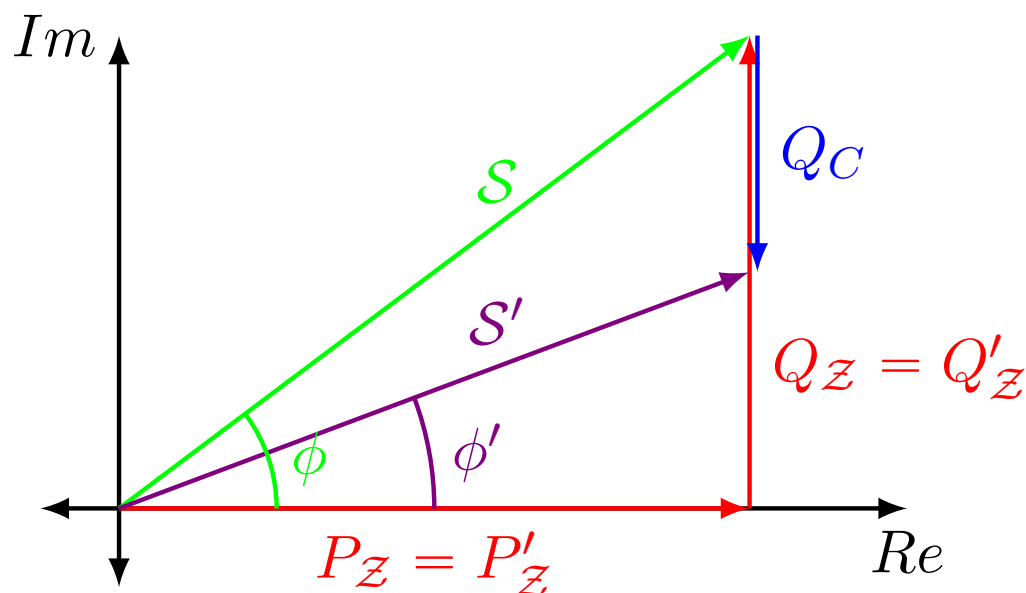
Como la tensión en bornes del condensador no cambia, la potencia activa y reactiva consumidas por la carga no varía, es decir,

$$P'_Z = P_Z = \frac{V_g^2}{Z} \cos \phi \qquad Q'_Z = Q_Z = \frac{V_g^2}{Z} \sin \phi$$

La potencia reactiva generada por el condensador es

$$Q_C = 2\pi f C V_g^2 = 2\pi f \frac{P_Z (\tan \phi - \tan \phi')}{2\pi f V_g^2} V_g^2 = P_Z (\tan \phi - \tan \phi')$$

Lo que daría lugar al siguiente triángulo de potencias



S → Potencia de compleja de la carga original

S' → Potencia de compleja de la carga compensada

Ejercicio 8-9

Calcula la capacidad de un condensador (C [μF]) a colocar en paralelo con la impedancia $\mathcal{Z}_C$ para que el factor de potencia (inductivo) resultante sea $\cos \phi' = 0,9 + 0,01 \cdot \alpha$. Calcula

a) $|\mathcal{I}_L|$ [A]

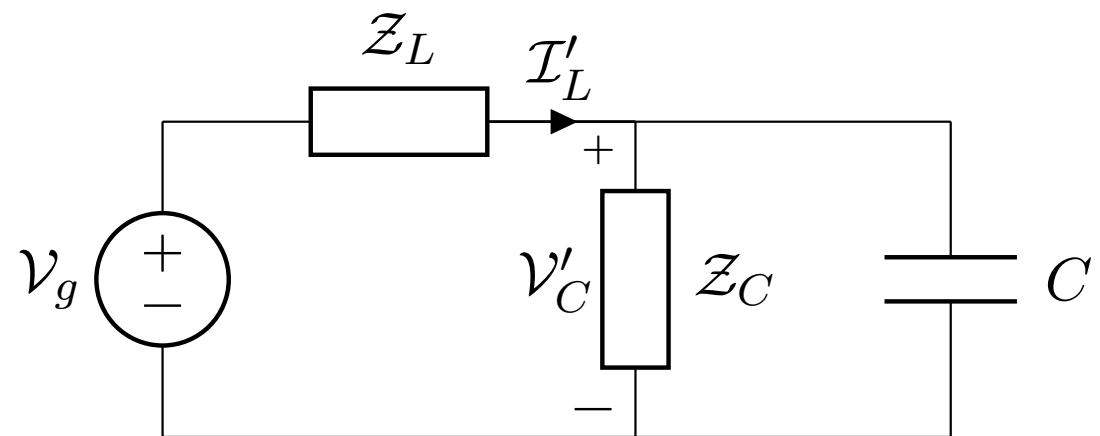
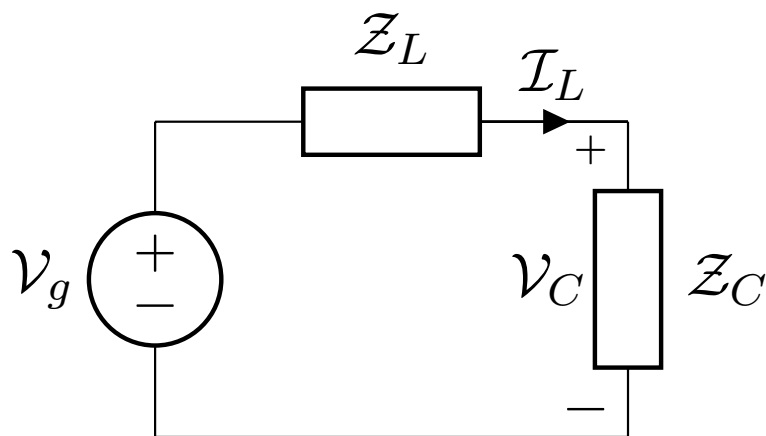
c) P_L [W,con]

e) $|\mathcal{V}'_C|$ [V]

b) $|\mathcal{V}_C|$ [V]

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

f) P'_L [W,con]



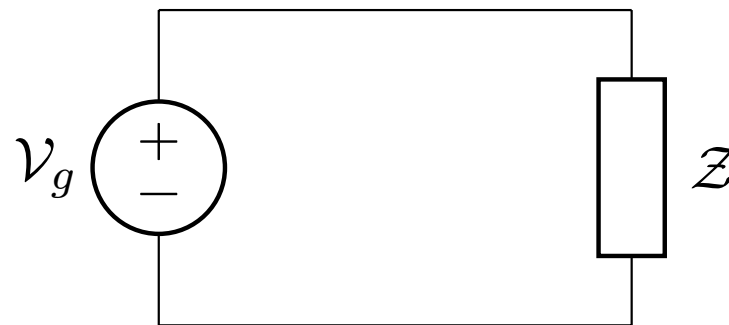
Datos: $\mathcal{V}_g = (100 + 10 \cdot \gamma) \angle 0^\circ$ [V], $\mathcal{Z}_L = 0,1 \cdot \delta + j0,1 \cdot \epsilon$ [Ω], $\mathcal{Z}_C = \beta + j\beta$ [Ω], $f = 50$ [Hz]

Ejercicio 8-10

Calcula la capacidad de la batería de condensadores (C [μF]) a colocar en paralelo con la carga para que el fdp resultante sea

a) $0,9 + 0,01 \cdot \delta$ (ind)

b) $0,9 + 0,01 \cdot \delta$ (cap)



Datos: $\mathcal{V}_g = 200 + 10 \cdot \alpha$ [V], $P = \beta$ [kW, con], $\cos \phi = 0,5 + 0,01 \cdot \gamma$ (ind), $f = 50$ [Hz]

Solución 8-10

Simplemente aplico la fórmula:

$$\cos \phi = 0,58 \implies \operatorname{tg} \phi = 1,4045$$

$$\cos \phi' = 0,91 \text{ (ind)} \implies \operatorname{tg} \phi' = 0,4556$$

$$C = \frac{P(\operatorname{tg} \phi - \operatorname{tg} \phi')}{2\pi f V^2} = \frac{5000(1,4045 - 0,4556)}{2\pi 50 (290)^2} = 179,57 \text{ } [\mu\text{F}]$$

Aplico otra vez la fórmula:

$$\cos \phi = 0,58 \implies \operatorname{tg} \phi = 1,4045$$

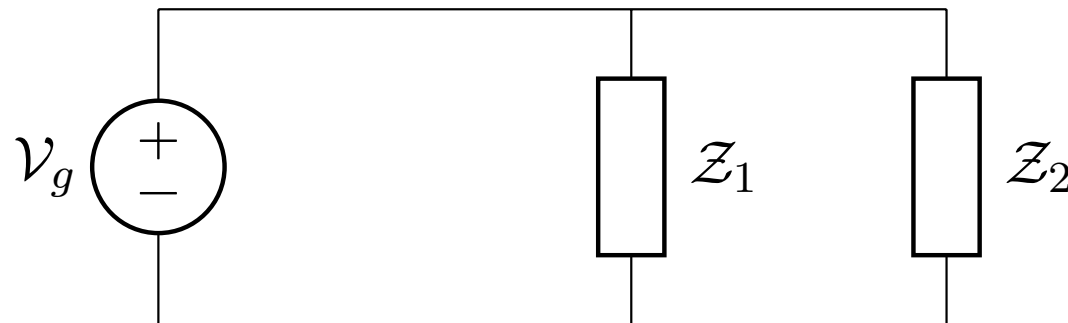
$$\cos \phi' = 0,91 \text{ (cap)} \implies \operatorname{tg} \phi' = -0,4556$$

$$C = \frac{P(\operatorname{tg} \phi - \operatorname{tg} \phi')}{2\pi f V^2} = \frac{5000(1,4045 + 0,4556)}{2\pi 50 (290)^2} = 352,01 \text{ } [\mu\text{F}]$$

Mucho cuidado al usar el arco coseno de la calculadora!!

Ejercicio 8-11

Calcula la capacidad de la batería de condensadores (C [μF]) a colocar en paralelo con las cargas $\mathcal{Z}_1$ y $\mathcal{Z}_2$ para que el fdp resultante de dichas cargas y el condensador sea $0,9 + 0,01 \cdot \theta$ (ind).



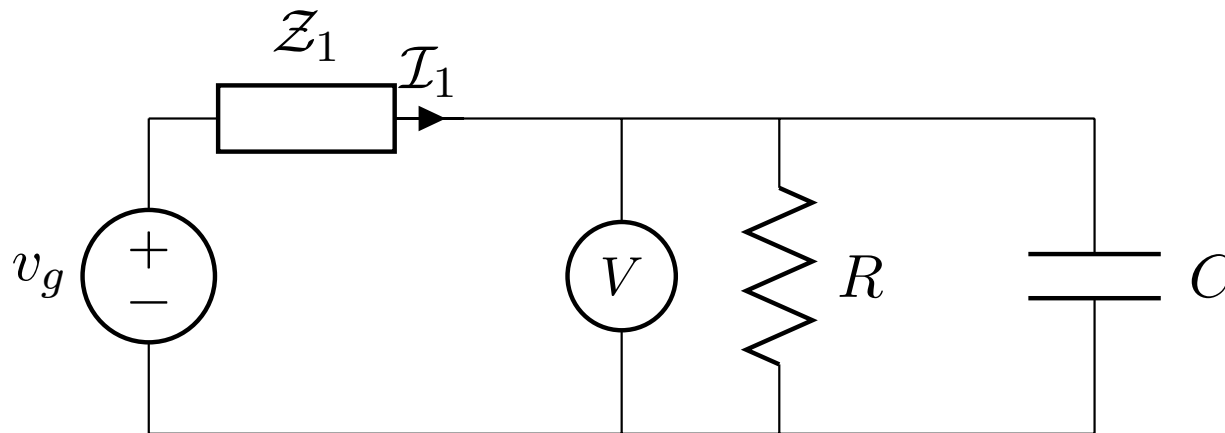
Datos: $\mathcal{V}_g = (200 + 10 \cdot \lambda) \angle 10\kappa^\circ$ [V], $P_1 = \epsilon$ [kW,con], $Q_1 = \delta$ [kVAr,con], $P_2 = \gamma$ [kW,con], $\cos \phi_2 = 0,5 + 0,01 \cdot \beta$ (ind), $f = 50$ [Hz]

Ejercicio 8-12

Sabiendo que la fuente absorbe reactiva, calcula

- | | | |
|--------------------------|--|--|
| a) $ \mathcal{I}_1 $ [A] | c) C [μ F] | e) $\text{Im}(\mathcal{Z}_1)$ [Ω] |
| b) R [Ω] | d) $\text{Re}(\mathcal{Z}_1)$ [Ω] | f) L [mH] |

L = inductancia de una bobina a colocar en paralelo con R y C para que el fdp de resistencia, condensador y bobina sea igual a 1.



Datos: $v_g(t) = (300 + 10 \cdot \alpha) \cos(100\pi t)$ [V], $V = 200 + 5 \cdot \alpha$ [V], $P_{R+C} = 4$ [kW,con], $\cos \phi_{R+C} = 0,8$, $P_g = 4 + 0,1 \cdot \gamma$ [kW,gen]

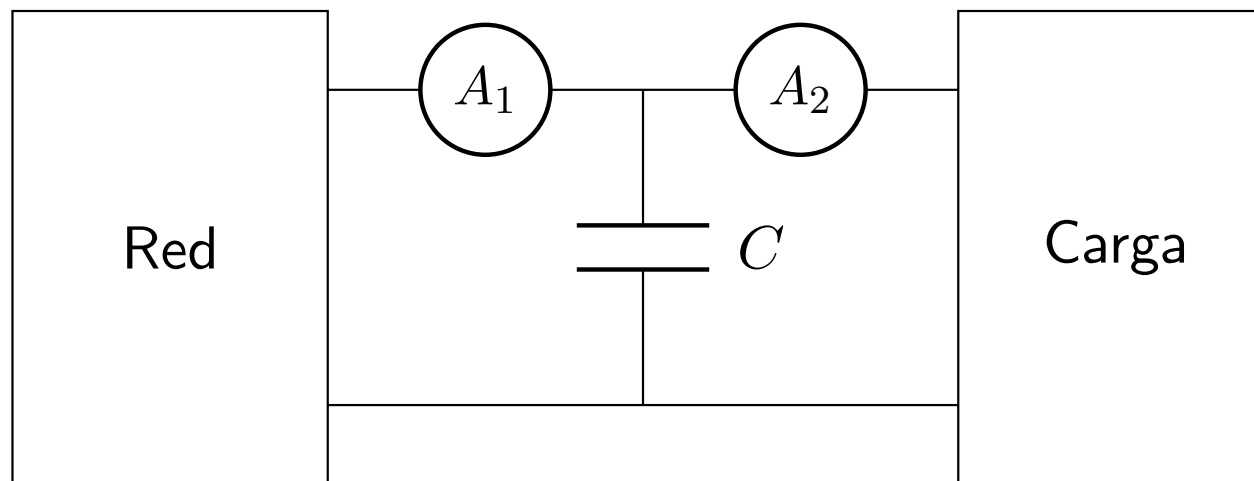
Ejercicio 8-13

Una red infinita ($200 + 10 \cdot \lambda$ [V], $f = 50$ [Hz]) alimenta a una carga de carácter inductivo como se muestra en la figura. Determina la potencia activa y reactiva absorbidas por la carga (P, Q) así como la capacidad del condensador (C') a colocar en paralelo con la carga para que el conjunto del nuevo condensador y la carga tenga factor de potencia unidad. Dibuja el diagrama fasorial sin y con el nuevo condensador C' .

a) P [W,con]

b) Q [VAr,con]

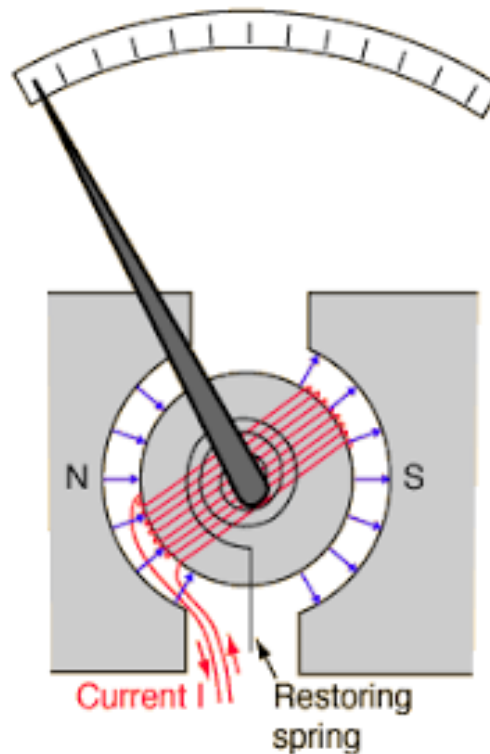
c) C' [μ F]



Datos: $C = 3 + 0,1 \cdot \kappa$ [μ F], $A_1 = 0,5 + 0,01 \cdot \theta$ [A], $A_2 = 0,5 + 0,01 \cdot \eta$ [A]

Medida de potencia

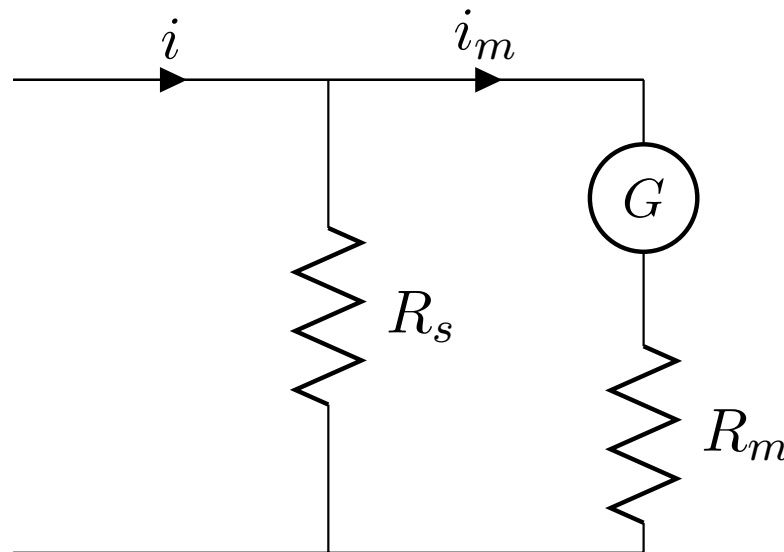
- Un galvanómetro es un instrumento que mide la corriente eléctrica
- El par (y por tanto el ángulo de giro) es proporcional a la intensidad
- El galvanómetro lleva asociado una polaridad
- La resistencia de la bobina no es nula, lo que influencia la medida



Medida de potencia (cont)

- Un amperímetro es un instrumento que mide la corriente eléctrica
- El amperímetro reduce la influencia de la resistencia de la bobina usando una resistencia shunt R_s de valor muy muy pequeño (cortocircuito)
- La relación entre la intensidad que se desea medir y la que circula por el galvanómetro es

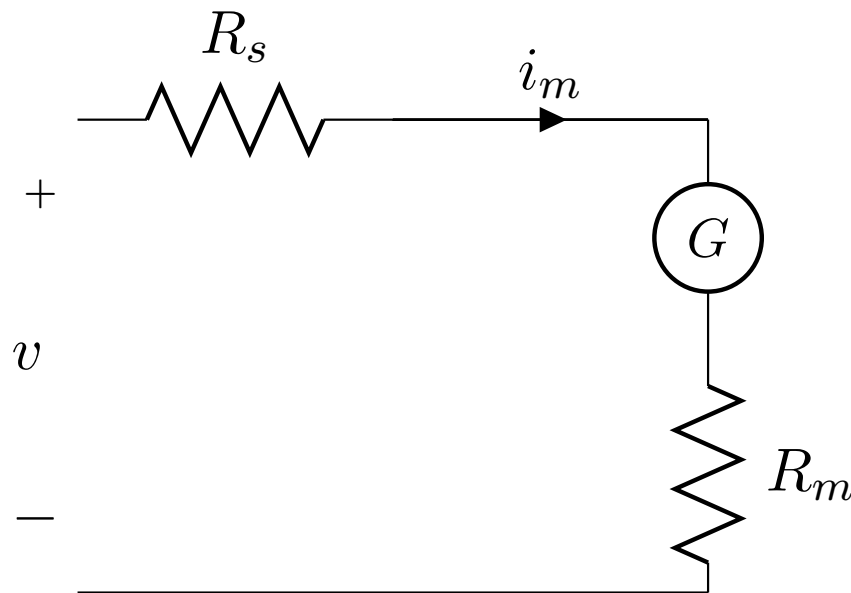
$$i = \frac{R_s + R_m}{R_s} i_m$$



Medida de potencia (cont)

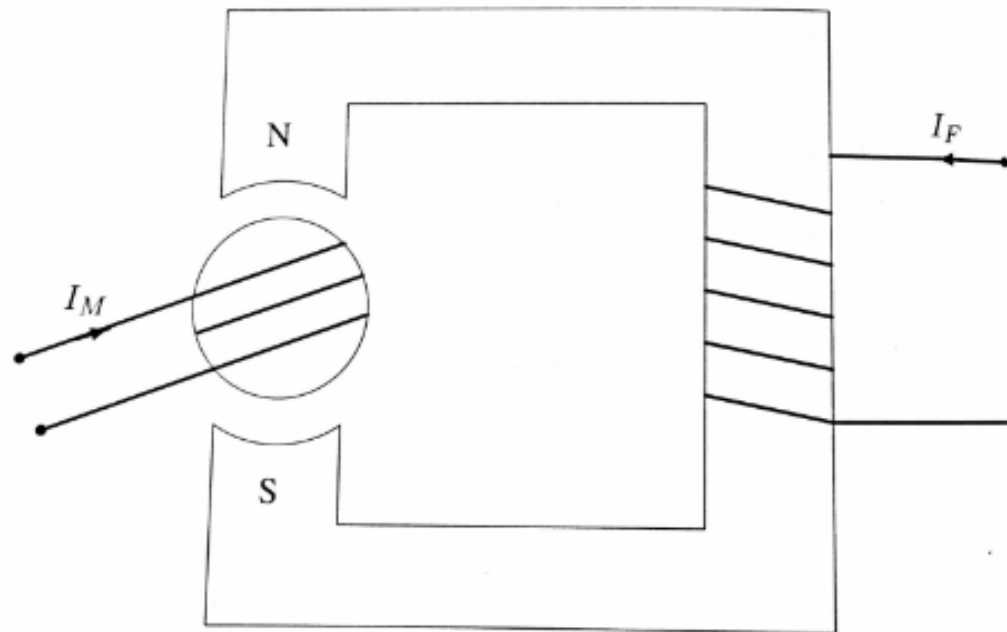
- Un voltímetro es un instrumento que mide la tensión eléctrica
- Para reducir la caída de tensión en la bobina del galvanómetro, un voltímetro incluye una resistencia muy elevada en serie (circuito abierto)
- La relación entre la tensión que se desea medir y la intensidad que circula por el galvanómetro es

$$v = (R_s + R_m)i_m$$



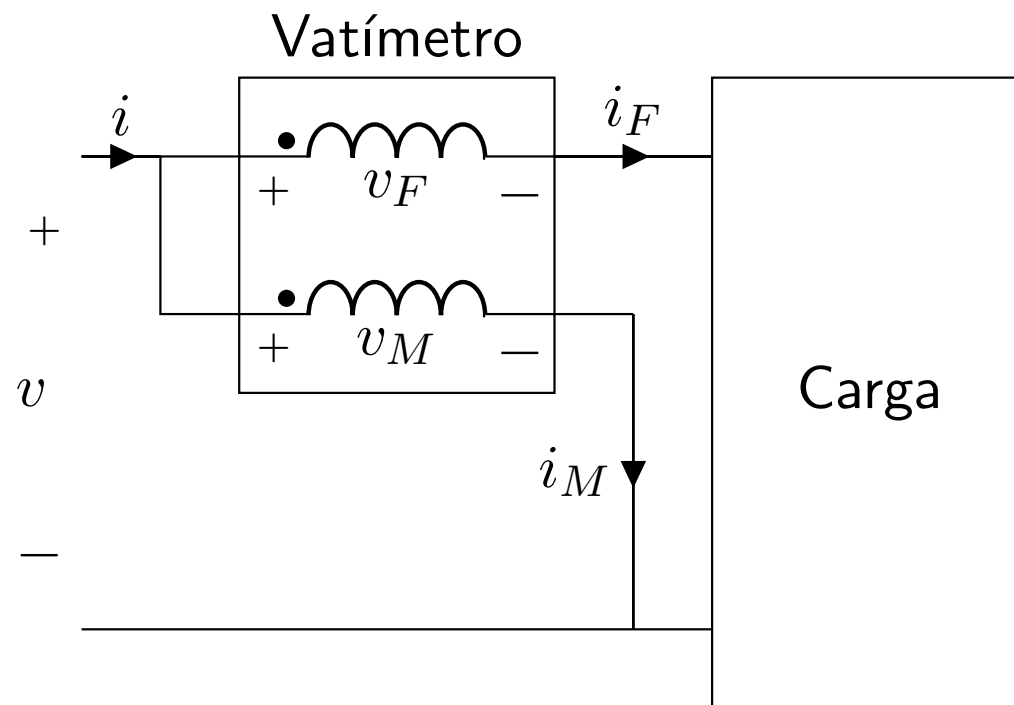
Medida de potencia (cont)

- El vatímetro es un instrumento electrodinámico para medir la potencia eléctrica
- Constructivamente es igual que el galvanómetro, pero el imán permanente ha sido sustituido por un electroimán
- Consta de una bobina móvil y una bobina fija
- El desplazamiento de la aguja es proporcional al producto $I_M \cdot I_F$



Medida de potencia (cont)

- La resistencia de la bobina fija es muy baja
- La resistencia de la bobina móvil es muy alta



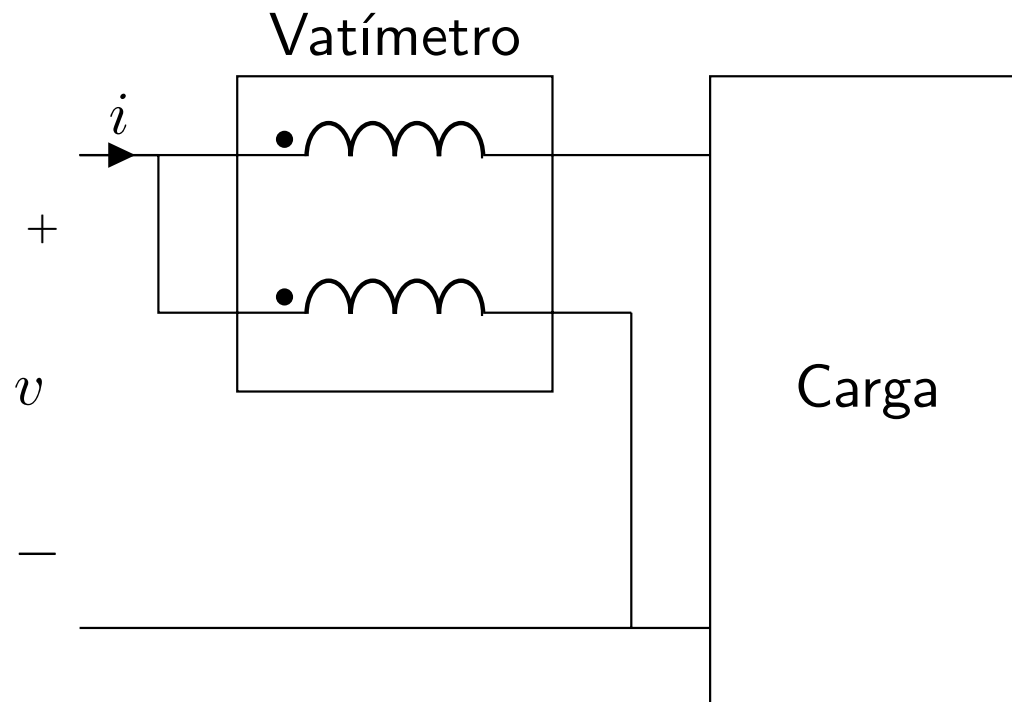
$$v_M = v \quad i_M \approx 0 \quad i_M \propto v \quad i_F \approx i \quad v_F \approx 0$$

- La aguja mide $i_F \cdot i_M \propto v \cdot i$, que es justamente la definición de potencia
- El vatímetro multiplica las señales
- Un vatímetro solo mide valores positivos

Medida de potencia (cont)

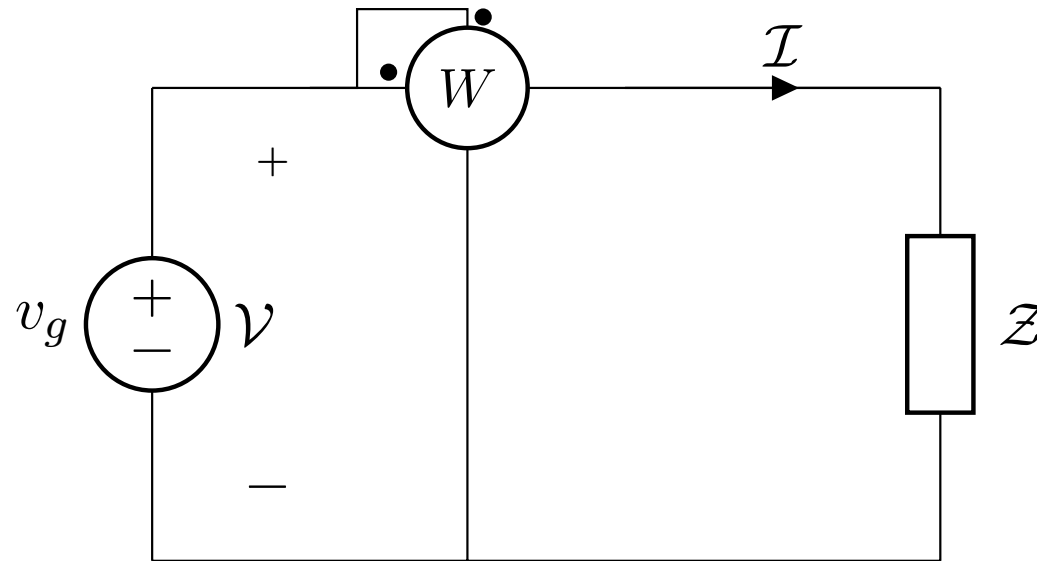
¿Y qué pasa en corriente alterna?

- En alterna, un galvanómetro no se movería ya que el valor medio es nulo
- Para la intensidad, utilizamos un instrumento parecido al vatímetro (dos bobinas) para medir el valor medio de $i^2(t)$, distinto de cero
- Utilizando el mismo vatímetro que en continua medimos la potencia media de la función $v(t)i(t)$, es decir, la potencia activa $P = VI \cos \phi$
- La polaridad de las bobinas es importante!!



Medida de potencia (cont)

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



$$\mathcal{V} = V \angle \phi_v$$
$$\mathcal{I} = I \angle \phi_i$$

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

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

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

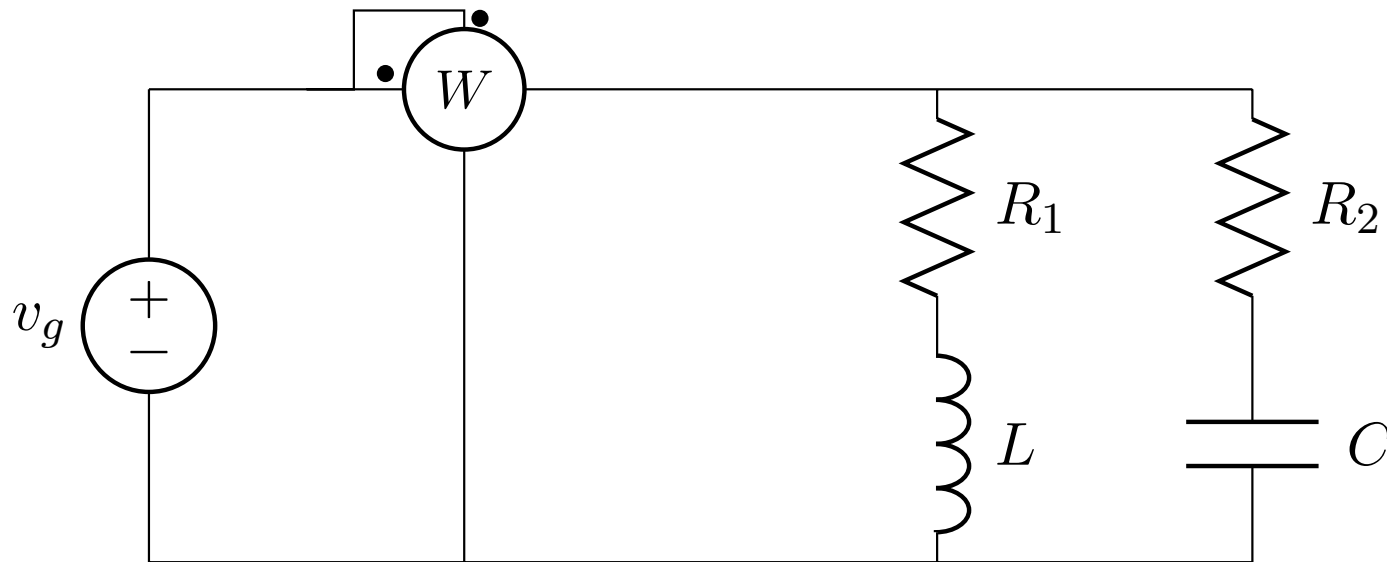
Ejercicio 8-14

Calcula la potencia activa consumida por cada resistencia (P_1, P_2) y la medida del vatímetro (W)

a) P_1 [W,con]

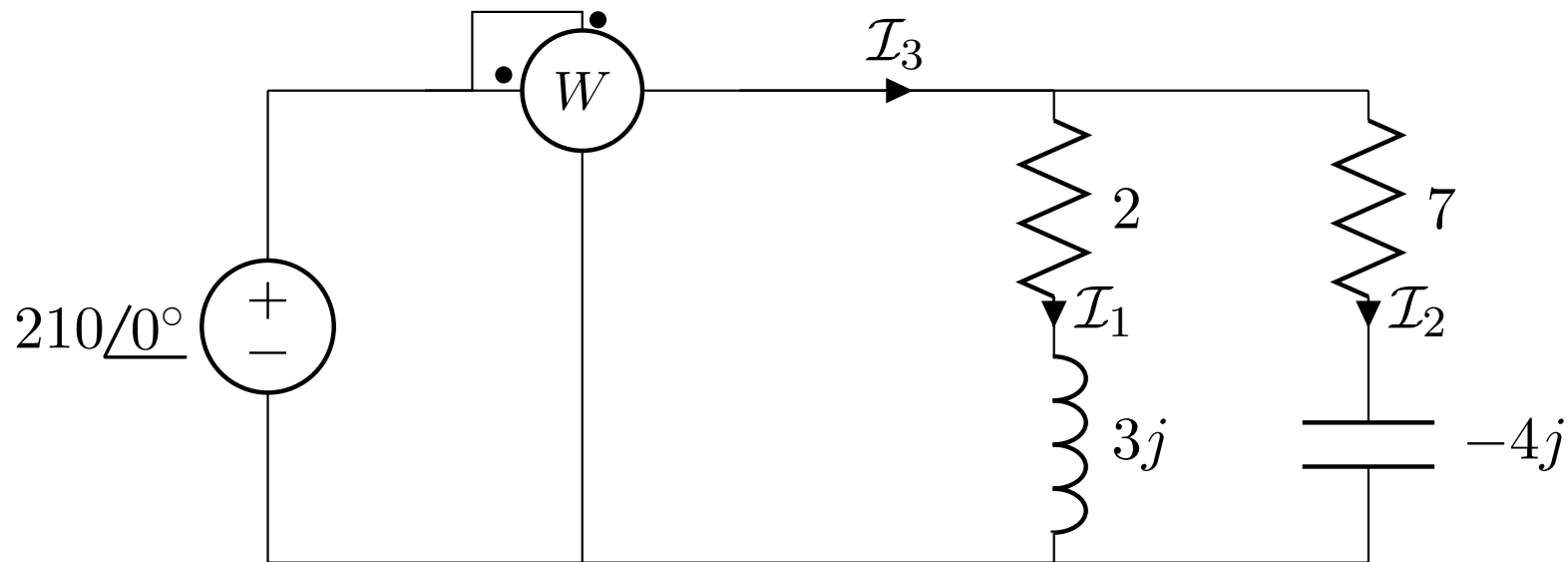
b) P_2 [W,con]

c) W [W]



Datos: $\mathcal{V}_g = (200 + 10 \cdot \delta) \angle 0^\circ$ [V], $R_1 = \epsilon$ [Ω], $R_2 = \eta$ [Ω], $X_L = \theta$ [Ω], $X_C = -\kappa$ [Ω]

Solución 8-14



$$I_1 = \frac{210}{2 + 3j} = 58,24 \angle -56,30^\circ \text{ [A]}$$

$$I_2 = \frac{210}{7 - 4j} = 26,05 \angle 29,74^\circ \text{ [A]}$$

$$I_3 = I_1 + I_2 = 65,42 \angle -32,90^\circ \text{ [A]}$$

$$P_1 = 2(58,24)^2 = 6783,80 \text{ [W,con]}$$

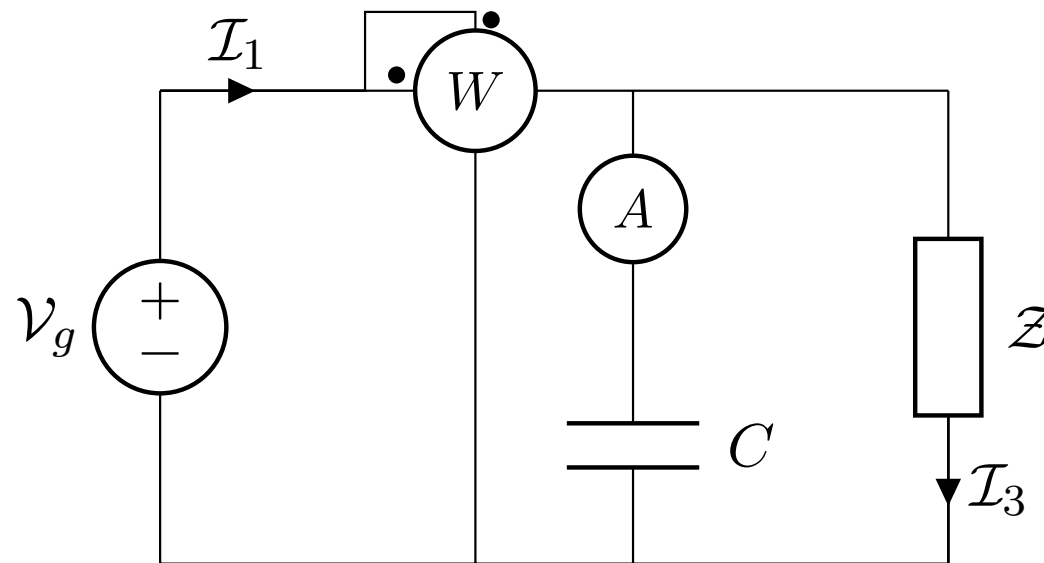
$$P_2 = 7(26,05)^2 = 4750,22 \text{ [W,con]}$$

$$W = 210 \cdot 65,42 \cos(0 + 32,90) = 11534,87 \text{ [W]}$$

Ejercicio 8-15*

Sabiendo que el fdp de la carga es igual a la unidad y las lecturas de los instrumentos de medida determina

- a) $|\mathcal{I}_3|$ [A] b) $|\mathcal{I}_1|$ [A] c) $\text{Re}(\mathcal{Z})$ [Ω] d) $\text{Im}(\mathcal{Z})$ [Ω]



Datos: $|\mathcal{V}_g| = 200 + 10 \cdot \epsilon$ [V], $A = 10 \cdot \theta$ [A], $W = 2000 \cdot \theta + 100 \cdot \theta \cdot \epsilon$ [W]

Ejercicio 8-16*

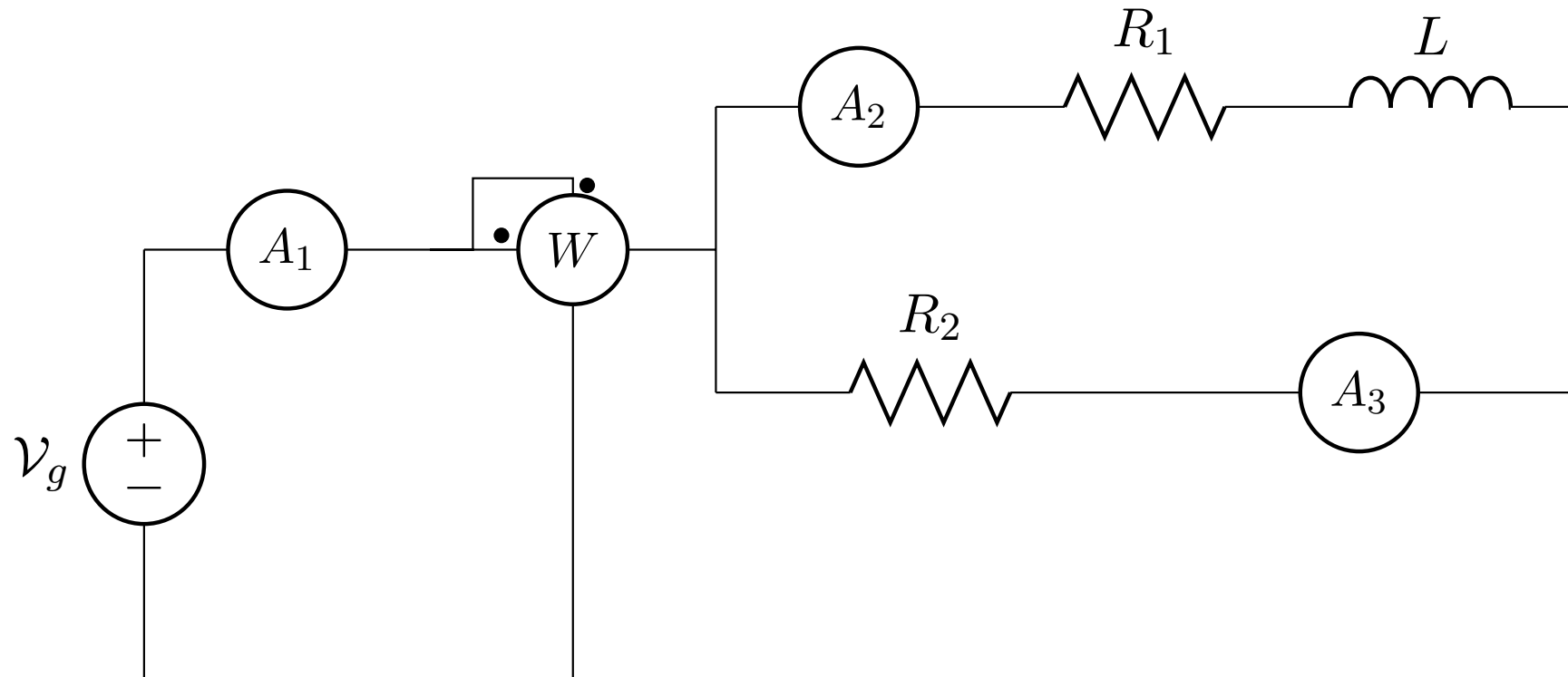
Para las lecturas de los instrumentos de medida determina

a) R_1 [Ω]

b) R_2 [Ω]

c) L [mH]

d) W [W]

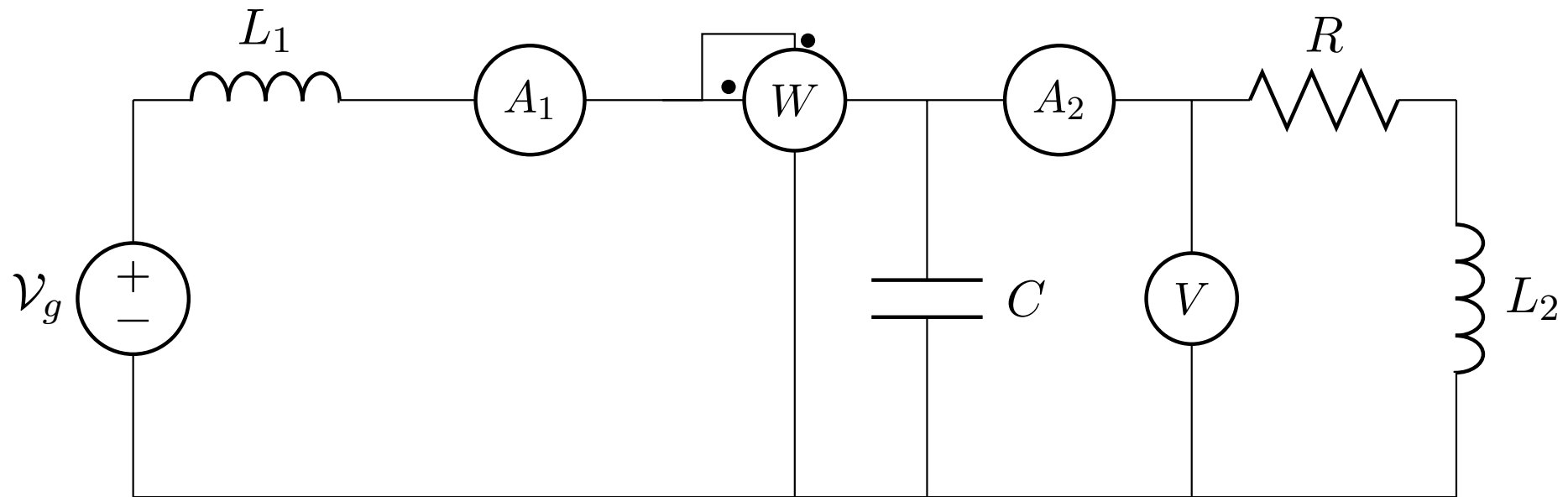


Datos: $|\mathcal{V}_g| = 200 + 10\beta$ [V], $A_1 = 15 + 0,5 \cdot \gamma + \delta + \epsilon$ [A], $A_2 = 10 + \delta$ [A], $A_3 = 10 + \epsilon$ [A], $f = 50$ [Hz]

Ejercicio 8-17*

Para las lecturas de los instrumentos de medida calcula R, C, L_1, L_2 .

- a) R [Ω] b) C [μF] c) L_1 [mH] d) L_2 [mH]



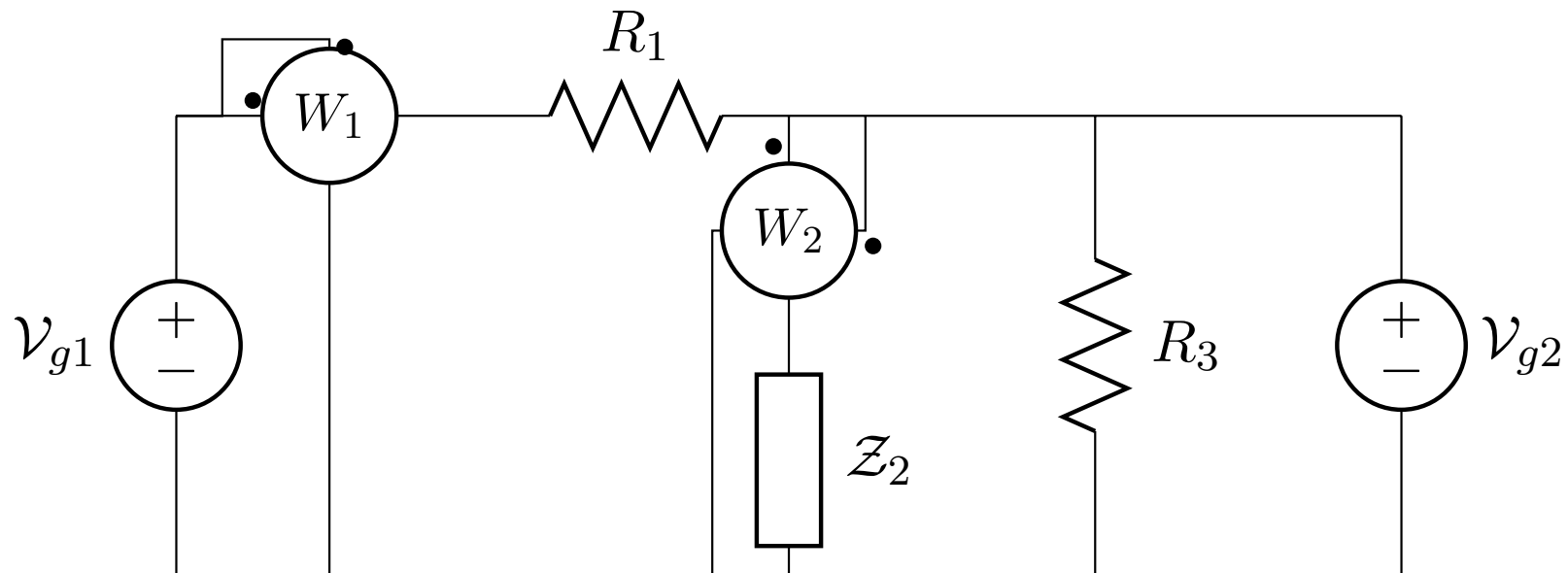
Datos: $|\mathcal{V}_g| = 100 + 20 \cdot \alpha$ [V], $A_1 = \theta$ [A], $A_2 = 1,2 \cdot \theta$ [A], $W = 100 \cdot \theta + 10 \cdot \alpha \cdot \theta$ [W], $V = 100 + 10 \cdot \alpha$ [V], $f = 50$ [Hz]

Ejercicio 8-18*

Para el circuito de la figura, calcula la lectura de los dos vatímetros

a) W_1 [W]

b) W_2 [W]

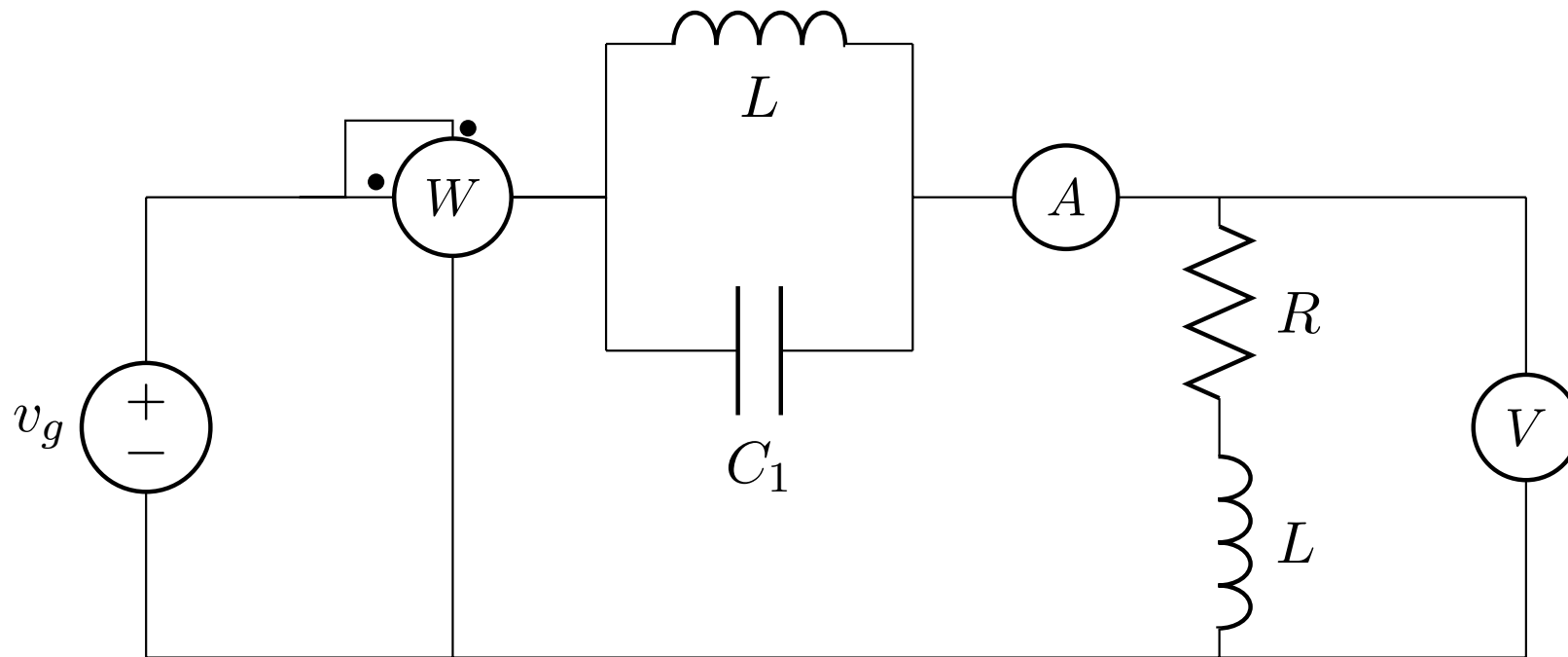


Datos: $v_{g1} = 200 + 10 \cdot \alpha \angle 0^\circ$ [V], $v_{g2} = 50 + \beta \angle 0^\circ$ [V], $R_1 = 40 + \gamma$ [Ω], $R_3 = 40 + \delta$ [Ω], $Z_2 = \epsilon + j\eta$ [Ω]

Ejercicio 8-19

Sabiendo que la fuente absorbe potencia reactiva determina los valores de R , L y C_1 . Calcula también la capacidad de la batería de condensadores C_2 el paralelo con R y L para que el factor de potencia de los tres elementos sea igual a la unidad

- a) R [Ω] b) L [mH] c) C_1 [μF] d) C_2 [μF]

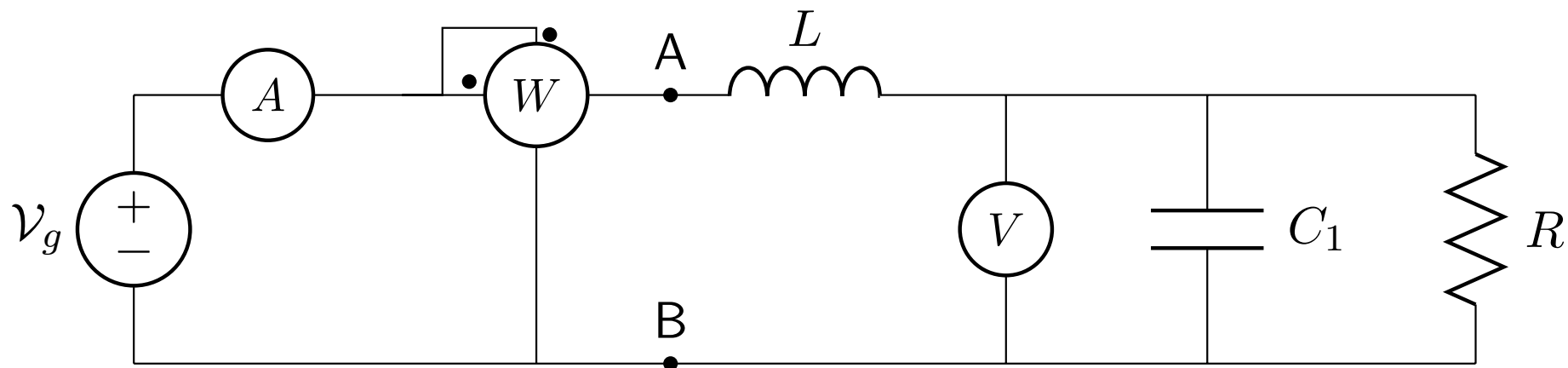


Datos: $V_g = 200 + 10 \cdot \eta$ [V], $f = 50$ [Hz], $V = 200 + 10 \cdot \eta$ [V], $A = 40 + 2 \cdot \eta$ [A], $W = 800(10 + \eta)$ [W]

Ejercicio 8-20

Dadas las lecturas de los instrumentos de medida, calcula los valores de R , L , C_1 . Una vez conocidos dichos valores, determina la capacidad de un condensador C_2 a colocar entre A y B para que la fuente suministre solo potencia activa. Calcula la nueva lectura del amperímetro A' una vez conectado el condensador C_2 . Dibuja los diagramas fasoriales con y sin el condensador C_2

- a) R [Ω] b) C_1 [μF] c) L [mH] d) C_2 [μF] e) A' [A]

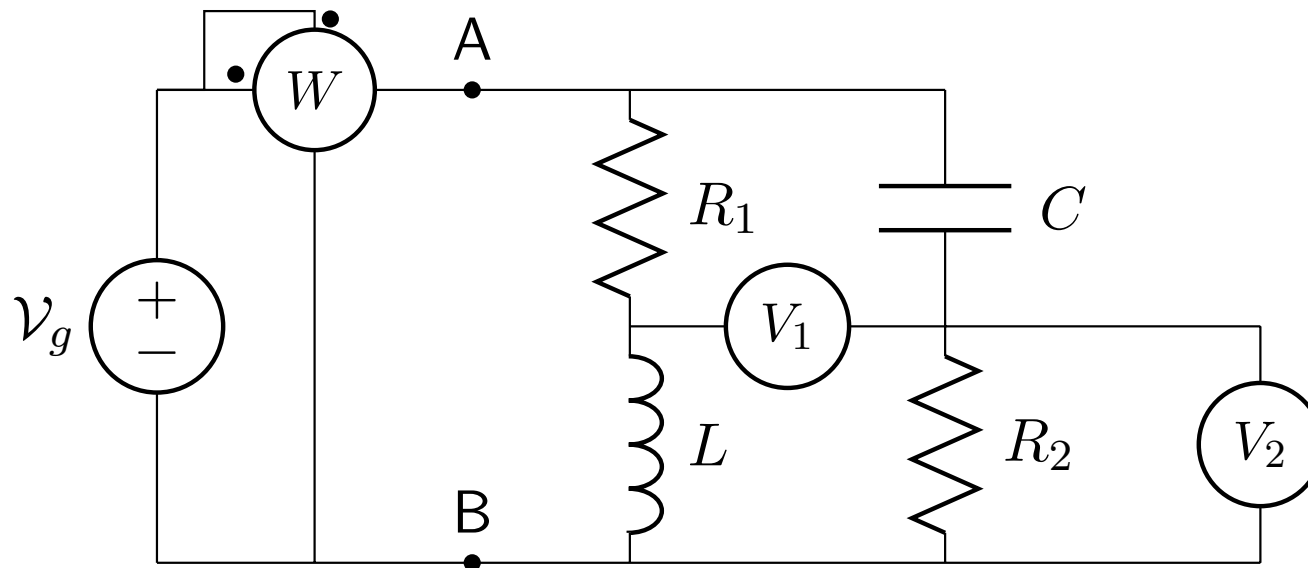


Datos: $V_g = 200 + 10 \cdot \lambda$ [V], $f = 50$ [Hz], $A = 15 + \kappa$ [A], $V = 150 + 10 \cdot \lambda$ [V], $W = 1000 + 50 \cdot \lambda + 100 \cdot \kappa$ [W]

Ejercicio 8-21

Dadas las lecturas de los instrumentos de medida y sabiendo que el circuito entre A y B es puramente resistivo, calcula

- a) R_1 [Ω] b) R_2 [Ω] c) L [mH] d) C [μ F]



Datos: $V_g = 100 + 10 \cdot \epsilon$ [V], $f = 50$ [Hz], $W = 500 + 10 \cdot \delta$ [W], $V_1 = 0$ [V], $V_2 = 50 + 10 \cdot \epsilon$ [V]

Ejercicio 8-22

Existe una capacidad del condensador C para la que se cumple que:

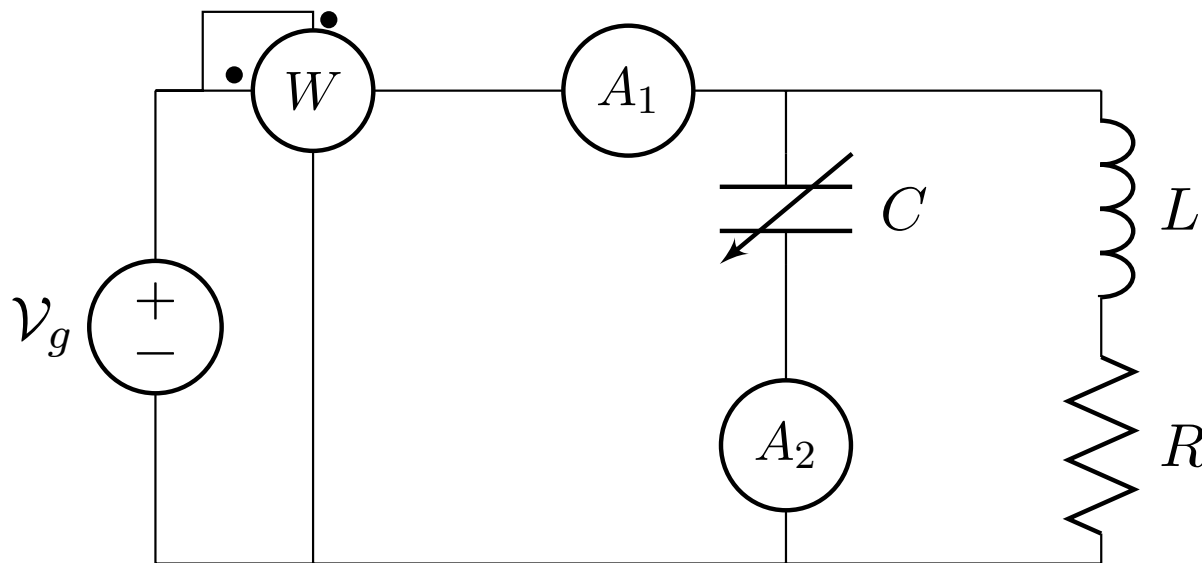
- La lectura del amperímetro A_1 es mínima
- La lectura de A_1 es el doble de la lectura de A_2
- La lectura del vatímetro es $W = 200 + 10 \cdot \delta$ [W]

Calcula

a) C [μF]

b) L [mH]

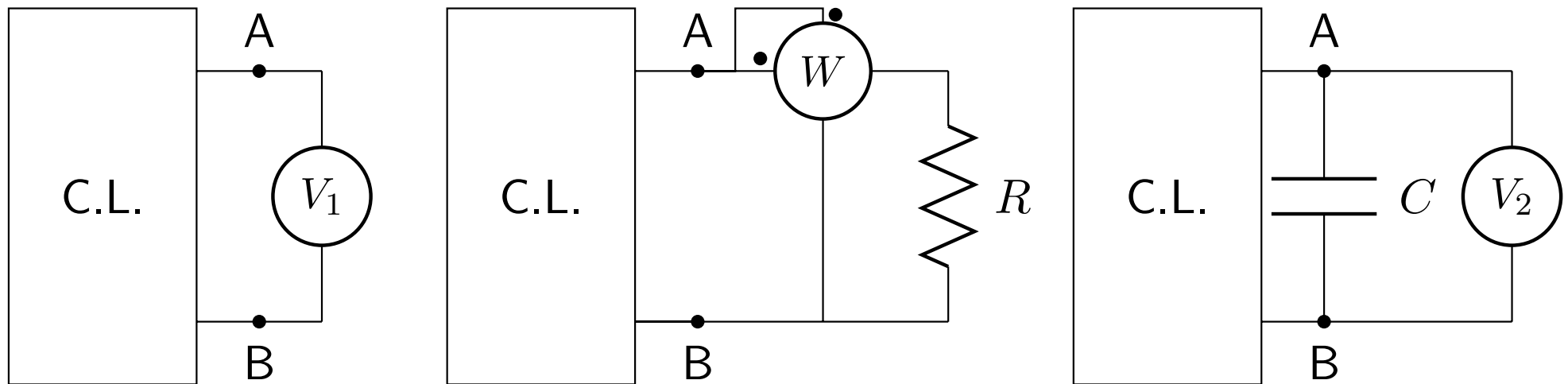
c) R [Ω]



Datos: $v_g = 100 + 10 \cdot \gamma$ [V], $f = 50$ [Hz]

Ejercicio 8-23

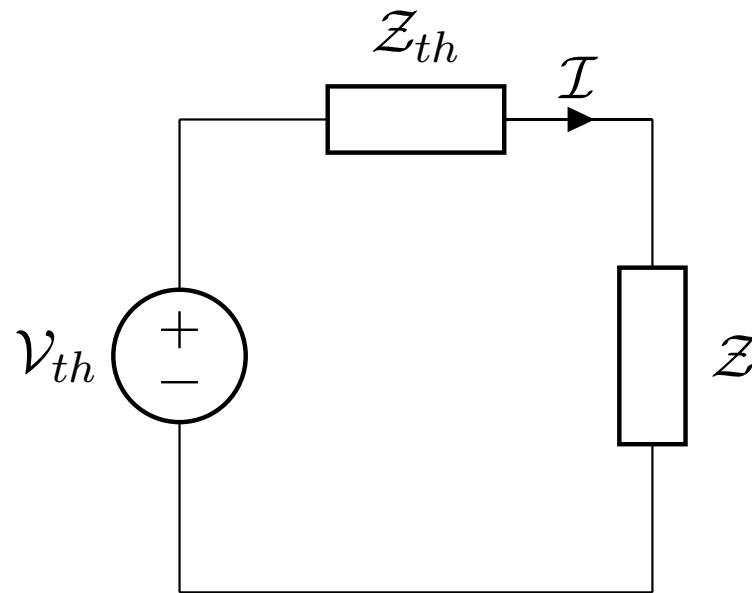
El circuito lineal de la figura está formado únicamente por bobinas, condensadores y fuentes sinusoidales de 50 [Hz]. Dadas las lecturas de los instrumentos de medida, calcula el valor del condensador C [μF].



Datos: $V_1 = 200 + 10 \cdot \alpha$ [V], $W = 4000 \cdot (10 + \alpha)$ [W], $R = 1$ [Ω], $V_2 = 400 + 10 \cdot \beta$ [V]

Teorema de la máxima transferencia de potencia

Calcular el valor de la impedancia que maximiza el consumo de potencia activa P .



$$Z_{th} = R_{th} + jX_{th}$$

$$Z = R + jX$$

$$\mathcal{I} = \frac{\mathcal{V}_{th}}{R_{th} + jX_{th} + R + jX} \quad |\mathcal{I}| = \frac{|\mathcal{V}_{th}|}{\sqrt{(R + R_{th})^2 + (X + X_{th})^2}}$$

$$P = R|\mathcal{I}|^2 = \frac{V_{th}^2 \cdot R}{(R + R_{th})^2 + (X + X_{th})^2}$$

Teorema de la máxima transferencia de potencia (cont)

1) R y X variables (caso más general)

$$\frac{\partial P}{\partial X} = 0 \implies \frac{-V_{th}^2 R \cdot 2(X + X_{th})}{((R + R_{th})^2 + (X + X_{th})^2)^2} = 0 \implies \boxed{X = -X_{th}}$$

$$\frac{\partial P}{\partial R} = 0 \implies \frac{V_{th}^2 ((R + R_{th})^2 + (X + X_{th})^2) - 2(R + R_{th})V_{th}^2 R}{((R + R_{th})^2 + (X + X_{th})^2)^2} = 0 \implies$$

$$(R + R_{th})^2 + (X + X_{th})^2 - 2(R + R_{th})R = 0 \implies$$

$$(R + R_{th})(R + R_{th} - 2R) = 0 \implies \boxed{R = R_{th}}$$

$$P^{\max} = \frac{V_{th}^2}{4R_{th}}$$

$$\left. \begin{array}{l} R = R_{th} \\ X = -X_{th} \end{array} \right\} \mathcal{Z} = \mathcal{Z}_{th}^*$$

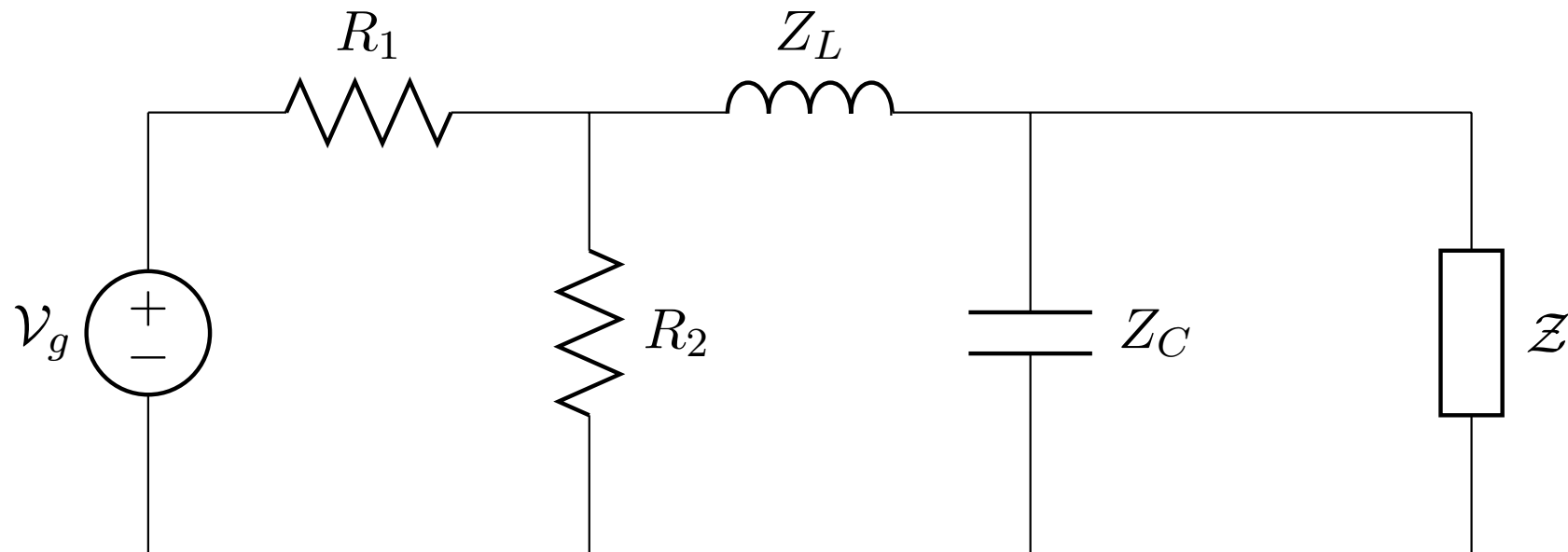
Ejercicio 8-24

Determina la impedancia $\mathcal{Z}$ que consumiría la máxima potencia activa y el valor de dicha potencia.

a) $\text{Re}(\mathcal{Z})$ [Ω]

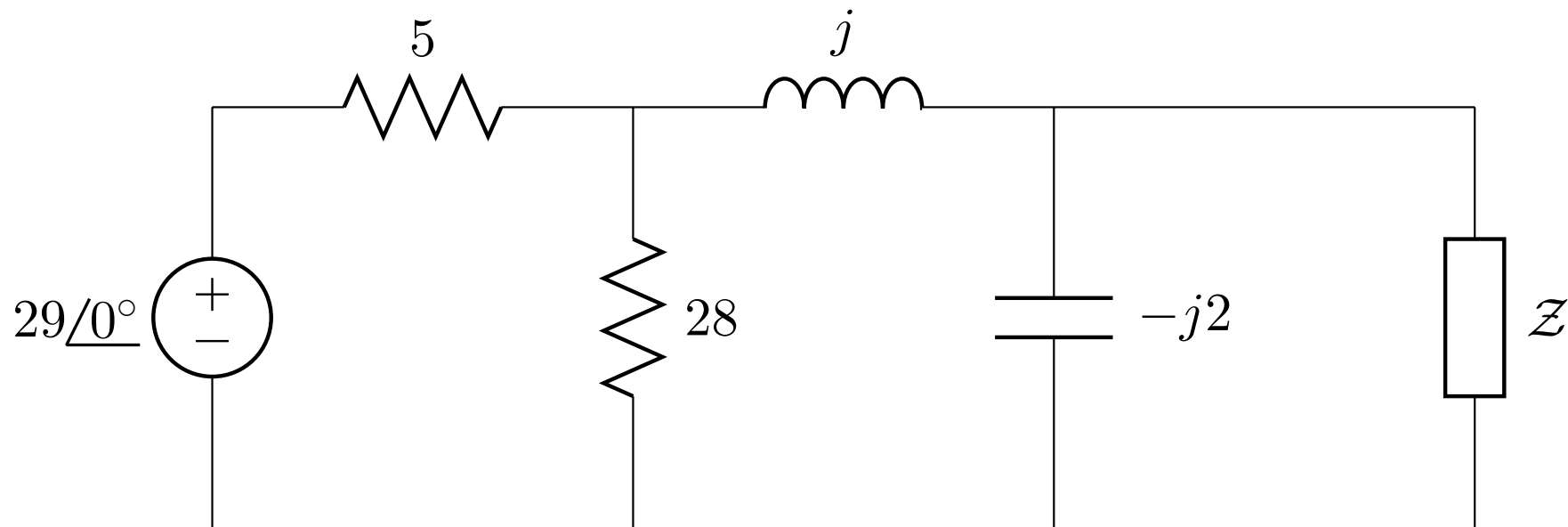
b) $\text{Im}(\mathcal{Z})$ [Ω]

c) $P^{\text{máx}}$ [W]



Datos: $\mathcal{V}_g = (20 + \alpha)\angle 0^\circ$ [V], $R_1 = \beta$ [Ω], $R_2 = 10 + \gamma$ [Ω], $Z_L = j\delta$ [Ω], $Z_C = -j\epsilon$ [Ω]

Solución 8-24



Calculamos la tensión e impedancia Thevenin:

$$\mathcal{Z}_{th} = ((5||28) + j)||(-2j) = 0,89 - j1,79\ [\Omega]$$

$$\mathcal{V}_{th} = (-2j) \frac{28}{28 + j - 2j} \frac{29\angle 0^\circ}{5 + (28||(j - 2j))} = 11,29\angle -76,73^\circ\ [V]$$

$$\mathcal{Z} = \mathcal{Z}_{th}^* = 0,89 + j1,79\ [\Omega]$$

$$P^{\text{m}\acute{\text{a}}\text{x}} = \frac{V_{th}^2}{4R_{th}} = \frac{11,29^2}{4 \cdot 0,89} = 35,68\ [W]$$

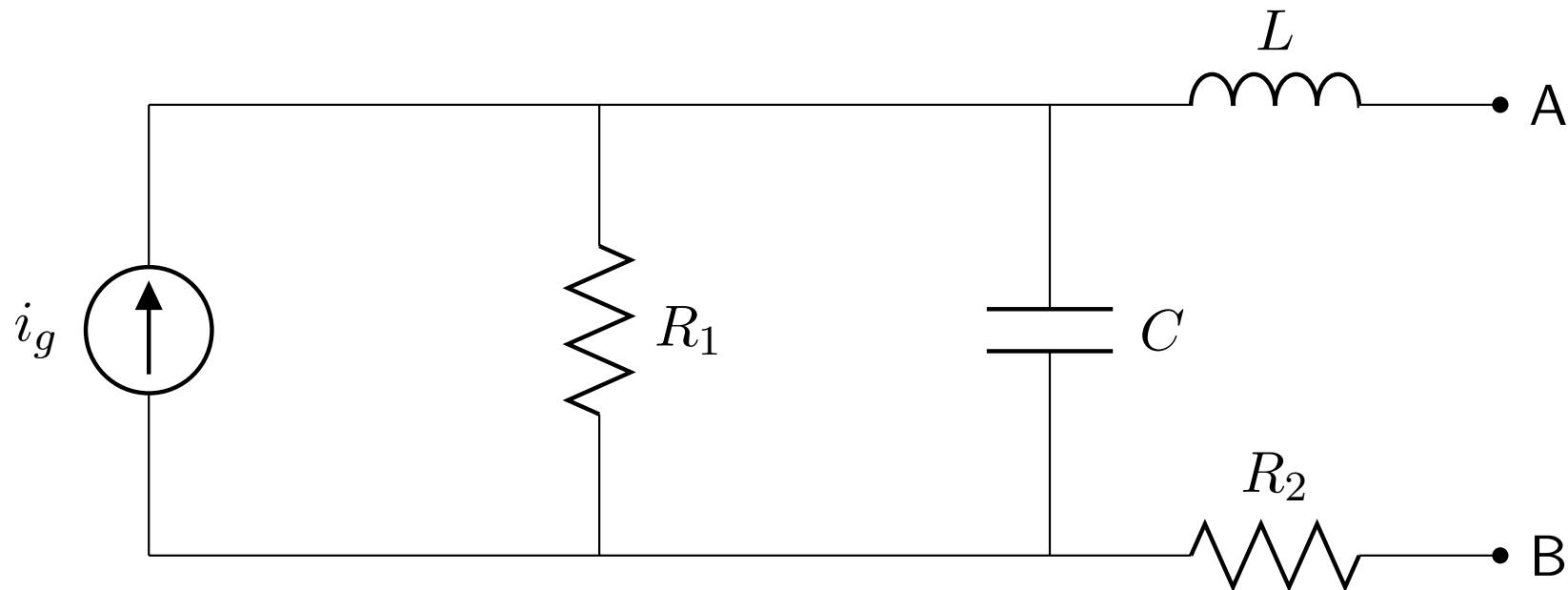
Ejercicio 8-25

Determina la impedancia $\mathcal{Z}$ que conectada entre A y B consumiría la máxima potencia activa y el valor de dicha potencia.

a) $\text{Re}(\mathcal{Z})$ [Ω]

b) $\text{Im}(\mathcal{Z})$ [Ω]

c) $P^{\text{máx}}$ [W]



Datos: $i_g(t) = \lambda \cos(100 \cdot \kappa t)$ [A], $R_1 = 10 + \theta$ [Ω], $R_2 = \eta$ [Ω], $C = \epsilon$ [μF], $L = \delta$ [mH]

Teorema de la máxima transferencia de potencia (cont)

1) R y X variables

$$\left. \begin{array}{l} \frac{\partial P}{\partial R} = 0 \\ \frac{\partial P}{\partial X} = 0 \end{array} \right\} \implies Z = Z_{th}^*$$

2) R constante y X variable

$$\frac{\partial P}{\partial X} = 0 \implies X = -X_{th}$$

3) R variable y X constante

$$\frac{\partial P}{\partial R} = 0 \implies R = \sqrt{R_{th}^2 + (X_{th} + X)^2}$$

4) Z variable y ϕ constante

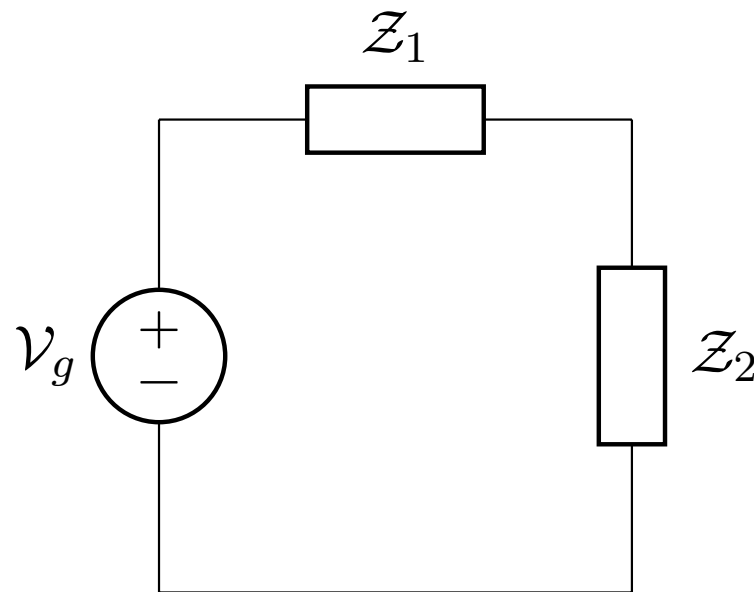
$$\frac{\partial P}{\partial Z} = 0 \implies Z = |Z_{th}|$$

Ejercicio 8-26

Determina el valor de R para que la impedancia $\mathcal{Z}_2$ consuma la máxima potencia activa y el valor de dicha potencia.

a) R [Ω]

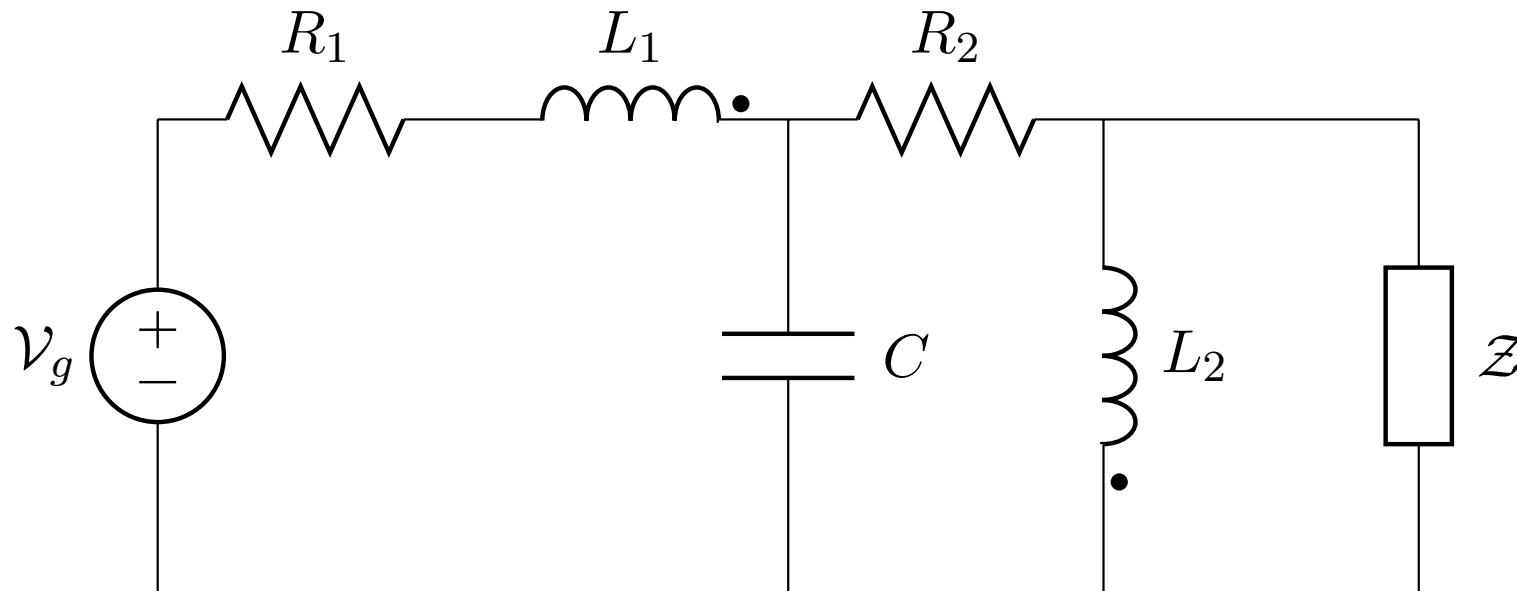
b) $P^{\text{máx}}$ [W]



Datos: $\mathcal{V}_g = (20 + \gamma)\angle 0^\circ$ [V], $\mathcal{Z}_1 = \delta + j\epsilon$ [Ω], $\mathcal{Z}_2 = R - j\eta$ [Ω]

Ejercicio 8-27

Determina el valor de R [Ω] para que la impedancia $\mathcal{Z}$ consuma la máxima potencia activa.



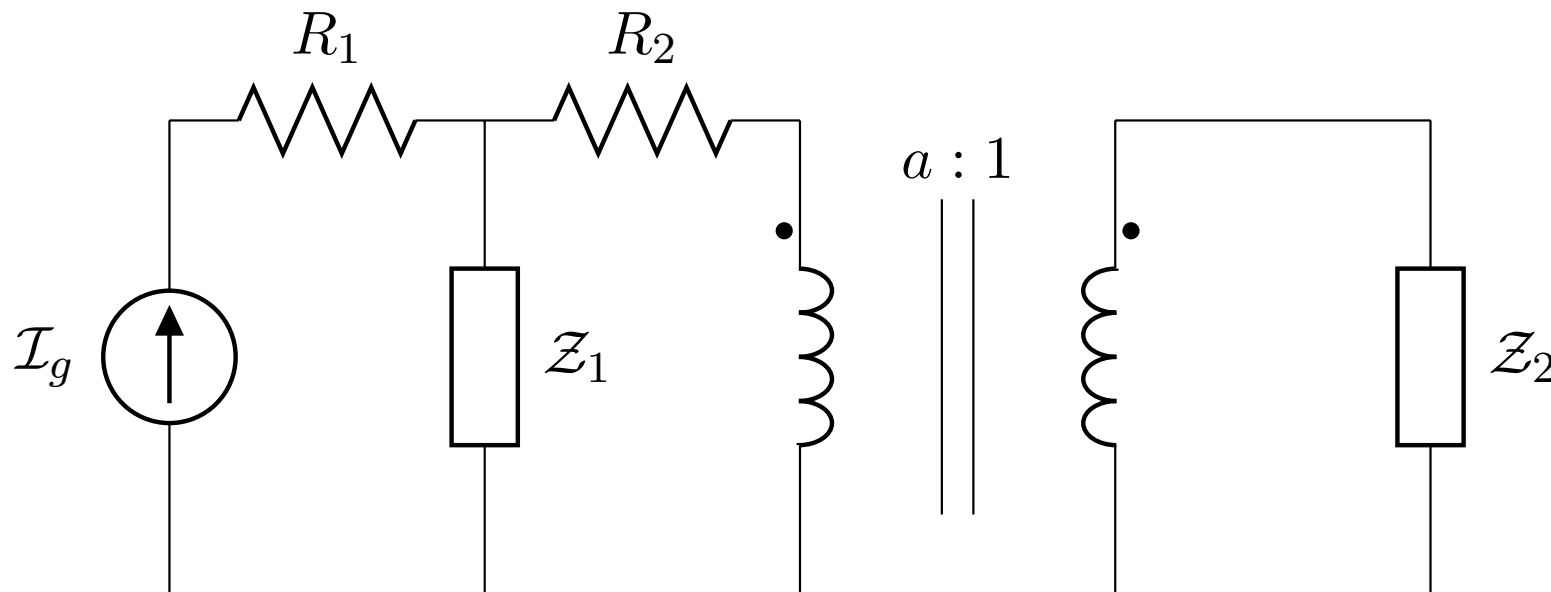
Datos: $R_1 = \theta$ [Ω], $R_2 = \kappa$ [Ω], $L_1 = \lambda$ [mH], $L_2 = \alpha$ [mH], $k = 0,8$, $C = \beta$ [mF], $\mathcal{Z} = R + j\gamma$ [Ω], $f = 50$ [Hz]

Ejercicio 8-28

Determina la relación del transformador ideal a para que la impedancia $\mathcal{Z}_2$ consuma la máxima potencia activa y el valor de dicha potencia.

a) a

b) $P^{\text{máx}}$ [W]



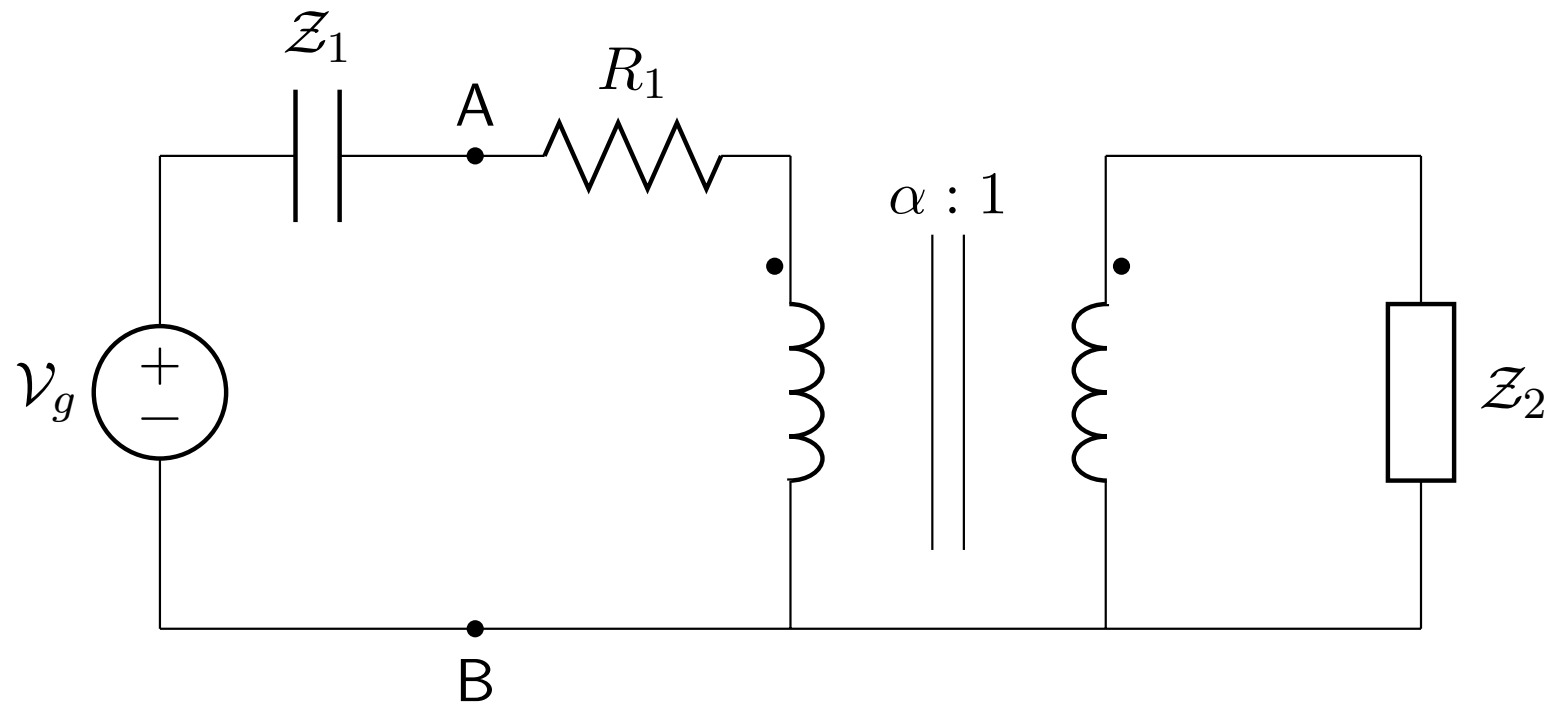
Datos: $\mathcal{I}_g = \gamma \angle 0^\circ$ [A], $R_1 = \delta$ [Ω], $R_2 = \epsilon$ [Ω], $\mathcal{Z}_1 = \eta + j(10 + \theta)$ [Ω], $\mathcal{Z}_2 = \kappa + j\lambda$ [Ω]

Ejercicio 8-29

Calcula el valor de la resistencia R a colocar entre A y B para que dicha resistencia consuma la máxima potencia activa así como el valor de dicha potencia.

a) R [Ω]

b) $P^{\text{máx}}$ [W]



Datos: $\mathcal{V}_g = 10 \cdot \beta \angle 0^\circ$ [V], $\mathcal{Z}_1 = -j\gamma$ [Ω], $R_1 = \delta$ [Ω], $\mathcal{Z}_2 = \epsilon + j\eta$ [Ω]

Fallos que implican un 0 en el ejercicio de alterna

- 1) Sumar módulos de tensiones/intensidades o potencias aparentes
- 2) Impedancia de una resistencia con parte imaginaria
- 3) Impedancia de una bobina/condensador con parte real
- 4) Desfase entre tensión e intensidad de resistencia diferente a 0°
- 5) Desfase entre tensión e intensidad de bobina diferente a $+90^\circ$
- 6) Desfase entre tensión e intensidad de condensador diferente a -90°
- 7) Desfase entre tensión e intensidad de impedancia $> 90^\circ$ o $< -90^\circ$
- 8) Resistencia consumiendo o cediendo potencia reactiva
- 9) Bobina consumiendo activa o cediendo activa/reactiva
- 10) Condensador consumiendo activa/reactiva o cediendo activa