



Bloque 3

Sistemas trifásicos

Fundamentos de Ingeniería Eléctrica

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

3.1 Tensiones y corrientes en los sistemas trifásicos. Equivalente monofásico

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, dark green font. The '99' is significantly larger and more prominent than the rest of the text. The logo is set against a light blue and orange gradient background that resembles a stylized wave or a banner.

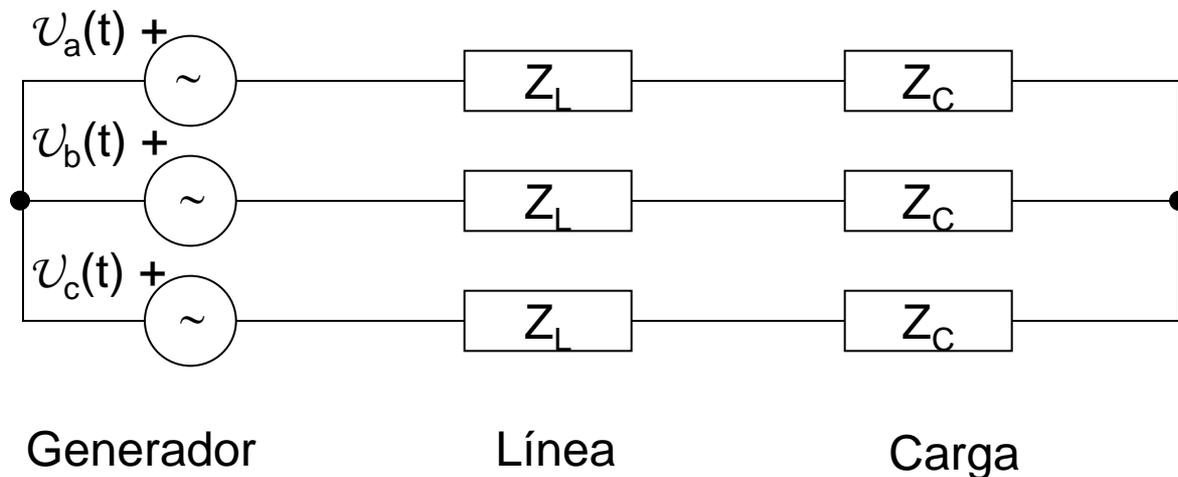
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Sistemas trifásicos

Configuración habitual de un sistema eléctrico



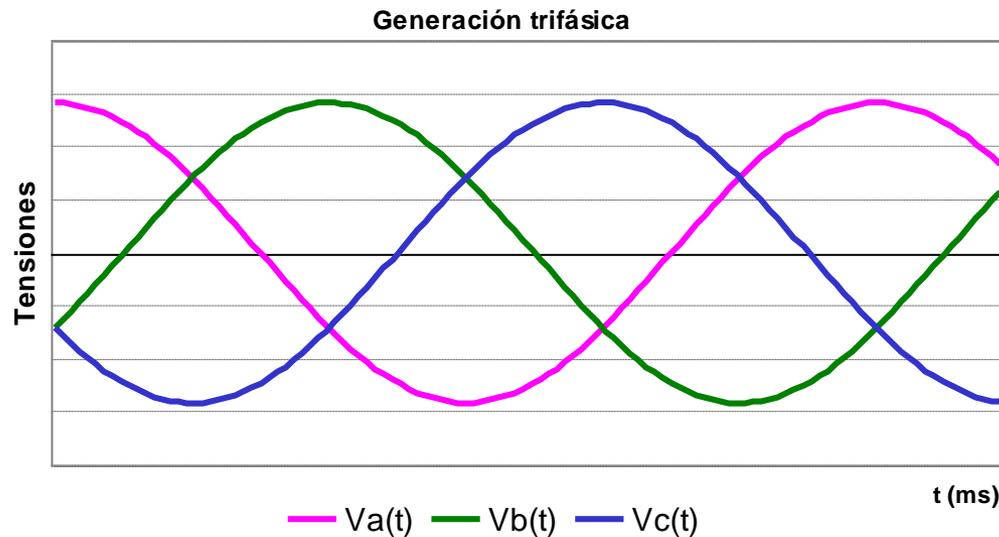
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Sistema trifásico equilibrado de tensiones



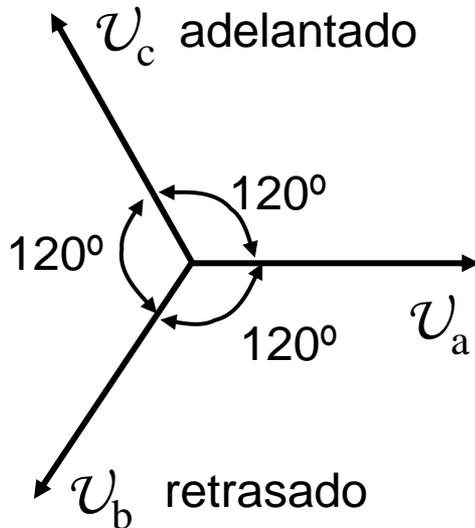
$$u_a(t) = \sqrt{2} \cdot U \cdot \cos \omega t$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Representación fasorial



$$V_a = U \angle 0^\circ$$

$$V_b = U \angle -120^\circ$$

$$V_c = U \angle 120^\circ$$

$$V_a + V_b + V_c = 0$$

Cartagena99

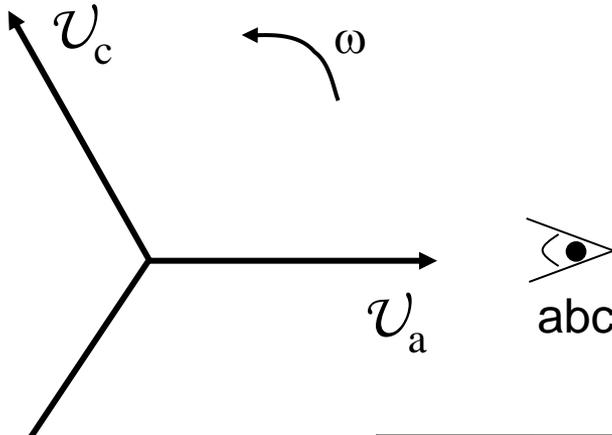
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

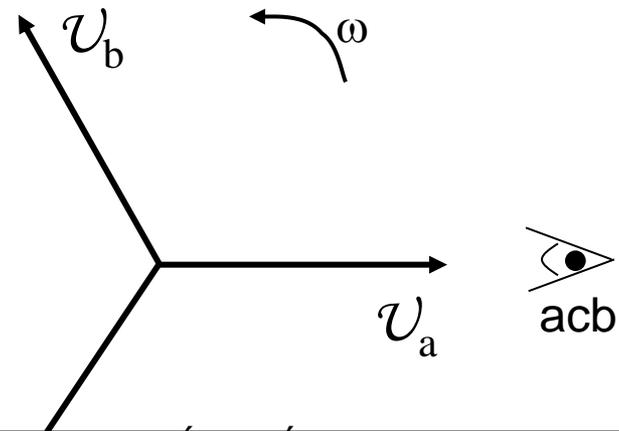
Secuencia de fases

Orden en que se suceden los máximos de las tensiones

DIRECTA



INVERSA

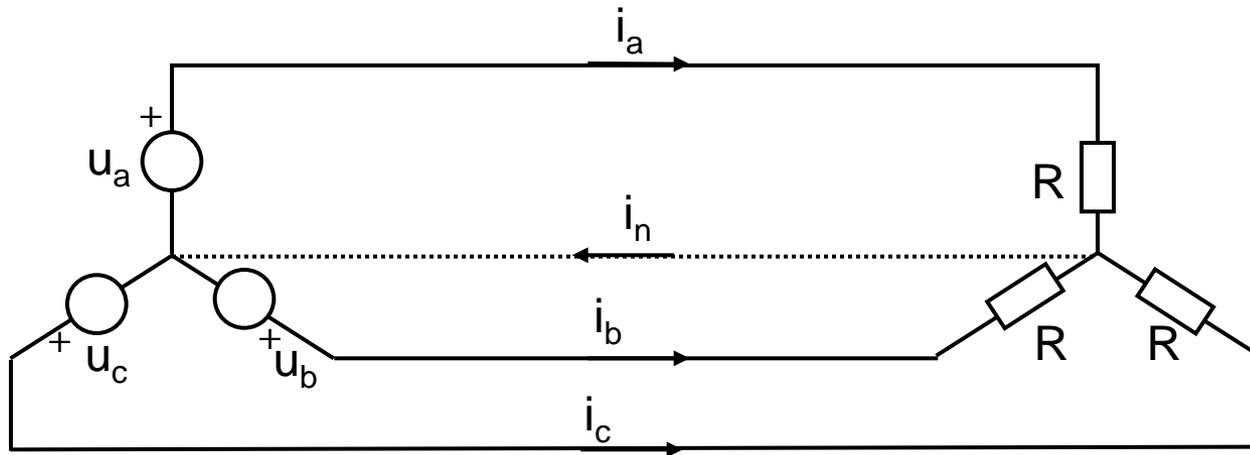


Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Supresión del hilo de neutro



Al conectar un sistema trifásico de tensiones a una carga trifásica equilibrada (p.e. una carga resistiva pura) se produce i en cada fase

Cartagena99

$u_a(t)$ $u_b(t)$ $u_c(t)$ i_a i_b i_c i_n

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Posibles configuraciones generación -carga

- Y-Y
- Y- Δ
- Δ -Y
- Δ - Δ

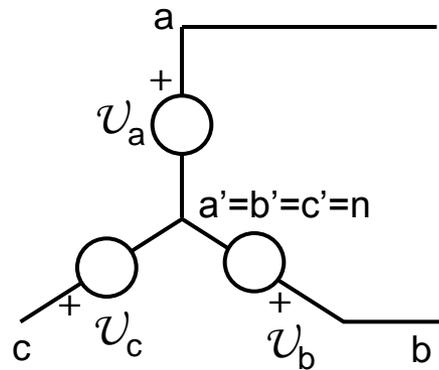
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Generador en estrella: Tensión de fase o tensión simple



Tensión que aparece entre cada conductor de fase y el punto neutro de la fuente

$$v_a = v_{aa'} = U \angle 0^\circ = U e^{j0} = U$$

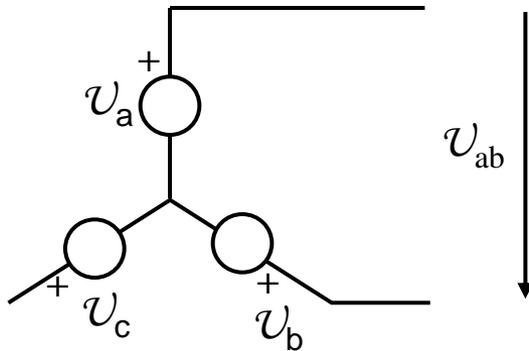
$$v_b = v_{bb'} = U \angle -120^\circ = U e^{-j120} = U \left(-\frac{1}{2} - j \frac{\sqrt{3}}{2} \right)$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Tensión de línea



Tensión que aparece entre dos conductores de fase

$$v_{ab} = v_a - v_b = U - U \left(-\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} \right) = \sqrt{3}U \left(\frac{\sqrt{3}}{2} + j\frac{1}{2} \right) = \sqrt{3}U e^{j30} = \sqrt{3}U \angle 30^\circ$$

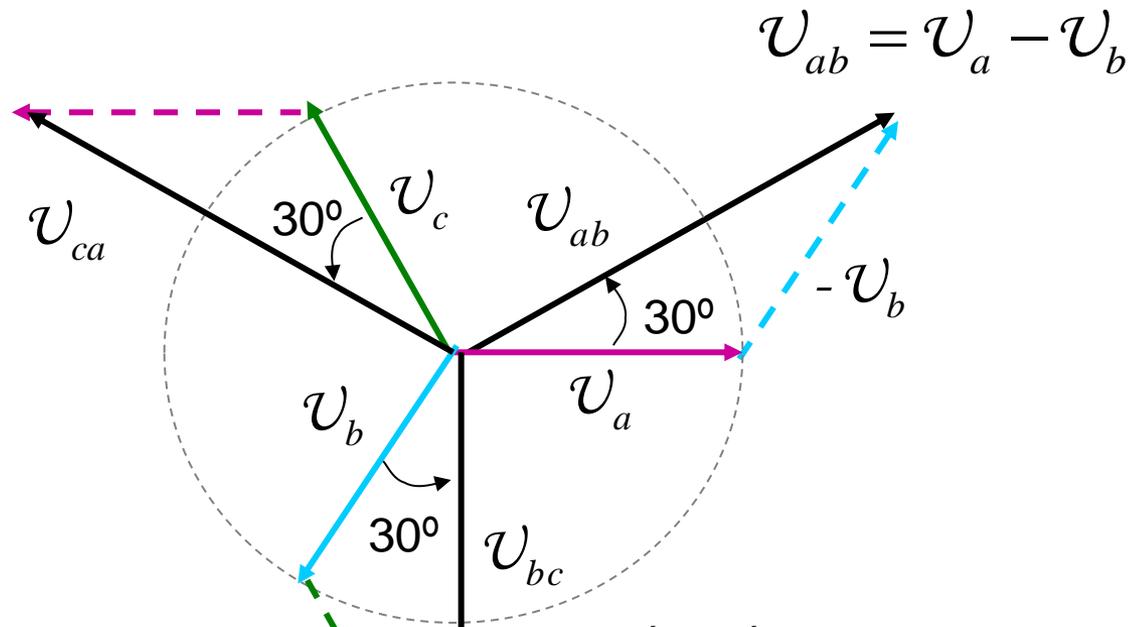
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

cu c a

Tensiones de línea y de fase



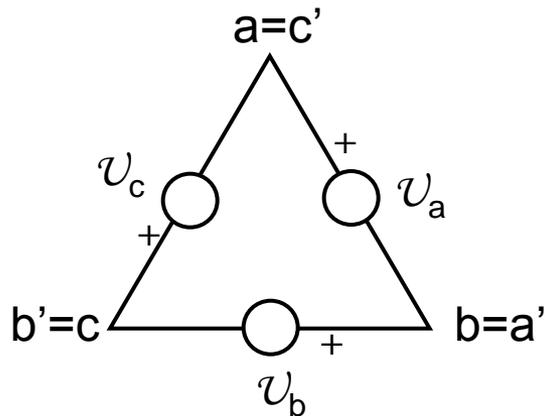
Las tensiones de línea están adelantadas 30°

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Generador en Δ



Las tensiones de línea y las tensiones de fase coinciden

Tensiones de fase

$$V_a = V_{aa'} = U \angle 0^\circ$$

Tensiones de línea

$$V_{ab} = V_{aa'} = V_a$$

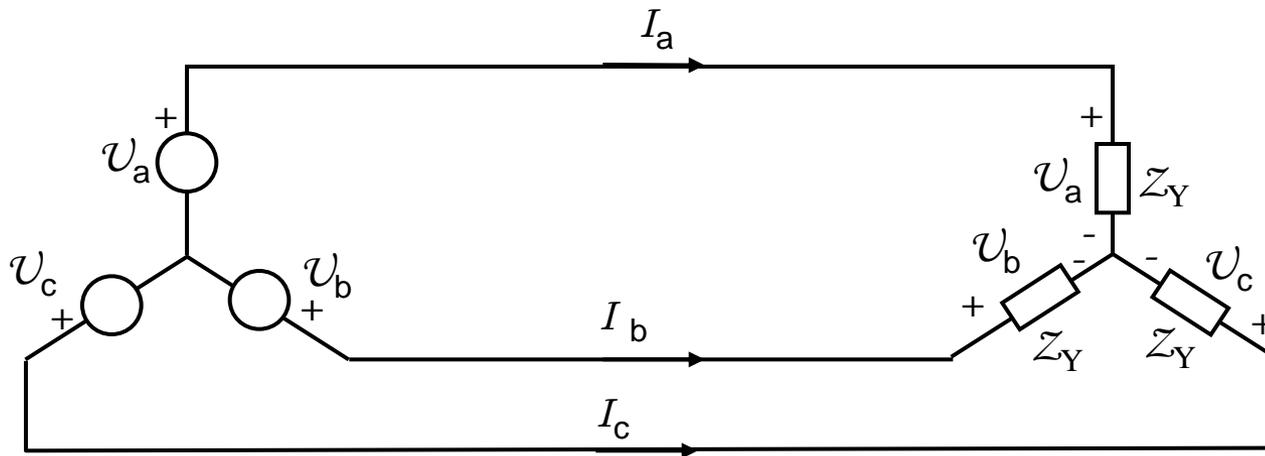
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Corriente en un sistema trifásico equilibrado

Generador en Y y carga equilibrada en Y



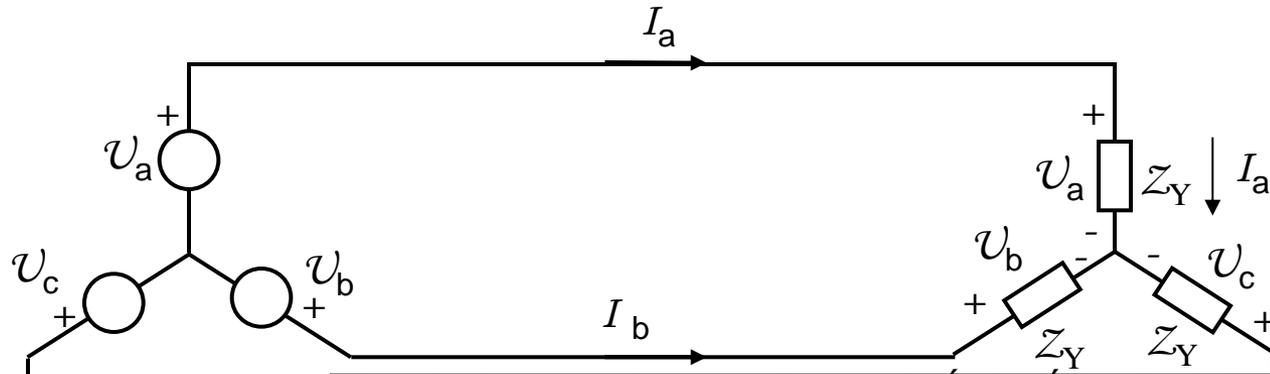
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Corriente de fase y corriente de línea

- Corriente de fase: Corriente que circula por cada fase de la carga
- Corriente de línea: Corriente que circula por las líneas que conectan las fases del generador con las fases de la carga trifásica



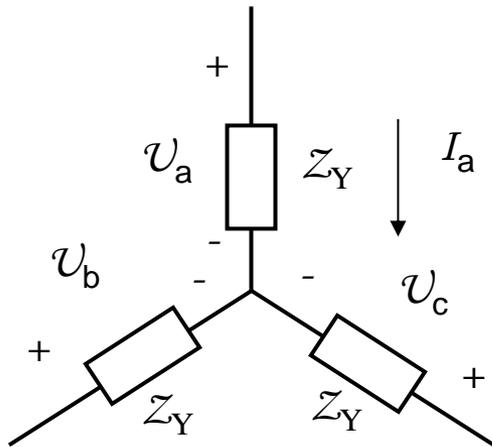
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Las corrientes de línea y de fase coinciden.

Corriente en el caso YY



$$I_a = \frac{U_a}{Z_Y} = \frac{U}{Z_Y} \angle -\varphi = I \angle -\varphi$$

$$I_b = \frac{U_b}{Z_Y} = \frac{U}{Z_Y} \angle -120 - \varphi = I \angle -120 - \varphi$$

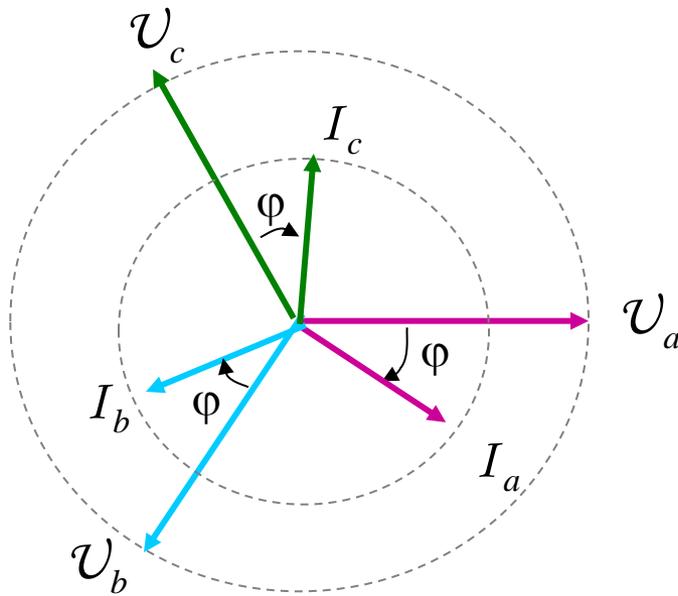
$$I_c = \frac{U_c}{Z_Y} = \frac{U}{Z_Y} \angle 120 - \varphi = I \angle 120 - \varphi$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Diagrama fasorial (caso Y-Y)



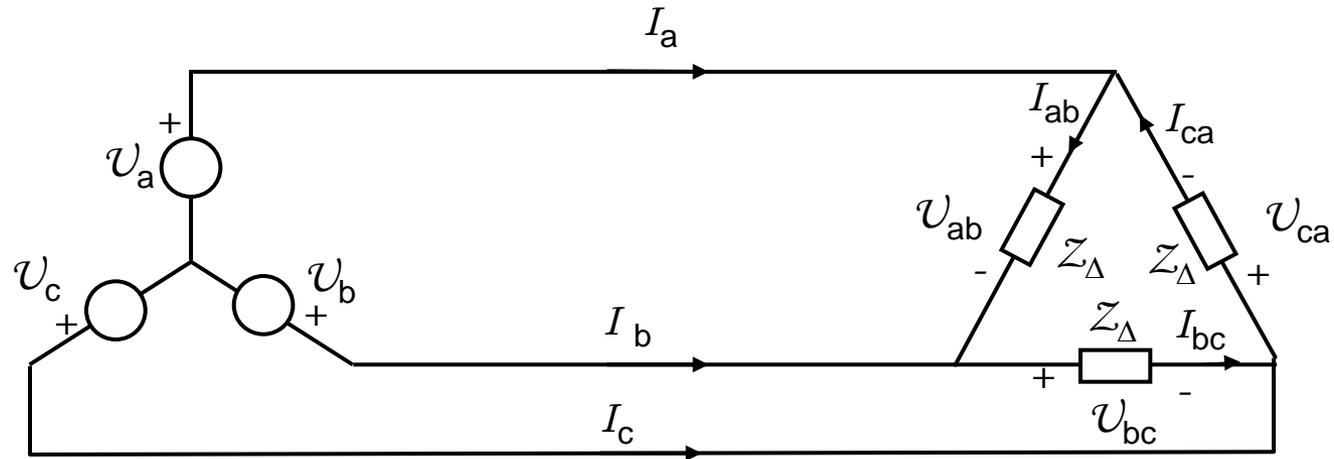
Si el sistema de tensiones es equilibrado y las 3 impedancias son idénticas (carga equilibrada), las corrientes serán un sistema trifásico equilibrado (módulo I, desfasadas 120° entre sí).

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Carga en Δ



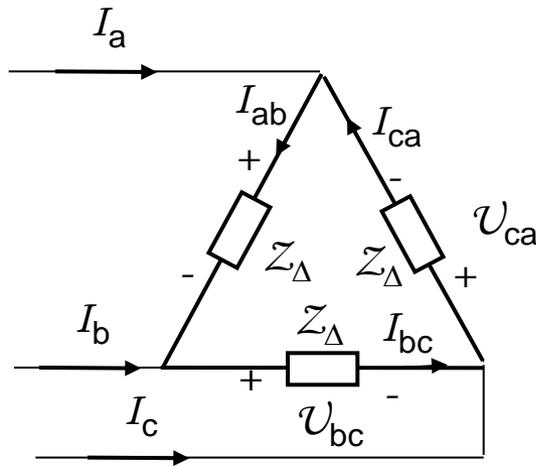
La carga en Δ es equivalente a la carga en Y anterior si

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Corrientes de fase y de línea



Corrientes de línea (calculadas antes)

$$I_a = I \angle -\varphi$$

$$I_b = I \angle -120 - \varphi$$

$$I_c = I \angle 120 - \varphi$$

Corrientes de fase:

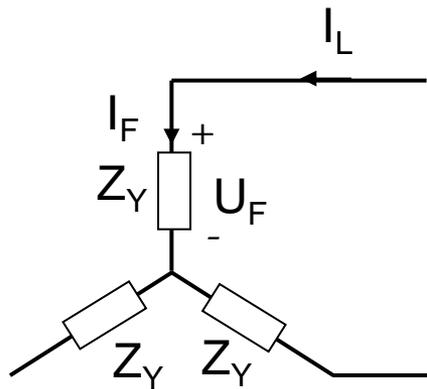
$$I_{ab} = \frac{U_{ab}}{Z_{\Delta}} = \frac{\sqrt{3}U}{Z_{\Delta}} \angle 30^{\circ} = \frac{\sqrt{3}U}{Z_{\Delta}} \angle 30^{\circ} - \varphi = \frac{\sqrt{3}U}{Z_{\Delta}} \angle 30^{\circ} - \varphi = \frac{I}{\sqrt{3}} \angle 30^{\circ} - \varphi$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Resumen magnitudes de fase y línea



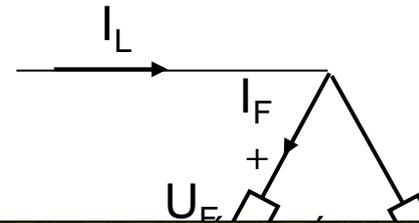
ESTRELLA

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

$$I_L = I_F$$

TRIÁNGULO

$$U_L = U_F$$

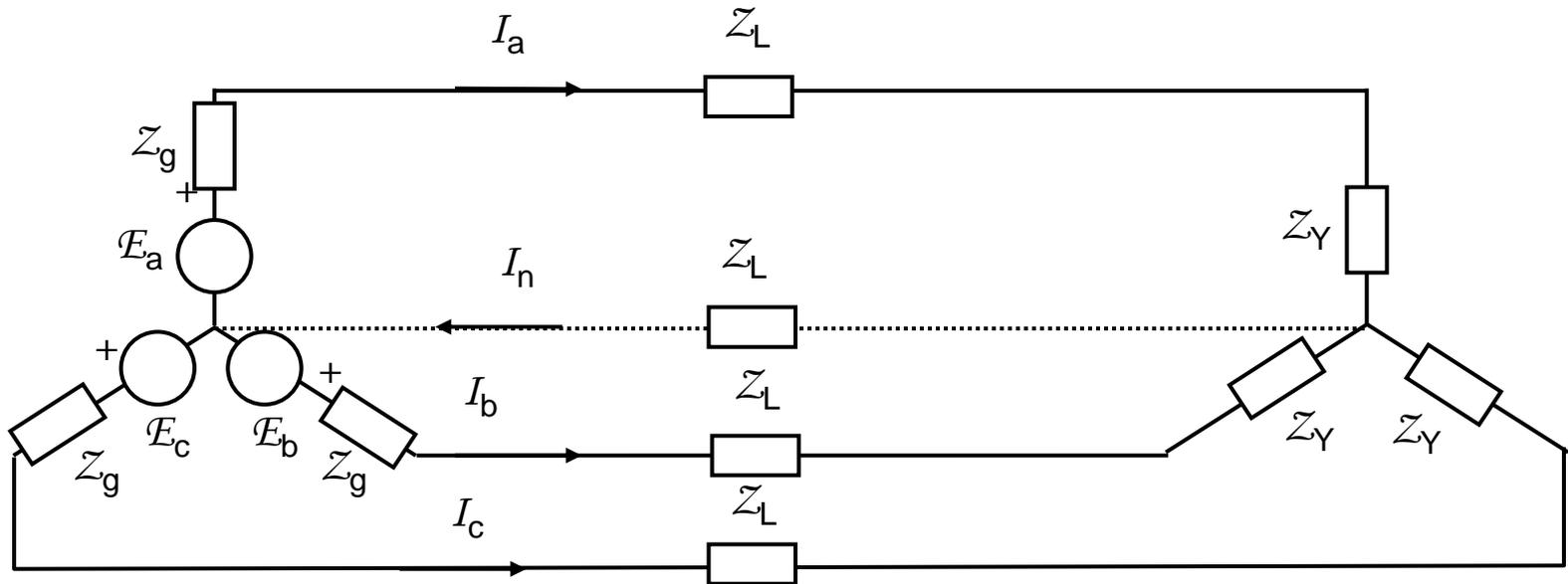


Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Circuito monofásico equivalente

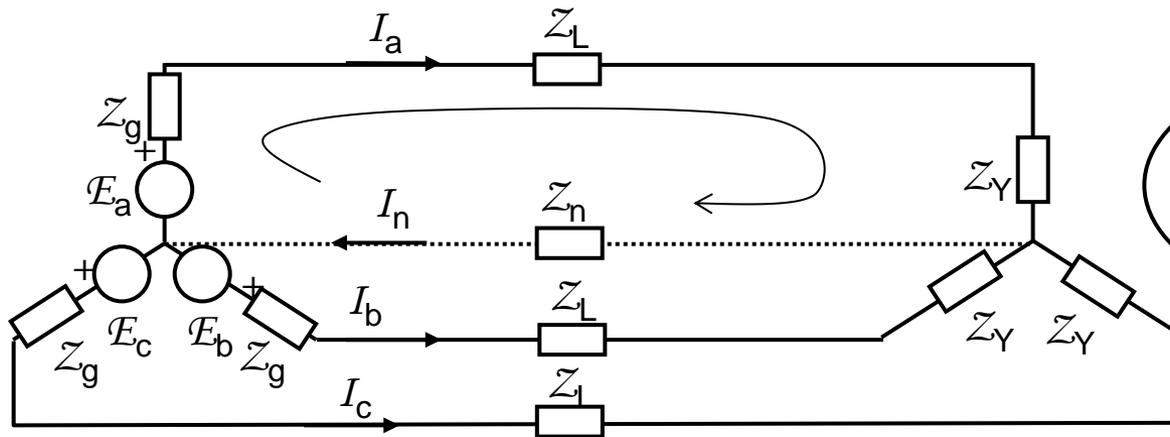


Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Circuito monofásico equivalente



Por el neutro no circula corriente => Se puede tomar $I_n=0$

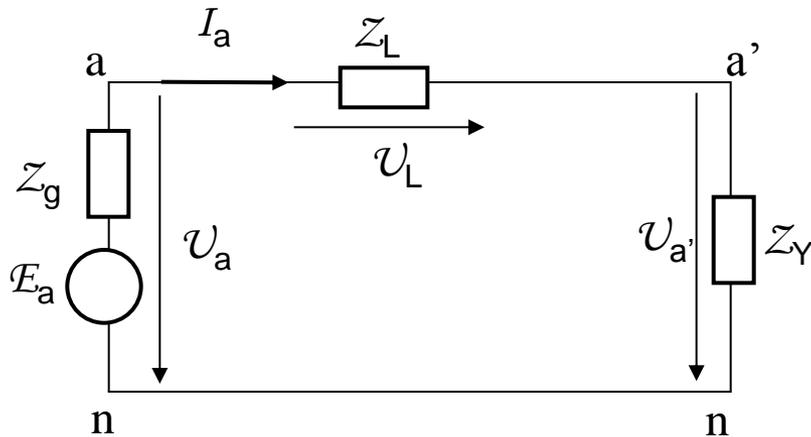
$$E_a = (Z_g + Z_L + Z_Y)I_a + Z_n(I_a + I_b + I_c) = (Z_g + Z_L + Z_Y)I_a$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Circuito monofásico equivalente



Podemos analizar lo que ocurre en una sola fase mediante un circuito equivalente monofásico

$$E_a = (Z_g + Z_L + Z_Y)I_a$$

$$U = E - Z \cdot I$$

En las otras fases aparecerán las

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

L L u

3.2 Potencia en los sistemas trifásicos

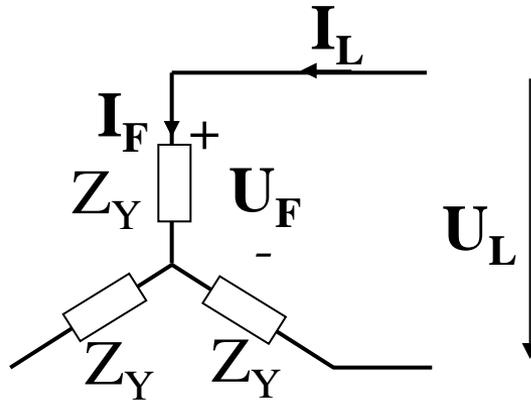
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Revisión de conceptos previos.



ESTRELLA

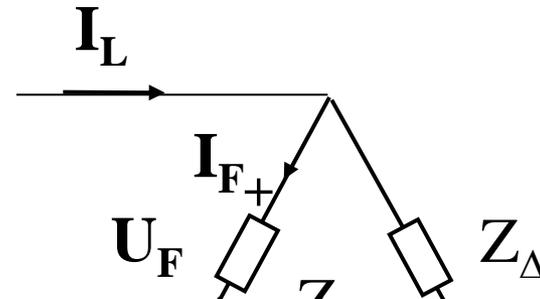
$$U_L = \sqrt{3}U_F$$

$$I_L = I_F$$

TRIÁNGULO

$$U_L = U_F$$

U_L



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Revisión de conceptos previos.

- Potencia activa $P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$ [W]
- Potencia reactiva $Q = U \cdot I \cdot \operatorname{sen} \varphi$ [VAr]
- Potencia aparente $S = U \cdot I = \sqrt{P^2 + Q^2}$ [VA]
- Factor de potencia $f.p. = \frac{P}{S} = \cos \varphi$ $0 < f.p. \leq 1$

φ = argumento impedancia compleja

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

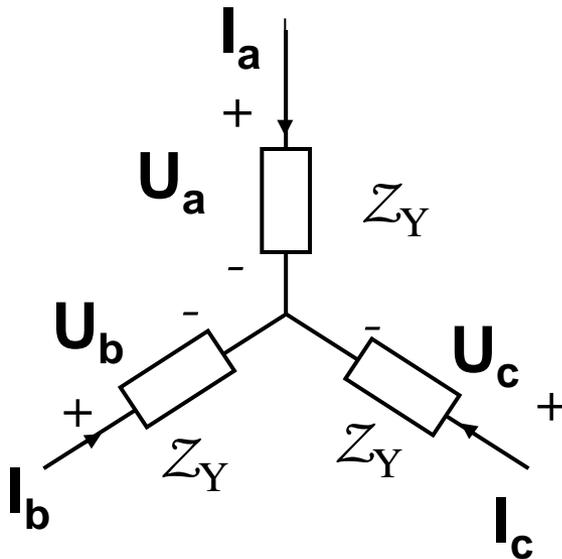
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Potencia consumida por una carga trifásica

$$\mathbf{S} = \mathbf{U}_a \cdot \mathbf{I}_a^* + \mathbf{U}_b \cdot \mathbf{I}_b^* + \mathbf{U}_c \cdot \mathbf{I}_c^*$$

$$P = P_a + P_b + P_c$$

$$Q = Q_a + Q_b + Q_c$$



Potencia consumida en la fase a :

$$P_a = U_a I_a \cos \varphi$$

$$Q_a = U_a I_a \sin \varphi$$

$$\varphi = \mathbf{U}_a \hat{\mathbf{I}}_a$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Potencia consumida por una carga trifásica

En un sistema trifásico equilibrado:

$$U_a = U_b = U_c = U_F; \quad I_a = I_b = I_c = I_F; \quad \mathbf{U}_a \hat{\mathbf{I}}_a = \mathbf{U}_b \hat{\mathbf{I}}_b = \mathbf{U}_c \hat{\mathbf{I}}_c = \varphi$$

$$P = U_a I_a \cos \varphi_a + U_b I_b \cos \varphi_b + U_c I_c \cos \varphi_c = 3U_F I_F \cos \varphi$$

$$Q = 3U_F I_F \sin \varphi$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = 3U_F I_F$$

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

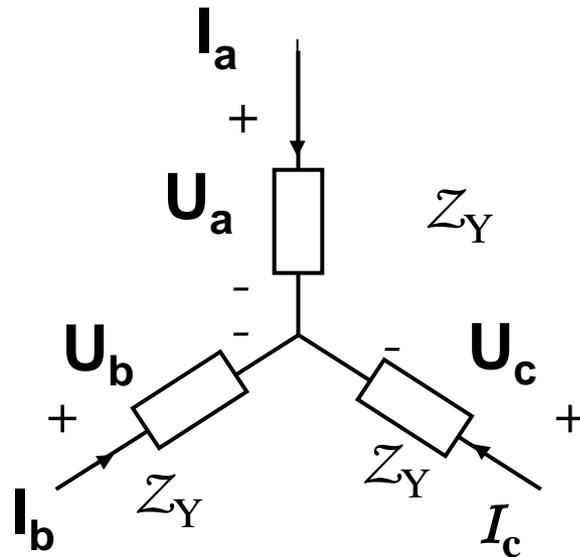
$$\mathbf{S} = \mathbf{U}_1 \mathbf{I}_1^* + \mathbf{U}_2 \mathbf{I}_2^* + \mathbf{U}_3 \mathbf{I}_3^* = 3\mathbf{U}_F \mathbf{I}_F^*$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Potencia consumida por una carga trifásica conectada en Y.



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

$$P = 3U_F I_F \cos \varphi = \sqrt{3}U_L I_L \cos \varphi$$

$$Q = 3U_F I_F \sin \varphi = \sqrt{3}U_L I_L \sin \varphi$$

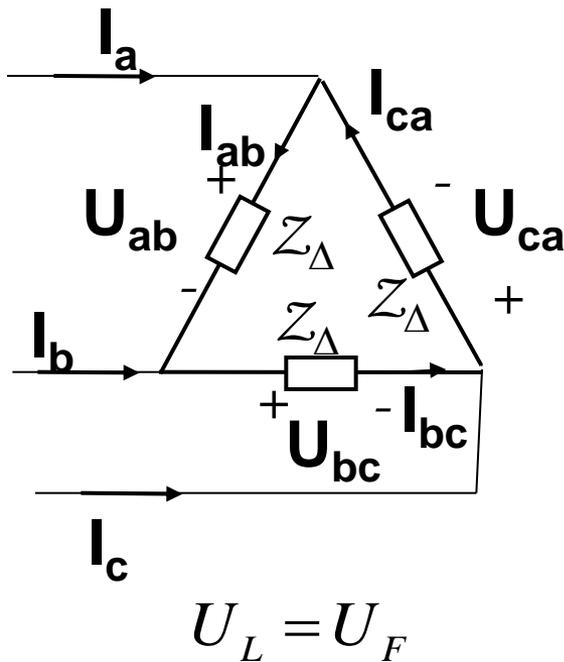
$$S = 3U_F I_F = \sqrt{3}U_L I_L$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Potencia consumida por una carga trifásica conectada en Δ



$$P = 3U_F I_F \cos \varphi = \sqrt{3}U_L I_L \cos \varphi$$

$$Q = 3U_F I_F \sin \varphi = \sqrt{3}U_L I_L \sin \varphi$$

$$S = 3U_F I_F = \sqrt{3}U_L I_L$$

Iguales fórmulas para el cálculo de

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

Potencia instantánea en sistemas trifásicos.

Sistema equilibrado.

$$i_a(t) = \sqrt{2}I_F \cos(\omega t - \varphi)$$

$$u_a(t) = \sqrt{2}U_F \cos \omega t$$

$$i_b(t) = \sqrt{2}I_F \cos(\omega t - 2\pi/3 - \varphi)$$

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

$$i_c(t) = \sqrt{2}I_F \cos(\omega t + 2\pi/3 - \varphi)$$

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

$$p(t) = u_a(t)i_a(t) + u_b(t)i_b(t) + u_c(t)i_c(t)$$

$$p(t) = 2U_F I_F \left[\begin{array}{l} \cos \omega \cdot t \cos(\omega \cdot t - \varphi) + \\ + \cos(\omega \cdot t - 2\pi/3) \cos(\omega \cdot t - \varphi - 2\pi/3) + \\ + \cos(\omega \cdot t + 2\pi/3) \cos(\omega \cdot t - \varphi + 2\pi/3) \end{array} \right]$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Potencia instantánea en sistemas trifásicos.

Sistema equilibrado.

$$p(t) = u_a(t)i_a(t) + u_b(t)i_b(t) + u_c(t)i_c(t)$$

$$p(t) = 2U_F I_F \cdot \left[\begin{array}{l} \cos \omega \cdot t \cos(\omega \cdot t - \varphi) + \\ \cos(\omega \cdot t - 2\pi / 3) \cos(\omega \cdot t - \varphi - 2\pi / 3) + \\ \cos(\omega \cdot t + 2\pi / 3) \cos(\omega \cdot t - \varphi + 2\pi / 3) \end{array} \right]$$

$$\cos \alpha \cos \beta = \frac{1}{2} (\cos(\alpha + \beta) + \cos(\alpha - \beta))$$

$$p(t) = U_F \cdot I_F \cdot \left[\begin{array}{l} \cos \varphi + \cos(2\omega \cdot t - \varphi) + \\ \cos \varphi + \cos(2\omega \cdot t - \varphi - 4\pi / 3) + \end{array} \right] = 3U_F I_F \cos \varphi$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Superposición de 3 valores (pulsación $2 \cdot \omega$) de amplitud $U_F \cdot I_F$, desfasados $\pm 120^\circ$ entre sí.

Potencia instantánea en sistemas trifásicos.

$$p(t) = P = 3U_F I_F \cos \varphi = \sqrt{3} U_L I_L \cos \varphi$$

La potencia instantánea en un sistema trifásico equilibrado es constante aunque la potencia en cada fase sea oscilante.

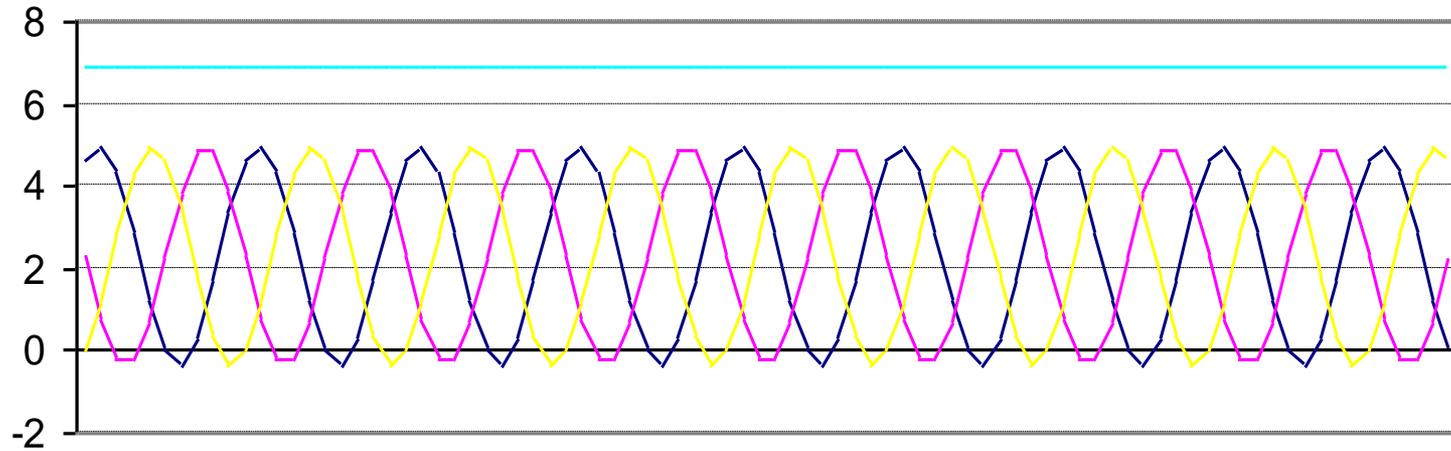
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Potencia instantánea

$$p(t) = 3U_F I_F \cos \varphi$$



— P1 — P2 — P3 — P total

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

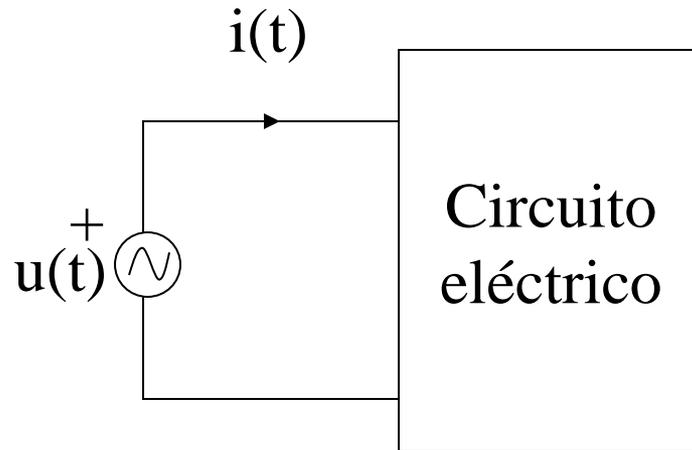
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

la potencia en cada fase sea constante

Potencia instantánea en sistemas trifásicos.

$$p(t) = 3U_F I_F \cos \varphi$$

Importancia del valor constante de $p(t)$: Comparación con el caso monofásico.



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

$$i(t) = \sqrt{2} \cdot I \cdot \cos(\omega t - \varphi)$$

Tomaremos la tensión como origen de fases

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Potencia instantánea en sistemas trifásicos.

Importancia del valor constante de $p(t)$: Comparación con el caso monofásico.

$$p(t) = u(t)i(t) = 2UI \cos \omega \cdot t \cos(\omega \cdot t - \varphi) = \underbrace{UI \cos \varphi}_{\text{Término constante.}} + \underbrace{UI \cos(2\omega \cdot t - \varphi)}_{\text{Término fluctuante de frecuencia doble que } u(t) \text{ e } i(t).}$$

En sistemas monofásicos, la potencia instantánea es la superposición de una potencia media (activa, P) y una potencia fluctuante:

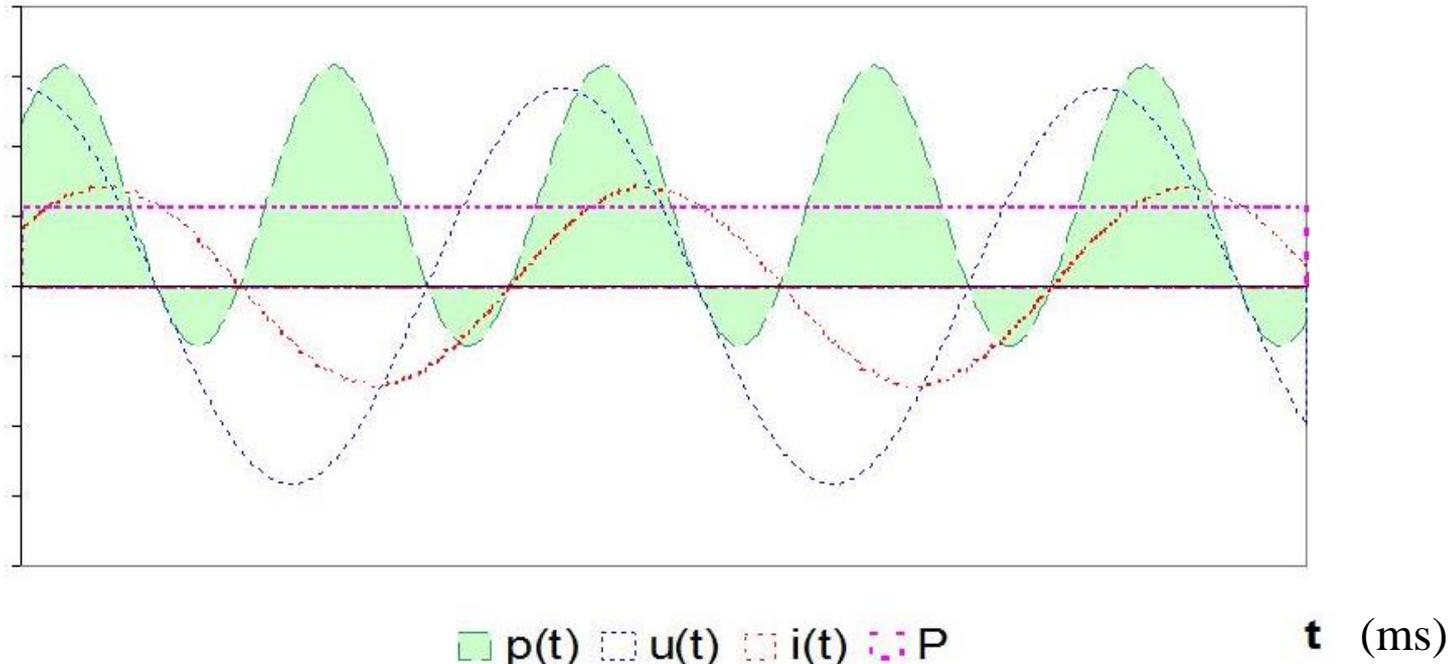
The logo for Cartagena99, featuring the text 'Cartagena99' in a stylized font with a blue and orange gradient background.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Potencia instantánea en sistemas trifásicos.

Importancia del valor constante de $p(t)$: Comparación con el caso monofásico.



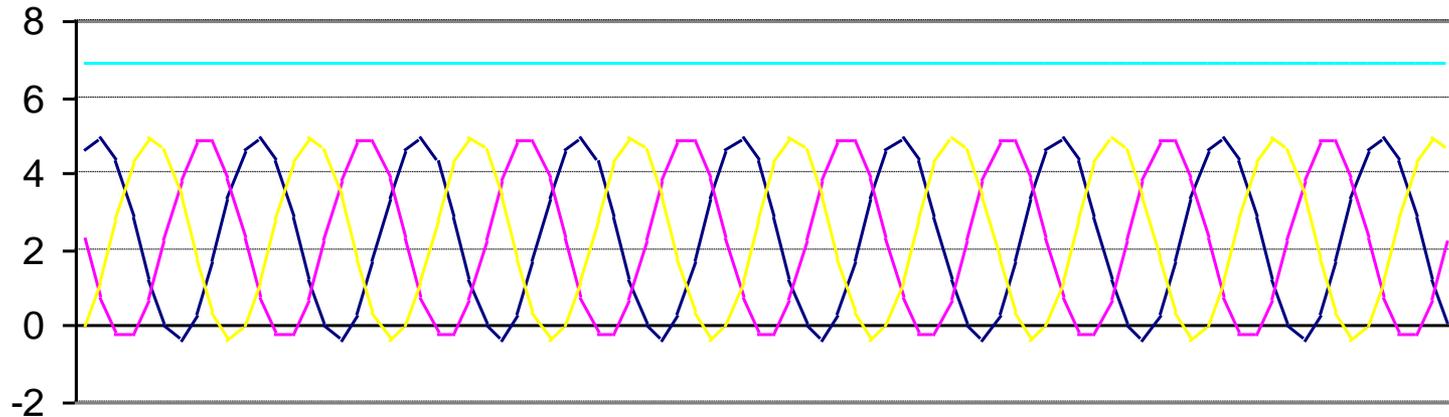
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Potencia instantánea en sistema trifásico equilibrado

$$p(t) = 3U_F I_F \cos \varphi$$



— P1 — P2 — P3 — P total

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

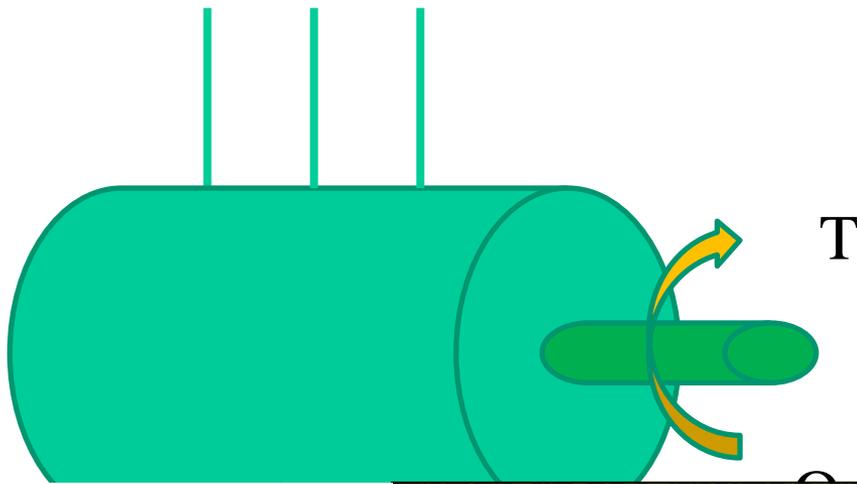
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

la potencia en cada fase sea constante

Potencia instantánea en sistemas trifásicos.

- En una máquina rotativa, el par está directamente relacionado con la potencia:

$$P_e = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cdot \cos\varphi$$



$$P_{mec} = T \cdot \Omega$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Potencia instantánea en sistemas trifásicos.

- En una máquina rotativa, el par está directamente relacionado con la potencia:

$$P_{mec} = T \cdot \Omega$$

- En sistemas trifásicos equilibrados, como $p(t)=P$, un motor/generador funciona sin fluctuaciones de par.
- Menos vibraciones=>menos fatiga de los materiales.
- Mejora de las prestaciones mecánicas.
- Esta es una de las razones de emplear sistemas trifásicos en producción de electricidad y motores eléctricos.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Compensación de potencia reactiva

- La mayoría de las cargas eléctricas son de carácter inductivo.
- Requieren de consumo de Q para su funcionamiento.
- P es la potencia útil que consumen las cargas.
- Q incrementa S y la corriente de alimentación necesaria:

$$P = 3U_F I_F \cos\varphi$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = 3U_F I_F = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L$$

$$Q = 3U_F I_F \sin\varphi$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

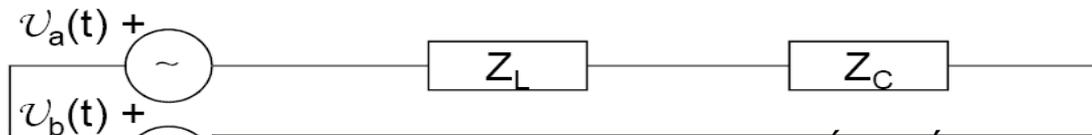
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Compensación de potencia reactiva

- Q incrementa S y la corriente de alimentación necesaria:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = 3U_F I_F = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L$$

- En sistemas trifásicos reales, las distancias entre fuentes y cargas son grandes $\Rightarrow Z_L \neq 0$.
- Consecuencias de Q elevada:
 - Pérdidas en líneas ($R_L \cdot I_L^2$).
 - Caída de tensión en líneas ($\Delta U_L = R_L \cdot I_L$).
 - Bajo rendimiento.



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

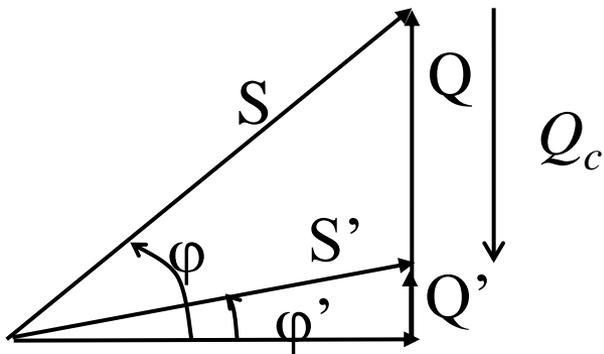
Generador

Línea

Carga

Compensación de potencia reactiva

- Objetivo: reducir Q para aumentar $\cos\varphi$.
- Para ello, se compensa la Q consumida conectando a la carga elementos que ceden Q : Condensadores.



$$Q = P \operatorname{tg} \varphi$$

$$Q' = P \operatorname{tg} \varphi'$$

Potencia cedida por los
condensadores:

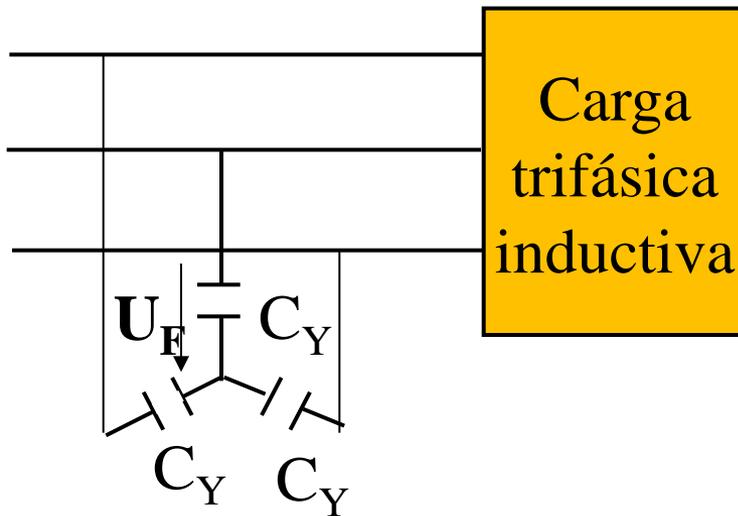
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Compensación de potencia reactiva.

Conexión de condensadores en Y.



Potencia reactiva cedida por un condensador

$$U \downarrow \perp \uparrow C \quad Q = \omega C U^2$$

$$Q = 3\omega C I_L^2 = 3\omega C \left(\frac{U_L}{\sqrt{3}} \right)^2 = \omega C U^2$$

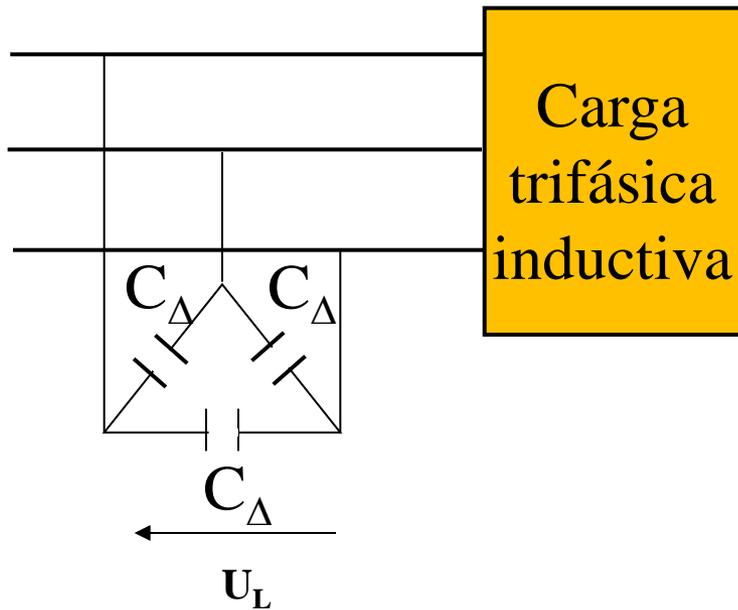
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Compensación de potencia reactiva.

Conexión de condensadores en Δ .



Potencia reactiva cedida por un condensador

$$U \downarrow \perp C \quad Q = \omega C U^2$$

1) Conectando los condensadores en Δ se

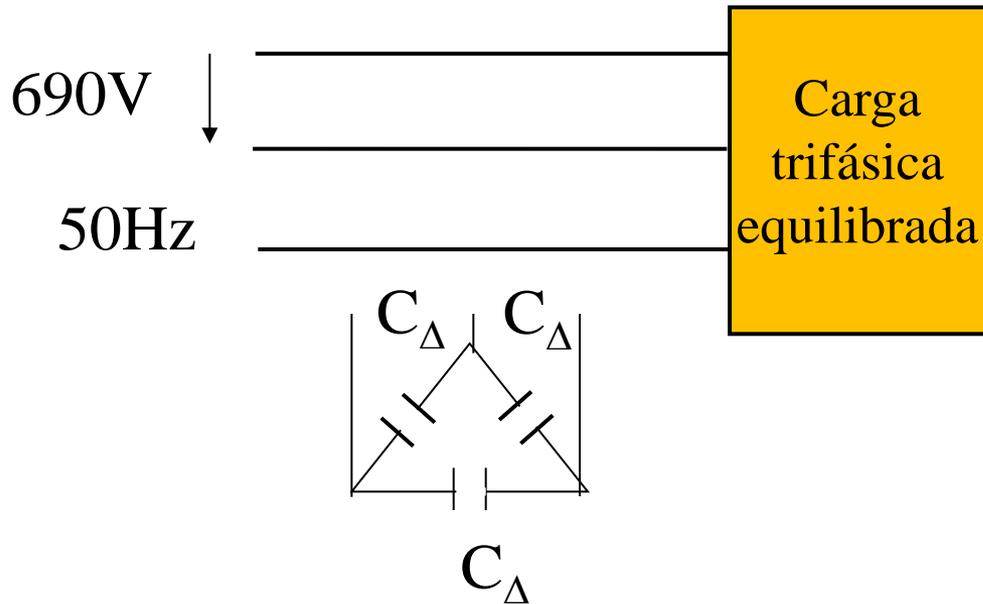
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

Compensación de potencia reactiva.

Ejemplo de cálculo.



La carga trifásica consume $P=370kW$ con un $\cos\varphi=0.75$ inductivo.

Calcular:

- Potencia aparente, reactiva y corriente de línea consumida por la carga.
- Calcular el valor de la capacidad por fase de una batería de condensadores

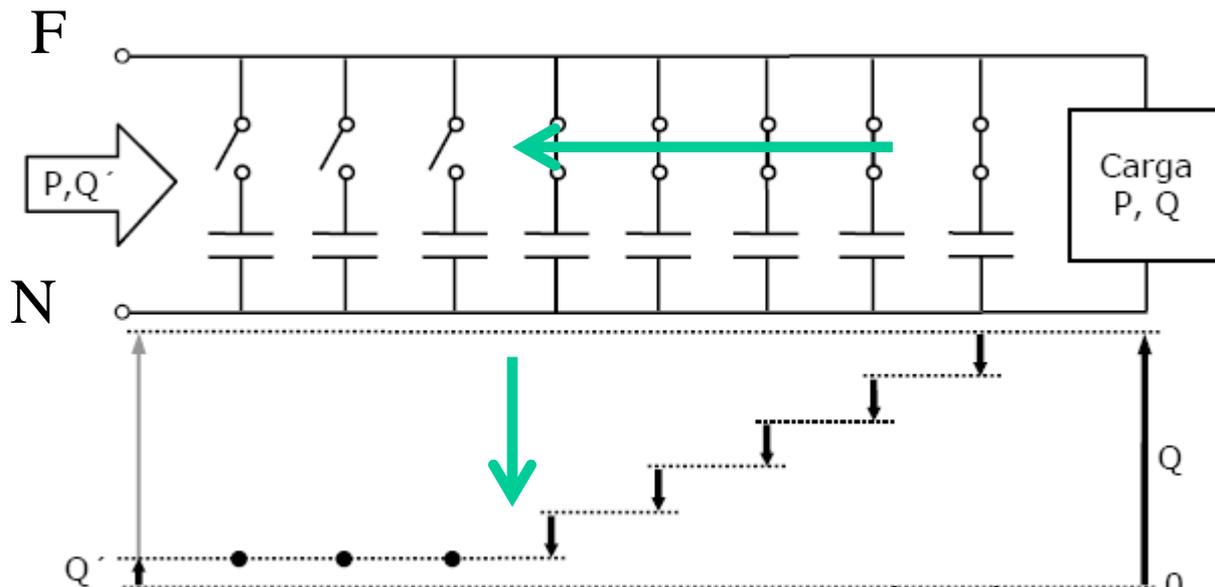
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Compensación de potencia reactiva.

- En las cargas reales hay fluctuaciones de P y Q.
- Por ello se emplean de baterías automáticas de condensadores.



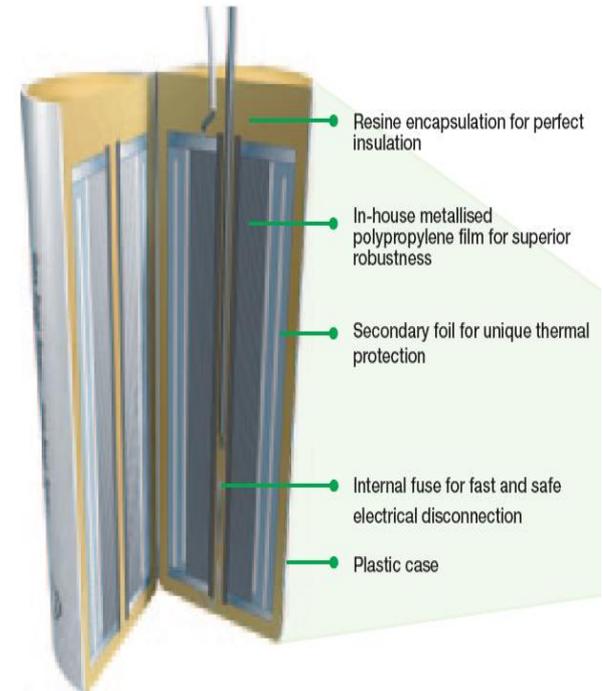
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Compensación de potencia reactiva.

- Baterías automáticas de condensadores. Ejemplo.



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Relevancia industrial.

- Tarifas vigentes de electricidad a partir del 1 de abril de 2012, publicadas en el BOE de 25 de abril de 2012 (IET/843/2012).
- Influencia de Q en tarifas de acceso a redes de transporte y distribución para suministro efectuado en BT con potencia contratada >10 kW y en AT.

cosφ	€/kVArh
0.8 < cosφ < 0.95	0,041554
cosφ < 0.8	0,062332

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, bold font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a background of a blue and orange gradient with a wavy, water-like effect.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Relevancia industrial.

- http://www.schneiderelectric.es/sites/spain/es/solutions/energy_efficiency/quick-navigation/correccion-de-factor-de-potencia.page
- http://www.cydesa.com/esp/cydesa_video.asp?id_cydesa=1.
- https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/ic/mvllv/low_voltage/Baterias_condensadores/Documents/Catalogo_PFC_Baterias_Condesadores_BT_LV%20Oct09.pdf.

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, dark green font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a light blue and orange background that resembles a stylized map or a graphic element.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Selección de módulos compensadores de Q con tablas

- Las baterías de condensadores se caracterizan por la potencia que pueden compensar.
- Valores normalizados:
- 0.5-1-1.5-2-2.5-3-4-5-6-8-10-12-15-20-25 (kVAr).
- La selección se suele hacer con tablas normalizadas en las que los datos de entrada son: P , $\cos\varphi$, $\cos\varphi'$.
- Para cada U_n , estas tablas devuelven el resultado del cálculo:

$$Q_c = Q - Q' = P \operatorname{tg} \varphi - P \operatorname{tg} \varphi'$$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

Selección de módulos compensadores de Q con tablas

		COS ϕ_n										
		0,9	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	1
0,50	1,248	1,276	1,306	1,337	1,369	1,403	1,440	1,481	1,529	1,590	1,732	
0,51	1,202	1,231	1,261	1,291	1,324	1,358	1,395	1,436	1,484	1,544	1,687	
0,52	1,158	1,187	1,217	1,247	1,280	1,314	1,351	1,392	1,440	1,500	1,643	
0,53	1,116	1,144	1,174	1,205	1,237	1,271	1,308	1,349	1,397	1,458	1,600	
0,54	1,074	1,103	1,133	1,163	1,196	1,230	1,267	1,308	1,356	1,416	1,559	
0,55	1,034	1,063	1,092	1,123	1,156	1,190	1,227	1,268	1,315	1,376	1,518	
0,56	0,995	1,024	1,053	1,084	1,116	1,151	1,188	1,229	1,276	1,337	1,479	
0,57	0,957	0,986	1,015	1,046	1,079	1,113	1,150	1,191	1,238	1,299	1,441	
0,58	0,920	0,949	0,979	1,009	1,042	1,076	1,113	1,154	1,201	1,262	1,405	
0,59	0,884	0,913	0,942	0,973	1,006	1,040	1,077	1,118	1,165	1,226	1,368	
0,60	0,849	0,878	0,907	0,938	0,970	1,005	1,042	1,083	1,130	1,191	1,333	
0,61	0,815	0,843	0,873	0,904	0,936	0,970	1,007	1,048	1,096	1,157	1,299	
0,62	0,781	0,810	0,839	0,870	0,903	0,937	0,974	1,015	1,062	1,123	1,265	
0,63	0,748	0,777	0,807	0,837	0,870	0,904	0,941	0,982	1,030	1,090	1,233	
0,64	0,716	0,745	0,775	0,805	0,838	0,872	0,909	0,950	0,998	1,058	1,201	
0,65	0,685	0,714	0,743	0,774	0,806	0,840	0,877	0,919	0,966	1,027	1,169	
0,66	0,654	0,683	0,712	0,743	0,775	0,810	0,847	0,888	0,935	0,996	1,138	
0,67	0,624	0,652	0,682	0,713	0,745	0,779	0,816	0,857	0,905	0,966	1,108	
0,68	0,594	0,623	0,652	0,683	0,715	0,750	0,787	0,828	0,875	0,936	1,078	
0,69	0,565	0,593	0,623	0,654	0,686	0,720	0,757	0,798	0,846	0,907	1,049	
0,70	0,536	0,565	0,594	0,625	0,657	0,692	0,729	0,770	0,817	0,878	1,020	
0,71	0,508	0,536	0,566	0,597	0,629	0,663	0,700	0,741	0,789	0,849	0,992	
0,72	0,480	0,508	0,538	0,569	0,601	0,635	0,672	0,713	0,761	0,821	0,964	
0,73	0,452	0,481	0,510	0,541	0,573	0,608	0,645	0,686	0,733	0,794	0,936	
0,74	0,425	0,453	0,483	0,514	0,546	0,580	0,617	0,658	0,706	0,766	0,909	
0,75	0,398	0,426	0,456	0,487	0,519	0,553	0,590	0,631	0,679	0,739	0,882	
0,76	0,371	0,400	0,429	0,460	0,492	0,526	0,563	0,605	0,652	0,713	0,855	
0,77	0,344	0,373	0,403	0,433	0,466	0,500	0,537	0,578	0,626	0,686	0,829	
0,78	0,318	0,347	0,376	0,407	0,439	0,474	0,511	0,552	0,599	0,660	0,802	
0,79	0,292	0,320	0,350	0,381	0,413	0,447	0,484	0,525	0,573	0,634	0,776	
0,80	0,266	0,294	0,324	0,355	0,387	0,421	0,458	0,499	0,547	0,608	0,750	
0,81	0,240	0,268	0,298	0,329	0,361	0,395	0,432	0,473	0,521	0,581	0,724	
0,82	0,214	0,242	0,272	0,303	0,335	0,369	0,406	0,447	0,495	0,556	0,698	
0,83	0,188	0,216	0,246	0,277	0,309	0,343	0,380	0,421	0,469	0,530	0,672	
0,84	0,162	0,190	0,220	0,251	0,283	0,317	0,354	0,395	0,443	0,503	0,646	
0,85	0,135	0,164	0,194	0,225	0,257	0,291	0,328	0,369	0,417	0,477	0,620	
0,86	0,109	0,138	0,167	0,198	0,230	0,265	0,302	0,343	0,390	0,451	0,593	
0,87	0,082	0,111	0,141	0,172	0,204	0,238	0,275	0,316	0,364	0,424	0,567	
0,88	0,055	0,084	0,114	0,145	0,177	0,211	0,248	0,289	0,337	0,397	0,540	

$$Q_C = Q - Q' = Ptg \phi - Ptg \phi'$$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99