MÁQUINAS ELÉCTRICAS

T.U.M.I. 2020

CRISTALDO JAVIER

Generación de tensión alterna:

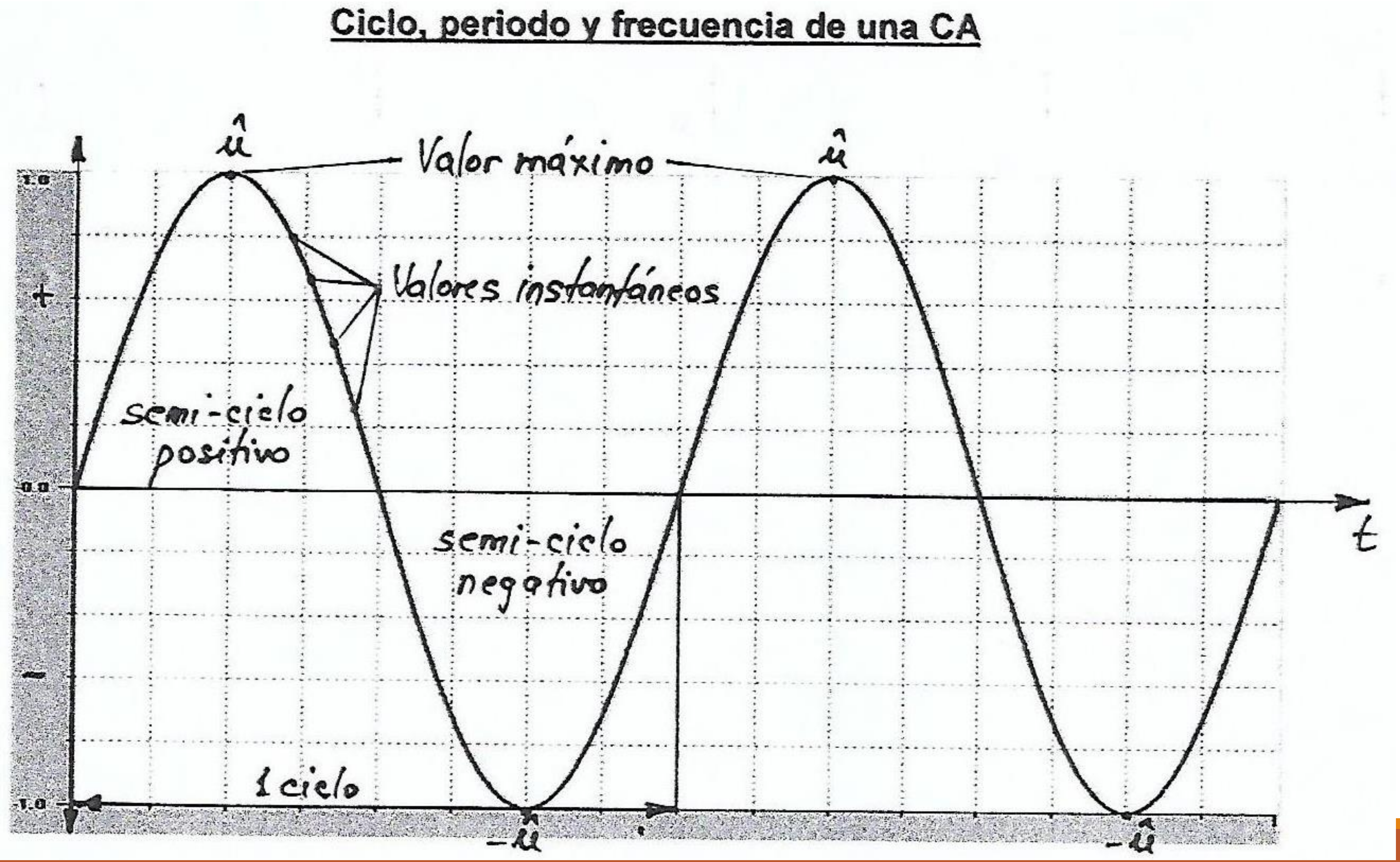
La generación y el uso masivo de la corriente alterna es algo más reciente que la corriente continua, y en todo el mundo se la utiliza mayoritariamente, porque presenta las siguientes ventajas:

- Es más fácil de transformar, reducir o elevar.
- Las máquinas son de construcción más sencilla, motores y generadores.
- Posee buenas propiedades para el transporte de la energía.
- Se puede conmutar mejor.
- Se puede generar en un amplio rango de frecuencias.

Si una espira gira con velocidad constante, dentro de un campo magnético homogéneo, se induce en ella una tensión que varía su polaridad, de una manera suave y regular; ésta se denomina: tensión alterna senoidal.
La tensión toma en cada instante otro valor, denominado valor instantáneo, el cual se calcula con la siguiente expresión:

$$\boxed{u = \hat{u} \times sen\,\alpha} \qquad [V]$$

MÁQUINAS ELÉCTRICAS



MÁQUINAS ELÉCTRICAS

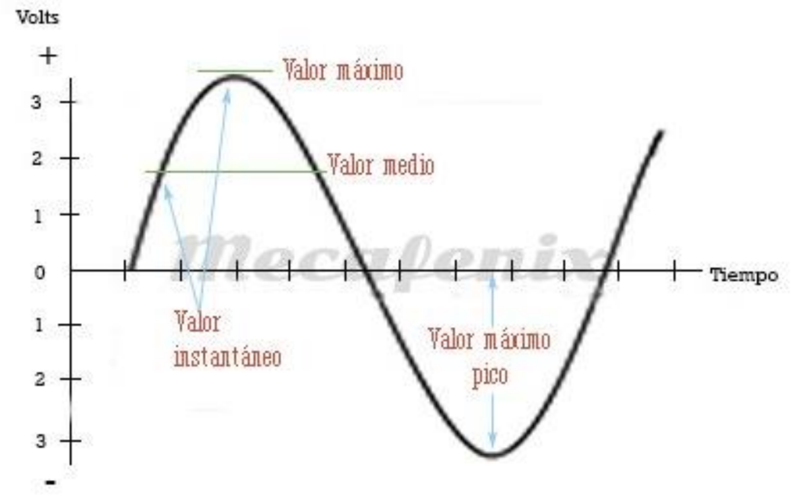
Cada revolución o giro del generador produce una oscilación de la C.A. denominada **ciclo.** Un ciclo posee un semi-ciclo positivo y otro negativo. La cantidad de veces que se repiten ciclos por segundo, se conoce como **frecuencia** (f), osea si un generador gira a 50 revoluciones por segundo, producirá una CA con 50 ciclos/segundos, denominado $50H_z$ (Hertz).

$$\boxed{f = \frac{1}{T} \quad \therefore \quad T = \frac{1}{f}}$$

MÁQUINAS ELÉCTRICAS

- **<u>Valor instantáneo:</u>** (u; i; p), es el valor de la tensión, corriente o potencia en un instante determinado: ej u= 145V; i=1,26A.

- **<u>Valor máximo:</u>** (û; î; p̂), es el <u>mayor</u> valor de todos los instantáneos: ej. û=311V; i=1,6A.



MÁQUINAS ELÉCTRICAS

- **Valor eficáz:** (U, I, P), es el valor medio cuadrático, de una oscilación; es aquel valor que comparado con una C.C.; produce la misma cantidad de calor. La relación entre valor máximo y valor eficaz, es 1,41..., osea $\sqrt{2}$. Ej: U=220V I=1,14A, siempre es el 70% del valor máximo.

- **Valor medio:** (Umed; Imed), es el valor medio aritmético de todos los valores instantáneos de un período: Umed= $\frac{2\times\hat{u}}{\pi}$ (v), (ej. Umed=198V; Imed=1,02A), siempre es el 63% del valor máximo.

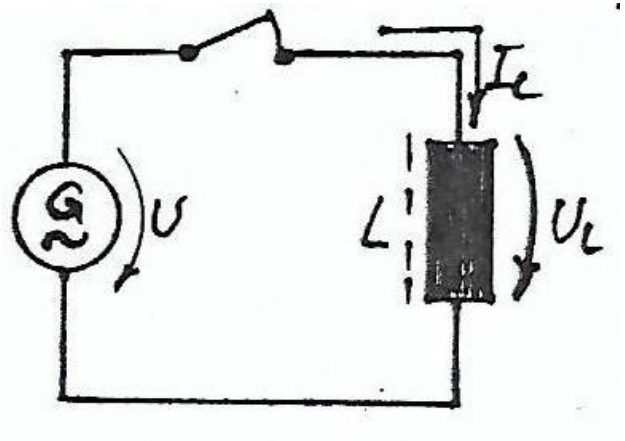
MÁQUINAS ELÉCTRICAS

- **<u>Frecuencia circular, velocidad angular o pulsación</u>**: Símbolo: ω
  Símbolo de la unidad: (1/s o s^{-1}).
  Es el cociente entre el ángulo descrito por el vector, y el tiempo empleado para ello:

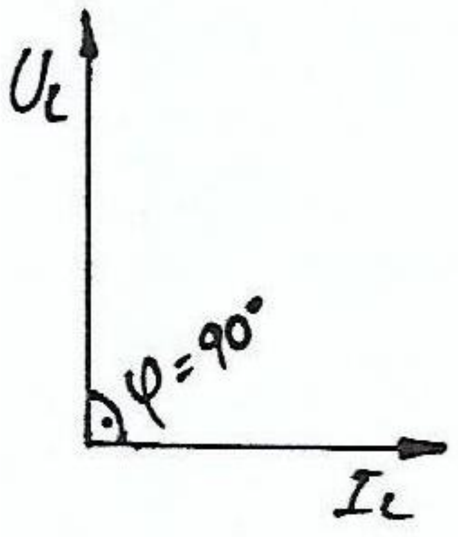
$$\boxed{\omega = \frac{\text{ángulo recorrido}}{\text{tiempo empleado}} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi \times f} \qquad [s^{-1}]$$

Comportamiento de un inductor, o bobina, en C.A.

Inductor: Al conectar una bobina a una tensión alterna, la bobina sufre permanente cambio del campo magnético, y por ello aparece una fuerza contra-electromotriz, (f.c.e.m. inducida), que produce una **oposición adicional**, que frena a la corriente. Por ello una bobina en C.A. consume mucho menos corriente que en C.C.



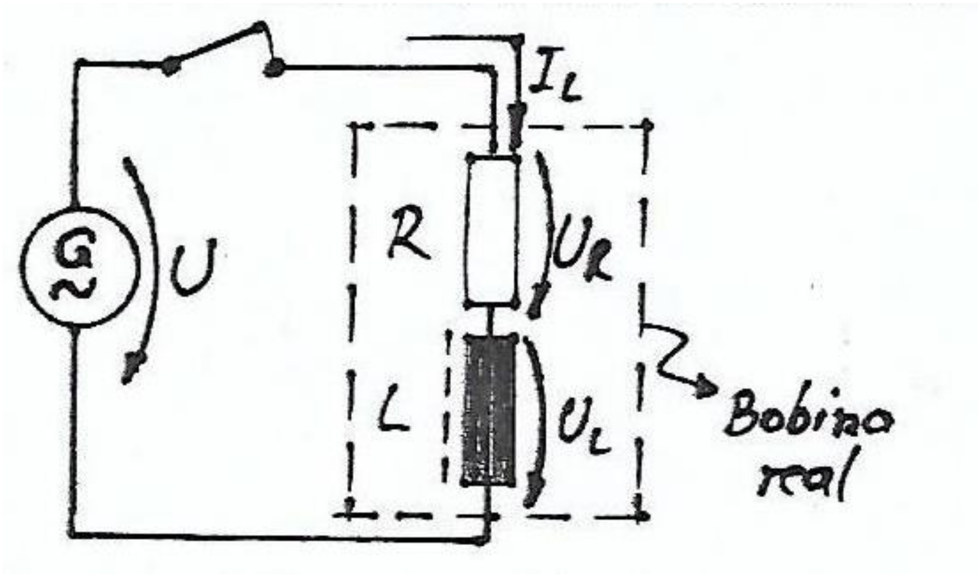
C.I**.V.I.L**.



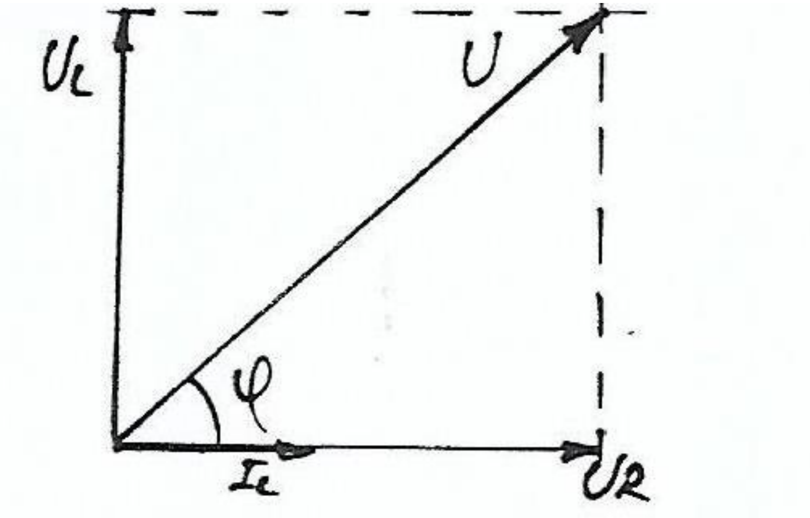
En una bobina ideal la intensidad de corriente esta retrasada 90° respecto de la tensión

MÁQUINAS ELÉCTRICAS

En una bobina REAL ese desfasaje es menor que 90°



C.I.**V.I.L**.



MÁQUINAS ELÉCTRICAS

La oposición específica X_L de la bobina se puede calcular así:

$$X_L = \frac{UL}{IL} \quad [\Omega] \quad \text{(según Ohm)}$$

o también se puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$\boxed{X_L = \omega \times L = 2\pi \times f \times L} \quad [\Omega]$$

Donde: $2 \times \pi \times f = \omega$ = velocidad angular. o pulsación

L = Inductancia de la bobina

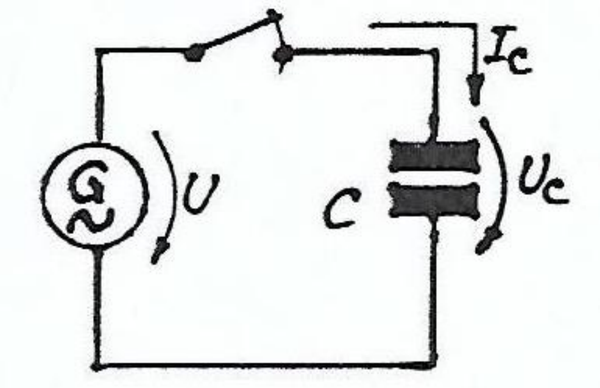
MÁQUINAS ELÉCTRICAS

Conclusión: ésta oposición adicional en C.A. se denominará **Reactancia inductiva** (X_L), y se la considera una magnitud **matemática** o "ficticia", porque no se la puede medir, solamente calcular:

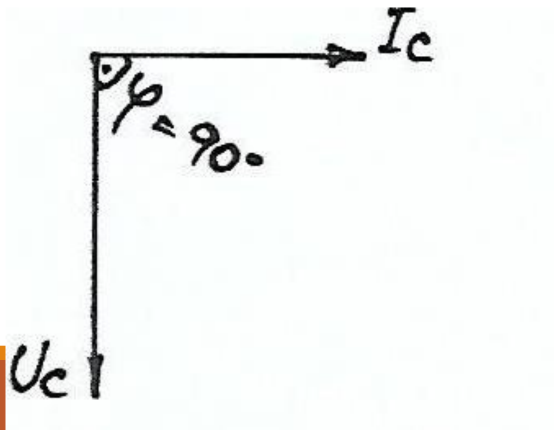
$$\boxed{X_L = \omega \times L} \qquad [\Omega]$$

El capacitor en corriente alterna C.A.

Al conectar un condensador a una tensión alterna, las placas del C. permanentemente se cargan y se descargan, por ello siempre circula una corriente hacia y desde el condensador, por más que el dieléctrico supone circuito abierto, por su elevada resistencia.
Si circula corriente en un circuito con capacitor, asumimos que él debe tener otra resistencia que en continua, menor, y a ésa resistencia, también matemática, la llamaremos, **Reactancia capacitiva (X_C)**

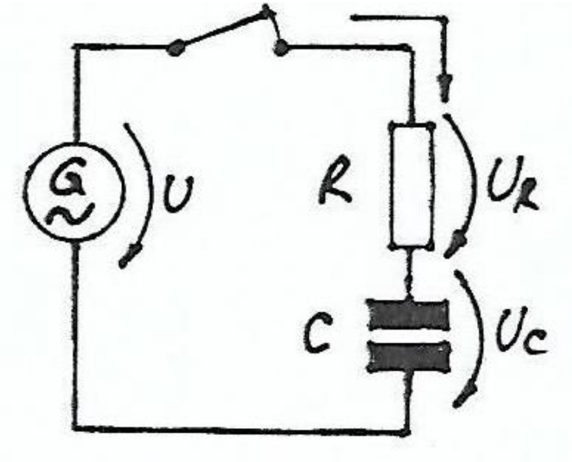


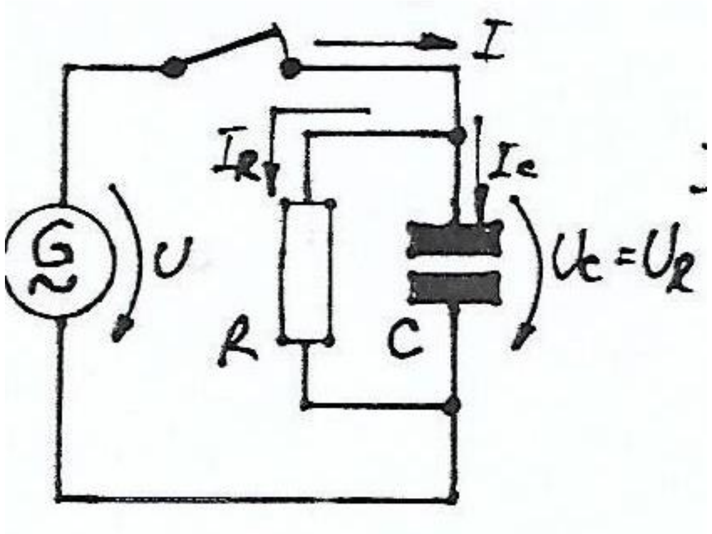
C.I.V.I.L.

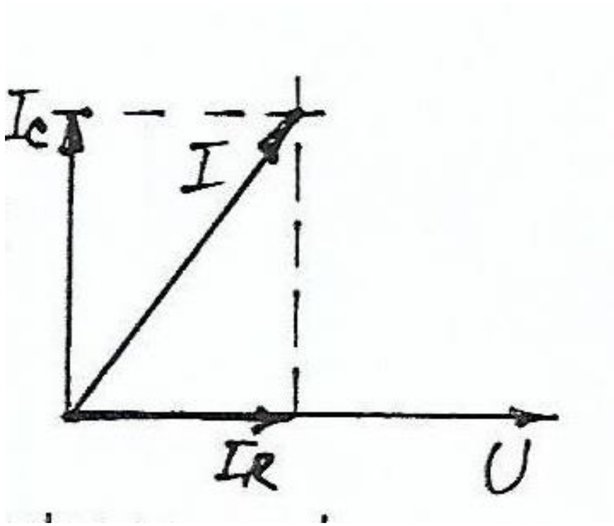


En un capacitor ideal la intensidad de corriente esta adelantada 90° respecto de la tensión

En un capacitor REAL, ese desfasaje es menor que 90°







C.I.V.I.L.

MÁQUINAS ELÉCTRICAS

La oposición específica X_c, que presenta un condensador se puede calcular:

$$\boxed{X_C = \frac{1}{2 \times \pi \times f \times C}} \qquad [\Omega]$$

Donde: $2\pi \times f = \omega$ = velocidad angular
C = capacitancia.

Tampoco ésta magnitud se puede medir, por lo que también la consideramos "imaginaria", pero si calcular:

$$\boxed{X_C = \frac{1}{\omega \times C}} \qquad [\Omega]$$

La oposición global, denominado: Impedancia (Z)

De lo aprendido hasta el momento, deducimos que tanto las bobinas como los condensadores presentan dos clases de oposiciones a la corriente alterna: una real, concreta y palpable, la **resistencia óhmica pura**, (**R**), y otra, imaginaria, matemática o reacción a la C.A., denominada **reactancia, (X).**
Ambas coexisten juntas, y se traducen en una oposición total o "global" a la corriente alterna, denominada : **Impedancia (Z)** , también medida en **ohm.**

La impedancia también se calcula:

$$\boxed{Z = \frac{Uca}{Ica}} \qquad [\Omega]$$

MÁQUINAS ELÉCTRICAS

La **resistencia óhmica pura, R**, es una magnitud **real**, por lo tanto, el **vector** que **representa una R**, se **dibuja en posición horizontal, con la punta hacia la derecha**:

MÁQUINAS ELÉCTRICAS

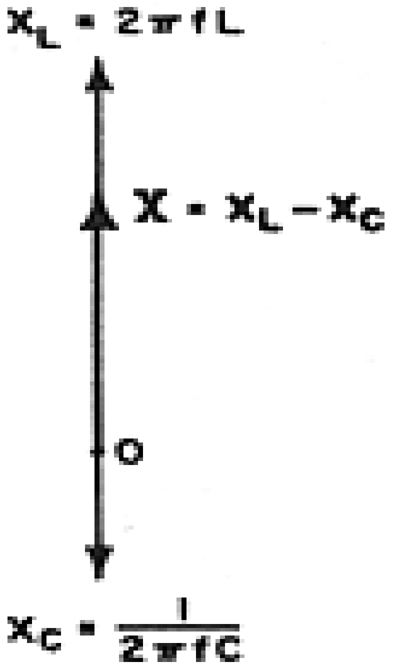
La **reactancia inductiva, (X_L)**, por ser un valor **imaginario** o matemático, se dibuja en la posición **vertical**, con la punta de flecha hacia **arriba**, porque precisamente la reactancia inductiva produce un **desfase** entre la **tensión y la corriente**. Normalmente se **atrasa la corriente** respecto a la tensión, en un **ángulo menor a 90°.**

MÁQUINAS ELÉCTRICAS

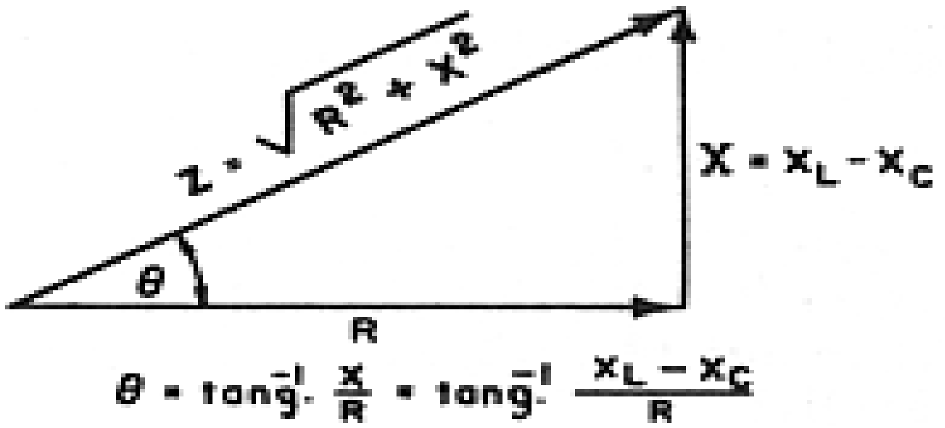
La **reactancia capacitiva, (X_C),** de los condensadores, también es una magnitud **imaginaria**, por lo que también la representamos con un **vector**, que va en la **vertical**, pero con la punta hacia **abajo**, ya que los condensadores suelen **atrasar la tensión** respecto a la corriente, y en un **ángulo menor a 90°.**

X_C

Por tratarse de **vectores, R y X** , se deben **sumar geométricamente**, o **gráficamente**, para hallar un valor **suma**, o resultante, que será la denominada **Impedancia, (Z),** que nuevamente es un **vector que tiene módulo y ángulo.**



Reactancia e impedancia
en circuitos eléctricos.

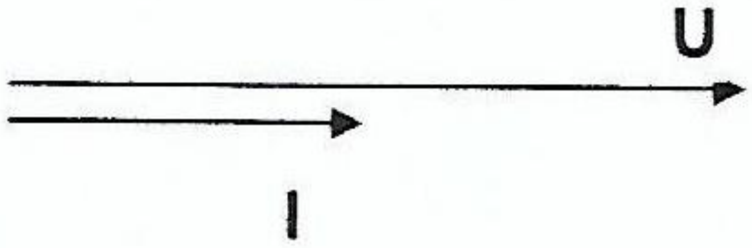


(A) Reactancia neta $X = X_L - X_C$ (B) Impedancia $Z = \sqrt{R^2 + X^2}$

Potencia activa P, reactiva Q y aparente S

Una resistencia óhmica pura en C.A., deja a la tensión U y a la corriente I en fase. Del producto entre los valores eficaces de U e I, resulta la potencia eficaz, denominada **activa**, real o útil.

$$\boxed{P = U \times I = I^2 \times R = \frac{U^2}{R}} \quad [W]$$



MÁQUINAS ELÉCTRICAS

Una inductancia pura, en cambio, **atrasa** a la corriente I con respecto a la tensión U, en un ángulo de 90°. Esto significa que la bobina consume potencia eléctrica para construir su campo magnético, y luego la devuelve, cuando merma la tensión, por lo que un inductor puro **no** consume potencia eléctrica. Esa energía que oscila en una bobina, va y vuelve, parece más bien inútil, por lo que se la llama **potencia reactivo-inductiva**, o simplemente, **reactiva.**

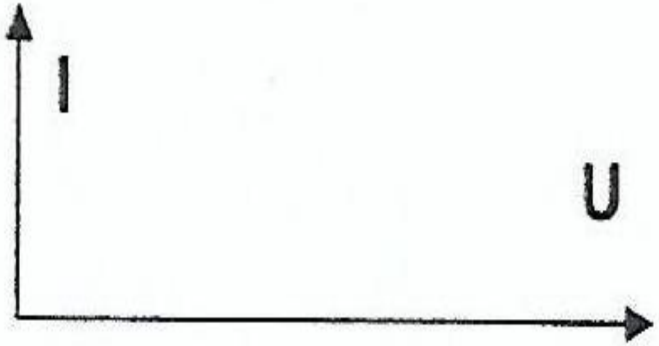
$$\boxed{Q_L = U_L \times I_L = I_L^2 \times X_L = \frac{UL^2}{XL}}$$

[Var]

MÁQUINAS ELÉCTRICAS

Por último, un capacitor en C.A., suele **atrasar** a la tensión, o bien, **adelantar** a la corriente respecto a la tensión. El utiliza la energía para cargarse, pero cuando desciende la tensión, él devuelve su carga, por lo que un condensador ideal tampoco consume energía eléctrica. Por ello se considera a ésta potencia como algo inútil, y se la llama **potencia reactivo-capacitiva**, o también, **reactiva**.

$$\boxed{Q_C = U_C \times I_C = I_C^2 \times X_C = \frac{UC^2}{XC}} \quad [\text{ Var }]$$



MÁQUINAS ELÉCTRICAS

Un inductor consume potencia **reactiva Q**, y un resistor consume potencia **activa P**. La fuente deberá proveer ambas potencias, por lo que la **suma vectorial o cuadrática** de las dos, se denomina, **potencia aparente S**, y se calcula con la siguiente fórmula:

$$\boxed{S = U \times I = I^2 \times Z = \frac{U^2}{Z}} \quad [VA]$$

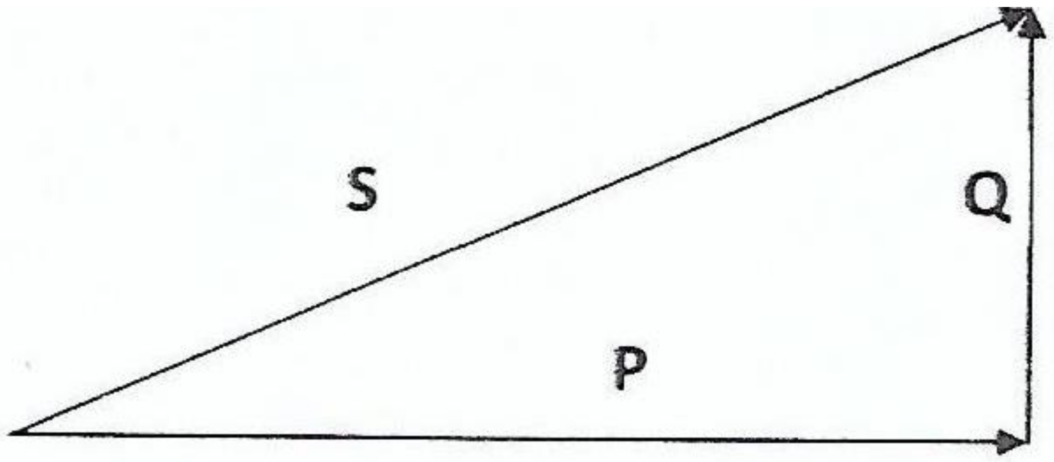
También se puede hacer la suma geométrica o cuadrática.

$$\boxed{S = \sqrt{P^2 + Q^2}} \quad [VA]$$

MÁQUINAS ELÉCTRICAS

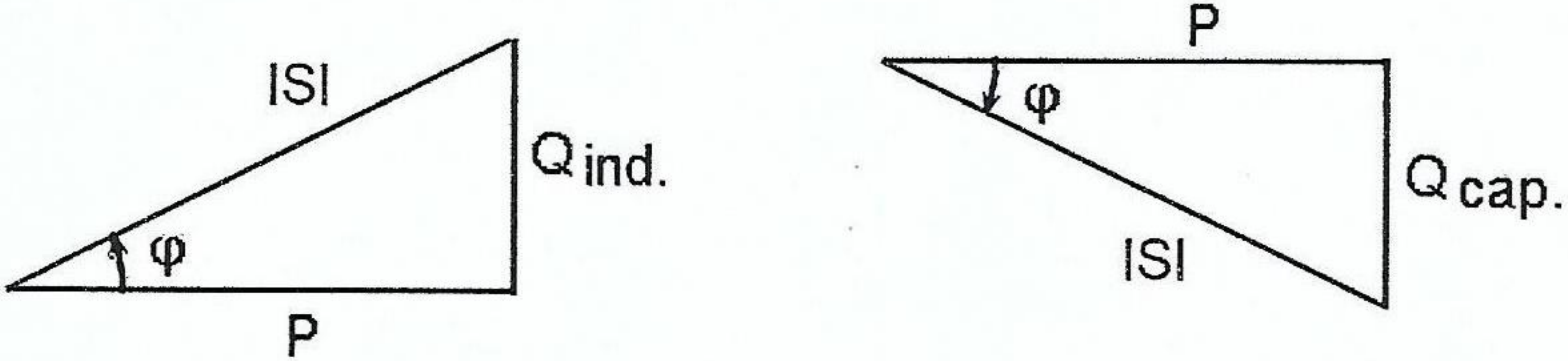
Triángulo de potencias:

Recordemos, todas las magnitudes son vectoriales, por lo que las **potencias**, **también lo son**:



MÁQUINAS ELÉCTRICAS

Dependiendo de si la potencia aparente es mayoritariamente inductiva, o capacitiva, el triángulo de las potencias apunta hacia arriba, o vuelca hacia abajo



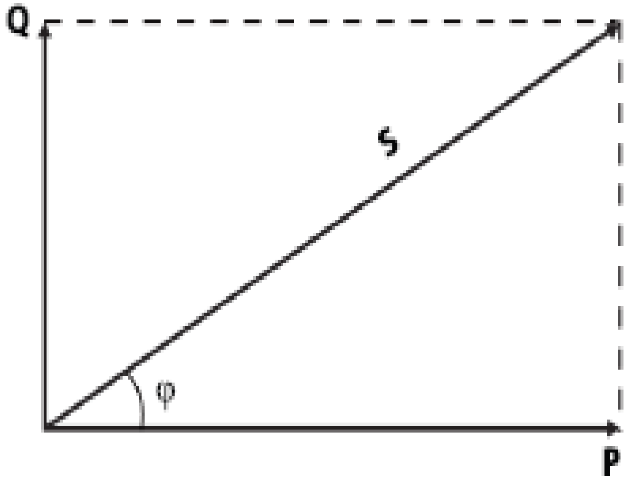
MÁQUINAS ELÉCTRICAS

La potencia activa P, y la aparente S, no están en fase, sino desfasadas en el ángulo φ, por ello el cociente entre P y S, se conoce como el factor de potencia, cos φ:

$$\boxed{\text{Factor de potencia } \cos\varphi = \frac{P}{S}}$$

MÁQUINAS ELÉCTRICAS

El coseno de phi se define como el ángulo (temporal) de desplazamiento existente entre la onda de corriente de una carga y su onda de tensión. En términos fasoriales se definiría como el ángulo formado entre la potencia activa (P) y la potencia aparente (S) de una carga:



Por su lado el factor de potencia define el factor existente entre potencia activa (P) y potencia aparente (S). Expresado en fórmula tendríamos la siguiente relación:

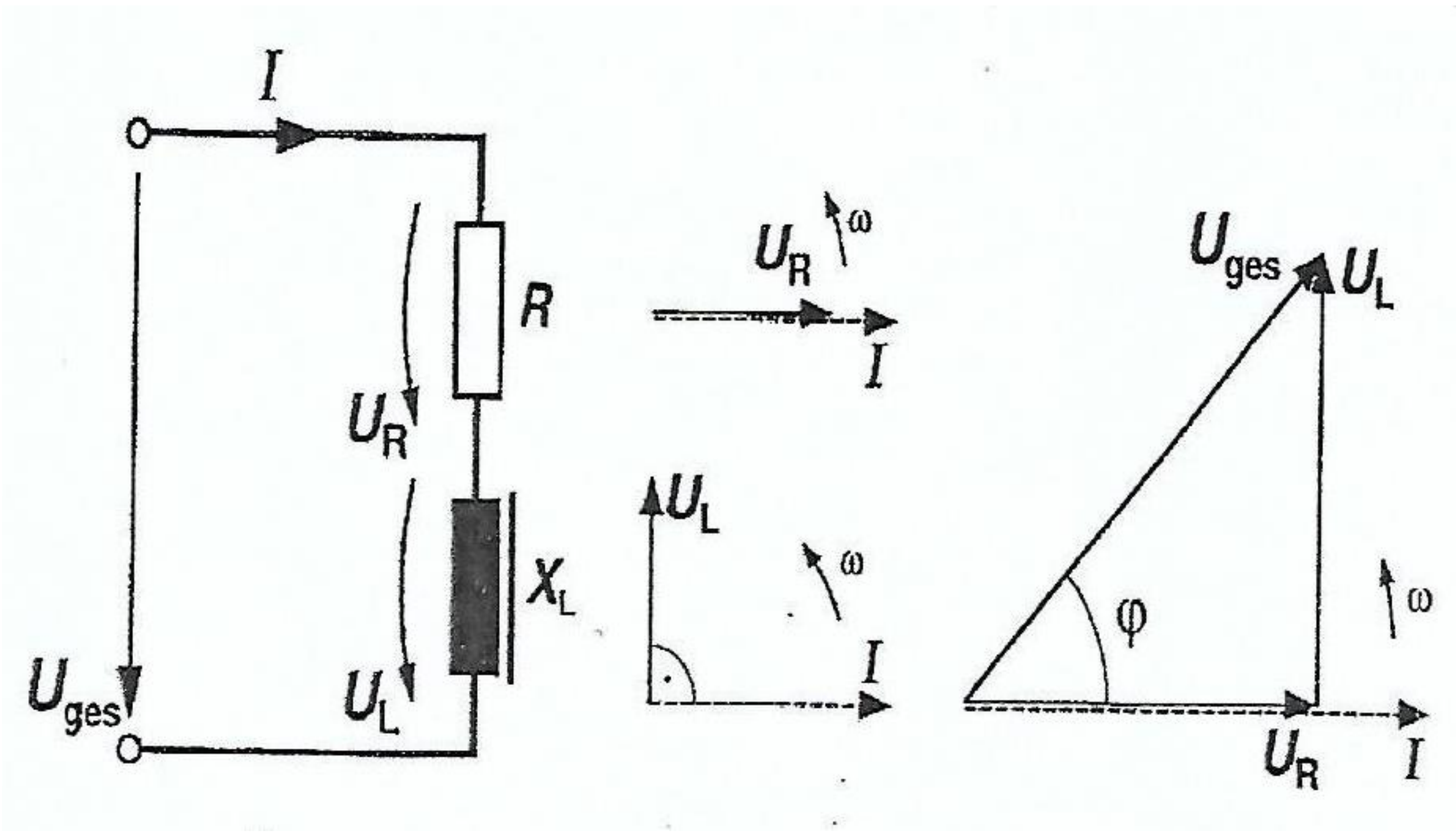
$$\lambda = \frac{P}{S} = \frac{U.I.\cos\varphi}{U.I}$$

MÁQUINAS ELÉCTRICAS

$$\boxed{\textbf{Potencia activa: } P = S \times \cos\varphi = U \times I \times \cos\varphi}$$ [W , kW, MW]

$$\boxed{\textbf{Potencia reactiva: } Q = S \times \operatorname{sen}\varphi = U \times I \times \operatorname{sen}\varphi = P \times \tan\varphi}$$ [Var , KVar]

MÁQUINAS ELÉCTRICAS



$$I = \frac{U}{Z}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

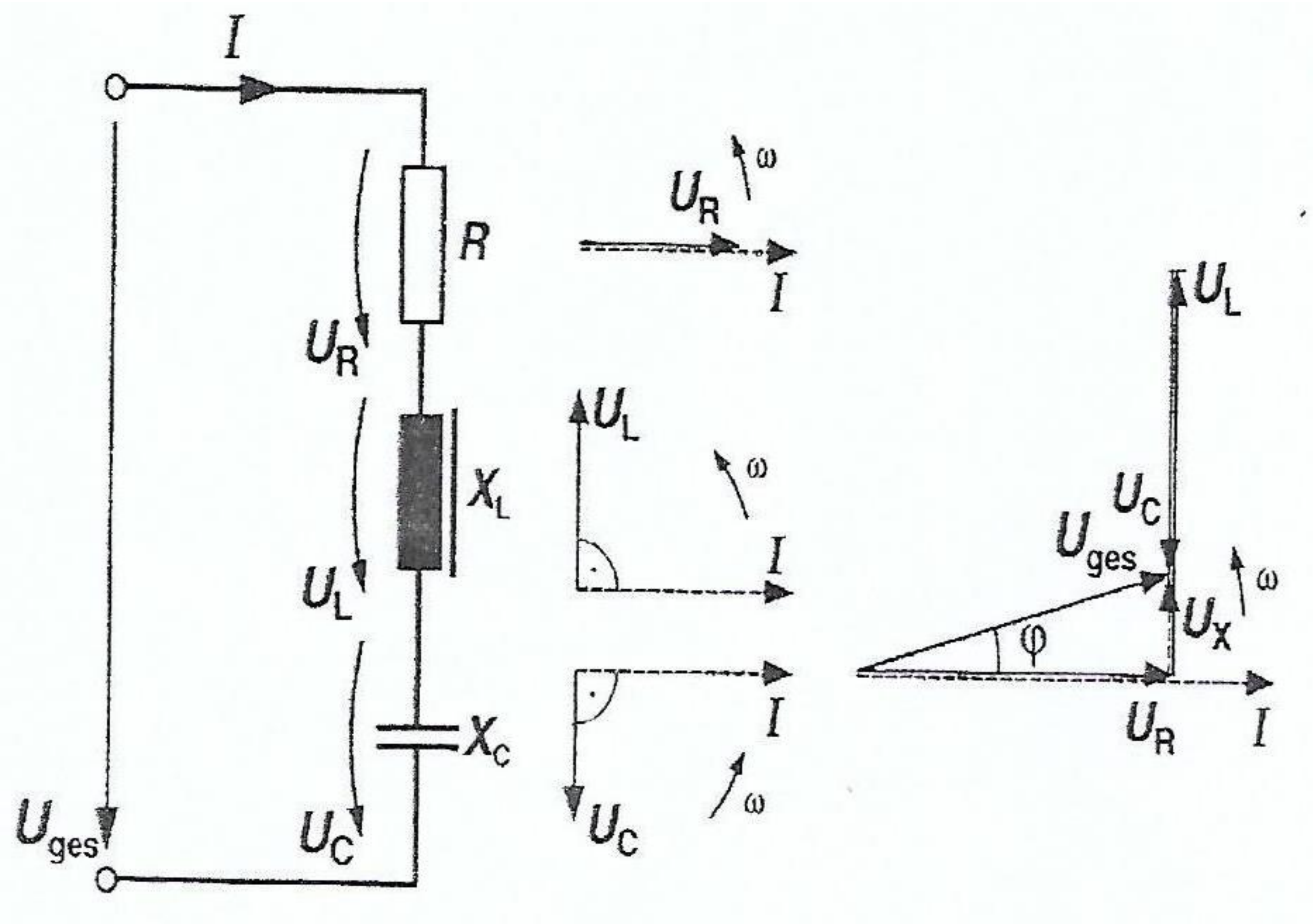
$$U_R = I * R$$

$$U_L = I * X_L$$

$$U_C = I * X_C$$

$$U_{ges} = \sqrt{U_R^2 + U_X^2}$$

MÁQUINAS ELÉCTRICAS



Para la conexión RLC serie, vale:

$$X_{Res} = X_L - X_C$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_{Res}^2}$$

$$U_X = U_L - U_C$$

MÁQUINAS ELÉCTRICAS

Un grupo electrógeno como el de la está compuesto por un motor diesel que acciona un generador trifásico de corriente alterna, cuya placa de características indica los siguientes datos.

Potencia nominal: ....410 KVA

Factor de potencia cos φ 0.8

Frecuencia:..50 Hz

Velocidad: ....500 rpm.

Tensión..380-220V

Rendimiento a 100 % de carga y cos φ=0.8 inductivo..............................92.7%

Determinar la potencia del motor diesel para accionarlo a plena potencia.

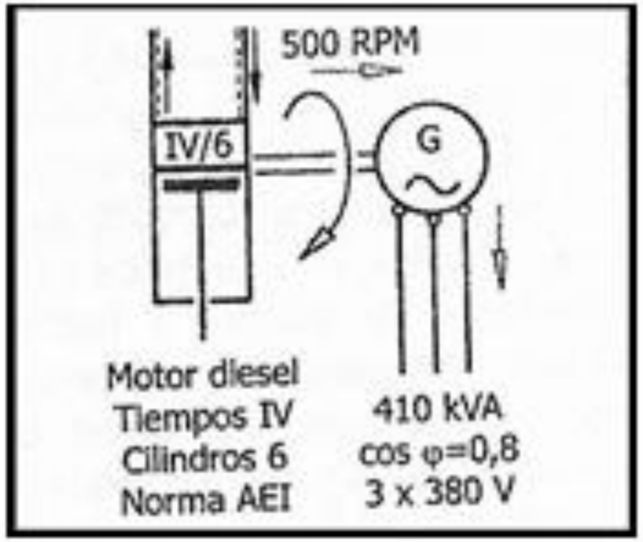


Ilustración 1-Grupo electrógeno

MÁQUINAS ELÉCTRICAS

Potencia eléctrica

Tenemos de dato la potencia nominal (aparente) y el factor de potencia, por lo que podemos calcular la potencia activa

$$\text{Potencia Activa} = P\ [KW] = U.\ I.\ \cos\varphi$$

$$\text{Potencia Reactiva} = Q\ [KVAr] = U.\ I.\ \text{sen}\,\varphi$$

$$\text{Potencia Aparente} = S\ [KVA] = U.\ I.$$

MÁQUINAS ELÉCTRICAS

$$S = U.I = 410 \text{ KVA}$$

$$P\ [KW] = U.I\ .cos\varphi = 410\ [KVA]\ .\ 0{,}8 = \ \ 328[KW]$$

MÁQUINAS ELÉCTRICAS

Potencia Mecánica (potencia útil)

$$\eta(Rendimiento) = \frac{Potencia\ util\ (eje)}{Potencia\ absorbida}$$

Tenemos de dato la Potencia indicada, y el rendimiento, por lo que podemos plantear

$$Potencia\ absorbida = \frac{Potencia\ util\ (eje)}{\eta(Rendimiento)} = \frac{328\ KW}{0{,}927} = 353{,}83\ KW$$

MÁQUINAS ELÉCTRICAS

Cambiando de unidades

$$1hp = 0.746\ KW$$

$$x\ hp = 353{,}83\ KW\ \rightarrow 474{,}30hp$$

Potencia Mecánica en hp = 475 HP

Un generador de corriente trifásica acoplado a una turbina de una central hidroeléctrica como el de ilustración 2 tiene las siguientes características en placa

Potencia en bornes...16 000 KVA

Factor de potencia cos φ 0.8

Frecuencia:..50 Hz

Velocidad: ....214 rpm.

Tensión nominal compuesta ....13 200 V

Rendimiento a 100 % de carga y cos φ=0.8 inductivo...............96,6 %

Determinar:

a) Corriente máxima (nominal) que puede entregar
b) Potencia activa que entrega a la red, trabajando a:
   cos φ= 0,6
   cos φ=0,8
   cos φ=1

c) Potencia mecánica que debe proveer la turbina hidráulica trabajando a plena carga y cos φ=0,8 inductivo.

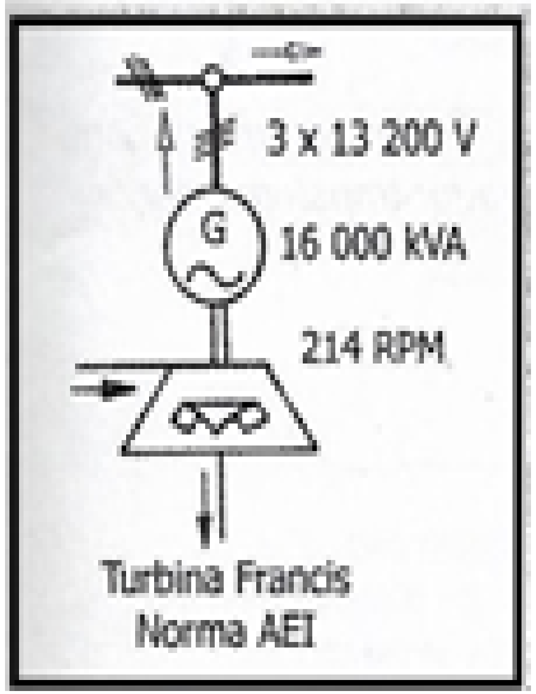


Ilustración 2

MÁQUINAS ELÉCTRICAS

Corriente máxima

Se la puede calcular a partir de la fórmula de potencia trifásica.

$$Potencia\ activa\ [KW] = P_3 = \sqrt{3}\,.U.I.cos\varphi$$

$$Potencia\ reactiva\ [KVAr] = Q_3 = \sqrt{3}\,.U.I.sen\varphi$$

$$Potencia\ aparente\ [KVA] = S_3 = \sqrt{3}\,.U.I$$

Utilizando la fórmula de Potencia aparente y despejando la corriente I, queda:

$$I = \frac{S_3}{\sqrt{3}.\ U} = \frac{16\,000\,000\ VA}{\sqrt{3}.\ 13\,200\ V} = 699{,}82\ A \sim 700A$$

Potencia activa cos φ= 0,6

$$Potencia\ activa\ [KW] = P_3 = \sqrt{3}\,.U.I.cos\varphi = S_3.cos\varphi$$

$$P_3 = S_3.cos\varphi = 16\,000\ KVA\ .0{,}6 = 9\,600\ KW$$

Potencia activa cos φ= 0,8

$$Potencia\ activa\ [KW] = P_3 = \sqrt{3}\,.U.I.cos\varphi = S_3.cos\varphi$$

$$P_3 = S_3.cos\varphi = 16\,000\ KVA\ .0{,}8 = 12\,800\ KW$$

Potencia activa cos φ= 1

$$Potencia\ activa\ [KW] = P_3 = \sqrt{3}\,.U.I.cos\varphi = S_3.cos\varphi$$

$$P_3 = S_3.cos\varphi = 16\,000\ KVA\ .\ 1 = 16\,000\ KW$$

MÁQUINAS ELÉCTRICAS

Tenemos de dato la Potencia indicada, y el rendimiento, por lo que podemos plantear

$$Potencia\ absorbida = \frac{Potencia\ util\ (eje)}{\eta(Rendimiento)} = \frac{12\,800\ KW}{0{,}966} = 13\,250\ KW$$

MÁQUINAS ELÉCTRICAS