

Generación de tensión alterna:

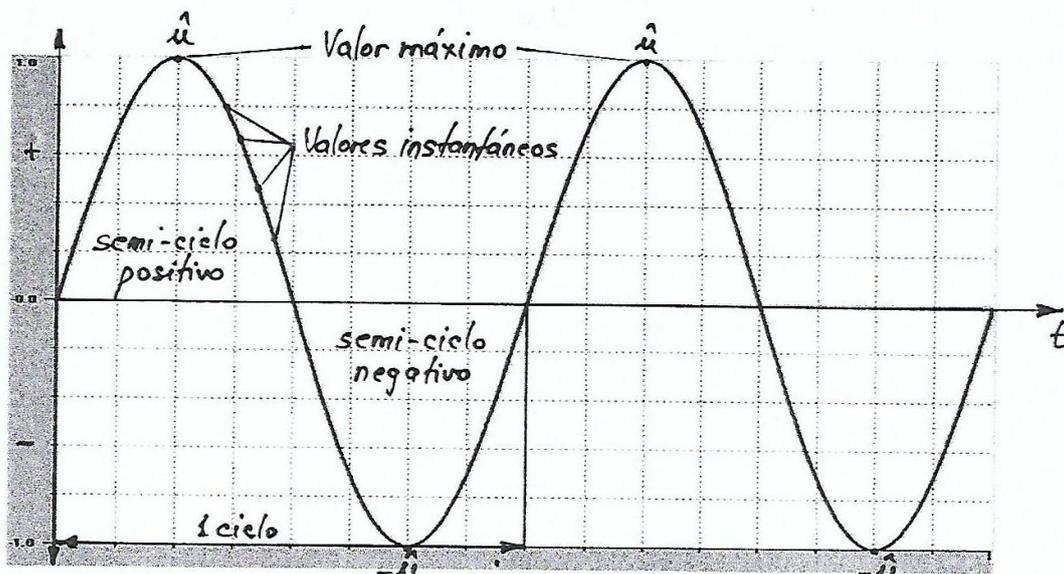
La generación y el uso masivo de la corriente alterna es algo más reciente que la corriente continua, y en todo el mundo se la utiliza mayoritariamente, porque presenta las siguientes ventajas:

- 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:

$$u = \hat{u} \times \text{sen } \alpha \quad [V]$$

Ciclo, periodo y frecuencia de una CA



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), o sea si un generador gira a 50 revoluciones por segundo, producirá una CA con 50 ciclos/segundos, denominado 50Hz (Hertz).

El tiempo que dura un ciclo, por ejemplo 0,02s, se conoce como **período** (T). Por lo tanto, el **período** y la **frecuencia** son magnitudes **inversas**, ya que a mayor frecuencia menor período.

Ejemplo: $f = 50\text{Hz}$

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

si:

$$T = \frac{1}{50\text{Hz}} = \underline{0,02 \text{ s}} \quad (20\text{ms})$$

Otros parámetros que caracterizan a una tensión alterna

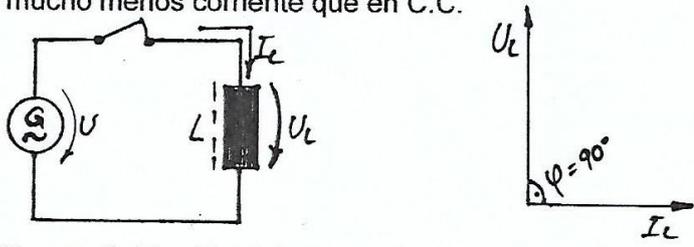
- **Valor instantáneo:** (u; i; p), es el valor de la tensión, corriente o potencia en un instante determinado: ej $u = 145\text{V}$; $i = 1,26\text{A}$.
- **Valor máximo:** (\hat{u} ; \hat{i} ; \hat{p}), es el mayor valor de todos los instantáneos: ej. $\hat{u} = 311\text{V}$; $i = 1,6\text{A}$.
- **Valor eficaz:** (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..., o sea $\sqrt{2}$. Ej: $U = 220\text{V}$ $I = 1,14\text{A}$, siempre es el 70% del valor máximo.
- **Valor medio:** (U_{med} ; I_{med}), es el valor medio aritmético de todos los valores instantáneos de un período: $U_{\text{med}} = \frac{2 \times \hat{u}}{\pi}$ (v), (ej. $U_{\text{med}} = 198\text{V}$; $I_{\text{med}} = 1,02\text{A}$), siempre es el 63% del valor máximo.
- **Frecuencia circular, velocidad angular o pulsación:** Símbolo: ω
Símbolo de la unidad: ($1/\text{s}$ o s^{-1}).
Es el cociente entre el ángulo descrito por el vector, y el tiempo empleado para ello:

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

$$\omega = 2\pi \times f = 314,16 \text{ s}^{-1}$$

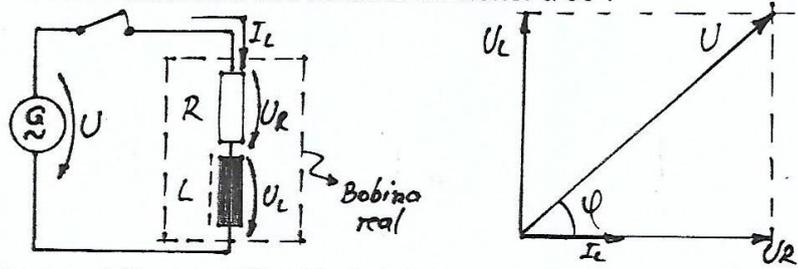
Comportamiento de un inductor, o bobina, en C.A.

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.



En una Bobina ideal, la intensidad de la corriente está retrasada 90° respecto a U.

En una Bobina real ese desfase es menor a 90°.



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

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

o también se puede calcular mediante la siguiente expresión:

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

Donde: $2 \times \pi \times f = \omega$ = velocidad angular. o pulsación
 L = Inductancia de la bobina

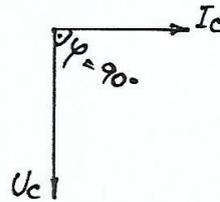
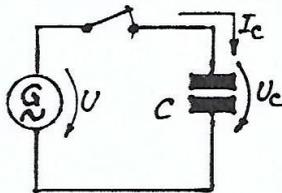
Conclusión: ésta oposición adicional en C.A. se denominará **Reactancia inductiva (X_L)**, y se la considera una magnitud matemática o "ficticia", porque no se la puede medir, solamente calcular:

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

El capacitor en corriente alterna C.A.

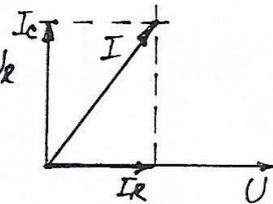
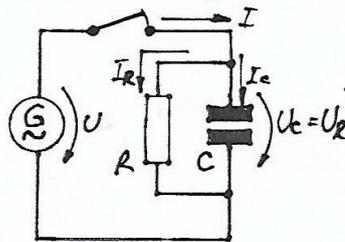
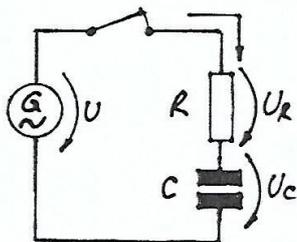
Al conectar un condensador a una tensión alterna, las placas del C. permanentemente se cargan y se descargan, por ello siempre circula una corriente hacia y desde el condensador, por más que el dieléctrico supone circuito abierto, por su elevada resistencia.

Si circula corriente en un circuito con capacitor, asumimos que él debe tener otra resistencia que en continua, menor, y a esa resistencia, también matemática, la llamaremos, **Reactancia capacitiva (X_C)**



En un condensador ideal, la tensión está 90° atrasada con respecto a la corriente.

En un condensador real, ese desfase es algo menor.



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

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

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:

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

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:

$$Z = \frac{U_{ca}}{I_{ca}} \quad [\Omega]$$

Recordemos, en corriente alterna, **todas las magnitudes son variables**, la tensión, la corriente, la potencia y también las tres clases de oposiciones:

La resistencia, la reactancia y la impedancia.

Y precisamente por eso, por ser variables, los representamos como **vectores**, o flechas, que tienen un **módulo**, (longitud), y un **ángulo**, (posición).

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**:



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°**.



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°**.



Por tratarse de **vectores**, R y X , se deben **sumar geoméricamente**, 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**.

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.

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

The diagram shows a horizontal line representing voltage U with an arrow pointing to the right. Below it, a shorter horizontal line represents current I, also with an arrow pointing to the right, indicating they are in phase.

Una inductancia pura, en cambio, **atrassa** 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**.

$$Q_L = U_L \times I_L = I_L^2 \times X_L = \frac{U_L^2}{X_L} \quad [Var]$$

The diagram shows a horizontal line for voltage U pointing right. A vertical line for current I points downwards, indicating a 90-degree lag.

Por último, un capacitor en C.A., suele **atrassar** 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**.

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

The diagram shows a horizontal line for voltage U pointing right. A vertical line for current I points upwards, indicating a 90-degree lead.

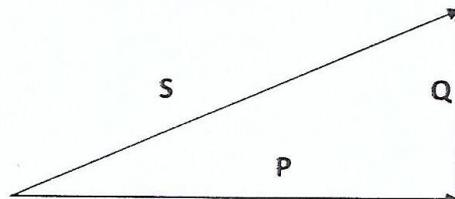
Un inductor consume potencia **reactiva Q**, y un resistor consume potencia **activa P**. La fuente deberá proveer ambas potencias, por lo que la **suma vectorial o cuadrática** de las dos, se denomina, **potencia aparente S**, y se calcula con la siguiente fórmula:

También se puede hacer la suma geométrica o cuadrática.

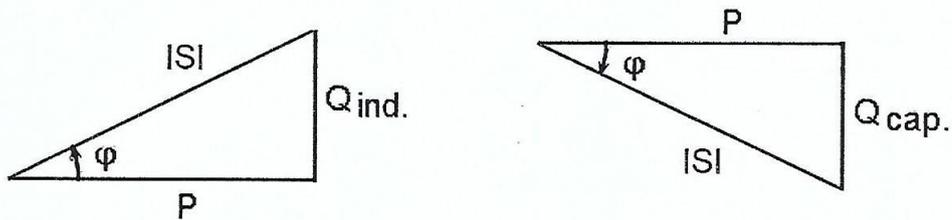
$$S = U \times I = I^2 \times Z = \frac{U^2}{Z} \quad [VA] \quad S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad [VA]$$

Triángulo de potencias:

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



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



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, $\cos \varphi$:

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

Así resultan las fórmulas de las potencias activa y reactiva:

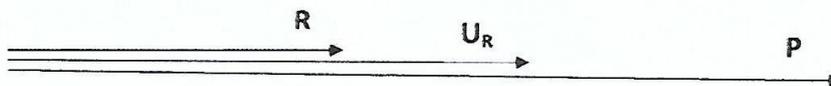
$$\text{Potencia activa: } P = S \times \cos \varphi = U \times I \times \cos \varphi \quad [\text{W, kW, MW}]$$

$$\text{Potencia reactiva: } Q = S \times \sin \varphi = U \times I \times \sin \varphi = P \times \tan \varphi \quad [\text{Var, KVar}]$$

Repaso / síntesis y profundización:

En corriente alterna, todas las magnitudes son variables, en su módulo y en su posición angular, por ello los representamos como vectores, que tienen módulo y ángulo.

La resistencia óhmica pura (R), su respectiva caída de tensión (U_R), y la potencia activa (P) son **reales**, por lo que los dibujamos en posición horizontal.

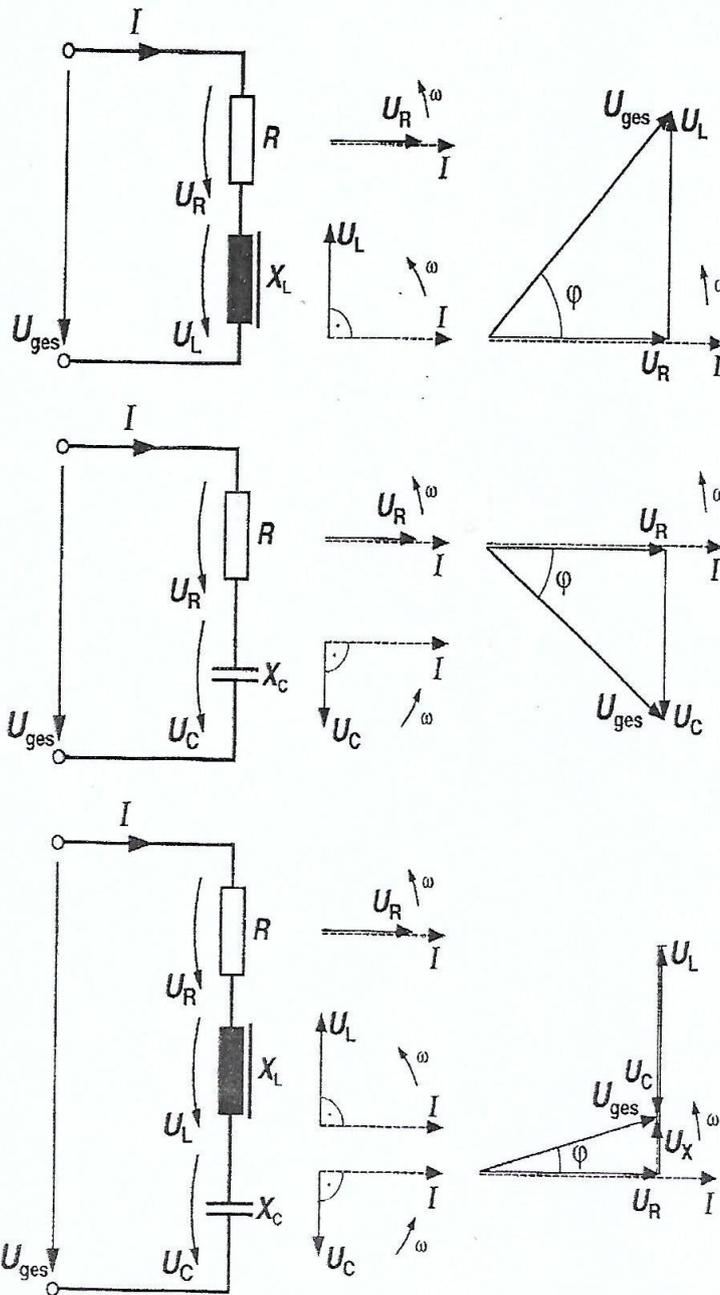


Mientras que la reactancia inductiva (X_L), su respectiva caída de tensión (U_L), y la potencia reactivo-inductiva (Q_L), son valores matemáticos o imaginarios; por ello los dibujamos en la posición **vertical**, pero con la **punta**, (flecha), **hacia arriba**. Con carga inductiva, se suele atrasar la corriente con respecto a la tensión.

La reactancia capacitiva (X_C), su caída de tensión (U_C) y la potencia reactivo-capacitiva (Q_C), también son matemáticos, y se dibujan en la posición **vertical**,

pero con la **punta hacia abajo**. Carga capacitiva suele atrasar a la tensión con respecto a la corriente. Con éstos vectores se "construyen" 3 triángulos rectángulos, semejantes entre sí, el de las reactancias, el de las tensiones y el de las potencias.

Diferentes cargas en serie, alimentadas con corriente alterna:



En general, vale:

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

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

$$U_R = I \cdot R$$

$$U_L = I \cdot X_L$$

$$U_C = I \cdot X_C$$

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

Para la conexión RLC serie, vale:

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

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

$$U_X = U_L - U_C$$

Anexos: Magnitudes, unidades, fórmulas y símbolos eléctricos

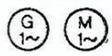
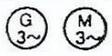
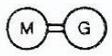
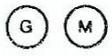
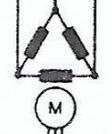
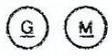
| Magnitud | Símbolo | Unidad | Magnitud | Símbolo | Unidad | Magnitud | Símbolo | Unidad |
|--------------------------------|-----------|----------------|--------------------------------|--------------------------|------------------------------|----------------------------------|-------------------------|------------------|
| Longitud | l | m | Capacidad | C | F | Admitancia | Y | S |
| Radio | r | m | Permitividad del vacío | ϵ_0 | $\frac{As}{Vm}, \frac{F}{m}$ | Ángulo de desfase | φ | rad o 1 |
| Diámetro | d | m | Permitividad relativa | ϵ_r | 1 | Ángulo de pérdidas | δ | rad o 1 |
| Recorrido | s | m | Intensidad de corriente | I | A | Factor de potencia | $\lambda, \cos \varphi$ | 1 |
| Longitud de onda | λ | m | Densidad de corriente | J | $\frac{A}{m^2}$ | N.º de pares de polos | p | 1 |
| Superficie | A, S | m ² | Fuerza magnetomotriz (f.m.m.) | Θ | A | N.º de espiras | N | 1 |
| Sección | S, q | m ² | Intensidad del campo magnético | H | $\frac{A}{m}$ | N.º conductores | z | 1 |
| Tiempo | t | s | Flujo magnético | Φ | Vs, Wb | Deslizamiento | s | 1 |
| Período | T | s | Inducción magnética | B | $\frac{Vs}{m^2}, T$ | Razón de transformación | n | 1 |
| Constante de tiempo | τ | s | Inductancia | L | $\frac{Vs}{A}, H$ | Relación de transmisión | i | 1 |
| Frecuencia | f | Hz | Permeabilidad del vacío | μ_0 | $\frac{Vs}{Am}, \frac{H}{m}$ | Temperatura termodinámica | T | K |
| Frecuencia circular | ω | $\frac{1}{s}$ | Permeabilidad relativa | μ_r | 1 | Temperatura Celsius o centígrada | t, θ | °C |
| Frecuencia de giro | n | $\frac{1}{s}$ | Resistencia eléctrica | R | Ω | Intensidad luminosa | I | cd |
| Velocidad | v | $\frac{m}{s}$ | Conductancia eléctrica | G | S | Flujo luminoso | Φ | lm |
| Masa | m | kg | Resistividad | ρ | $\Omega \cdot m$ | Rendimiento luminoso | η | $\frac{lm}{W}$ |
| Fuerza | F | N | Conductividad | γ, σ, κ | $\frac{S}{m}$ | Luminancia | L | $\frac{cd}{m^2}$ |
| Par | M | N · m | Reactancia | X | Ω | Iluminación | E | lx |
| Trabajo | W, A | J | Susceptancia | B | S | | | |
| Energía | E, W | J, Ws | Impedancia | Z | Ω | | | |
| Potencia | P | W | | | | | | |
| Potencia aparente | S | VA | | | | | | |
| Potencia reactiva | Q | var | | | | | | |
| Rendimiento | η | 1 | | | | | | |
| Carga eléctrica | Q | As, C | | | | | | |
| Tensión eléctrica | U | V | | | | | | |
| Intensidad del campo eléctrico | E | $\frac{V}{m}$ | | | | | | |

Fórmulas

| | |
|----------------------------|-------------------------|
| Frecuencia | $f = \frac{1}{T}$ |
| Frecuencia de un generador | $f = p \cdot n$ |
| Frecuencia circular | $\omega = 2\pi \cdot f$ |
| Velocidad | $v = \frac{s}{t}$ |

| | |
|---|--|
| Fuerza sobre un conductor recorrido por corriente y situado en un campo magnético | $F = B \cdot l \cdot i \cdot z$ |
| Par | $M = F \cdot s$ $M = B \cdot l \cdot i \cdot z \cdot s$ |
| Trabajo, energía –mecánico –eléctrico | $W = F \cdot s$ $W = U \cdot I \cdot t$ |

| Fórmulas | |
|--|--|
| Potencia | $P = \frac{W}{t}$ |
| —mecánica | $P = \frac{F \cdot s}{t}$ $P = F \cdot v$ |
| —eléctrica | $P = U \cdot I; P = \frac{U^2}{R};$ $P = I^2 \cdot R$ |
| Rendimiento | $\eta = \frac{P_u}{P_{cons}}$ |
| Tensión eléctrica | $U = \frac{W}{Q}$ |
| Intensidad de la corriente eléctrica | $I = \frac{Q}{t}$ |
| Inductancia | $L = \frac{\mu_o \cdot \mu_r \cdot N^2 \cdot A}{l}$ |
| Tensión inducida | $u_{indu} = N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ $u_{indu} = L \frac{\Delta I}{\Delta t}$ |
| Intensidad del campo eléctrico | $E = \frac{F}{Q}; E = \frac{U}{l}$ |
| Capacidad eléctrica | $C = \frac{Q}{U}$ |
| Capacidad del condensador plano | $C = \frac{\epsilon_r \cdot \epsilon_o \cdot A}{d}$ |
| Conexión en paralelo de condensadores | $C_{eq} = C_1 + C_2 + \dots + C_n$ |
| Conexión en serie de condensadores | $\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$ |
| Resistencia | $R = \frac{\rho \cdot l}{q}; R = \frac{l}{x \cdot q};$ $R = \frac{1}{G}$ |
| Conductancia | $G = \frac{1}{R}$ |
| Ley de Ohm | $I = \frac{U}{R}; R = \frac{U}{I}; U = I \cdot R$ |
| Valor instantáneo de una tensión alterna | $u = \hat{u} \cdot \text{sen } \omega \cdot t$ |
| Valores eficaces de magnitudes alternas | $U = \frac{\hat{u}}{\sqrt{2}}; I = \frac{\hat{i}}{\sqrt{2}}$ |
| Flujo magnético | $\Phi = B \cdot A$ |
| F.m.m. | $\Theta = I \cdot N$ |
| Intensidad del campo magnético | $H = \frac{\Theta}{l} = \frac{I \cdot N}{l}$ |
| Inducción magnética | $B = \mu_o \cdot \mu_r \cdot H$ |
| Impedancia | $Z = \frac{U}{I}$ |
| Reactancia inductiva | $X_L = \omega \cdot L$ |
| Reactancia capacitiva | $X_C = \frac{1}{\omega \cdot C}$ |
| Constante de tiempo con un condensador | $\tau = R \cdot C$ |
| Frecuencia de resonancia f_o | $f_o = \frac{1}{2\pi \sqrt{L \cdot C}}$ |
| Conexión de resistores | |
| En serie | En paralelo |
| $I_{eq} = I_1 = I_2 = \dots = I_n$ | $I_{eq} = I_1 + I_2 + \dots + I_n$ |
| $U_{eq} = U_1 + U_2 + \dots + U_n$ | $U_{eq} = U_1 = U_2 = \dots = U_n$ |
| $R_{eq} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$ | $\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$ |
| Conexión RL | |
| En serie | En paralelo |
| $U^2 = U_R^2 + U_L^2$ | $I^2 = I_R^2 + I_L^2$ |
| $Z^2 = R^2 + X_L^2$ | $\left(\frac{1}{Z}\right)^2 = \left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{X_L}\right)^2$ |
| $S = U \cdot I$ | $S = U \cdot I$ |
| $P = U_R \cdot I$ | $P = U \cdot I_R$ |
| $P = S \cdot \cos \varphi$ | $P = S \cdot \cos \varphi$ |
| $Q = U_L \cdot I$ | $Q = U \cdot I_L$ |
| $S^2 = P^2 + Q^2$ | $S^2 = P^2 + Q^2$ |
| Conexión RC | |
| En serie | En paralelo |
| $U^2 = U_R^2 + U_C^2$ | $I^2 = I_R^2 + I_C^2$ |
| $Z^2 = R^2 + X_C^2$ | $\left(\frac{1}{Z}\right)^2 = \left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{X_C}\right)^2$ |
| $S^2 = P^2 + Q^2$ | $S^2 = P^2 + Q^2$ |
| Conexiones RCL | |
| En serie | En paralelo |
| $U^2 = U_R^2 + (U_C - U_L)^2$ | $I^2 = I_R + (I_C - I_L)^2$ |
| $Z^2 = R^2 + (X_C - X_L)^2$ | $\left(\frac{1}{Z}\right)^2 = \left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{X_C} - \frac{1}{X_L}\right)^2$ |
| Conexión en estrella | |
| $U = \sqrt{3} \cdot U_f$ | $U = U_f$ |
| $I = I_f$ | $I = \sqrt{3} \cdot I_f$ |
| $P_f = \frac{U^2}{3 \cdot R}$ | $P_f = \frac{U^2}{R}$ |
| Conexión en triángulo | |
| $S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$ | |
| $P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$ | |
| $Q = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \text{sen } \varphi$ | |
| $P_\Delta = 3 \cdot P_Y$ | |

| Fórmulas | | | |
|---|--|--|---|
| Transformadores | | Relación de transmisión por correa | |
| Razones de transformación | $\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}; \frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2}; n = \frac{U_1}{U_2}$ | | $i = \frac{d_1}{d_2} = \frac{n_2}{n_1}$ |
| Tensión en cortocircuito | $u_c = \frac{U_c \cdot 100\%}{U_1}$ | Relación de transmisión para engranajes | $i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1}$ |
| Intensidad permanente de cortocircuito | $I_{cp} = \frac{I \cdot 100\%}{u_k}$ | Amplificación en el transistor | |
| Rendimiento anual | $\eta_a = \frac{W_{sa}}{W_{sa} + W_{fe} + W_{cu}}$ | Ganancia de tensión | $v_u = \frac{\Delta U_{CE}}{\Delta U_{BE}}$ |
| Máquinas eléctricas: | | Ganancia de intensidad | $v_i = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$ |
| Potencia de un motor | $P = 2 \pi \cdot n \cdot M$ | Ganancia de potencia | $v_p = v_u \cdot v_i$ |
| — para P en kW, | | Intensidad de fallo a la puesta a neutro | $I_F = \frac{U_E}{R_b}$ |
| n en $\frac{1}{\text{min}}$ y M en Nm | $P = \frac{n \cdot M}{9549}$ | Intensidad de ruptura de un dispositivo de sobrecargas | $I_r = I_N \cdot k$ |
| Potencia útil de un motor trifásico | $P = U \cdot I \cdot \sqrt{3} \cdot \cos \varphi \cdot \eta$ | Resistencia a tierra para el circuito protector FI | $R_t = \frac{65V}{I_{FN}}; R_t = \frac{24V}{I_{FN}}$ |
| Frecuencia de giro del campo | $n_r = \frac{f}{p}$ | Resistencia de bucle | $R_b = \frac{U_E - U_{E1}}{I_E}$ |
| Deslizamiento en % | $s = \frac{n_s - n}{n_s} \cdot 100\%$ | Rendimiento luminoso | $\eta = \frac{\Phi}{P}$ |
| Tensión en los bornes de un generador continua | $U = U_0 - I \cdot R_a$ | Intensidad de iluminación | $E = \frac{\Phi}{A}$ |
| Intensidad de arranque de un motor continua | $I_A = \frac{U}{R_a}$ | Luminancia | $L = \frac{I}{A}$ |
| | | N.º de lámparas de una instalación de alumbrado | $n = \frac{1,25 \cdot E \cdot A}{\Phi_L \cdot \eta_B}$ |
| Caída de tensión y pérdidas de potencia en líneas | Corriente continua | Corriente alterna | Corriente trifásica |
| | $U_c = \frac{2 \cdot l \cdot I}{x \cdot q}$ $P_c = \frac{2 \cdot l \cdot I^2}{x \cdot q}$ | $U_c = \frac{2 \cdot l \cdot I \cdot \cos \varphi}{x \cdot q}$ $P_c = \frac{2 \cdot l \cdot P^2}{x \cdot q \cdot U^2 \cdot (\cos \varphi)^2}$ | $U_c = \frac{\sqrt{3} \cdot l \cdot I \cdot \cos \varphi}{x \cdot q}$ $P_c = \frac{3 \cdot l \cdot I^2}{x \cdot q}$ $P_c = \frac{1}{x \cdot q} \cdot \left(\frac{P}{U \cdot \cos \varphi} \right)^2$ |
| Símbolo de conexión | Denominación | Símbolo de conexión | Denominación |
| 1~50Hz | Corriente alterna monofásica |  | Generador monofásico motor monofásico (en general) |
| 3~50Hz | Corriente alterna trifásica |  | Generador trifásico, motor trifásico (en general) |
| 3/N~50Hz | Corriente trifásica con conductor neutro |  | Motor-generador (en general) |
|  | Generador (G), motor (M) (en general) |  | Motor con rotor trifásico con anillos rozantes, devanado del estator en triángulo |
|  | Generador continua, motor continua (en general) | | |

| Símbolo de conexión | Denominación | Símbolo de conexión | Denominación |
|---------------------|---|---------------------|--|
| | Motor con rotor en jaula de ardilla, devanado del estator en estrella | | Amplificador operativo |
| | Motor con rotor en jaula, devanado de arranque en el estator y condensador | | Puerta Y |
| | Generador con devanados de compensación y de conmutación conectados asimétricamente al inducido | | Puerta O |
| | Motor serie | | NICHT |
| | Motor, devanado de conmutación distribuido simétricamente al inducido | | Resistencia CTP |
| | Ejemplo de transformador | | Resistencia CTN |
| | Diodo | | Regulador |
| | Diodo Zener | | Accionamientos electromagnéticos, por ejemplo, dependientes de la temperatura o de la frecuencia de giro |
| | Transistor pnp | | Disparador electro térmico de sobrecarga |
| | Transistor npn | | Cierre de conexión |
| | Diodo de cuatro capas | | Disparador electromagnético de sobrecarga |
| | Tiristor (en general) | | Disparador de mínima tensión |
| | Diac | | Disparador de corriente de fallo |
| | Triac | | Descargador de sobretensión |
| | Placa de campo | | Interruptor bajo carga |
| | Fotorresistor | | Desconector de potencia |
| | Célula solar | | Seccionador |
| | Diodo luminescente | | Transformador de intensidad |
| | Amplificador | | Transformador de tensión |
| | | | Conmutador estrella-triángulo |
| | | | Reóstato de arranque, por ejemplo con cinco posiciones |
| | | | Lámpara de descarga |