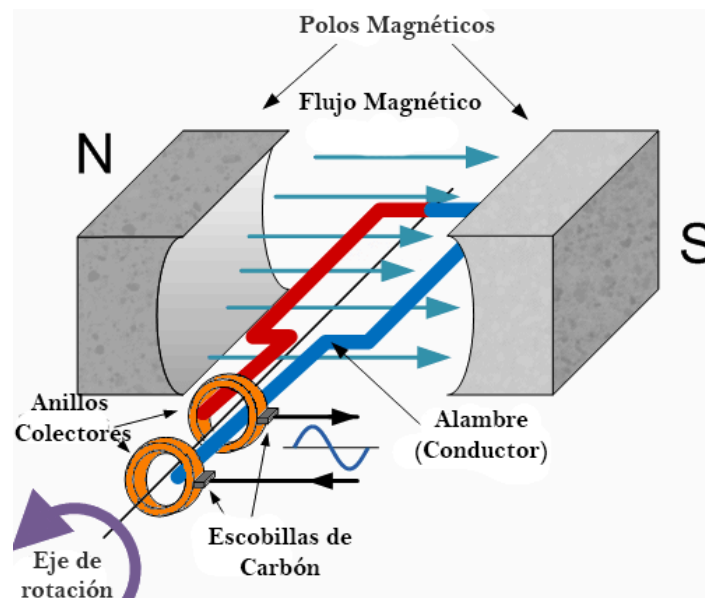


UNIDAD 5. CORRIENTE ALTERNA Y SISTEMAS TRIFÁSICOS

LA CORRIENTE ALTERNA

La corriente alterna (CA) se obtiene principalmente a través de generadores eléctricos en plantas de energía. Estos generadores transforman la energía mecánica en energía eléctrica mediante el principio de la inducción electromagnética. En este proceso, un conductor se mueve girando dentro de un campo magnético, generando una corriente eléctrica que oscila entre un valor máximo y otro valor máximo en sentido contrario. Por lo tanto, la corriente cambia de dirección periódicamente.



Tipos de corriente alterna. La corriente senoidal

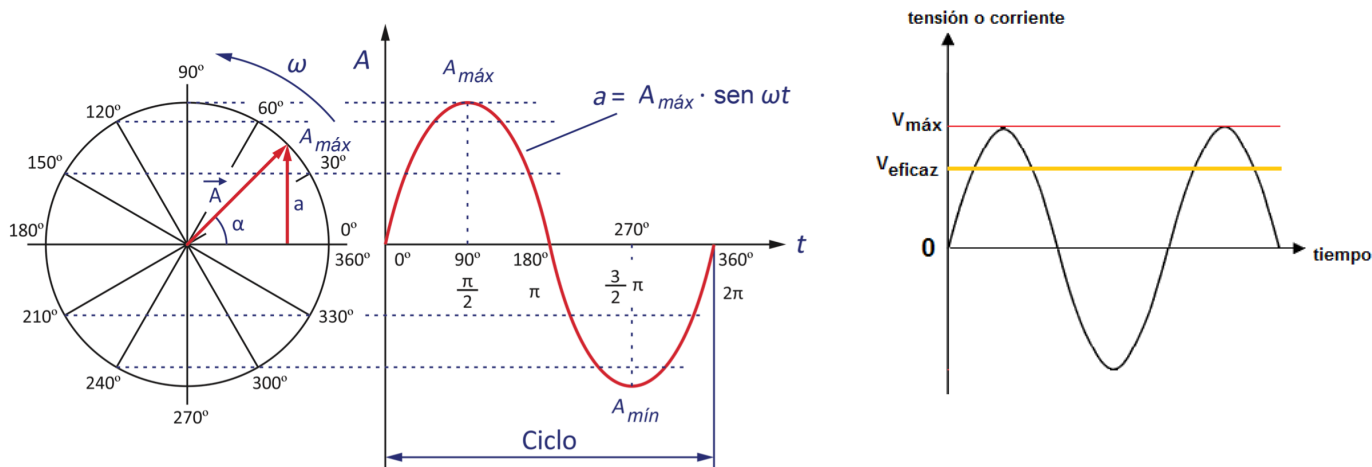
La corriente alterna puede tomar diversas formas, pero la más común es la corriente senoidal. Esta forma se caracteriza por variar de manera continua y suave, siguiendo una función senoidal con respecto al tiempo. La corriente senoidal es preferida por sus propiedades beneficiosas para la transmisión y distribución de energía.

Valores característicos de la corriente alterna: frecuencia y período, valor máximo y valor eficaz

Frecuencia (f): Número de ciclos completos de la corriente alterna que ocurren en un segundo, medida en hercios (Hz).

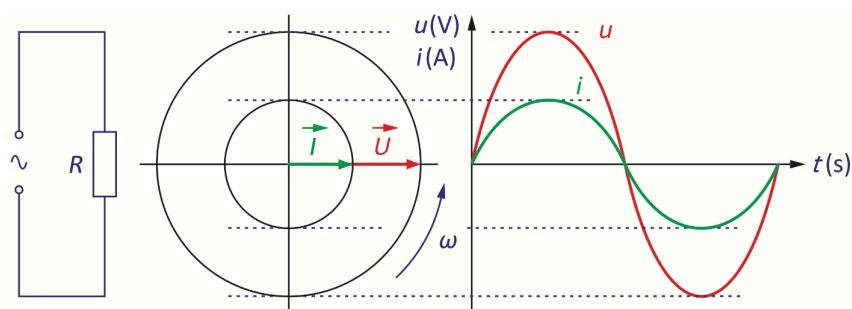
Valor máximo (V_m): Máximo valor instantáneo de la tensión o corriente.

Valor eficaz (V_{ef} o I_{ef}): Valor que produce el mismo efecto de calentamiento en una resistencia que una corriente continua de igual magnitud. Para una corriente senoidal, es igual a $V_m/\sqrt{2}$.



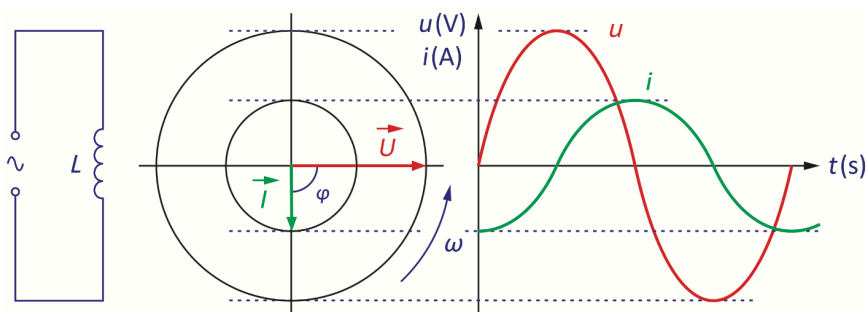
La resistencia en corriente alterna

En corriente alterna, la resistencia se comporta de manera similar a la corriente continua. La resistencia ofrece una oposición constante al flujo de la corriente, independientemente de la frecuencia.



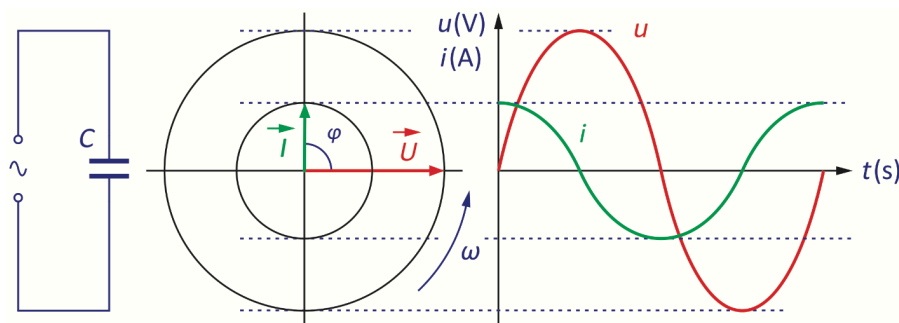
La bobina en corriente alterna

Una bobina en corriente alterna presenta inductancia, creando una oposición al cambio de corriente. Esta oposición se denomina reactancia inductiva (X_L) y depende de la frecuencia de la corriente y la inductancia de la bobina ($X_L = 2\pi fL$).



El condensador en corriente alterna

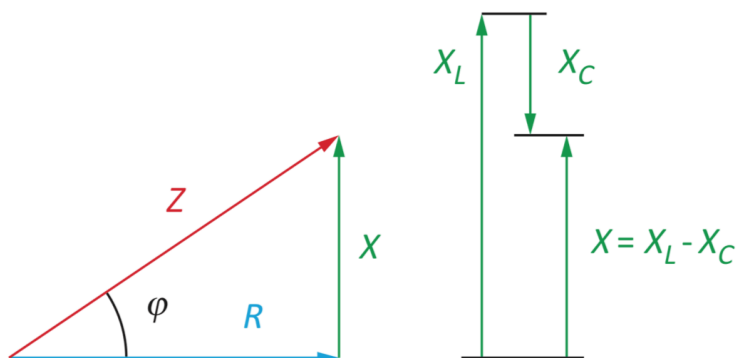
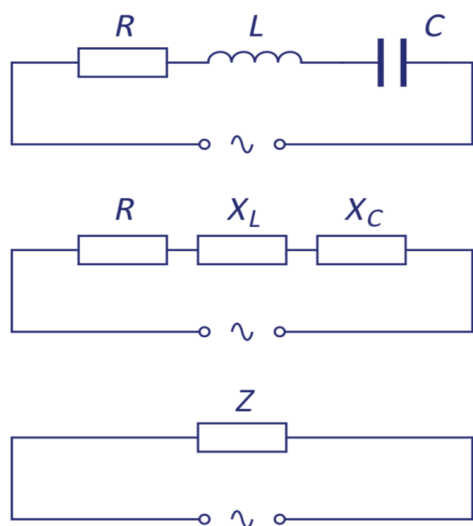
El condensador en corriente alterna introduce reactancia capacitiva (X_C), que se opone al cambio de voltaje. La reactancia capacitiva depende de la frecuencia y la capacitancia del condensador ($X_C = 1/(2\pi fC)$).



La ley de Ohm en corriente alterna. Reactancia inductiva y capacitiva

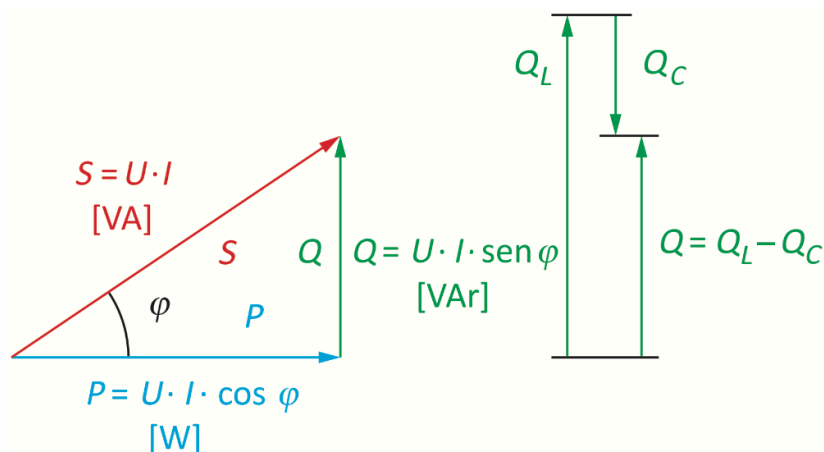
Prácticamente en todos los circuitos hay presencia de bobinas y condensadores. La ley de Ohm en corriente alterna se aplica considerando un término nuevo, la impedancia (Z), que combina resistencia (R) y reactancias (X_L y X_C).

La impedancia se calcula fácilmente por trigonometría o por pitágoras, teniendo en cuenta los desfases explicados anteriormente, y el llamado triángulo de impedancias:



El triángulo de potencias

Partiendo del triángulo de potencias, puesto que la potencia es el producto de la resistencia (ahora impedancia), por la intensidad al cuadrado, es fácil entender que las potencias en alterna se representan también con su propio triángulo



Este triángulo se utiliza para representar las relaciones entre la potencia activa (P), potencia reactiva (Q) y potencia aparente (S).

La potencia activa, también conocida como potencia real, es la cantidad de energía que se convierte en trabajo útil en un sistema eléctrico. Se mide en vatios (W) y representa la energía consumida por los dispositivos eléctricos para realizar funciones como mover motores o iluminar luces.

La potencia reactiva es la energía que alterna entre la fuente y el dispositivo sin ser convertida en trabajo útil. Es necesaria para mantener los campos magnéticos y eléctricos en inductores y condensadores, respectivamente. Se mide en voltamperios reactivos (VAR).

La potencia aparente es la combinación vectorial de la potencia activa y la potencia reactiva. Representa la potencia total demandada por un sistema eléctrico y se mide en voltamperios (VA).

Es posible calcular la relación entre estas potencias usando simple trigonometría y el teorema de pitágoras, como veremos en algunos ejercicios.

$$S = U \cdot I$$

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

$$Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi$$

El factor de potencia. Mejora del factor de potencia

De la explicación anterior se puede entender que hay un tipo de potencia que, pese a ser necesaria, no se transforma en trabajo: la potencia reactiva. En cualquier sistema eléctrico industrial es deseable reducir esta potencia, puesto que ello redundará en una reducción de la potencia aparente, que es la que se consume de la red eléctrica, o de nuestros propios generadores.

Para cuantificar la eficiencia de una instalación se define el Factor de Potencia, que es el cociente entre la potencia activa y la potencia aparente ($\cos \varphi$). Un factor de potencia cercano a 1 indica eficiencia en el uso de la energía. En general se buscan valores superiores a 0'8

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

Como en general la potencia reactiva es de tipo inductivo (por la masiva presencia de bobinas en los motores eléctricos que hay en cualquier instalación industrial, lo que se suele hacer es acoplar baterías de condensadores para compensar. Así pues, la mejora del factor de potencia se puede lograr mediante la instalación de bancos de condensadores.

Conocido el factor de potencia de una instalación, y sabiendo el valor del mismo que se quiere conseguir, se puede calcular el condensador necesario para corregirlo mediante la siguiente expresión:

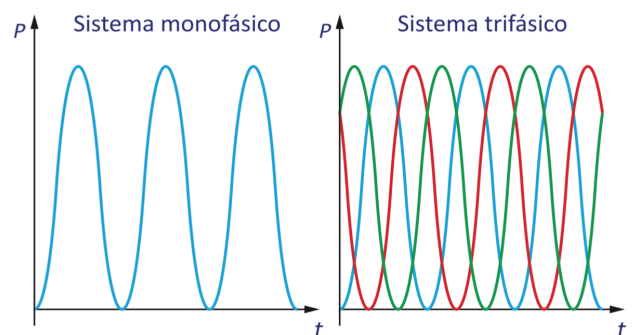
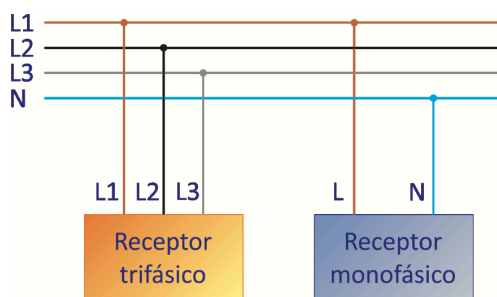
$$C = \frac{P \cdot (\tan(\varphi) - \tan(\varphi'))}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot U^2}$$

LA CORRIENTE ALTERNA TRIFÁSICA

La industria pronto se dió cuenta de que sería ventajoso incluir más de un devanado en las máquinas generadoras de corriente, de manera que en un solo alternador se obtuviera más de una corriente alterna. Se probaron sistemas pentafásicos, heptafásicos, pero finalmente se impusieron los sistemas trifásicos. La corriente alterna trifásica se genera utilizando generadores con tres devanados separados 120 grados entre sí.

Ventajas de los sistemas trifásicos:

- Son sistemas de doble tensión: Los receptores pueden conectarse entre dos fases o entre fase y neutro, obteniendo dos valores de tensión diferentes.
- Los sistemas trifásicos pueden generar tres sistemas monofásicos independientes
- La potencia suministrada es más uniforme en comparación con un sistema monofásico (es menos pulsatoria). Esto hace que los motores funcionen de manera más suave
- Reducción del cableado. A igual potencia, un sistema trifásico necesita un 25% menos de cableado
- Volumen: para una misma potencia, los equipos trifásicos son menos voluminosos que los monofásicos
- Arranque: los equipos trifásicos, puesto que generan campos magnéticos giratorios, presentan arranques menos problemáticos



Equilibrio en los sistemas trifásicos

En función de las cargas conectadas a cada fase, los sistemas pueden ser.

-Equilibrados: si circula la misma corriente por cada fase

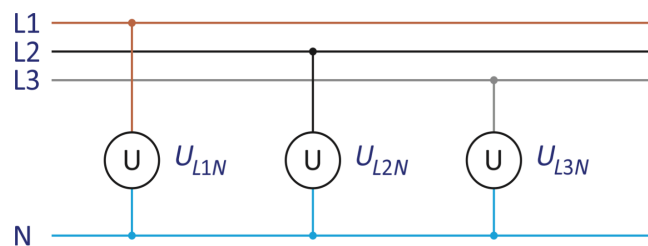
-Desequilibrados: si la corriente es diferente en cada fase. La mayoría de sistemas son desequilibrados, pero debe procurarse que las diferencias entre fases sean las mínimas.

Neutro

En un sistema trifásico, en cualquier instante, la suma de los valores de la tensión que hay en cada fase es cero, puesto que están desfasadas 120° entre si. De esta manera, si unimos las tres fases, obtenemos un punto de potencial nulo. Es decir, obtenemos un punto de cero voltios, al que normalmente se conecta el conductor que llamamos Neutro.

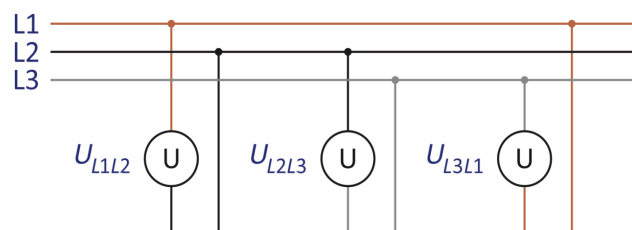
Tensión de fase

Cuando un receptor monofásico se conecta a una de las fases del sistema trifásico y al neutro, la diferencia de potencial que experimenta se llama tensión de fase



Tensión de línea

Cuando un receptor monofásico se conecta entre dos fases del sistema trifásico, la diferencia de potencial que experimenta se llama tensión de línea



La relación entre la tensión de fase y la de línea es $\sqrt{3}$:

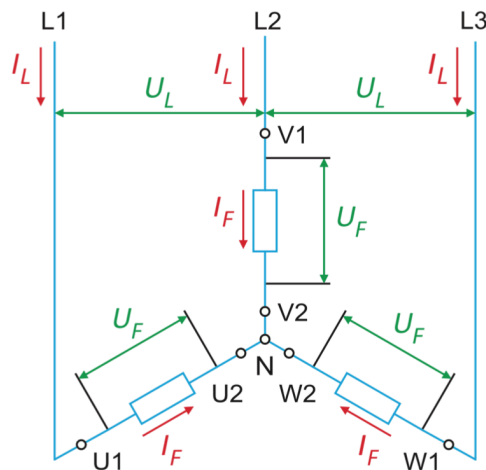
$$U_L = \sqrt{3} \cdot U_F$$

Por ejemplo, en un sistema trifásico de 690V, la tensión de fase es 400V y la tensión de línea es $400 \cdot \sqrt{3} = 690V$

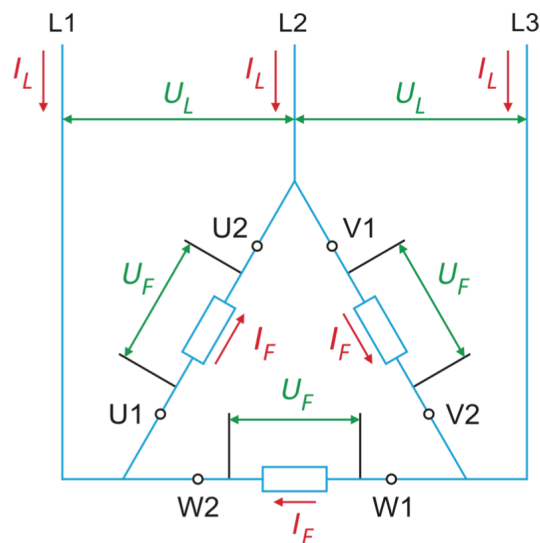
Conexiones de los receptores trifásicos

Hasta ahora se ha considerado la conexión de receptores monofásicos en sistemas trifásicos. Pero cuando el receptor es trifásico, por ejemplo, un motor, o un calefactor, se tienen 3 receptores en uno, es decir dos polos por cada receptor (un total de 6) que deben ser configurados de alguna de las siguientes maneras:

Conexión en estrella (Y): Cada receptor está conectado a un punto común (neutro), y a una de las fases. Por tanto cada receptor está sometido a la tensión de fase (la menor del sistema)



Conexión en triángulo (Δ): Cada receptor está conectado al siguiente, y cada uno de los tres puntos de conexión entre receptores está conectado a una de las tres fases del sistema. Por tanto cada receptor está sometido a la tensión de línea (la mayor del sistema)



Potencia en los sistemas trifásicos.

En los sistemas trifásicos, igual que en los monofásicos, se tiene Potencia Activa, Reactiva y Aparente, pero sus expresiones son ahora:

$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$$

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

$$Q = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sin \varphi$$

Corrección del factor de potencia en los sistemas trifásicos

En los sistemas trifásicos, la corrección del factor de potencia es también deseable, puesto que ello reducirá el consumo de nuestros grupos auxiliares. La fórmula es la misma:

$$C = \frac{P \cdot (\tan(\varphi) - \tan(\varphi'))}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot U^2}$$

Pero en este caso hacen falta tres condensadores o tres grupos de condensadores, que como el lector intuirá, deben ser también conectados en estrella o en triángulo.

Si la conexión se hace en estrella, la capacidad de cada condensador es igual a la calculada con la fórmula, y la tensión nominal de los condensadores será la tensión de fase U_F

Si la conexión se hace en triángulo, la capacidad de cada condensador será un tercio de la calculada, y la tensión nominal de los condensadores será la tensión de línea U_L

