

Instituto Politécnico

Universidad Nacional de Rosario Universidad Nacional de

UNIDAD 3: Sistemas Trifásicos

Accionamientos Electromecánicos

Masterización: RECURSOS PEDAGÓGICOS



5º Año

Cód. 21504-19

Felipe de la Torre



Dpto. de Electrotecnia

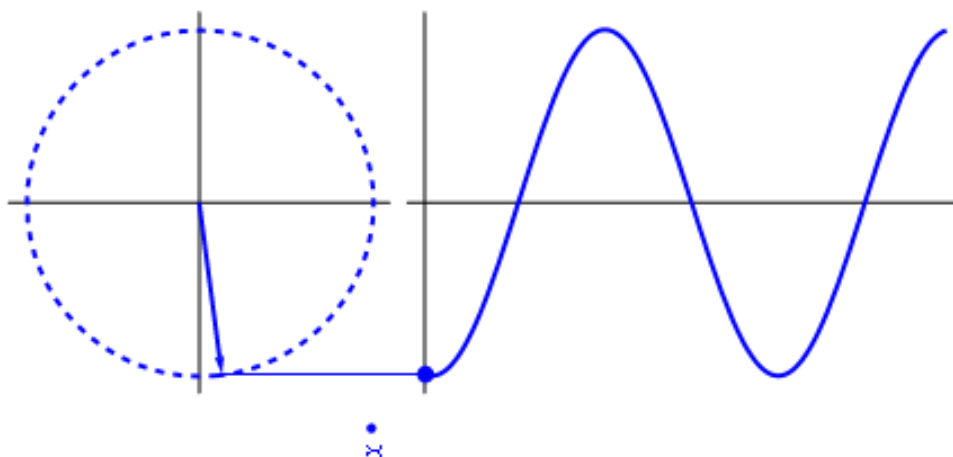


Contenidos

Contenidos	1
Introducción	2
Tensiones de fase y de línea	4
Cargas en estrella y triángulo	7
Conexión Estrella	7
Conexión Triángulo	8
Teorema de Ferrari.....	9
Bibliografía.....	14
Libros	14
Sitios WEB	14

Introducción

Un **sistema trifásico** está formado por tres tensiones alternas monofásicas de igual frecuencia y amplitud, que presentan una diferencia de fase entre ellas de 120° . En el siguiente GIF vemos como un **fasor** (vector giratorio) representa una tensión monofásica senoidal:



Esta función se describe por medio de la siguiente ecuación:

$$V(t) = V_{max} \text{Sen}(wt)$$

Donde,

V_{max} es el valor máximo de la tensión.

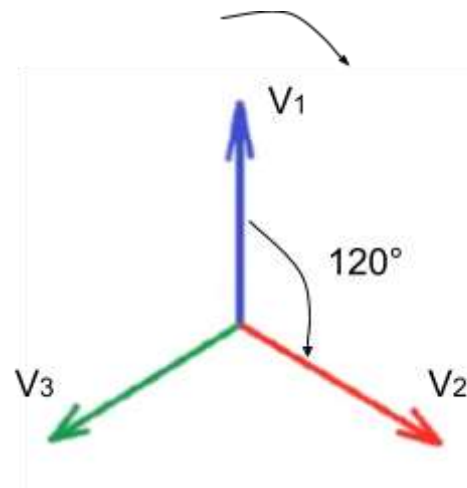
t es el tiempo

w es la velocidad angular

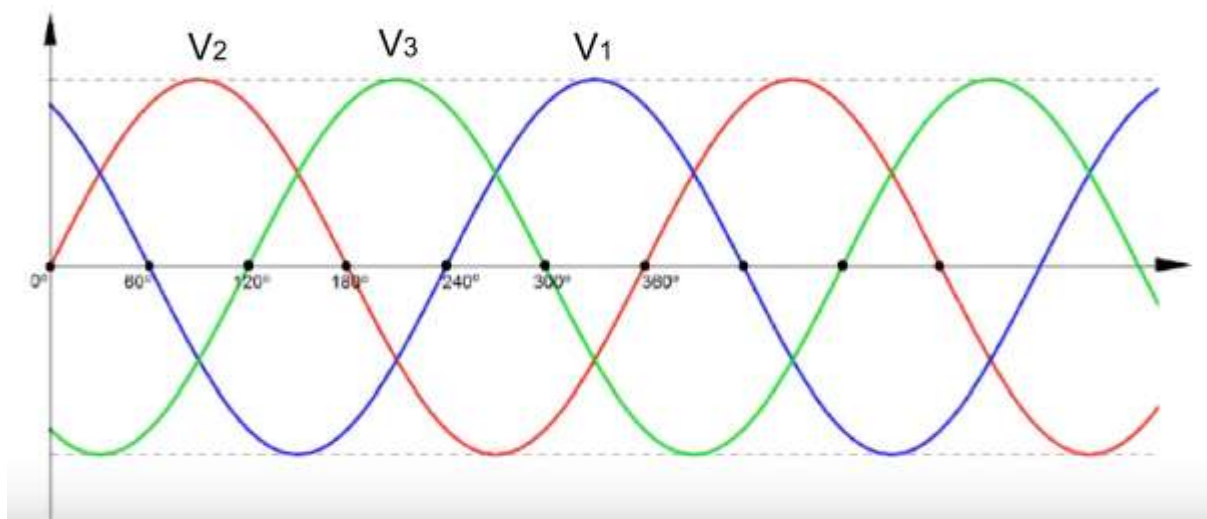
Un sistema de tensiones trifásicas se puede representar por tres fasores idénticos al del GIF anterior pero desfasados 120° entre sí.



Si imaginamos que los vectores giran como el GIF anterior, se obtiene el siguiente diagrama de tensiones trifásicas



La gráfica es la siguiente:



Estas funciones se describen por medio de las siguientes ecuaciones:

$$V_1(t) = V_{max} \text{Sen}(wt)$$

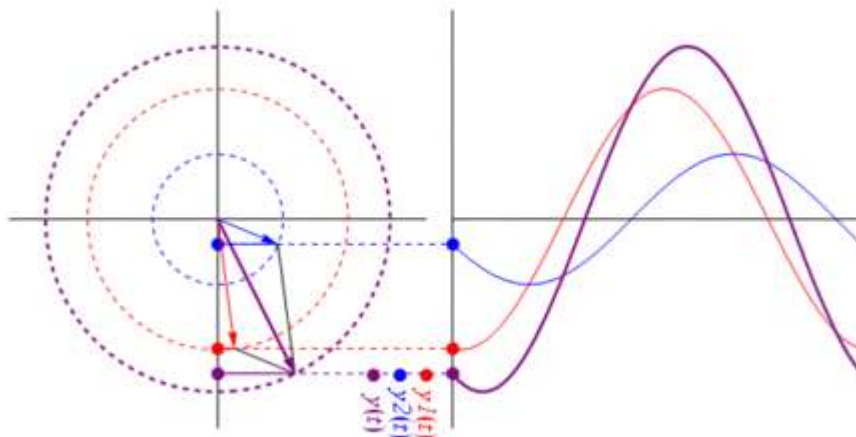
$$V_2(t) = V_{max} \text{Sen}(wt + 120^\circ)$$

$$V_3(t) = V_{max} \text{Sen}(wt + 240^\circ)$$

Sistemas Trifásicos

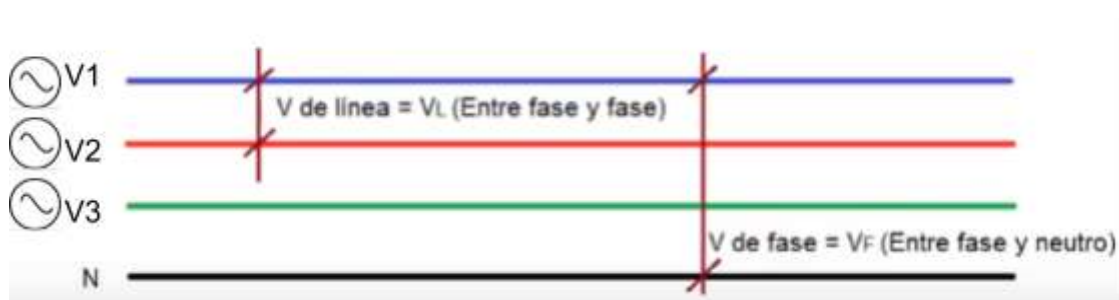
Accionamientos Electromecánicos

Sólo a modo de ejemplo, el siguiente GIF muestra un sistema trifásico que no es equilibrado ni simétrico, esto quiere decir que sus vectores no tienen la misma magnitud ni están desfasados 120° entre sí:



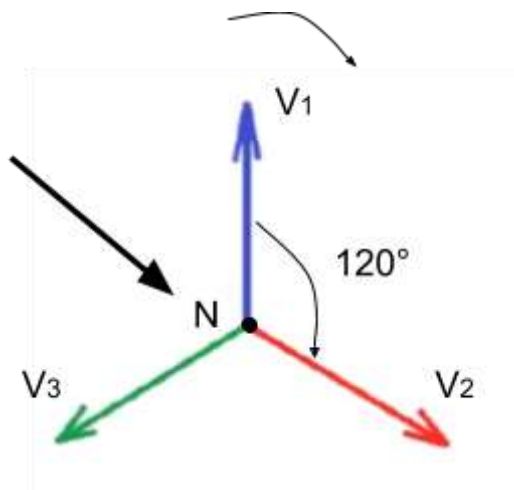
Tensiones de fase y de línea

En un sistema monofásico la tensión se mide entre la **fase** y el **neutro**, Estos son los dos cables que llegan a nuestro domicilio y al medir la tensión leemos 220V. En un sistema trifásico tenemos 3 fases y el neutro, por lo tanto es posible medir distintas tensiones: **Tensión de fase** $\overline{V_F}$ (entre una fase y el neutro) o **tensión de línea** $\overline{V_L}$ (entre dos fases):





En el esquema fasorial, el neutro sería un punto en el centro de los fasores:

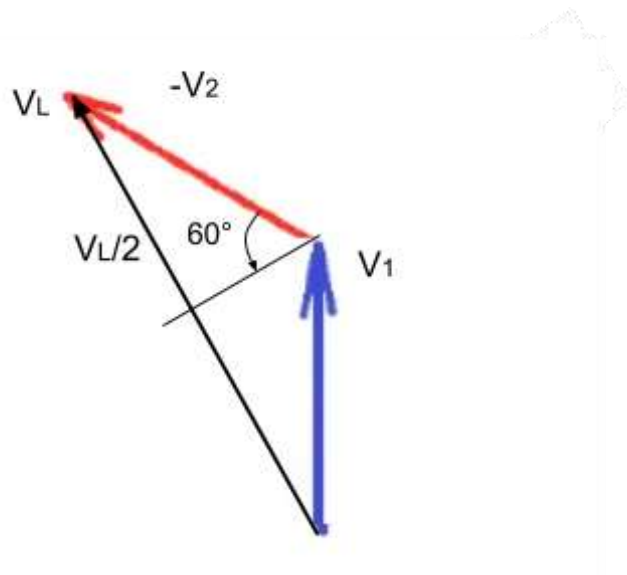


Supongamos que cada uno de los fasores tiene una **magnitud** de 220 V. La **tensión de fase** $\overline{V_F}$ se mide entre el fasor de fase y el neutro. Por ejemplo, para obtener la magnitud de la fase V_1 hay que hacer $|\overline{V_1}| - N = 220V - 0 = 220V$. Toda la fase tiene la misma tensión: 220V

Sistemas Trifásicos

Accionamientos Electromecánicos

Ahora, ¿Cuál es la tensión de línea \overline{V}_L ? ¿Por ejemplo entre \overline{V}_1 y \overline{V}_2 ? Se debe hacer la resta vectorial entre \overline{V}_1 y \overline{V}_2 : $\overline{V}_L = \overline{V}_1 - \overline{V}_2$



El módulo de \overline{V}_L se obtiene aplicando la definición del seno de un ángulo (cateto opuesto sobre hipotenusa):

$$\text{sen}(60) = \frac{V_L/2}{V_2}$$

Reemplazando V_2 por V_F (ya que tanto V_1 como V_2 y V_3 representan la tensión de fase)

$$\frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{V_L}{2V_F}$$

Reordenado,

$$V_L = \sqrt{3} V_F$$



Por ejemplo, en nuestra ciudad la distribución de la energía eléctrica se hace a través de un sistema trifásico. Los cables de la EPE que están fuera de nuestras casas son 4, tres fases y un neutro. A nuestra casa ingresa una de esas tres fases y el neutro, a la casa de nuestro vecino ingresa otra de las fases y el neutro.

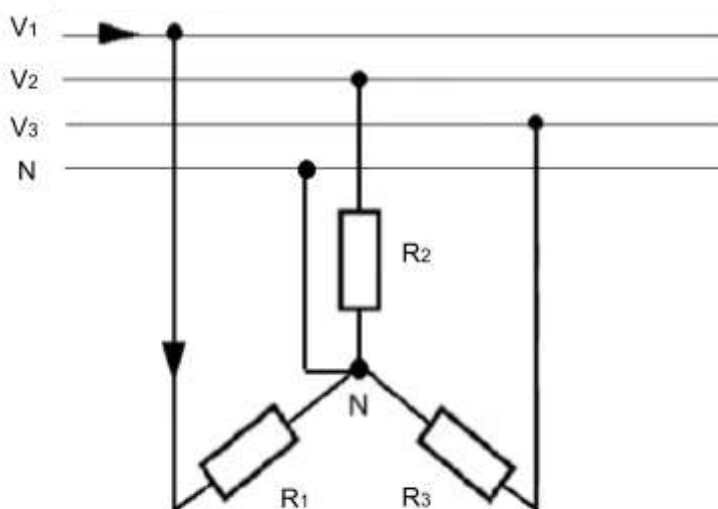
La **tensión de fase** (es la que tenemos dentro de nuestros hogares) es 220V. Por lo tanto la tensión entre fases o **tensión de línea** es $\sqrt{3}220V = 380V$. Se dice que se tiene un sistema trifásico 220/380V

Cargas en estrella y triángulo

Cuando tenemos un sistema trifásico es posible conectar distintas **cargas** al sistema, por ejemplo, un motor trifásico. Vamos a estudiar distintas formas de conectar la carga al sistema.

Conexión Estrella

Supongamos que queremos conectar un juego de tres resistencias a un sistema trifásico. La forma de conectarlo en **estrella** es la siguiente:



La tensión a la que está sometida la carga, ósea cada una de las resistencias, es igual a la **tensión de fase** V_F , si observamos en el esquema cada una de las resistencias está

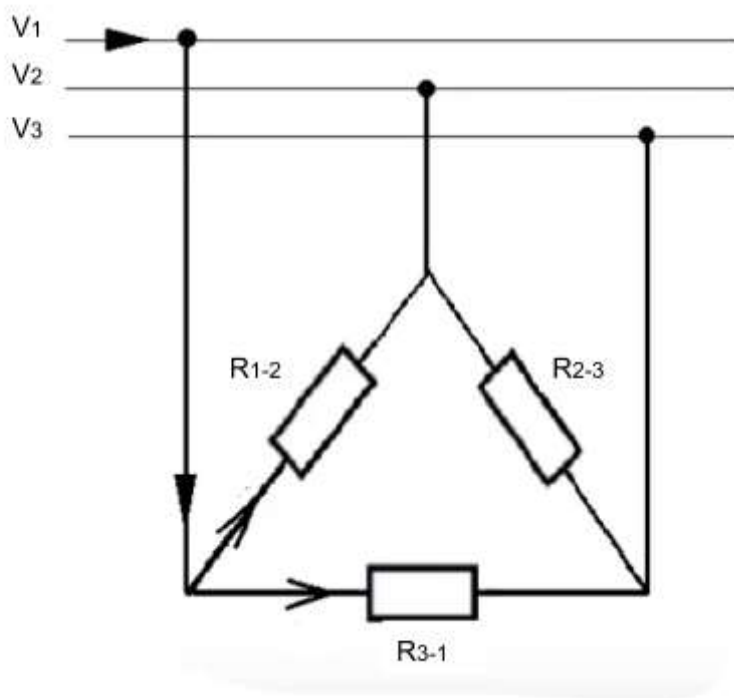
Sistemas Trifásicos

Accionamientos Electromecánicos

conectada entre la fase y el neutro. Si $V_1 = V_2 = V_3 = 220V$, cada una de las resistencias estaría sometida a 220V.

Conexión Triángulo

Las mismas resistencias se pueden conectar en **triángulo** como se muestra en el siguiente esquema:



En esta conexión, la carga está conectada entre una fase y otra. Por ejemplo R_{1-2} está conectada entre V_1 y V_2 . Recordando, la tensión entre dos fases la llamamos **tensión de línea** V_L . Anteriormente se demostró que:

$$V_L = \sqrt{3} V_F$$

Si tenemos un sistema trifásico en el cual cada una de las tensiones de fase es 220V, la tensión a la que está sometida cada una de las resistencias es:

$$V_{1-2} = \sqrt{3} 220V = 380V$$



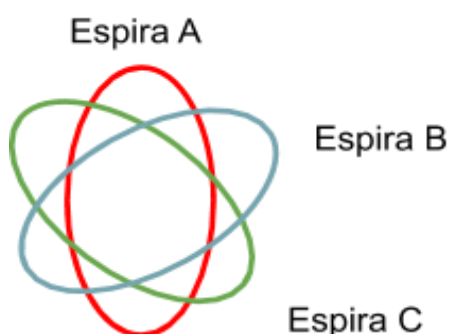
Como conclusión:

La tensión a la que está sometida una **carga en estrella** es menor que la de una **carga en triángulo**. La carga en estrella está a la **tensión de fase** y la carga en triángulo está a la **tensión de línea**.

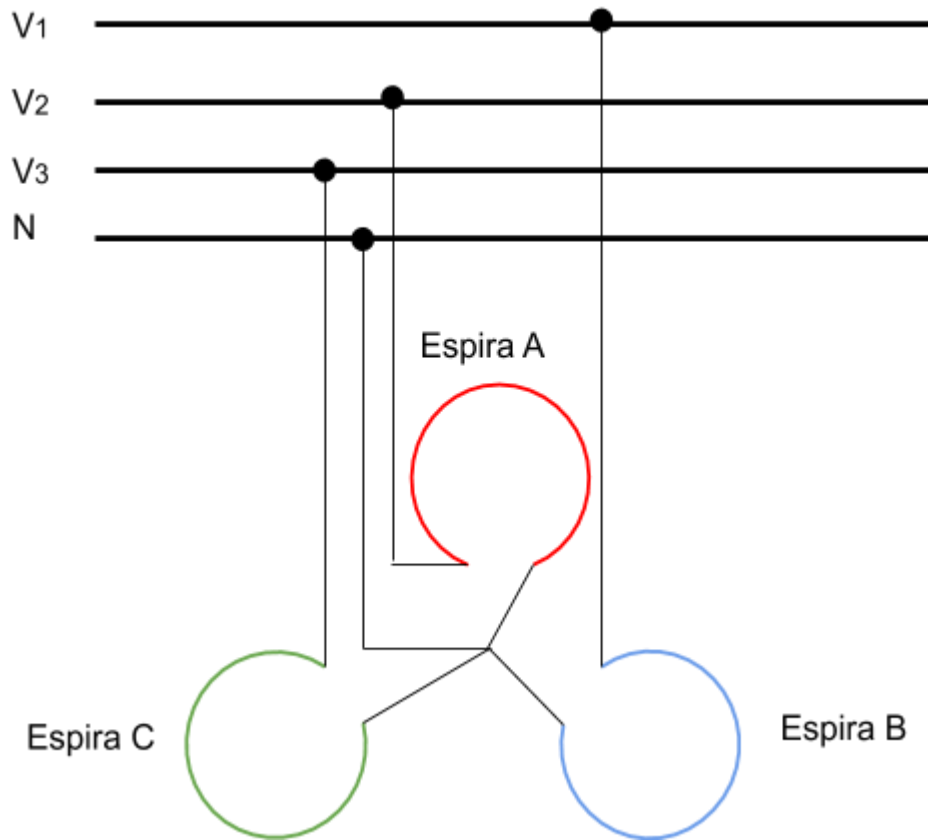
Teorema de Ferrari

El teorema de Ferrari indica cómo hacer para generar un **campo magnético giratorio**. Si se tienen tres bobinas desfasadas 120° en el espacio y se alimentan estas tres bobinas con un sistema trifásico, cuyas tensiones están desfasadas 120° , se obtiene un campo magnético giratorio.

Para entender este concepto pensemos que tenemos tres espiras desfasadas 120° en el espacio:

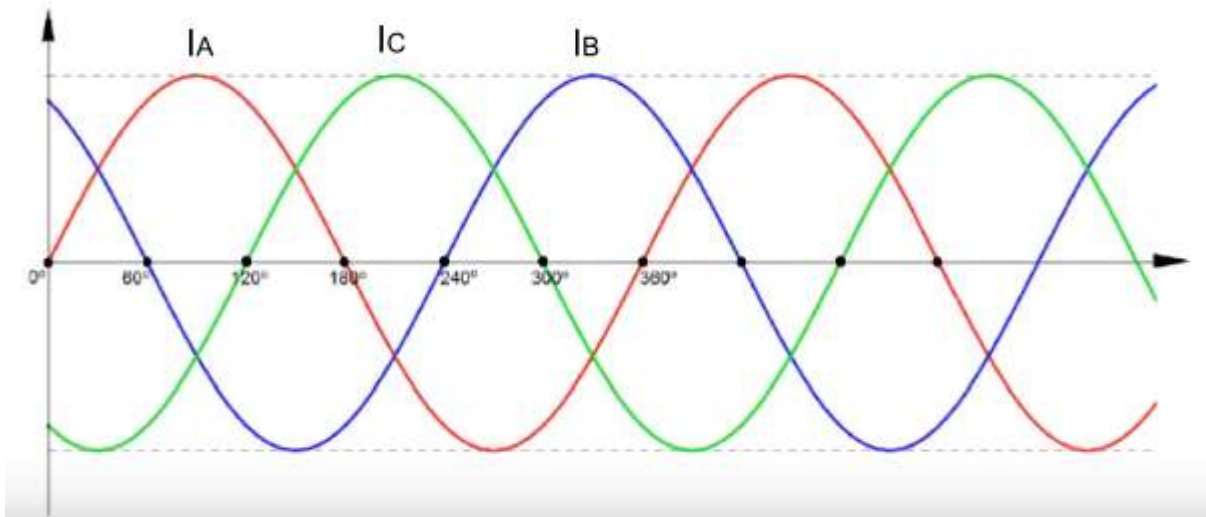


Ahora conectamos cada una de estas espiras a una fase de un sistema trifásico, como vimos en la conexión estrella. Cada una de las espiras se abre y se las conecta entre una fase y el neutro. Para poder ver esto en una imagen voy a separar las espiras que vemos en la imagen anterior con el fin de facilitar la comprensión.



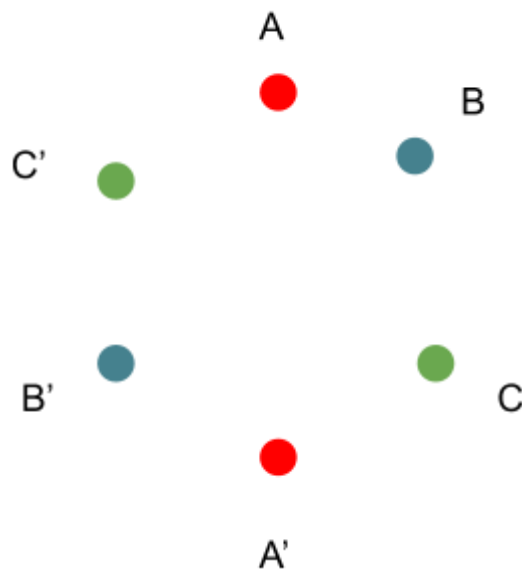


Como cada una de las espiras está conectada a una de las fases del sistema trifásico, por cada una de ellas circulará una corriente alterna, además estas 3 corrientes van a



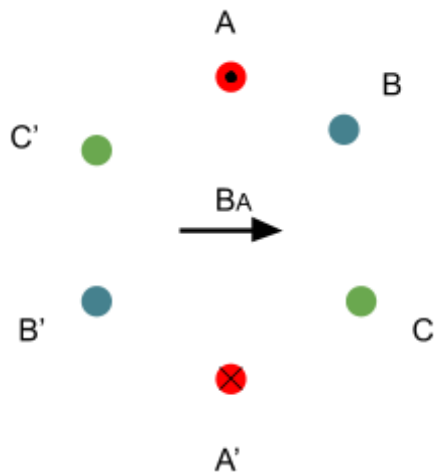
estar desfasadas 120° como se observa en la siguiente imagen:

Si volvemos a la primera imagen de las espiras y le hacemos un corte vertical, obtenemos la siguiente figura:

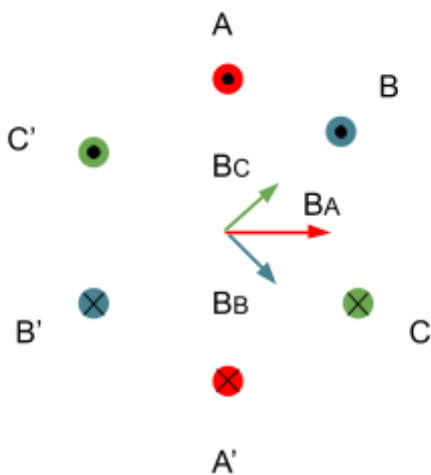


Accionamientos Electromecánicos

Cada una de las espiras va a **generar un campo magnético variable**, ya que por ellas circula una corriente alterna. Por ejemplo, veamos la espira A:

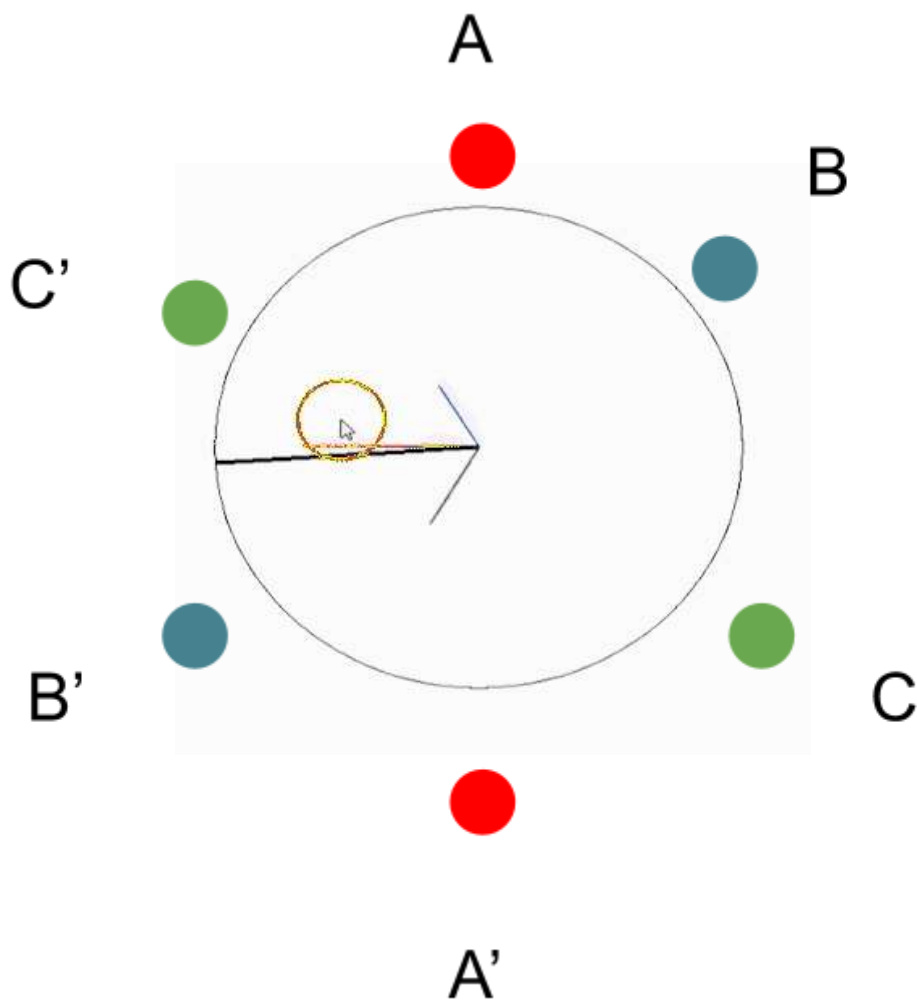


El sentido de la corriente fue representado a través de los símbolos “punto” y “cruz”. A medida que varía la corriente, también varían la magnitud y el sentido del campo magnético B_A . Lo mismo está ocurriendo en las otras espiras:





La suma de estos 3 campos magnéticos variables, genera un campo magnético giratorio como se observa en el siguiente GIF (el campo magnético giratorio es el negro):



Bibliografía

Libros

Mora J. F. (2003), *Máquinas Eléctricas*

Sitios WEB

<https://www.learnengineering.org/>