UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA

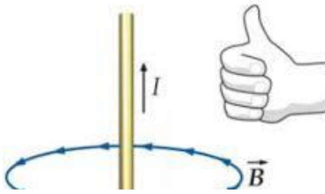
MÁQUINAS DE CORRIENTE ALTERNA

TEMA

CAMPOS MAGNETICOS ROTANTES

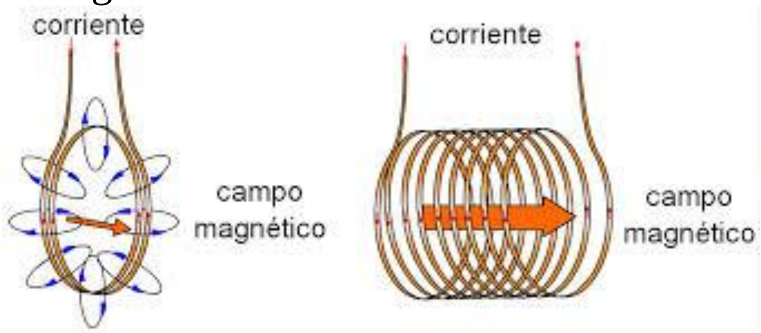
Ing. Gabriel Serra.
Ing. Enrique Alonso

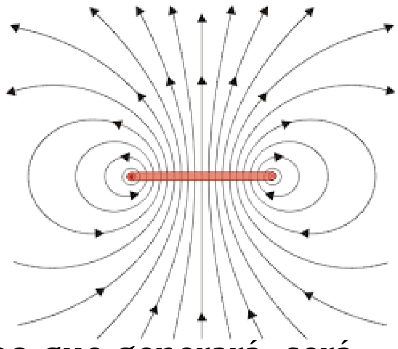
CAMPO MAGNETICO



El campo magnético generado por un conductor eléctrico por el que circula corriente eléctrica, son líneas concéntricas con el mismo y su sentido este dado con la mano derecha, pulgar sentido de corriente, restantes dedos el sentido del campo

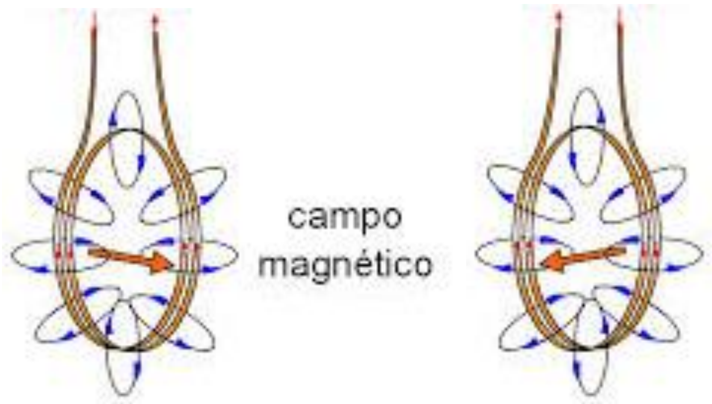
Si tenemos una espira, la cual esta perpendicular al plano de la misma circula una corriente eléctrica, generara un campo magnético conforme a la gráfica





Si la corriente que alimenta la bobina fuese alterna, el campo que generará, será un campo alternativo concéntrico con la bobina, con una ley de variación cosenoidal

\+ - - +



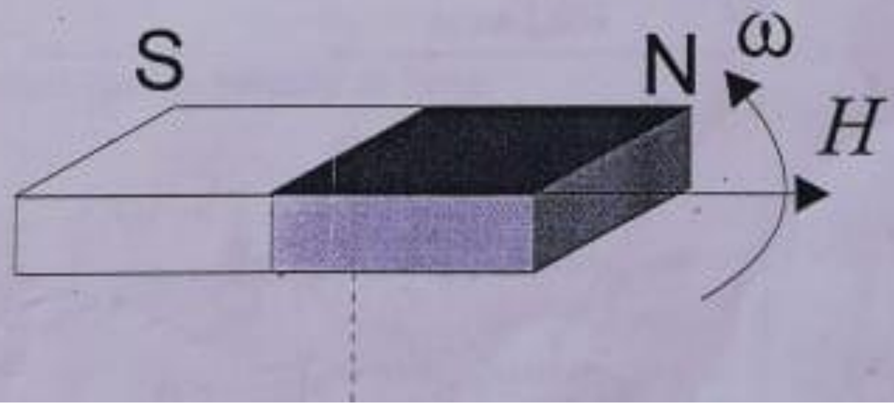
La magnitud del campo esta directamente relacionado con la magnitud de la corriente.

Campo Magnético Rotante Trifásico

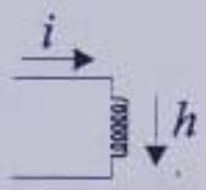
Jorge Aldo Guerra Barros

Introducción:

La idea de un campo magnético rotante la da, por ejemplo, un imán permanente qué gira alrededor de un eje transversal qué pasa por su centro de gravedad. Pero lo qué realmente interesa es generar un campo magnético rotante o giratorio con un sistema estático de bobinas ya qué esta situación tiene una importante aplicación en las máquinas eléctricas. Es evidente, por un principio físico, qué una espira qué puede girar libremente y qué está inmersa en un campo magnético giratorio, tienda a seguir el movimiento del campo magnético para concatenar en todo momento el máximo de líneas de fuerzas. En esto se basa el funcionamiento de los motores de inducción. En el motor eléctrico se transforma la energía eléctrica en mecánica a través de un eslabón intermedio qué es el campo magnético rotante.



Se verá a continuación el principio de Galileo-Ferraris. Si se tiene una bobina por la cual circula una corriente alterna



$$i = I_{max}\cos(\omega t)$$

se generará un $\boxed{\text{campo magnético}}$ alterno de la forma:

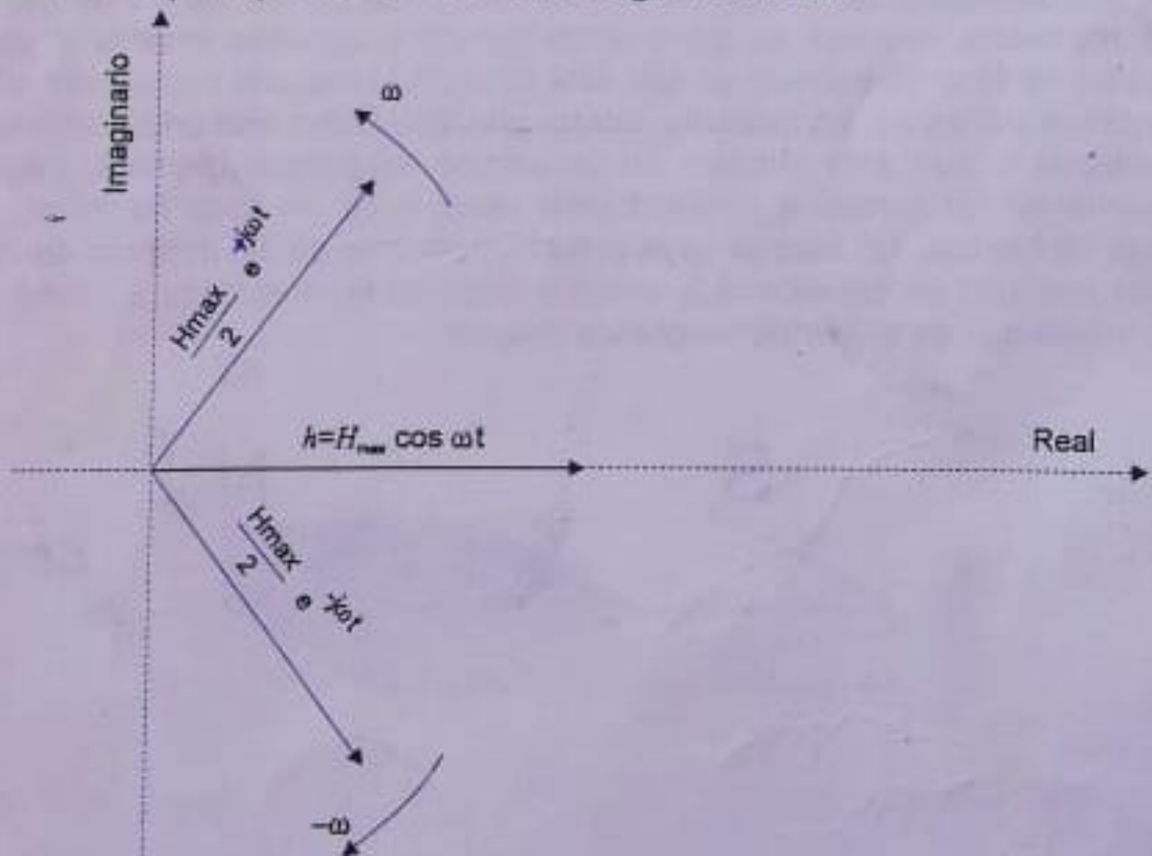
$$h = H_{max}\cos(\omega t)$$

Teniendo en cuenta la expresión de Euler se tiene:

$$h = \frac{H_{max}}{2}\left(e^{j\omega t} + e^{-j\omega t}\right)$$

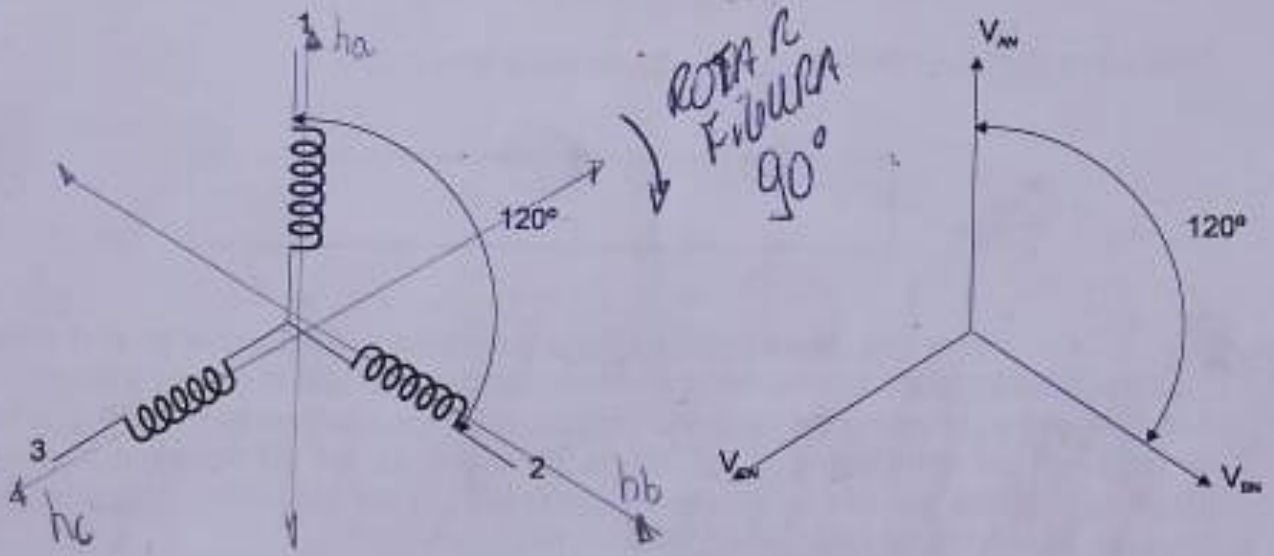
OERSTED = $\frac{\text{AMP. ESP.}}{m}$

Esta expresión tiene una interpretación física importante, ya qué implica qué un campo magnético alterno puede considerarse como resultante de dos campos magnéticos giratorios qué giran a iguales velocidades angulares pero en sentido contrario y sus módulos son iguales a la mitad de la amplitud del campo magnético alterno. Este es el principio de Galileo-Ferraris gráficamente:



establecer entre campos e inducciones son las mismas solo qué difieren de un valor qué es propio de cada medio, se seguirá hablando de campos magnéticos.

Se supone tres bobinas en un plano pero sus ejes desplazados entre ellos 120º geométricos. Se alimentan ahora las tres bobinas con un sistema trifásico de tensiones simétricas, pero desfasadas entre ellas 120º eléctricos.



Las intensidades en cada bobina son:

$$i_a = I_{max} \cos(\omega t)$$

$$i_b = I_{max} \cos(\omega t - 120°)$$

$$i_c = I_{max} \cos(\omega t + 120°)$$

Estas intensidades dan origen a los siguientes campos magnéticos alternos:

$$h_a = H_{max} \cos(\omega t)$$

$$h_b = H_{max} \cos(\omega t - 120°)$$

$$h_c = H_{max} \cos(\omega t + 120°)$$

De acuerdo al principio Galileo-Ferraris se tiene:

$$h_a = \frac{H_{max}}{2}\left(e^{j\omega t} + e^{-j\omega t}\right)$$

$$h_b = \frac{H_{max}}{2}\left[e^{j(\omega t - 120°)} + e^{-j(\omega t - 120°)}\right]e^{-j120°}$$

defaso 120° el plano de acción

$$h_c = \frac{H_{max}}{2}\underbrace{\left[e^{j(\omega t + 120°)} + e^{-j(\omega t + 120°)}\right]}_{\text{defaso en el tiempo el campo } h}e^{j120°}$$

defaso plano de acción

Debe notarse qué los ángulos indicados dentro de los corchetes son ángulos eléctricos, mientras qué los ángulos qué están indicados fuera de los corchetes son ángulos geométricos.

Como actúan simultáneamente los campos magnéticos se debe efectuar la suma:

$$h = h_a + h_b + h_c = \frac{H_{max}}{2}\left[e^{j\omega t}\left(1 + e^{-j240^\circ} + e^{j240^\circ}\right) + e^{-j\omega t}(1+1+1)\right]$$

Dado qué el primer paréntesis es nulo se tiene finalmente

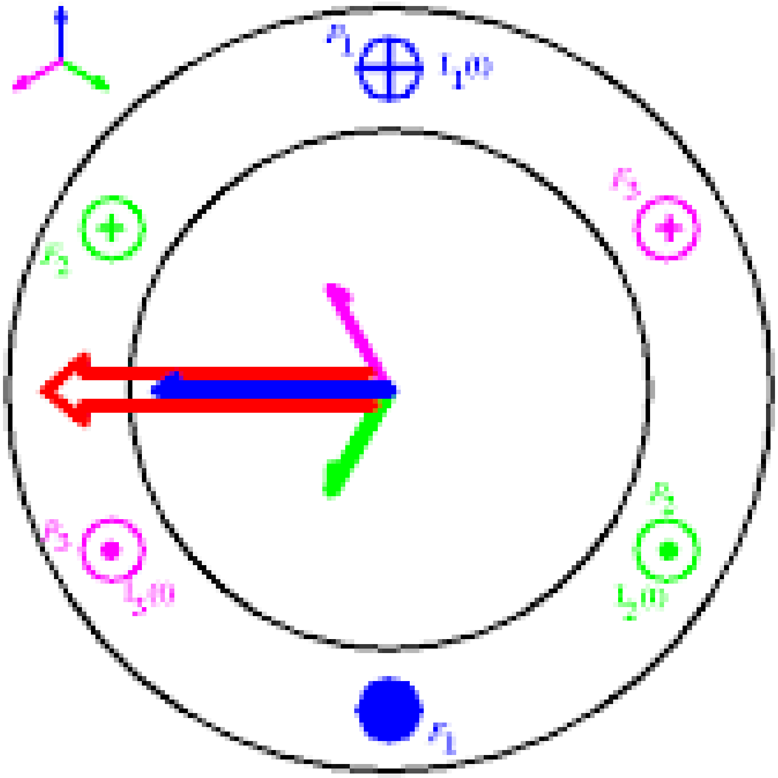
$$\boxed{h = \frac{3}{2} H_{max} e^{-j\omega t}}$$

Es evidente qué este campo no es alterno sino rotante y qué es el resultado de la acción simultánea de tres campos alternos. Se debe destacar qué la Velocidad angular con qué gira este vector es igual a la pulsación de los campos alternos y qué su sentido de rotación es contrario a la secuencia de fases de las tensiones qué alimentan la bobina, si ahora cambia la secuencia de fases de las tensiones aplicadas, cambiará también el sentido de rotación del campo magnético.

Otra aclaración es qué se puede llegar al mismo resultado al sumar los campos alternos pero en vez de referirse a la posición de la bobina 1 se puede hacerlo referido también a la posición de la bobina 2 ó la posición de la bobina 3.

Finalmente, en forma sintética se puede decir qué para obtener un campo magnético rotante se debe ubicar tres bobinas iguales desfasadas entre ellas 120º geométricamente referidos a un mismo plano, y alimentadas con tres tensiones simétricas es decir iguales y desfasadas entre ellas 120° eléctricos.

Fin de Tema



En la figura anterior corresponde al instante en que se da el máximo módulo de corriente sobre bobina azul y corrientes de la mitad del módulo máximo y en sentido opuesto en bobinas verde y violeta. (la sumatoria de corrientes fasoriales es cero, en todo momento dado que es un circuito trifásico equilibrado, tres bobinas de igual impedancia alimentadas por un sistema trifásico de tensiones)

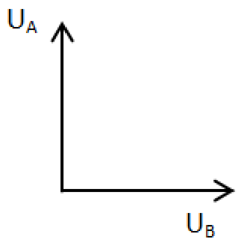
Al realizar la sumatoria de campo en sentido del eje X, tenemos modulo máximo de bobina azul y 0.25 de modulo máximo aportado por cada una de las bobinas verde y violeta, lo cual hace que el módulo resultante en eje sea 1,5 el módulo individual máximo de cada bobina. En el sentido del eje Y, la componente violeta es positiva y la componente verde es negativa, ambas de igual modulo por lo cual se anulan.

El inicio de bobina azul esta a las 12 horas de un reloj.

El inicio de la bobina verde está a las 4 horas del reloj.

El inicio de la bobina violeta esta a las 8 horas del reloj.

CAMPO MAGNÉTICO ROTANTE BIFÁSICO



$$i_a = I_m \cdot \cos\ (\omega t + 90°) \ \Rightarrow \quad h_a = \frac{H_m}{2} \cdot \left(\mathrm{e}^{\mathrm{j}(\omega t + 90°)} + \ \mathrm{e}^{-\mathrm{j}(\omega t + 90°)}\right) \cdot \mathrm{e}^{\mathrm{j}(90°)}$$

$$i_b = I_m \cdot \cos\ (\omega t) \ \Rightarrow \quad h_b = \frac{H_m}{2} \cdot \left(\mathrm{e}^{\mathrm{j}(\omega t)} + \ \mathrm{e}^{-\mathrm{j}(\omega t)}\right)$$

$$h = \ h_a + h_b$$

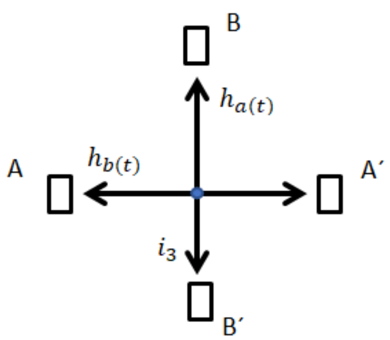
$$h = \frac{H_m}{2} \cdot \left[\mathrm{e}^{\mathrm{j}(\omega t + 90° + 90°)} + \ \mathrm{e}^{-\mathrm{j}(\omega t + 90° - 90°)} + \mathrm{e}^{\mathrm{j}(\omega t)} + \ \mathrm{e}^{-\mathrm{j}(\omega t)}\right]$$

$$h = \frac{H_m}{2} \cdot \left[\mathrm{e}^{\mathrm{j}(\omega t + 180°)} + \ \mathrm{e}^{-\mathrm{j}(\omega t)} + \mathrm{e}^{\mathrm{j}(\omega t)} + \ \mathrm{e}^{-\mathrm{j}(\omega t)}\right]$$

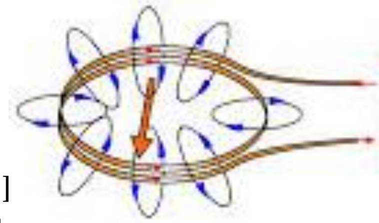
$$h = \frac{H_m}{2} \cdot \left[\mathrm{e}^{\mathrm{j}(\omega t)} + \ \left(\mathrm{e}^{\mathrm{j}(180°)} + 1\right) + \ 2 \cdot \mathrm{e}^{-\mathrm{j}(\omega t)}\right]$$

$$\mathrm{e}^{\mathrm{j}(180°)} = 1 \cdot \cos 180° + j \cdot 1 \cdot \sin 180° = -1 + j \cdot 0 = \ -1$$

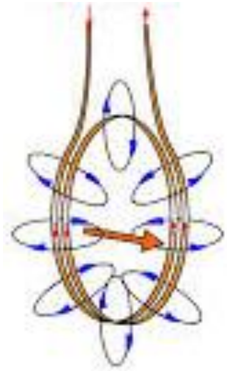
$$h = H_m \cdot \mathrm{e}^{-\mathrm{j}(\omega t)}$$



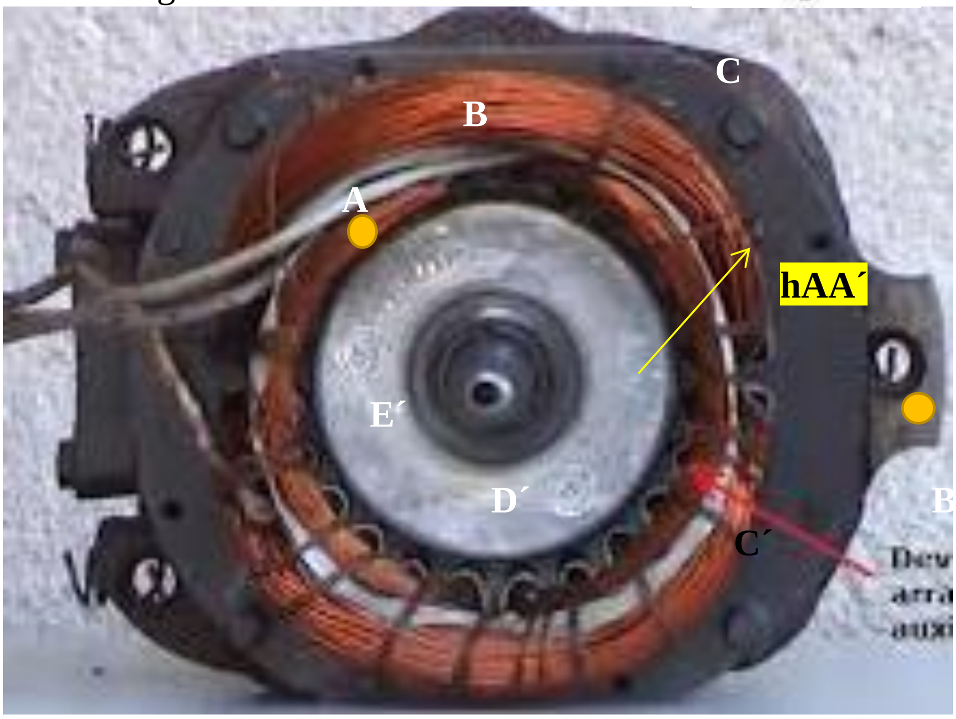
Bobina A



Bobina B



En la práctica l[...]ran solo en una espira, ni una solo bobina, se realizan en varias bobinas contiguas que conforman una gran bobina.



La aplicación del campo magnético rotante bifásico, es utilizando una sola tensión de alimentación (MONOFASICA- dado que en la práctica no existen los sistemas de distribución bifásicos), donde una de las bobinas se conecta en serie con un capacitor, y ambos circuitos (bobina en circuito 1 y bobina serie con capacitor en circuito 2) son alimentados por una solo tensión alterna, con lo cual se busca desfasar 90° las corrientes en las bobinas, las cuales geométricamente están ubicadas a 90° entre ella