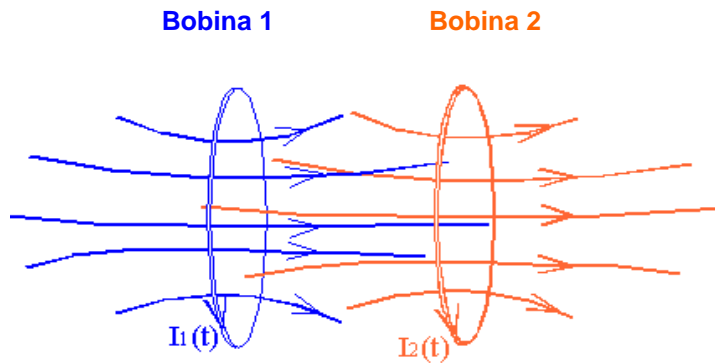


INDUCCIÓN MUTUA:

Además de la *fem* inducida en un circuito por la corriente variable que fluye por él (fenómeno de *autoinducción*), es posible que también se induzca una *fem* por los cambios de flujo provocados por corrientes variables que circulen por otros circuitos (fenómeno de *inductancia mutua*).

Supongamos que se desean conocer los cambios de flujo magnético asociados a los siguientes dos circuitos o bobinas, por cada uno de los cuales circula una corriente dependiente del tiempo:



Cada uno concatena flujo magnético generado por su propia corriente y por la corriente del otro circuito. Entonces, el flujo total ϕ_1 encerrado por la bobina 1 será:

$$\phi_1 = \phi_{11} + \phi_{12} \quad (a)$$

Y por la 2:

$$\phi_2 = \phi_{22} + \phi_{21} \quad (b)$$

Donde:

ϕ_1 es el flujo total en la bobina 1.

ϕ_2 es el flujo total en la bobina 2.

ϕ_{11} es el flujo concatenado por la bobina 1, debido a la corriente que pasa por la bobina 1.

ϕ_{12} es el flujo concatenado por la bobina 1, debido a la corriente que pasa por la bobina 2.

ϕ_{22} es el flujo concatenado por la bobina 2, debido a la corriente que pasa por la bobina 2.

ϕ_{21} es el flujo concatenado por la bobina 2, debido a la corriente que pasa por la bobina 1

Por la Ley de Faraday, partiendo de (a) y (b), teniendo en cuenta que la rapidez de variación del flujo es directamente proporcional a la rapidez de variación de la corriente (siempre válido, sin importar la forma que tenga el circuito), la *fem* en cada una de las bobinas será:

$$\varepsilon_1 = - \left[\frac{d\phi_1}{dt} \right] = - \frac{d\phi_{11}}{dt} - \frac{d\phi_{12}}{dt} = - \frac{d\phi_{11}}{dI_1} \cdot \frac{dI_1}{dt} - \frac{d\phi_{12}}{dI_2} \cdot \frac{dI_2}{dt} \quad (c)$$

$$\varepsilon_2 = - \left[\frac{d\phi_2}{dt} \right] = - \frac{d\phi_{22}}{dt} - \frac{d\phi_{21}}{dt} = - \frac{d\phi_{22}}{dI_2} \cdot \frac{dI_2}{dt} - \frac{d\phi_{21}}{dI_1} \cdot \frac{dI_1}{dt} \quad (d)$$

Como la inductancia de un circuito puede expresarse de la forma:

$$L = \frac{d\phi}{dI} \quad (\text{Siendo } I \text{ la corriente que origina ese flujo } \phi)$$

Entonces (c) y (d) pueden escribirse respectivamente de los siguientes modos:

$$\varepsilon_1 = -L_1 \cdot \frac{dI_1}{dt} - M_{12} \cdot \frac{dI_2}{dt} \quad \varepsilon_2 = -L_2 \cdot \frac{dI_2}{dt} - M_{21} \cdot \frac{dI_1}{dt}$$

de donde resulta que:

$$M_{12} = \frac{d\phi_{12}}{dI_2} \quad M_{21} = \frac{d\phi_{21}}{dI_1}$$

Donde:

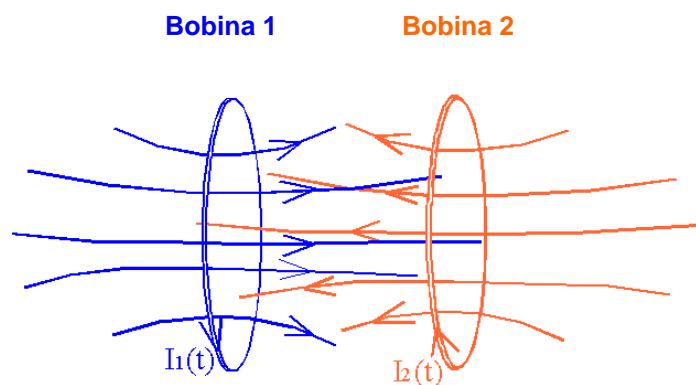
M_{12} representa la rapidez con la que varía el flujo magnético en el circuito 1, debido a la corriente que circula por el circuito 2.

M_{21} representa la rapidez con la que varía el flujo magnético en el circuito 2, debido a la corriente que circula por el circuito 1.

M_{12} y M_{21} son los *coeficientes de inductancia mutua*; son constantes que sólo dependen del tamaño, cantidad de vueltas, forma y orientación de las bobinas, es decir, de su geometría, y de la separación entre los circuitos. Pero aún cuando las dos bobinas no sean idénticas, M_{12} y M_{21} serán iguales, pues caracterizan la interacción entre ambas, que es la medida en que el flujo magnético generado por un circuito afecta la *fem* inducida en el otro. Se podrá escribir entonces que:

$$M_{12} = M_{21} = M$$

Si tuviéramos ahora el siguiente caso:



Entonces, siguiendo los mismos pasos anteriores se tendría que:

$$\phi_1 = \phi_{11} - \phi_{12} \quad \text{y} \quad \phi_2 = \phi_{22} - \phi_{21}$$

$$\varepsilon_1 = - \left[\frac{d\phi_1}{dt} \right] = - \frac{d\phi_{11}}{dt} + \frac{d\phi_{12}}{dt} = - \frac{d\phi_{11}}{dI_1} \cdot \frac{dI_1}{dt} + \frac{d\phi_{12}}{dI_2} \cdot \frac{dI_2}{dt}$$

$$\varepsilon_2 = - \left[\frac{d\phi_2}{dt} \right] = - \frac{d\phi_{22}}{dt} + \frac{d\phi_{21}}{dt} = - \frac{d\phi_{22}}{dI_2} \cdot \frac{dI_2}{dt} + \frac{d\phi_{21}}{dI_1} \cdot \frac{dI_1}{dt}$$

Por lo tanto:

$$\varepsilon_1 = -L_1 \cdot \frac{dI_1}{dt} + M_{12} \cdot \frac{dI_2}{dt} \quad \text{y} \quad \varepsilon_2 = -L_2 \cdot \frac{dI_2}{dt} + M_{21} \cdot \frac{dI_1}{dt}$$

- ♦ Circuitos magnéticamente independientes: cuando los dos circuitos se encuentran lo suficientemente distantes, de modo que el campo magnético de uno es despreciable en las proximidades del otro, entonces no se considera el factor de inductancia mutua y el único efecto importante para cada circuito será el de su *fem* autoinducida.
- ♦ Circuitos magnéticamente acoplados: cuando los dos circuitos se hallan muy próximos de modo que cada uno de ellos encierra una parte significativa del flujo generado por el otro, los coeficientes de inducción mutua son comparables en magnitud con los de autoinducción.

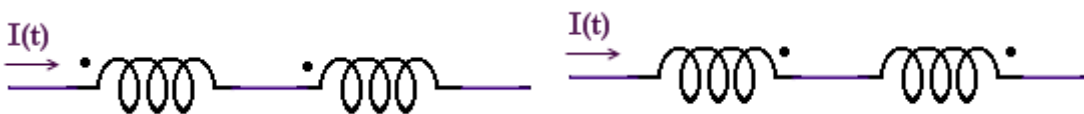
BORNES HOMÓLOGOS:

Definición: “...Los bornes homólogos son aquellos por los cuales corrientes simultáneamente entrantes (o salientes) producen flujos magnéticos aditivos en el interior de cada bobina. Si ocurre lo contrario los flujos resultan sustractivos. Los bornes homólogos se indican con un punto...”

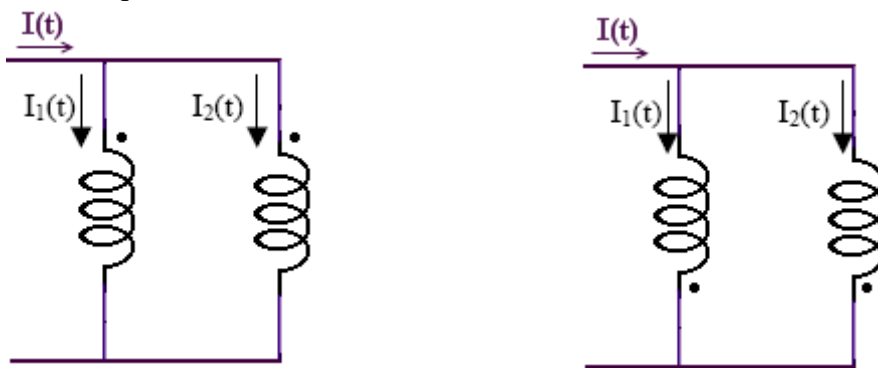
FLUJOS ADITIVOS:

Por lo tanto si se tienen dos bobinas con sus bornes homólogos identificados y en ambos las corrientes son entrantes, entonces producen flujos aditivos. (De igual modo, si las corrientes son salientes en ambos, también producen flujos aditivos).

En serie:

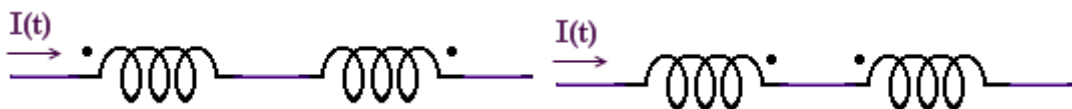


En paralelo:

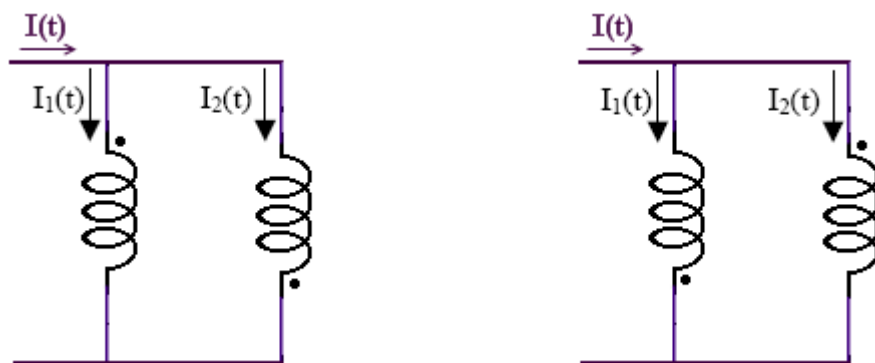
FLUJOS SUSTRACTIVOS:

Si se tienen dos bobinas con sus bornes homólogos identificados y en un borne homólogo la corriente es entrante y en el otro saliente, entonces los flujos serán sustractivos.

En serie:



En paralelo:

Bibliografía:

McKelvey, J. y Grotch, H. (1981) *Física para Ciencias e Ingeniería – Tomo II*, México: Harla S.A.

Sears, F., Zemansky, M. y otros (1999) *Física Universitaria Volumen 2* (9ª edición) México: Addison Wesley Longman.

Física II Guía de Problemas – Electricidad y Magnetismo. Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires (2006) -Pág. 17-

<http://www.fi.uba.ar/materias/6203/download/Problemas%20y%20Laboratorio/Primera%20parte.pdf>