

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL BUENOS AIRES
DTO. DE ELECTRÓNICA

Cátedra:

Máquinas e Instalaciones

Eléctricas

Trabajo Práctico N°1:

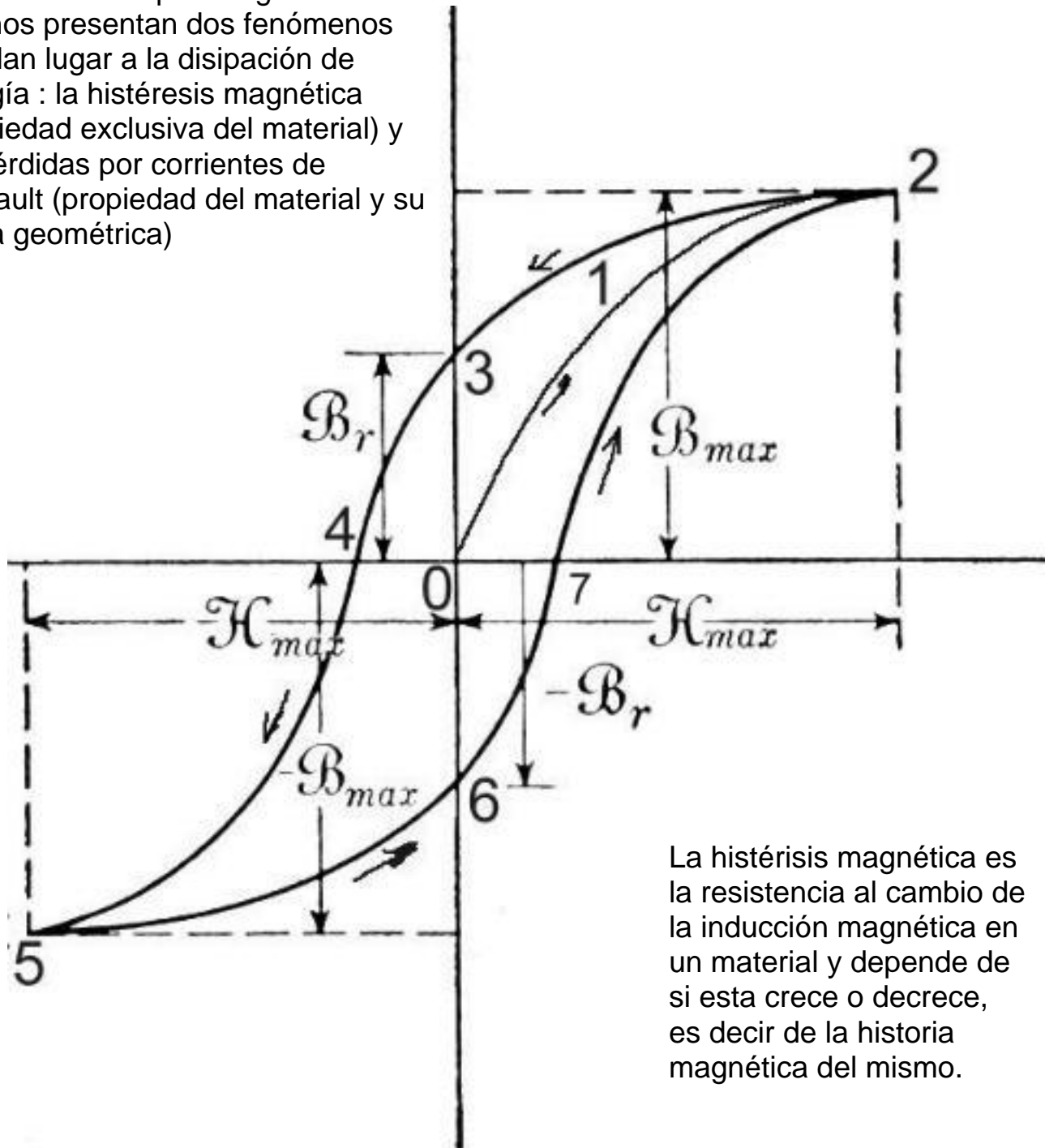
Visualización del Ciclo de Histéresis
y la Corriente Magnetizante

Curso 2007

Coordinador: Ing. Jorge A. Matricali

1.- Introducción:

Los materiales ferromagnéticos sometidos a campos magnéticos alternos presentan dos fenómenos que dan lugar a la disipación de energía : la histéresis magnética (propiedad exclusiva del material) y las pérdidas por corrientes de Foucault (propiedad del material y su forma geométrica)



Supongamos un material magnéticamente virgen sobre el cual, de manera conveniente, podemos hacer actuar un campo de intensidad H variable a voluntad. Si medimos la inducción magnética B en función del campo H y aplicamos campos de

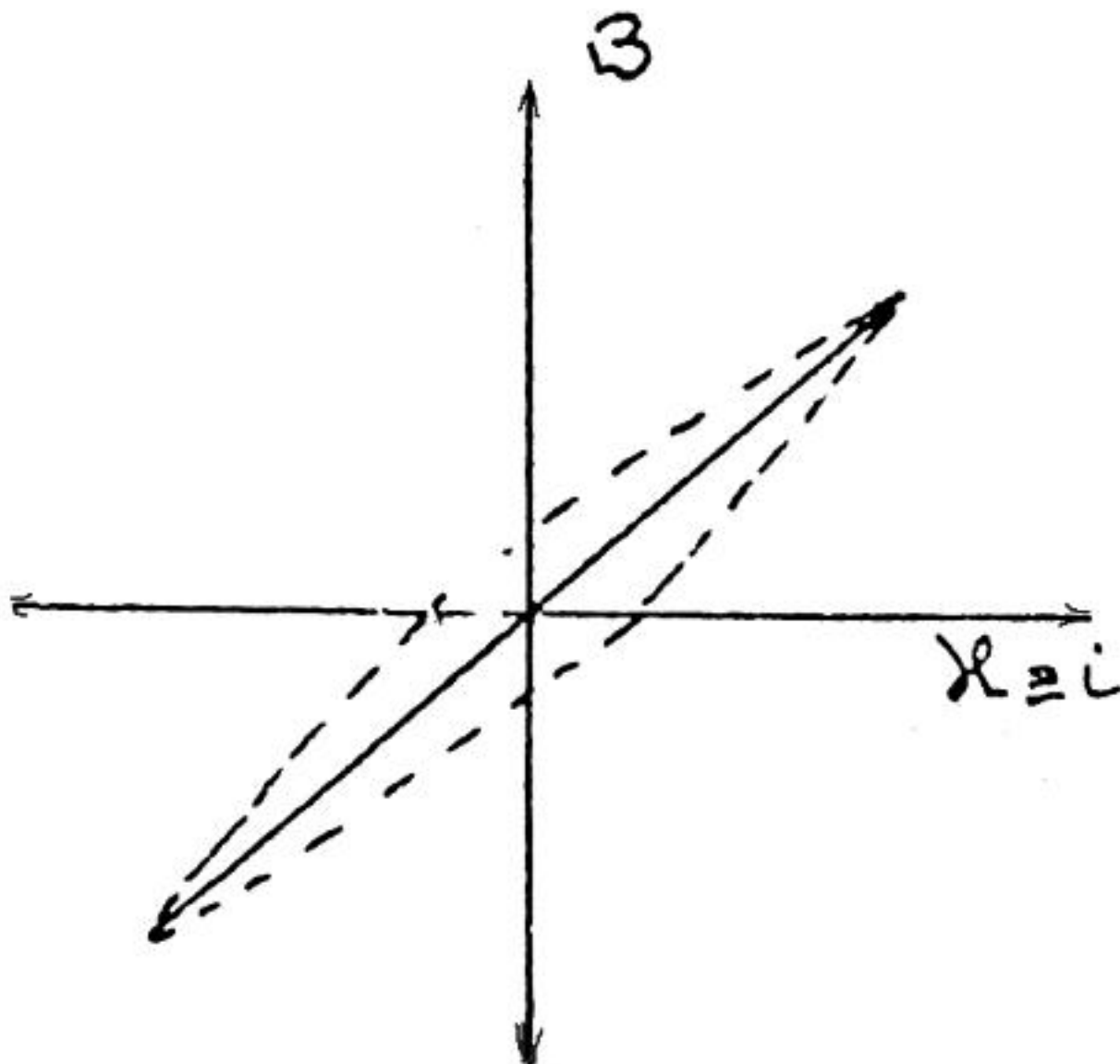
Intensidad creciente hasta llegar a H_{max} , tendremos la curva 0-1-2 o curva de primera imanación; si disminuimos ahora H , aparece una curva $B-H$ por encima de la anterior y para $H=0$ aparece cierta inducción B_r (magnetismo remanente), punto 3. Si ahora invertimos la dirección del campo H vemos que

para anular completamente la inducción magnética es necesario aplicar un campo 0-4 llamado fuerza coercitiva o campo coercitivo. Haciendo H mas negativos obtiene la curva B-H 4-5 hasta $H = -H_{max}$. Y de allí si vamos haciendo H menos negativo le sigue la curva 5-6-7-2, y de ahí en mas si el material en cuestión se somete a ciclos iguales ($-H_{max}, +H_{max}$) sigue este la curva definida por los puntos 2-3-4-5-6-7 llamado ciclo de histéresis.

El área encerrada por el lazo de histéresis es proporcional a la energía disipada por ciclo debido a la misma. Es independiente de la frecuencia.

Se señala que las curvas de imanación con corriente alterna que se dan en tablas están formadas por todos los puntos $B_{max} - H_{max}$ de sucesivos lazos de histéresis.

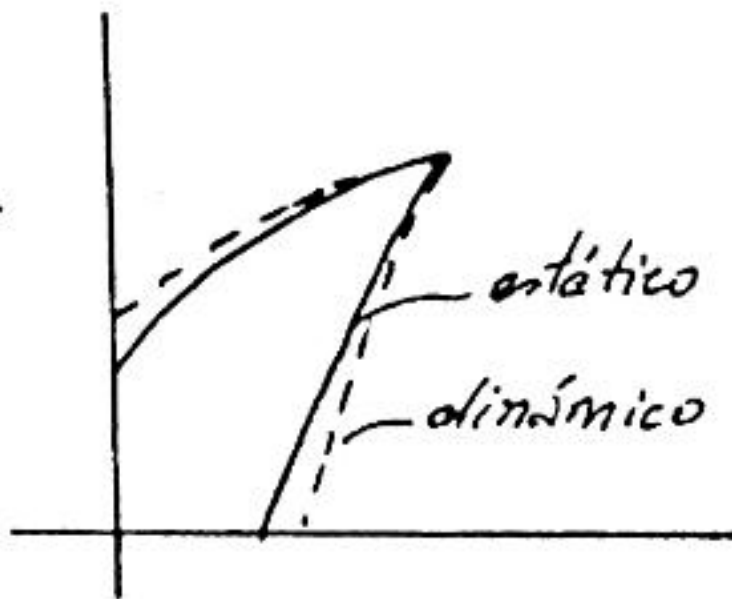
Las corrientes de Foucault son corrientes que circulan en el seno del núcleo magnético debido a que el campo magnético variable da lugar a ff.ee.mm. inducidas y estas a corrientes de circulación. Estas corrientes se manifiestan de dos formas: una, la inmediata, en una disipación de energía por efecto Joule y dos, se traduce en un apantallamiento magnético o resistencia al cambio de estado tanto mayor cuanto mayor sea la velocidad de cambio.



Por ejemplo supongamos un anillo de material ferromagnético de permeabilidad constante, sin histeresis magnética y sin pérdidas de Foucault. En esas condiciones la curva B-H será una recta y coincidirá con la curva B-i (donde i es una corriente alternada sinusoidal). Si ahora consideramos que tienen lugar corrientes de Foucault vemos que la curva B-H permanece inmutable pero la curva B-i se transforma en un ciclo 1-2-3-4-1 debido a que debe incrementarse la corriente i para anular el apantallamiento producido por las corrientes de Foucault; este como dijimos depende de la velocidad de cambio del campo aplicado, si como supusimos i es una función senoidal, la velocidad de cambio tiende a cero para i tendiendo a los máximos y tiende a un máximo cuando i tiende a cero (lo que explica la forma del ciclo).

El área encerrada en el ciclo B-i es proporcional a la energía disipada por ciclo debido a las corrientes de Foucault, a una frecuencia dada. Para cada frecuencia habrá un ciclo determinado.

Luego, si graficamos la curva B-i de un material en forma dinámica, vemos que al lazo de histeresis estático se le adiciona el efecto de las corrientes de Foucault resultando en un lazo de mayor ancho y área, de tal modo que el área encerrada es proporcional a las pérdidas por histeresis más las pérdidas por Foucault.



2.- Objeto:

El objeto del trabajo práctico es visualizar mediante el uso de un osciloscopio, en forma dinámica, las formas de onda de la corriente de excitación, su desfase respecto de la f.e.m. inducida, forma de la onda del flujo y forma del lazo de histeresis del material del núcleo.

3.- Disposición :

Para la observación utilizaremos una de las bobinas de un transformador de dos devanados de relación 220/2,2 V. (relación 1:100), con un núcleo acorazado de chapa de hierro - silicio de grano orientado (calidad M-6). El núcleo no se completa para asegurar la posibilidad de lograr la saturación del mismo.

Como el osciloscopio es un instrumento de alta impedancia de entrada las señales que le podemos aplicar deben ser tensiones proporcionales a los fenómenos que queremos observar.

Para obtener una señal de tensión proporcional a la corriente de excitación I_0 , utilizaremos una resistencia (lineal) que se intercala en el circuito de excitación de modo que:

$$U_1 = I_0 \cdot R_1$$

Y la deflexión será:

$$D_1 = \text{Esc.} \cdot U_1$$

Es importante para no alterar las condiciones de la experiencia (tensión aplicada senoidal) que la caída de tensión U_1 sea despreciable frente a la tensión aplicada U (menor del 1 %); esto se logra adoptando valores de R_1 suficientemente bajos.

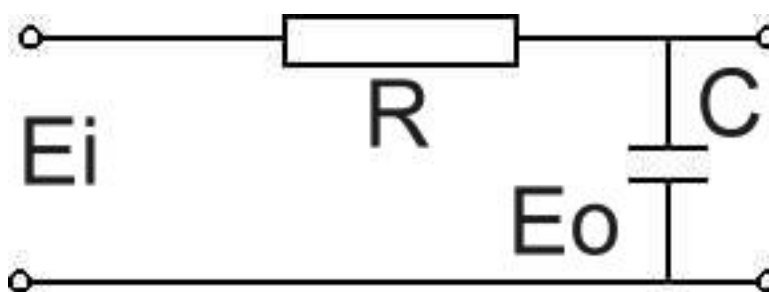
Para obtener una señal proporcional a la f.e.m. inducida lo hacemos directamente en bornes de baja tensión del secundario; como es un devanado de baja impedancia y las cargas conectadas a el son de alta impedancia no existe diferencia practica entre la tensión en bornes y la f.e.m. interna.

Para la obtención de una señal proporcional a la inducción B y al campo 0 debemos recordar que:

$$E = -N \cdot d\Phi / dt$$

$$\Phi = - \int e \cdot dt$$

Es necesario por lo tanto hacer la integración de la onda de f.e.m. para obtener una señal proporcional a la inducción B y al flujo Φ . Esto lo conseguimos mediante un circuito integrador R-C que proporciona una señal de salida proporcional a la integral de la señal de entrada.



$$E_i = i \cdot R + E_o$$

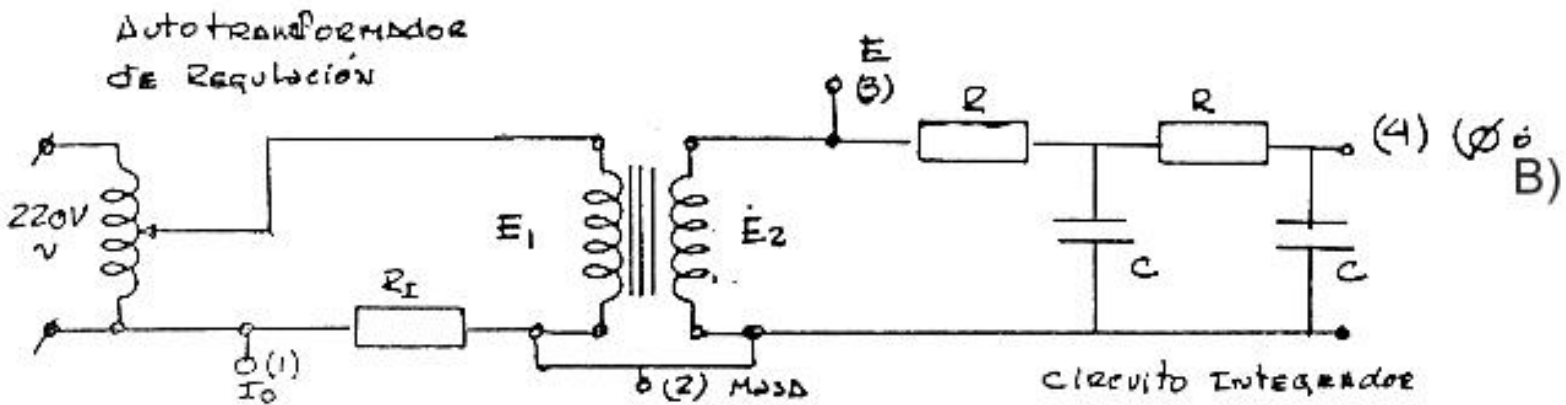
$$E_o = 1/C \cdot \int i \cdot dt$$

$$I = E_i / (R - j(1/\omega C))$$

$$\text{Si } R \gg 1/\omega C \text{ } i = E_i / R$$

$$E_o = - \int (E_i / RC) . dt$$

4.- Circuito utilizado.



5.- Visualización simultánea de I_0 y E .

Se emplea un osciloscopio de dos canales. Las puntas del canal 1 se conectan a los puntos 2 y 3 del circuito (masa a 2) y las puntas del canal 2 a los puntos 1 y 2 del mismo (masa a 2).

Observamos en la pantalla (eligiendo de modo conveniente la amplificación de cada canal para hacer las imágenes de magnitud comparable, ajustando el disparo de ambos en automático y superponiendo las imágenes) que el desfase de ambas señales, I_0 y E , es de casi un cuarto de ciclo (90°).

Si variamos la tensión de alimentación vemos que para tensiones bajas (baja inducción) la tensión y la corriente suben y bajan proporcionalmente (característica lineal) pero para tensiones crecientes llega un momento en que la corriente crece mucho más rápido (saturación).

El desplazamiento de fase entre ambas señales se puede también comprobar ajustando los controles hasta que ambas imágenes tengan la misma magnitud; luego se alimenta el barrido con la señal del canal 2 (I_0) (llave de la base de tiempo a la posición X-Y) obteniendo la figura de una circunferencia con un eje casi vertical (debido a la deformación armónica de I_0) que corresponde a la figura de Lissajous de dos ondas senoidales desplazadas un cuarto de ciclo, resultando comprobado tal desplazamiento.

6.- Visualización simultánea de I_0 y Φ , y del lazo de histeresis:

Dejando las conexiones del canal 2 como en el punto anterior y poniendo las puntas del canal 1 a los bornes 4 y 2 (masa a 2) aparece en el canal 1 una señal proporcional al flujo Φ . Se observa que Φ e I_0 están prácticamente en fase.

Pasando el control de base de tiempo a X-Y se obtendrá un lazo proporcional al lazo de histeresis dinámico (histeresis mas Foucault) ya que la deflexión es proporcional a B y la horizontal proporcional a H (en realidad a I_0).

7.- Visualización simultanea de E y Φ :

Alimentando el canal 1 con señal proporcional a E y el canal 2 con señal proporcional a Φ , vemos que estas son senoides casi puras y están desfasadas 90° .

8.- Conclusiones:

1. Explicar que componentes tiene I_0 (I_μ , I_p y armónicos).
2. Demostrar como puede integrar un circuito R-C una señal de entrada E_i .
3. ¿Que efecto produciría una R_1 de alto valor?.
4. Graficar como varia el lazo de histeresis y la corriente I_0 a medida que aumenta la tensión aplicada.
5. ¿Por qué el desfase entre I_0 y E no es exactamente de 90° ?.
6. ¿Qué factores influyen en la disminución de dicho desfase.
7. ¿Qué es una figura de Lissajous?.
8. ¿Cuándo se obtendría una circunferencia perfecta?
9. Si el núcleo no se hubiese saturado ¿cuál hubiera sido la forma de onda de I_0 ?.
10. Siempre que la tensión aplicada sea senoidal ¿lo será I_0 ?.