

Brújula de Tangentes

Agustín Binora

agusbinora@yahoo.com.ar

Síntesis

Se estudian los efectos producidos por dos campos magnéticos producidos por la Tierra (B_t) y por el paso de corriente eléctrica por una bobina (B) cuyo número de espiras (N) podemos variar. Ante el movimiento de la brújula y determinando el ángulo formado por la nueva posición de la brújula y la anterior ubicación de la misma, obtendremos los valores de la tangente de α ($\text{tg } \alpha$), y a partir de los gráficos de $\text{tg } \alpha$ en función de intensidad (I) y de N , obtendremos los valores de las constantes de proporcionalidad de los mismos (k_1 y k_2) y el valor de la constante de la ecuación $B = K \cdot N \cdot I$. Al aumentar I o N , α es mayor. Estudiaremos además la relación entre $\text{tg } \alpha$ y B , definida como $\text{tg } \alpha = |B| / B_t$.

Objetivo

Estudiar el campo magnético generado por una bobina y su dependencia con la corriente que circula por la bobina y con el número de espiras de la misma, tratando de independizarlo del campo magnético terrestre.

Introducción

En el trabajo, mediante la medición de los ángulos de deflexión formados por la aguja de la brújula a partir del paso de corriente por una bobina y su interacción con B_t obtendremos K de la ecuación $B = K \cdot N \cdot I$, que permite conocer el vector inducción en el centro del cuadro, a partir de dicha constante, el número de espiras o vueltas de los cables de cobre alrededor del cuadro y la intensidad de la corriente (cantidad de cargas por unidad de tiempo).

Previamente, para obtener dicho valor, debemos conocer el valor de la $\text{tg } \alpha$, que es equivalente al cociente de B y B_t . Como B_t para la Ciudad de Buenos Aires es constante ya que el campo magnético generado por la Tierra así lo es, entonces, las variaciones en la $\text{tg } \alpha$ son modificaciones en B . Igualmente es necesario aclarar que ocurra cuando la bobina correctamente orientada: los bordes del cuadro (supuestamente paralelos a las espiras) deben ser paralelos a la dirección de la aguja cuando sólo está sometida al B_t , de forma tal que B , al circular corriente, sea perpendicular al mismo.

En el trabajo práctico utilizamos una fuente de corriente continua y diferencia de potencial variable conectada a la pared y dará energía a un reóstato, tipo de resistencia variable que nos permite modificar I , medida mediante un multímetro en serie al circuito en la función de amperímetro con una escala de 10 A. A continuación se conectó en serie una llave que permitía cerrar o abrir el circuito e invertir el sentido de circulación de la corriente. La bobina está formada por un marco cuadrado en el cual se enrollan 5 cables de cobre, que conforman las espiras. Tiene una bornera para seleccionar el número de espiras deseadas. En el medio del marco se encuentra una tarima de madera en cuyo centro ubicamos la brújula, compuesta por una aguja de hierro imantada sostenida por un eje que permite su libre movimiento en 360° , señalando el ángulo en un borde graduado.

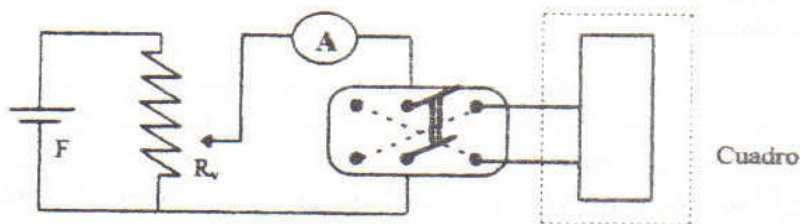


Figura 1: Esquema del circuito.

Procedimiento

Mediante los materiales dispuestos de la forma que se observa en la Fig. 1, nos disponemos a realizar el trabajo práctico. Colocamos la brújula en el centro del marco valiéndonos de las líneas marcadas

en la tarima que lo definen, y ubicamos el cuadro de tal manera que esté paralelo a B_t , y, por lo tanto, B sea perpendicular a éste; es necesario orientarlo así para saber que, si varía $\text{tg } \alpha$, esto se debe a una variación en B por la circulación de la corriente, por ser B_t constante. Verificamos esta posición cerrando el circuito con la llave y observamos el ángulo de deflexión; luego invertimos el sentido de circulación de la corriente y repetimos la observación: si los ángulos coinciden, se encuentran en la posición deseada. Es necesario tener en cuenta que la variación del sentido de circulación de la corriente modifica el cuadrante hacia el cual se desplaza la aguja, debido a que cambia el sentido del campo producido.

Parte 1

En esta parte del trabajo práctico tomamos varios valores de α variando I utilizando el reóstato. Como primer paso seleccionamos un valor mínimo de resistencia, es decir, de máxima intensidad (recordemos la Ley de Ohm, que establece que ante un voltaje constante, R e I son inversamente proporcionales: $V = R \cdot I$), y, cerrando el circuito, medimos I y α para ambos sentidos de circulación: α_i y α_d (izquierda y derecha). Realizamos este paso 5 veces más, variando la resistencia del reóstato y por lo tanto I de todo el circuito, y completamos la tabla 1 con estos datos, el ángulo promedio (α_p), las incertezas de I (definida en 0,01 A por ser ésta la menor división del amperímetro en la escala seleccionada) y de α (de 2° , correspondiente a la menor división de la escala de la brújula). Mediante la resta y la suma de α_p y su incerteza, obtenemos $\alpha_{\text{mín}}$ y $\alpha_{\text{máx}}$, que nos permitirá completar la segunda parte de la tabla 1 tras calcular sus tangentes.

En una hoja milimetrada, realizamos un gráfico de $\text{tg } \alpha_p = f(I)$, mediante los valores sacados de la tabla 1. Obteniendo una recta que pasa por el origen de coordenadas y estableciendo los intervalos de incerteza para cada punto (que determinan rectángulos), trazamos las rectas de pendiente máxima y mínima cuyas pendientes promediadas nos dan el valor de k_1 . Las rectas fueron trazadas de esta manera porque observamos que los resultados se disponían de tal manera que parecía razonable aproximarlos por una función lineal.

Parte 2

En esta parte del trabajo fijamos la intensidad de la corriente en $(1 \pm 0,02)$ A y variamos el número de espiras de la bobina. Comenzando en 5 espiras, y reduciendo de uno en uno, llegando hasta 1, observamos α_i y α_d en la brújula de la misma manera que en la parte anterior y completamos la tabla 2 con los mismos datos que antes.

Conocidos los datos, realizamos un gráfico de $\text{tg } \alpha = f(N)$, en el cual no ubicaremos los rectángulos de rectángulos ya que N no posee los mismos. Nuevamente, con las rectas de pendiente trazadas, y conociendo sus valores, calculamos k_2 .

Procesamiento de datos

Tabla 1: compuesta por los valores obtenidos para cada uno de los casos. Dichos valores son la intensidad (I) y su incerteza (medidas ambas en A), los diferentes α y sus incertezas. La incerteza de I equivale a la mínima división del instrumento utilizado (amperímetro) y es de 0,01 A ya que la escala elegida es de 10 A; la correspondiente a la brújula es de 2° , mínima división en su graduación, y permite conocer la de los ángulos.

Gráfico 1: $\text{tg } \alpha = f(I)$. Ubicamos sobre el eje Y los valores de la tangente de los ángulos medidos y en el otro la intensidad de corriente. Graficados los intervalos de incertezas para cada punto, trazamos las rectas de valores representativos y de pendiente máxima y mínima. La pendiente se calcula a partir de las divisiones de un valor de $\text{tg } \alpha$ y sus I y la obtención del promedio mediante la suma de ambos valores y su división por 2.

El valor de $k_1 = (\quad \pm \quad) 1/A$.

Tabla 2: compuesta por los valores obtenidos para cada uno de los casos. Dichos valores son el número de espiras elegido de la bobina, los diferentes α y sus incertezas. La incerteza correspondiente a la brújula es de 2° , mínima división en su graduación, y permite conocer la de los ángulos.

Gráfico 2: $\text{tg } \alpha = f(N)$. Ubicamos sobre el eje Y los valores de la tangente de los ángulos medidos y en el otro la cantidad de espiras usadas. Éste no tiene intervalos de incertezas ya que no existen las mismas para N. Trazamos las rectas de valores representativos y de pendiente máxima y mínima. La pendiente se

calcula a partir de las divisiones de un valor de tg y su N correspondiente y la obtención del promedio mediante la suma de ambos valores y su división por 2.

El valor de $k_2 = (\quad \pm \quad)$

Nota: las tablas y los gráficos se encuentran en las últimas páginas del trabajo práctico. Las cuentas realizadas en el Apéndice.

Conclusiones

En primer lugar, la brújula usada debe ser pequeña para asegurarse que las mediciones realizadas signifiquen las del vector inducción en el centro del cuadro y no se considere el campo magnético en puntos fuera del mismo.

El B producido por la bobina es perpendicular al plano del cuadro ya que las líneas del campo magnético generado son círculos concéntricos al conductor que los produce (en este caso un cable de cobre). El vector, para los diferentes puntos, es tangente a estas líneas de campo. La regla de Maxwell establece que usando la mano derecha, el dedo pulgar señala el sentido de circulación de I , mientras que los restantes dedos envuelven el conductor indicando el campo que lo rodea formando circunferencias concéntricas, y cuyo sentido lo indican las puntas de los dedos. Es decir que, envolviendo al conductor con la mano derecha, se puede observar que la dirección del vector es perpendicular a los meridianos del campo terrestre, dado que la bobina está dispuesta, en el T. P., paralela a éstos. Si la bobina no estuviera orientada de este modo, la dirección del vector sólo sería perpendicular al plano definido por ella.

El ángulo que conforma el magnetómetro no será el de ninguna de los vectores inducción dado que ambos, cuando circula corriente, actúan sobre dicho punto del espacio, por lo tanto el ángulo de giro es el del vector resultante de la suma de los otros (B y B_t).

Como B_t es constante para el lugar dónde se realizó el trabajo y es de $(1,8988 \pm 0,0001) * 10^{-5}$ T, las magnitudes de $\text{tg } \alpha$ y B son directamente proporcionales ya que ante un aumento o disminución de alguno de los dos será necesario que ocurra lo mismo con el otro, por ser B_t paralelo al plano de la bobina.

El gráfico de $\text{tg } \alpha = f(I)$ da como resultado una recta que pasa por el origen de coordenadas ya que al no circular corriente eléctrica la aguja no se mueve. El resultado de una recta indica además que ambas magnitudes son directamente proporcionales. Utilizando el método de pendientes máximas y mínimas, y luego haciendo un promedio de ellas podemos conocer la constante de proporcionalidad que rige la relación entre la intensidad y la tangente del ángulo.

$$k_1 = (\quad \pm \quad) 1/A.$$

A partir de este gráfico podemos deducir que B es directamente proporcional a I , por serlo también a la $\text{tg } \alpha$. Se puede observar en la tabla 1 que para los mayores valores de I elegidos obtuvimos los mayores ángulos y, por lo tanto, mayores tangentes.

El gráfico de $\text{tg } \alpha = f(N)$ también da como resultado una recta; por lo tanto, dichas magnitudes también son directamente proporcionales. Al igual que en el caso anterior, dicha recta pasa por el origen de coordenadas, puesto que si no hay espiras seleccionadas no hay corriente circulando. Con el método de pendientes máximas y mínimas podemos determinar el valor de la constante de proporcionalidad de este gráfico.

$$k_2 = (\quad \pm \quad).$$

Los valores de k_1 y k_2 no coinciden dado que no son el resultado de la división de las mismas variables: en el primer caso se trata de la tg sobre I , y en el segundo de tg y N . A pesar de esto, estamos realizando en las dos partes un aumento de B : en el primer caso variamos la I , en el segundo, modificamos el número de espiras cuyos B se suman para dar el B total.

Nuevamente dado que $B = B_t * \text{tg } \alpha$ y esta última es directamente proporcional a N (el gráfico da una recta que pasa por el origen) podemos concluir que B y el número de espiras también lo son.

A partir de las dos partes del trabajo se puede concluir que N como I son directamente proporcionales a B , por lo tanto si las multiplicamos obtendremos una ecuación que determinará que B es igual a una constante multiplicada por N e I : $B = N * I * K$. Para obtenerla utilizamos k_1 y k_2 que multiplicadas por B_t se transforman en la constante de proporcionalidad (K) entre B e I y N respectivamente.

$$\text{tg } \alpha_p = B/B_t$$

$$B = k_1 * B_t * I = k_2 * N * B_t$$

$$K_1 = (k_1 * B_t) / N$$

$$K_2 = (k_2 * B_t) / I$$

Para la primera parte es necesario dividir por N y en la segunda por I ya que son las magnitudes que se mantienen constantes en cada una de ellas.

$$K_1 = (\pm) 10^{-5}$$

$$K_2 = (\pm) 10^{-5}$$

Dado que haciendo gráficos de intervalos de indeterminación podemos unir ambos mediante una recta que pase por ellos, concluimos que son valores de una misma magnitud y por lo tanto comparables: $K_1 = K_2 = K$.

Apéndice

$$\alpha_p = (\alpha_i + \alpha_a) / 2 = (58^\circ + 56^\circ) / 2 = 57^\circ$$

$$\alpha_{\min} = \alpha_p - 2^\circ = 57^\circ - 2^\circ = 55^\circ$$

$$\alpha_{\max} = \alpha_p + 2^\circ = 57^\circ + 2^\circ = 59^\circ$$

$$k_1 = (k_{\min} + k_{\max}) / 2 = (/ A + / A) / 2 = 1/A$$

$$\epsilon k_1 = \epsilon r_{k_{\min}} * k_{\min} + \epsilon r_{k_{\max}} * k_{\max} =$$

$$k_1 = (\pm) 1/A$$

k_2 se obtiene con los mismos pasos que k_1 .

$$K_1 = (k_1 * B_t) / N = [1/A * (* 10^{-5}) T] / 5 = * 10^{-5}$$

$$\epsilon K_1 = (\epsilon r_{k_{\min}} + \epsilon r_{B_t}) * K_1 = * 10^{-5}$$

$$K_1 = (\pm) * 10^{-5}$$

K_2 se obtiene de la misma manera que K_1 .

Tablas

Tabla 1

Nº	I (A)	ϵI (A)	α_i (°)	α_d (°)	α_p (°)	$\epsilon \alpha_p$ (°)
1	0,20	0,01	18	16	17	2
2	0,34		26	24	25	
3	0,54		40	38	39	
4	0,83		52	50	51	
5	0,98		56	54	55	

Nº	$\alpha_{\text{mín}}$ (°)	tg $\alpha_{\text{mín}}$	$\alpha_{\text{máx}}$ (°)	tg $\alpha_{\text{máx}}$
1	15	0,268	19	0,344
2	23	0,424	27	0,510
3	37	0,754	41	0,869
4	49	1,150	53	1,327
5	53	1,327	57	1,540

Tabla 2

Nº	N (espiras)	α_i (°)	α_d (°)	α_p (°)	$\epsilon \alpha_p$ (°)
1	5	58	56	57	2
2	4	52	50	51	
3	3	42	40	41	
4	2	32	32	32	
5	1	18	16	17	

Nº	$\alpha_{\text{mín}}$ (°)	tg $\alpha_{\text{mín}}$	$\alpha_{\text{máx}}$ (°)	tg $\alpha_{\text{máx}}$
1	55	1,428	59	1,664
2	49	1,150	53	1,327
3	39	0,810	43	0,932
4	30	0,577	34	0,674
5	15	0,268	19	0,344

