

Chapter Four الفصل الرابع

المواد المغناطيسية

Magnetism Materials

Sequence:27

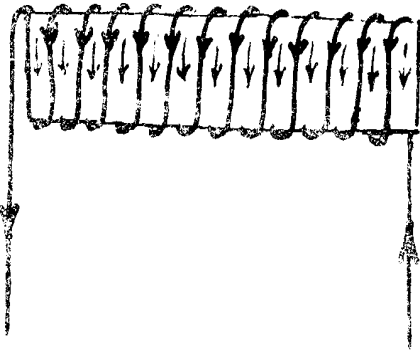
- المقدمة.
- شدة المجال المغناطيسي.
- قانون أمبير للمواد المغناطيسية.

المقدمة

- لقد بينا ان تيار التمغنط ينتج عن تيارات الكترونية صغيرة توجد خلال حجم المادة. وهي تيارات موضعية تتولد من قبل الالكترونات المرتبطة بذرات او جزيئات معينة. ان هذه التيارات تختلف عن التيارات الحرة المتولدة داخل الموصل والتي هي نتيجة لحركة الالكترونات الحرة داخل الجسم الموصل. ان تيار التمغنط والتيار الحر كل منهما يولد مجالاً مغناطيسياً داخل المادة.
- إذا كان لدينا قضيب ملفوف عليه سلك يمر فيه تيار كهربائي فإن المجال المغناطيسي الكلي المار في القضيب هو عبارة عن مجموع المجال المغناطيسي الخارجي والنتاج من مرور التيار في السلك الملفوف على القضيب والمجال المغناطيسي الناتج من تمغنط مادة القضيب.
- ليكون مناسباً لابد من إدخال كمية مجال تسمى شدة المجال المغناطيسي H ضمن المادة وهي تمثل تأثير تيار التوصيل في الأسلاك على المادة ولكن لكي نميز بين شدة المجال H والمجال B غالباً مايسمى بكثافة الفيض المغناطيسي أو الحث المغناطيسي .

شدة المجال المغناطيسي Intensity of Magnetic Field

- لنعتبر الآن الحالة التي فيها يوجد كلا النوعين من التيار (اي تيار التمغظ والتيار الحر) بصورة آنية ، ولنتصور مرة اخرى ان المادة على شكل اسطوانة موضوعة محوريا داخل ملف طويل حلزوني كما هو مبين في الشكل (7)، وهذا الملف يحمل تياراً مقداره I وعدد لفاته لوحدة الطول n . ان هذا التيار والذي هو تيار حر والذي يجعل الاسطوانة تتمغظ باتجاه محورها مسبباً توليد تيار تمغظ سطحي باتجاه التيار الحر المار في الملف الحلزوني. وعليه يمكننا الفرض ان الاسطوانة موضوعة داخل ملف حلزوني طويل يحمل تياراً كلياً لوحدة الطول مساوياً الى مجموع تيارين لوحدة الطول احدهما التيار الحر ni والآخر تيار التمغظ السطحي i_s (والذي يساوي التمغظ M). اي ان محصلة كثافة الفيض المغناطيسي B داخل الاسطوانة تساوي الفيض المغناطيسي الناتج عن كلا التيارين اعلاه. وبعبارة اخرى اذا كان لدينا قضيب مغناطيسي ملفوف عليه سلك يمر فيه تيار كهربائي فإن المجال المغناطيسي الكلي داخل القضيب B هو عبارة عن مجموع المجال



شكل (7): مادة مغناطيسية داخل ملف حلزوني.

- المغناطيسي B_o الناتج عن التيار الحر والمجال المغناطيسي B_m الناتج عن مرور تيار التمغظ.

$$\bar{B} = \bar{B}_o + \bar{B}_m$$

$$\bar{B} = \mu_o (\bar{I}n + \bar{M})$$

$$\therefore \frac{\bar{B}}{\mu_o} - \bar{M} = \bar{I}n \quad \dots (7)$$

- ولما كان كل من \bar{M} و \bar{B} باتجاه واحد فمن المناسب استعمال كمية فيزيائية جديدة (H) تسمى بشدة المجال المغناطيسي والتي تُعرف حسب العلاقة التالية :

$$\therefore H = \frac{B}{\mu_o} - M = In$$

$$B = \mu_o (H + M) \quad \dots (8)$$

- ومن الواضح ان \bar{H} هو متجه يوازي كلاً من \bar{M} و \bar{B} ووحدة قياسه في نظام M K S هي (Amp./m). وينبغي ان لا يغيب عن الالذهان ان وحدة قياس H في نظام C G S هي الاورستد وترتبط عددياً بوحدة القياس في نظام M K S بموجب العلاقة التالية :

$$1 (Amp./m) = 4\pi \times 10^{-3} \text{ oersted}$$

- من المعادلتين (7) و (8) يمكن ان نكتب العلاقة التالية :

$$H = In \quad \dots (9)$$

- وعليه فإن شدة المجال المغناطيسي H فهو متجه يعرف بواسطة العلاقة:

$$\bar{B} = \mu_o \bar{H} \quad \dots (10)$$

- ويمكن كتابة المعادلة رقم (8) باستخدام التعريف في المعادلة (10)، اي ان :

$$\begin{aligned} \bar{B} &= \bar{B}_o + \bar{B}_m \\ \bar{B} &= \mu_o \bar{H} + \mu_o \bar{M} \quad \dots (11) \end{aligned}$$

- اذا فرضنا ان طول القضيب المغناطيسي داخل الملف الحلزوني يساوي (l) وباستخدام المعادلة رقم (6) (المحاضرة رقم 26) فإن المجال المغناطيسي الكلي داخل القضيب يمكن ان يأخذ الصيغة الرياضية التالية :

$$\overline{B} = \mu_o \overline{H} + \mu_o \frac{\overline{I}_s}{l}$$

$$\overline{B} = \mu_o \overline{H} + \mu_o \overline{i}_s \quad \text{..... (12)}$$

$$as \quad , \overline{M} = \frac{\overline{I}_s}{l} = \overline{i}_s$$

- وهكذا فان قيمة شدة المجال المغناطيسي H تعتمد فقط على مقدار التيار الحر ولا تعتمد على الوسط المادي . ولهذا السبب نجد ان H تطابق الازاحة الكهربائية D في الكهربائية المستقرة فيما تطابق B شدة المجال الكهربائي E . عند مناقشة المواد المغناطيسية يلاحظ ان H اكثر فائدة من B والسبب من الناحية العملية اننا نستطيع السيطرة التامة والمباشرة على التيار الحر I الذي يحدد قيمة شدة المجال المغناطيسي H فيما يكون من الصعوبة الحصول على سيطرة مطلقة على التمغنط M وبالتالي على كثافة المجال المغناطيسي B . وسبب اخر لأهمية استخدام H هو السهولة التي تظهر عند حل الكثير من المسائل المتعلقة بشروط الحدود الفاصلة بين وسطين مغناطيسيين تشبه تماماً لشروط الحدود الفاصلة عند السطح الفاصل بين مادتين عازلتين.

قانون أمبير للمواد المغناطيسية Amper's law for magnetism materials

- لنعتبر مرة أخرى مادة مغناطيسية على شكل اسطوانة وضعت بصورة محورية داخل ملف طويل حلزوني وعدد لفاته لوحدة الطول يساوي n و يحمل تياراً كهربائياً مقداره (I) كما هو مبين في الشكل (8).

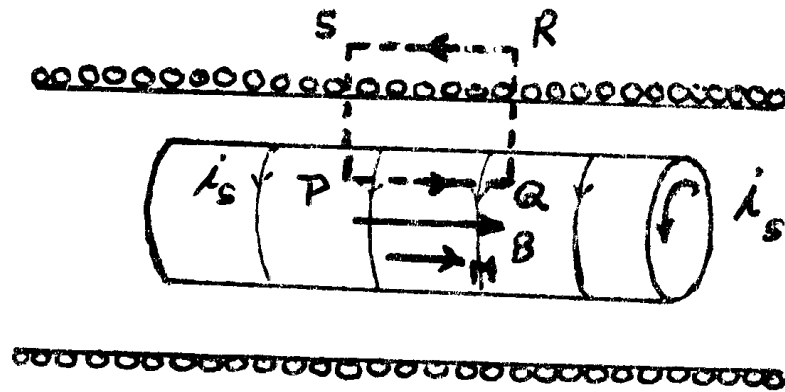
- لنحاول اختزال التكامل التالي $\oint M \cos \theta dl$ بالنسبة للمسار المغلق P Q R S الموضح في الشكل أدناه. بما ان التمغنط M له قيمة لا تساوي صفراً ضمن المادة المغناطيسية حيث يكون متجانساً وموجهاً على طول محور الملف الحلزوني فمن الواضح ان معظم قيمة التكامل تؤخذ على المسار P Q فقط الذي طوله L . وهكذا يكتب هذا التكامل بالصيغة التالية :

$$\oint M \cos \theta dl = \int_P^Q M dl = ML \quad \dots (13)$$

- ان قانون امبير يمكن تطبيقه بالنسبة للمسار المغلق فيكون:

$$\oint B \cos \theta dl = \mu_0 I' \quad \dots (14)$$

- اذ ان I' يمثل التيار الكلي المحاط بالمسار المغلق ويساوي في هذه الحالة مجموع التيار الحر المار في الملف الحلزوني (nLI)



شكل (8): مادة مغناطيسية داخل ملف حلزوني.

- وتيار التمغنط السطحي (Li_s) . وبما ان i_s يساوي M فإن:

$$\oint B \cos \theta dl = \mu_o nLI + \mu_o LM$$

- وبتعويض المعادلة رقم (13) في العلاقة الاخيرة لنحصل على:

$$\oint B \cos \theta dl = \mu_o nLI + \mu_o \oint M \cos \theta dl$$

$$\oint \left(\frac{B}{\mu_o} - M \right) \cos \theta dl = nLI$$

$$\oint H \cos \theta dl = nLI$$

$$\oint H \cos \theta dl = I_f \quad \dots (15)$$

- حيث ان $(I_f = nLI)$ هو التيار الكلي الحر المحاط بالمسار الذي يختزل عليه التكامل.
- ومما لا شك فيه ان العلاقة رقم (15) هي من اهم الصيغ العامة لقانون أمبير . ويمكن ان يلاحظ ان الجهة اليمنى للعلاقة الاخيرة لا تتضمن تيار التمغنط السطحي ولكنها تتضمن فقط التيار الحر الذي يقاس عملياً.

• مثال :

- قرص رقيق سمكه (1.0 mm) ونصف قطره (8 cm) تمغنط بصورة منتظمة باتجاه محوره حتى اصبح التمغنط مساوياً الى (10⁶ Amp./m) ، علماً ان التيار السطحي I_s يساوي (10³ Amp.). أحسب قيمة كل من كثافة الفيض المغناطيسي B وشدة المجال المغناطيسي H في مركز القرص وفي نقطة واقعة على محوره تبعد مسافة (6 cm) من مركز القرص.

• الحل:

بما ان (r) >> 1 فيمكن ان نعتبر القرص تياراً دائرياً مقداره I_s ونصف قطره r فتكون كثافة الفيض المغناطيسي B في

اية نقطة على بعد x من مركز القرص هي :

$$B = \frac{1}{2} \mu_o M l r^2 / (x^2 + a^2)^{3/2}$$

$$B = \frac{1}{2} \mu_o M \frac{l}{r}$$

$$B = \frac{1}{2} \times 4\pi \times 10^{-7} \times 10^6 \times \frac{10^{-3}}{2 \times 10^{-2}}$$

$$B = \frac{\pi}{4} \times 10^{-2} \text{ Wb / m}^2$$

اذن قيمة B في مركز القرص تساوي :

$$B = \frac{\frac{1}{2} \times 4\pi \times 10^{-7} \times 10^6 \times 10^{-3} \times (8 \times 10^{-2})^2}{\left\{ (6 \times 10^{-2})^2 + (8 \times 10^{-2})^2 \right\}^{3/2}}$$

- وعلى بعد 6 cm عن
- مركز القرص تساوي :

$$B = 128\pi \times 10^{-5} \text{ Wb/m}^2$$

$$H = \frac{B}{\mu_o} - M = \frac{1}{2} M \frac{l}{r} - M = \left(\frac{l}{2r} - 1 \right) M$$

- اما شدة المجال المغناطيسي
- H فتساوي في مركز القرص:

$$H = \left(\frac{1}{160} - 1 \right) \times 10^6 \approx -9.9 \times 10^5 \text{ Amp./m}$$

$$H = \frac{B}{\mu_o} = \frac{1}{2} M l r^2 / (x^2 + a^2)^{3/2}$$

- وفي نقطة على بعد (6 cm)
- من مركز القرص تساوي:

$$H = \frac{128 \pi \times 10^{-5}}{\mu_o} = 32 \times 10^2 \text{ Amp./m}$$

الخلاصة Summary

- تضمنت المحاضرة النقاط المهمة التالية :
 - ان تيار التمغظ ينتج عن تيارات الكترونية صغيرة توجد خلال حجم المادة. وهي تيارات موضعية تتولد من قبل الالكترونات المرتبطة بذرات او جزيئات معينة.
 - ان تيار التمغظ والتيار الحر كل منهما يولد مجالاً مغناطيسياً داخل المادة.
 - من المناسب إدخال كمية مجال تسمى شدة المجال المغناطيسي H ضمن المادة وهي تمثل تأثير تيار التوصيل في الأسلاك على المادة. ووحدة قياسه في نظام $M K S$ هي $(Amp./m)$. وان وحدة قياس H في نظام $C G S$ هي الاورستد.
 - ان قيمة شدة المجال المغناطيسي H تعتمد فقط على مقدار التيار الحر ولا تعتمد على الوسط المادي .
 - ان العلاقة $\oint H \cos \theta dl = I_f = nLI$ هي من اهم الصيغ العامة لقانون أمبير . ونلاحظ ان الجهة اليمنى لهذه العلاقة لا تتضمن تيار التمغظ السطحي ولكنها تتضمن فقط التيار الحر الذي يقاس عملياً.
- مثال .
- أختبار.

Start Formative Assessment