Chapter Four الفصل الرابع

المواد المغناطيسية

Magnetic Materials

Sequence:35

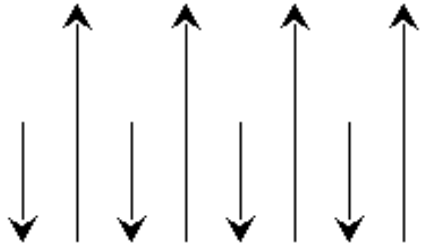
- المقدمة.
- المواد الفيريمغناطيسية.
- الدوائر المغناطيسية.

المقدمة

- من تطبيقات المغناطيسية العملية هو تسجيل الصوت على الشريط المغناطيسي ويعتبر تسجيل الصوت على الأشرطة أحد التطبيقات الهامة للمغناطيسات الكهربية. والشريط المستعمل عادة عبارة عن شريط رقيق من مادة بلاستيكية يغطى بدقائق صغيرة جدا من أوكسيد الحديد المغناطيسي (Fe_2O_3) على شكل أبر صغيرة كل منها عبارة عن منطقة مغناطيسية منفصلة عن الأخرى. ويتركب المسجل ميكروفون (تتحول فيه الذبذبات الصوتية إلي ذبذبات كهربائية) والميكروفون على اتصال بمغناطيس كهربائي في رأس التسجيل ، وعند الكلام أمام الميكروفون تتحول الذبذبات الصوتية إلي ذبذبات كهربائية متغيرة في شدتها وترددها حسب شدة وتردد الصوت ، ثم تمر هذه الذبذبات بعد تكبيرها إلى المغناطيس الكهربائي فينشأ عن ذلك مجالا مغناطيسيا متغيرا معبرا عن الصوت.
- لإعادة سمع الصوت يمر الشريط ثانية أمام فتحة رأس إعادة سماع الصوت ، ونظرا لأن الشريط ممغنط فإنه يحدث بالتأثير تيارات كهربائية متغيرة في الملف ، وتكبر هذه التيارات وتمر بعد ذلك إلى السماعة وفي السماعة تتحول التيارات الكهربائية المتغيرة إلي ذبذبات صوتية مشابهة للصوت الأصلي المسجل على الشريط

المواد الفيريمغناطيسية Ferriamagnetic Materials

- الفيريمغناطيسية هي خاصية تتميز بها المواد السيراميكية وتكون عزوم ثنائيات الأقطاب المغناطيسية لعدد من الأيونات فيها مختلفة القيمة بسبب الفرق في عدد وطبيعة الذرات المكونة للشبكة مما يؤدي إلى ظهور فرق محدد في العزوم المغناطيسية لهذه المواد كما هو موضح في الشكل (20).



شكل (20): تراصف ثنائيات الأقطاب للمواد الفيريمغناطيسية.

- هذا الاختلاف الذي يؤدي بدوره إلى شدة تمغنط تلقائية مناسبة للبلورة، ومثل هذه
- المواد نجد الماكتيت Fe_3O_4 الذي ينتمي إلى مجموعة الفريتات (ferrites) حيث
- عرفه القدماء باسم الحجر المغناطيسي وتتميز هذه المواد بمعامل توصيل كهربائي
- منخفض، مما يساعد ذلك في إستخدامها في التطبيقات الإلكترونية.
- السلوك الخارجي للمواد الفيريمغناطيسية يشبه سلوك المواد الفيرومغناطيسية، لكن بسبب الاختلاف الداخلي يمكن أن تختلف علاقة درجة الحرارة بشدة التمغنط التلقائية لها، على سبيل المثال ليس من الضروري أن تتناقص شدة التمغنط للمادة الفيريمغناطيسية تناقصا رتيبا مع الإرتفاع في درجة الحرارة إذ من الممكن أن تمر من الصفر حتى قبل الوصول إلى نقطة نيل للمادة الفيريمغناطيسية (Fe_3O_4) فأيونات الأوكسجين السالبة تكون شبكة مكعبة متمركزة الأوجه يوجد بها أيون واحد ثنائي التكافؤ Fe_2O_3 وترجع شدة التمغنط إلى العزوم المغناطيسية لأيونات الفلز الثنائية التكافؤ، ومن خواص هذه المواد إتحاد معاملاتها المغناطيسية المتميزة (نفاذية مغناطيسية عالية، قوة قهرية صغيرة، مغناطيسية تشبع عالية) كما أنها تتميز بمقاومة نوعية كهربائية عالية من رتبة $\left(10^{11}\ \Omega \cdot m\right)$

- **وهذه الخاصية أدت إلى تطوير الترددات العالية في مجال الإلكترونيات وهذا السبب يجعل من مركبات الفريت تمتلك موقعا متميزا في هذا المجال وفي الفترة الأخيرة أمكن تحضير مركبات الفريت ذات قوة قهرية كبيرة وهي تستخدم في بناء المغناطيسيات الدائمة .**
- **كما تستخدم مركبات الفريت ذات منحى التخلف المغناطيسي الذي يتخذ شكل مستطيل في عناصر التخزين الرقمي في الحاسبات الإلكترونية.**
- **لقد وجد ان الصفات الفيرمغناطيسية تظهر في مواد ليست من المعادن (غير موصلة) وانما مركبات تحتوي في تركيبها على الحديد او النيكل او الكوبلت فهي تمتلك تمغنطاً ذاتياً تحت درجة حرارة معينة بالاضافة الى امتلاكها لمناطق مغناطيسية. وهناك اختلاف بين المواد الفيرومغناطيسية والمواد الفيريمغناطيسية منها ان التمغنط M للمواد الفيريمغناطيسية يتغير مع درجة الحرارة T بصورة اكبر مما هي الحالة عليه في المواد الفيرومغناطيسية. كما ان المقاومة النوعية للمواد الفيريمغناطيسية عالية جداً مما هي عليه في المواد الفيرومغناطيسية التي تعتبر من المواد جيدة التوصيل الكهربائي او الحراري. وهذه الصفة للمواد الفيريمغناطيسية زادت من اهميتها للاستعمال في مختلف صنوف التكنولوجيا وبصورة خاصة في الدوائر الالكترونية والحاسبات الالكترونية واستخدامات المايكروويف. ان الصيغة الكيميائية العامة للمواد الفيريمغناطيسية هي (PQ_2X_4) . ********* **ففي حالة** $Fe^{+++}(Fe^{+++}Ni^{++})O_4^-$ ***** & ***** & ******

الدوائر المغناطيسية Magnetic Circuits

- الدائرة المغناطيسية تعتبر غالبا مكافئة للدائرة الكهربائية وهي عبارة عن مسار مغلق يجري فيه فيض مغناطيسي ويحتوي مصدر قوة محركة مغناطيسية وممانعة تعاكس حركة الفيض، بالتالي وجود قوة محركة مغناطيسية ينتج تدفق مغناطيسي كما أن القوة المحركة الكهربائية تنتج تيار كهربائي وممانعة الدائرة المغناطيسية مكافئة لمقاومة الدائرة الكهربائية بينما تكافئ النفاذية الموصلية، وتتكون الدائرة عادة من قطب مغناطيسي بطول متوسطه L ومساحة مقطع عرضي A.
- يجدر بالذكر أنه كما ثبت في قوانين ماكسويل فإنه لا وجود للشحنة المغناطيسية وأن الذي يقطع الدائرة المغناطيسية هي الفيض المغناطيسي والتي تمثل خطوط المجال المغناطيسي التي تقطع مساحة ما، وكذلك يجب التأكيد أن القوة المحركة المغناطيسية وعلى عكس ما يوحي الاسم فهي ليست قوة ميكانيكية.
- ان التناظر بين الانظمة المغناطيسية والكهربائية يسهل عملنا في ايجاد حلول للمسائل الخاصة بالمغناطيسية المستقرة مشابهة للحلول التي استعملت في مسائل الكهربائية المستقرة ونجد هنا من الضروري ذكر بعض القوانين الاساسية المهمة التي تربط بين بعض المصطلحات الكهربائية في الكهربائية المستقرة من جهة والقوانين المشابهة التي تربط بين المصطلحات المغناطيسية التي لا تحتوي على تيار كهربائي من جهة اخرى والتي مرت علينا في الفصول الاولى وهي :

$$B = \mu_\circ K_m H \ , \oint B \cos\theta \, dS = 0 \ , \oint H \cos\theta \, dl = 0$$

$$J = \sigma E \ , \oint J \cos\theta \, dS = 0 \ , \oint E \cos\theta \, dl = 0 \qquad \text{..... (44)}$$

- على اعتبار ان كلاً من $\sigma \ , \varepsilon_\circ \ , K_m \ , \mu_\circ$ هي مقادير ثابتة. *********
- ففي الدائرية الكهربائية نجد ان :

$$I = \int_s J \cos\theta \, dS \qquad \text{..... (45)}$$

- نجد في المغناطيسية المعادلة المماثلة لهذه العلاقة وهي العلاقة الخاصة بالفيض المغناطيسي :

$$\phi_m = \int_s B \cos\theta \, dS \qquad \text{..... (46)}$$

- وكما ان للتيار علاقة ترتبط بالقوة الدافعة الكهربائية اذ ان :

$$I = \mathcal{E} / R \qquad \text{..... (47)}$$

وتمثل هذه العلاقة قانون اوم في الكهربائية. اذن لا بد من وجود علاقة خاصة بالفيض المغناطيسي وتكتب بالشكل التالي :

$$\phi_m = \mathcal{E}_m / R_m \qquad \text{..... (48)}$$

-

- وتسمى هذه العلاقة بقانون اوم في المغناطيسية وتمثل $\mathcal{E}_m$ في هذه العلاقة القوة الدافعة المغناطيسية اما (R_m) فتمثل المقاومة المغناطيسية. فأذا كانت الدائرة المغاطيسية تحتوي على وسط واحد فقط فأن :

$$R_m = \frac{l}{\mu_o K_m S} \quad \text{..... (49)}$$

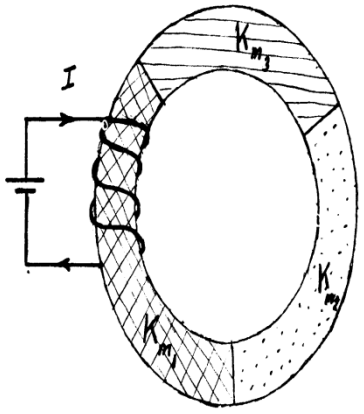
- اذ ان K_m تمثل النفاذية النسبية للمادة، وl طول الدائرة المغناطيسية و S مساحة مقطعها. اما اذا احتوت الدائرة المغناطيسية على اوساط مختلفة ففي هذه الحالة يجب ان نلاحظ فيما اذا كانت هذه الماد مرتبطة ببعضها البعض بطريقة التوالي او التوازي. ففي حالة التوازي تكون المقاومة المغناطيسية المكافئة كالاتي:

$$R_{meq} = R_{m1} + R_{m2} + R_{m3} + \text{.....} \quad \text{..... (50)}$$

- أما في حالة التوالي فتكون المقاومة المغناطيسية المكافئة كالاتي:

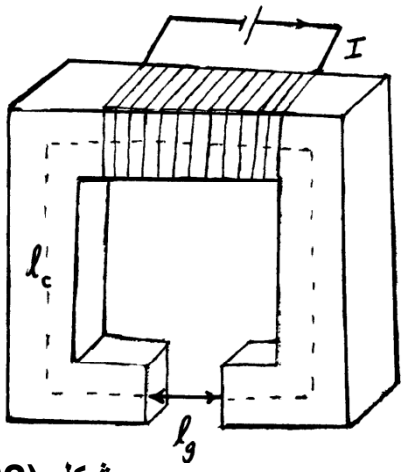
$$R_{meq} = \frac{1}{\frac{1}{R_{m1}} + \frac{1}{R_{m2}} + \frac{1}{R_{m3}} + \text{.....}} \quad \text{..... (51)}$$

- *******



شكل (21):

- لنلاحظ الشكل رقم (22) التالي والذي يمثل مغناطيسياً كهربائياً عدد لفات ملفه (n)
- والتيار المار فيه (I) ويمثل (l_c) طول المسار في لب المغناطيسي او المادة المغناطيسية
- كما يمثل (l_g) فيه طول الشق. فأذا كانت النفاذية النسبية للمادة المغناطيسية هي K_m
- وان (S) هي مساحة المقطع لكل من مادة المغناطيسي والشق بين القطبين نجد ان :



شكل (22)

$$R_{meq} = \frac{l_g}{\mu_\circ S} + \frac{l_c}{\mu_\circ K_m S} = \frac{K_m l_g + l_c}{\mu_\circ K_m S} \qquad \text{..... (52)}$$

- وبهذا يكون الفيض المغناطيسي داخل المغناطيس كالاتي:

$$\phi_m = \frac{\mu_\circ K_m n I S}{K_m l_g + l_c} \qquad \text{..... (53)}$$

- اما شدة المجال بين قطبي المغناطيس اي الفتحة الهوائية فهي :

$$H = \frac{\phi_m}{\mu_\circ S} = \frac{K_m n I}{K_m l_g + l_c} \qquad \text{..... (54)}$$

- ونلاحظ من هذه العادلة **(54)** ان شة المجال المغناطيسي تتناسب عكسياً
- مع طول الفتحة الهوائية بين قطبي المغناطيس. لذلك وللحول على شدة مجال عالية بين قطبي المغناطيسي نحرص على ان تكون المسافة بين القطبين صغيرة جداً نسبة الى ابعاد المغناطيس الاخرى. اما اذا لم تكن مسحة مقطع مادة المغناطيس S_c مساوية الى مساحة مقطع الفتحة الهوائية S_g فأن المعادلتين **(52)** و **(53)** تأخذان الشكل التالي :

$$R_{meq} = \frac{l_g}{\mu_\circ S_g} + \frac{l_c}{\mu S_c} \qquad \text{..... (55)}$$

$$\phi_m = \frac{n I}{\frac{l_c}{\mu S_c} + \frac{l_g}{\mu_\circ S_g}} \qquad \text{..... (56)}$$

مثـــــــال :

مغناطيسي كهربائي عدد لفاته ملفه (10000) لفه والتيار المارفيه (1 Amp.) ومساحة مقطع لب المغناطيسي (S_c=100 cm^2) ومساحة مقطع الفتحة الهوائية (S_g=50 cm^2) والنفاذية النسبية لمادة المغناطيس (K_m=1000) وطول المسار في المادة المغناطيسية (l_c=90 cm) وطول الفتحة الهوائية (l_g=1 cm) أحسب كثافة الفيض المغناطيسي B في الفتحة الهوائية.

الحـــــــل:

لحساب كثافة الفيض المغناطيسي B في الفتحة الهوائية يجب حساب الفيض المغناطيسي من المعادلة (56) وكما يلي:

$$\phi_m = \frac{n I}{\frac{l_c}{\mu S_c} + \frac{l_g}{\mu_o S_g}} = \frac{10^4}{\frac{0.9}{10^3 \times 4\pi \times 10^{-7} \times 10^{-2}} + \frac{0.01}{4\pi \times 10^{-7} \times 5 \times 10^{-3}}}$$

$$\therefore \ \phi_m = 6.3 \times 10^{-3} \ W b$$

اذن كثافة الفيض المغناطيسي (B_g) تساوي الفيض المغناطيسي مقسوماً على ومساحة مقطع الفتحة الهوائية وكما مبين ادناه:

$$B_g = \frac{\phi_m}{S_g} = \frac{6.3 \times 10^{-3}}{5 \times 10^{-3}} = 1.3 \ W b / m^2$$

الخلاصة Summary

- **تضمنت المحاضرة النقاط المهمة التالية :**
- **- الفيريمغناطيسية هي خاصية تتميز بها المواد السيراميكية وتكون عزوم ثنائيات الأقطاب المغناطيسية لعدد من الأيونات فيها مختلفة القيمة بسبب الفرق في عدد وطبيعة الذرات المكونة للشبكة مما يؤدي إلى ظهور فرق محدد في العزوم المغناطيسية لهذه المواد.**
- **- السلوك الخارجي للمواد الفيريمغناطيسية يشبه سلوك المواد الفيرومغناطيسية، لكن بسبب الاختلاف الداخلي يمكن أن تختلف علاقة درجة الحرارة بشدة التمغنط التلقائية لها.**
- **- وجد ان الصفات الفيرمغناطيسية تظهر في مواد ليست من المعادن (غير موصلة) وانما مركبات تحتوي في تركيبها على الحديد او النيكل او الكوبلت فهي تمتلك تمغنطاً ذاتياً تحت درجة حرارة معينة بالاضافة الى امتلاكها لمناطق مغناطيسية.**
- **- هناك اختلاف بين المواد الفيرومغناطيسية والمواد الفيريمغناطيسية منها ان التمغنط M للثانية يتغير مع درجة الحرارة بصورة اكبر مما هي الحالة عليه في المواد الفيرومغناطيسية.**
- **- ان المقاومة النوعية للمواد الفيريمغناطيسية عالية جداً مما هي عليه في المواد الفيرومغناطيسية التي تعتبر من المواد جيدة التوصيل الكهربائي او الحراري. وهذه الصفة للمواد الفيريمغناطيسية زادت من اهميتها للاستعمال في مختلف صنوف التكنولوجيا وبصورة خاصة في الدوائر الالكترونية والحاسبات الالكترونية.**
- **مثـــــال .**
- **أختبـــار.**

Start Formative Assessment