الفصل الرابع

الدارات المغناطيسية

4 - 1 - مقدمة :

يقوم عمل الأجهزة الكهرومغناطيسية أساساً على استخدام المجال المغناطيسي في تخزين ونقل الطاقة الكهربائية فالتبادل المغناطيسي يوفر وسيلة الربط اللازمة لذلك . ففي المحولات يتم نقل الطاقة الكهربائية بين دارتين منفصلتين بواسطة المجال المغناطيسي ، أما في الآلات الكهربائية الدوارة فتتم عملية تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية (أو بالعكس) بواسطة المجال المغناطيسي .

ويمتاز المجال المغناطيسي بقدرته على تخزين وتحويل الطاقة بكثافة عالية ، مما ينتج عنه قدرة عالية لوحدة الحجم في الآلات الكهربائية التي غالباً ما تستخدم المواد المغناطيسية الحديدية لتكوين الدارة المغناطيسية اللازمة لتشكيل وتوجيه المجال المغناطيسي للآلة .

4- 2 - المبادئ الأساسية الهامة في الدارات المغناطيسية :

قبل البدء في دراسة الدارات المغناطيسية لا بد من مراجعة المبادئ الأساسية الهامة للدارات المغناطيسية في النقاط التالية :

أ- ينشئ المغناطيس الدائم حقلاً ، تتناقص شدته بازدياد البعد عنه ، وتصدر خطوط القوة المغناطيسية عن القطب الشمالي ، وتدخل في القطب الجنوبي للمغناطيس .

ب- ينشئ الناقل الذي يحمل تياراً كهربائياً حقلاً مغناطيسياً على شكل دوائر متحدة المركز مع الناقل ، ويمكن استنتاج اتجاه خطوط القوة بالنسبة لاتجاه التيار بقاعدة البزال ، أي أنه إذا وضع محور البزال باتجاه التيار ودور نحو اليمين بحيث يتقدم مع التيار ، فإن اتجاه الدوران يحدد اتجاه خطوط القوة المغناطيسية حول الناقل .

ج- يمكن زيادة التحريض المغناطيسي الناتج عن التيار الكهربائي باستعمال وشيعة ، بداخلها قلب حديدي .

د- إن الناقل الذي يحمل تياراً باتجاه يصنع زاوية قائمة مع حقل مغناطيسي يتحرك بقوة عمودية على محور الناقل على اتجاه الحقل ، مقدارها يعطى بالعلاقة التالية :

$$F = \beta . \ell . I$$

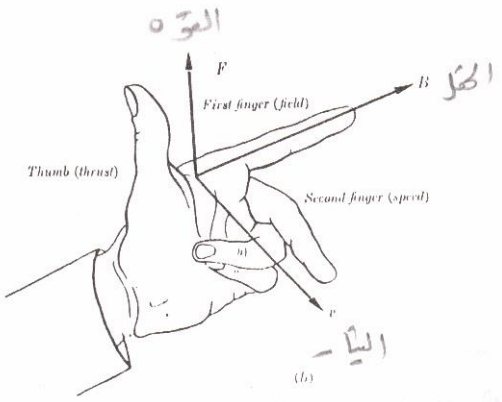
F – القوة وتقاس بالنيوتن .

ℓ – طول الناقل ويقاس بالمتر .

I – شدة التيار في الناقل بالأمبير .

B – كثافة الفيض المغناطيسي (wb/m^2) .

واتجاه القوة يعطى حسب قاعدة فليمينغ لليد اليسرى الموضحة بالشكل (4 - 1) .



الشكل (4-1)

أي أننا إذا جعلنا الإصبع الأولى باتجاه الحقل المغناطيسي ، والإصبع الوسطى باتجاه التيار المتعامد مع اتجاه الحقل المغناطيسي ، فإن الإبهام يشير إلى اتجاه القوة العمودية على الاتجاهين الآخرين .

هـ- إن الواحدة القياسية لكثافة الفيض المغناطيسي هي (wb/m^2) . وهو كثافة الفيض المغناطيسي الذي يؤثر بقوة قدرها واحد نيوتن في ناقل طوله واحد متر ، ويحمل تيار شدته واحد أمبير باتجاه عمودي على الحقل . وكثافة الفيض المغناطيسي ، هي الفيض المغناطيسي بواحدة السطح ، لذا فإن الفيض المغناطيسي (Φ) يساوي :

$$\Phi = B.A$$

A – المساحة التي يغطيها الفيض المغناطيسي (m^2) .

Φ – الفيض المغناطيسي (wb) .

و- كما يمكن تعريف واحدة الفيض المغناطيسي (wb) ، بكونها الفيض الذي يولد قوة محركة كهربائية قدرها واحد فولت في ناقل يقطعه خلال ثانية واحدة ، حيث قانون لينز (Lenz) في التحريض الكهربائي ، الذي يعطى بالعلاقة التالية :

$$e = -\frac{d\phi}{dt}$$

e – القوة المحركة التحريضية .

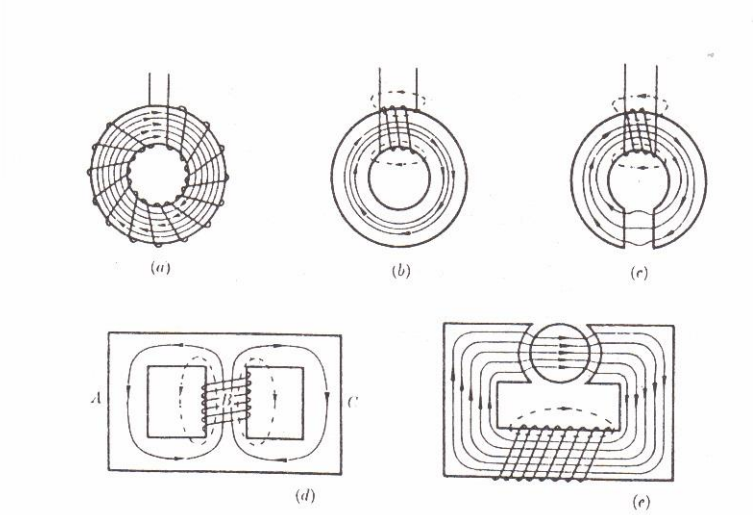
Φ – الفيض المغناطيسي (wb) .

$\frac{d\phi}{dt}$ – معدل تغير الفيض المغناطيسي بالنسبة للزمن .

وإشارة الناقص تدل على أن القوة المحركة الكهربائية التحريضية في الدارة في اتجاه بحيث تسعى لمنع تغير الفيض المغناطيسي .

4 - 3 - منحني التمغنط – عروة التباطؤ المغناطيسي :

منحني التمغنط هو المنحني الذي يبين العلاقة بين شدة المجال المغناطيسي (H) وكثافة الفيض المغناطيسي (B) للمواد المكونة للدارات التي تتألف عادة من نوى مصنوعة من المواد المغناطيسية الحديدية ومن الثغرات الهوائية والشكل (4 - 2) يبين مجموعة متنوعة من الدارات المغناطيسية .



الشكل (4-2)

ويمكن الحصول على منحني التمغنط لمادة مغناطيسية بصورة تجريبية بواسطة مقياس الفيض أو مقياس التدفق المغناطيسي القذفي . و يؤخذ نموذج من المادة على شكل حلقة مغلقة وذات مقطع ثابت ، وتلف عليها وشيعة أولية (P) بانتظام لتجنب الانسياب المغناطيسي ، ووشيعة ثانوية (S) كما في الشكل (4 – 3) . و تتصل الوشيعة (P) بمنبع تغذية عن طريق مفتاح قلاب ومقياس أمبير (A) ومقاومة متغيرة (R_1) . كما تتصل الوشيعة الأخرى (S) بمقياس تدفق (BG) عن طريق مقاومة عالية (R_3) .

ومن أجل قياس الفيض المغناطيسي Φ ضمن الحلقة ، تعطى قيمة شدة المجال المغناطيسي داخل الحلقة بالعلاقة التالية :

$$H\ell = N_P I \quad \Rightarrow \quad H = \frac{N_P I}{\ell}$$

ℓ – الطول الوسطي لخطوط الفيض المغناطيسي .

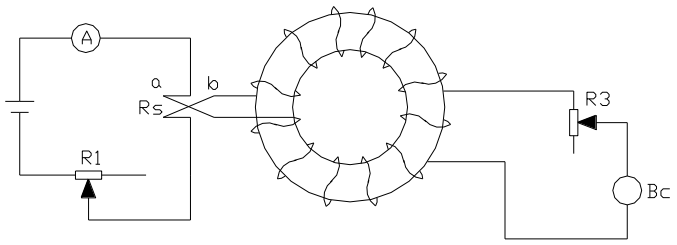
من هذه العلاقة نجد أنه يمكن معرفة قيمة H داخل الحلقة عن طريق قياس التيار I بواسطة مقياس الأمبير . ويمكن تعيين قيمة B من أجل تيار معين في الملف بالعلاقة :

$$B = \frac{\phi}{A}$$

Φ – هي قيمة الفيض المغناطيسي في الحلقة الناتج عن تيار (I) أمبير في الوشيعة ، (P) التي يشير إليها مقياس التدفق .

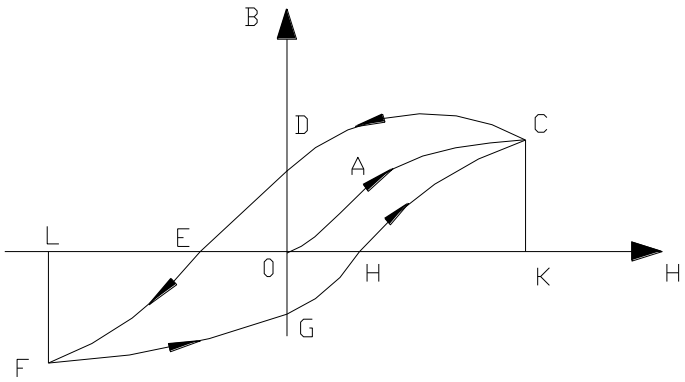
A – مقطع الحلقة .

لنفرض أن الحلقة الحديدية خالية من المغناطيسية ووصلنا المفتاح القلاب (R_S) وبدأنا بزيادة فرق الكمون المطبق على الملف ، مما يؤدي إلى تغير التيار المار فيه ، وفي كل مرة نأخذ قراءة مقياس الأمبير ، والتدفق القذفي . ومن معرفة I وΦ نحسب B و H ، وبرسم العلاقة بين تغيرات B و H نحصل على المنحني المبين في الشكل (4 – 4) .



الشكل (4-3)

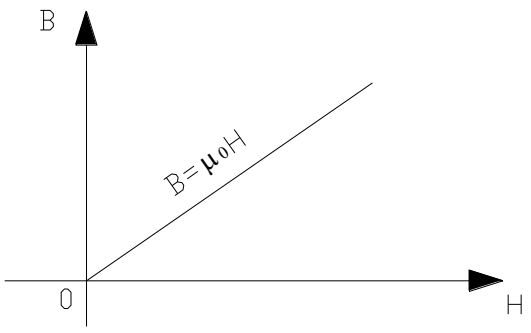
ومنه نلاحظ أن العلاقة بين B و H هي علاقة غير خطية ، فكثافة الفيض المغناطيسي تزداد في البداية بسرعة كبيرة وبعد قيمة معينة لشدة المجال المغناطيسي تتعلق بنوع المادة يبدأ عندها تزايد B بشكل طفيف حتى تصل إلى قيمة شبه ثابتة عملياً ولا تتغير مع زيادة H . نقول عن المادة في هذه الحالة إنها وصلت إلى الإشباع المغناطيسي. نلاحظ أن العلاقة بين B و H تمثل بالمنحني OAC الشكل (4 – 4) .



الشكل (4-4)

فإذا نقصت القوة الممغنطة بعدئذ ، نجد أن كثافة الفيض المغناطيسي تتبع المنحني (CD) وحين تنعدم قيمة H تبقى كثافة الفيض المغناطيسي مساوية (OD) وتسمى كثافة الفيض المغناطيسي المتبقية . فإذا زادت قيمة (H) بالاتجاه المعاكس فإن (B) تستمر بالنقصان ، حتى تصل قيمة (H) إلى النقطة (E) ، حيث تنعدم قيمة (B) . وندعو القوة الممغنطة اللازمة لإزالة المغناطيسية المتبقية (القوة المرغمة) وبمتابعة زيادة قيمة (H) في الاتجاه المعاكس تبدأ قيمة (B) بالازدياد في الاتجاه المعاكس حسب المنحني (EF) حتى تصل إلى النقطة (F) حيث تصبح قيمة (H) وهي (OL) (مساوية بالمقدار لقيمة (H) المقابلة للنقطة (C) وهي (O K) والقيم المناظرة لـ (B) ، أي (KC , LF) متساوية بالمقدار أيضاً . وإذا تغيرت قيمة (H) في الاتجاه الأصلي من (L) إلى (K) فإن قيمة (β) تتبع المنحني (FGC) المشابه للمنحني (CDEF) والشكل المغلق (CDEFGC) يدعى عروة التباطؤ المغناطيسي .

إذا نزعنا الآن النواة المغناطيسية من الدارة المبينة في الشكل (4 – 3) يبقى الملف وبداخله الهواء . إذا أعدنا التجربة السابقة من أجل الحصول على العلاقة بين B و H للهواء نحصل على علاقة خطية موضحة على الشكل (4 – 5) .



4 - 4 - عامل النفوذ النسبي :

يمكن زيادة الفيض المغناطيسي الناتج عن قيمة معينة للقوة المحركة المغناطيسية إذا جرى ذلك الفيض ضمن مادة مغناطيسية كالحديد ، بدلاً من الفراغ أو الهواء .

وعامل النفوذ المغناطيسي النسبي (μr) هو النسبة بين كثافة الفيض المغناطيسي في الحديد وكثافته في الفراغ ، أي أن العلاقة تصبح :

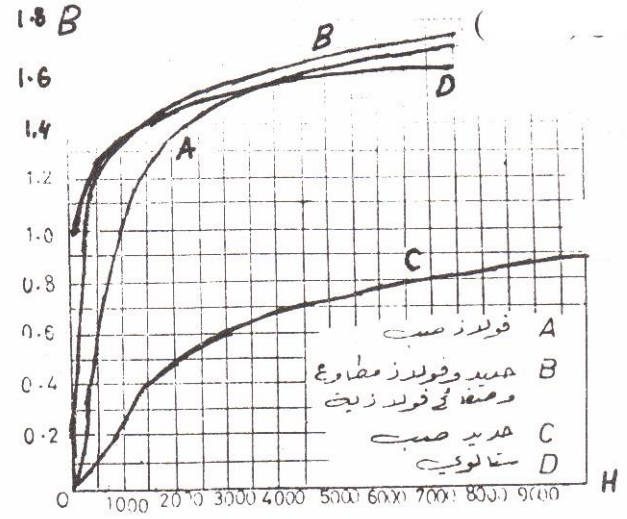
$$\beta = \mu_r . \mu_0 . H$$

وعامل النفوذ المطلق μ هو جداء عامل النفوذ النسبي بعامل نفوذ الفراغ أي أن :

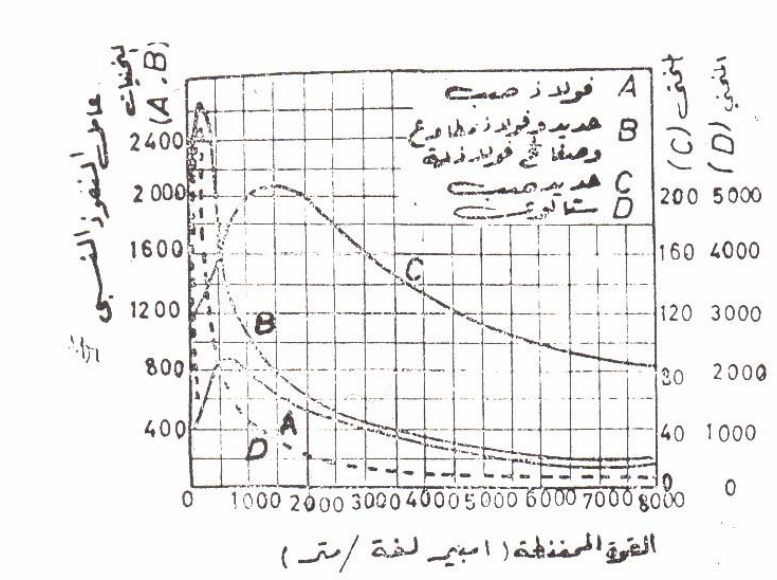
$$\mu = \mu_r . \mu_0$$

وعامل النفوذية في الفراغ $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ H/m .

وتختلف قيمة عمال النفوذية النسبي من مادة لأخرى وقد تبلغ قيمته (100000) في بعض خلائط النيكل ، كما تختلف قيمته بالنسبة لمادة معينة حسب كثافة الفيض المغناطيسي في المادة والشكل (4 – 6) يبين اختلاف كثافة الفيض المغناطيسي (B) باختلاف (H) ويبين أن النسبة بينهما وبالتالي قيمة (μr) تختلف حسب قيمة (B) و (H) كما هو مبين في الشكلين (4 – 7) و – 8) .4)

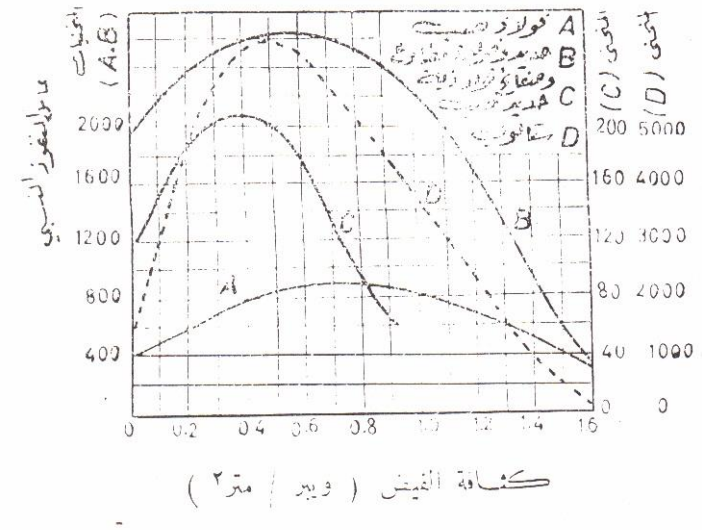


الشكل (4 - 6) اختلاف كثافة الفيض (B) بدلالة (H)



اختلاف عامل النفوذ النسبي بدلالة (H)

الشكل (4 - 7)

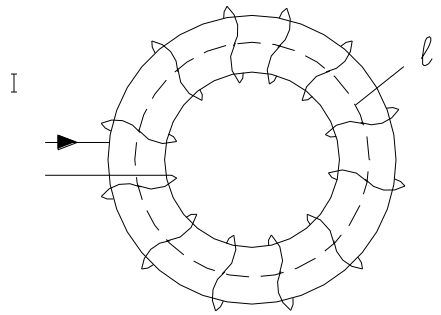


اختلاف عامل النفوذ النسبي بدلالة (B)

الشكل (4 - 8)

4 - 5 - القوة الدافعة المغناطيسية – المقاومة المغناطيسية :

لنفرض أنه لدينا حلقة حديدية مساحة مقطعها m^2 (A) ومحيطها الوسطي m (ℓ) ، لفت عليها بانتظام وشيعة ذات (N) لفة تحمل تياراً شدته A (I) أمبير كما في الشكل (4 – 9) .



الشكل (4 – 9)

فإن قيمة كثافة الفيض المغناطيسي داخل الحلقة يعطى بالعلاقة التالية :

$$\beta = \mu.H = \mu\frac{NI}{L}$$

ويكون الفيض في النواة :

$$\phi = \beta.A = \mu\frac{NI}{L}A$$

$$\phi = \frac{NI}{\frac{L}{\mu A}}$$

$$m.m.f = HL = NI \quad \Rightarrow \quad \phi = \frac{m.m.f}{\frac{L}{\mu A}} = \frac{m.m.f}{S}$$

mmf – القوة الدافعة المغناطيسية (بالأمبير – لفة) .

S – المقاومة المغناطيسية (أمبير – لفة / لفة) .

μ – عامل النفوذ المغناطيسي المطلق .

A – مساحة المقطع .

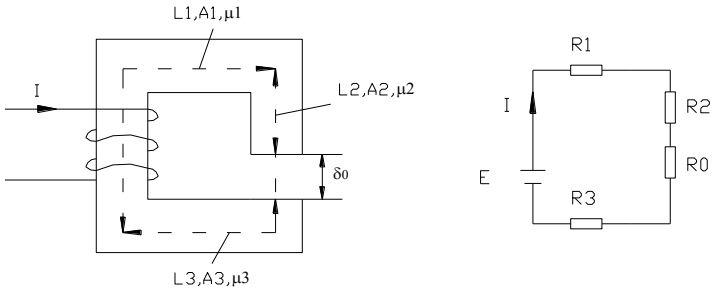
وهذه العلاقة (الأخيرة) تشابه العلاقة : $R = \rho\frac{L}{A} = \frac{\ell}{\sigma A}$

التي تعطي المقاومة الكهربائية ، أي أن عامل النفوذ المغناطيسي يناظر الناقلية الكهربائية .

وإذا كانت الدارة المغناطيسية مكونة من أكثر من مقطع واحد فيمكن حساب المقاومة المغناطيسية لكل مقطع على انفراد ، ثم يتم جمع هذه المقاومات على التسلسل أو التفرع ، كما في حالة الدارة الكهربائية .

لنفرض أنه لدينا دارة مغناطيسية مبينة في الشكل (4 – 10 – a) والمطلوب حساب المقاومة المكافئة المغناطيسية لهذه الدارة .

نرسم الدارة الكهربائية للدارة المغناطيسية كما في الشكل (4 – 10 – b)



(a) **(b)**

الشكل (4 – 10)

ونلاحظ من هذه الدارة أن جميع المقاومات موصولة على التسلسل ، ومنه نكتب .

$$S = S_1 + S_2 + S_3 + S_0 = \frac{L_1}{\mu_1 A_1} + \frac{L_2}{\mu_2 A_2} + \frac{L_3}{\mu_3 A_3} + \frac{\sigma_0}{\mu_0 A_0}$$

ويكون الفيض في الدارة :

$$\phi = \frac{m.m.f}{S} = \frac{NI}{\frac{L_1}{\mu_1 A_1} + \frac{L_2}{\mu_2 A_2} + \frac{L_3}{\mu_3 A_3} + \frac{\sigma_0}{\mu_0 A_0}}$$

4 - 6 - مقارنة بين الدارات المغناطيسية والدارات الكهربائية :

في الواقع لا يوجد أية صلة ما بين الدارات الكهربائية والمغناطيسية والتشابه بينهما هو تشابه ظاهري فقط . إلا أنه يساعد في فهم وحل المسائل المغناطيسية .

سنعرض فيما يلي الصفات المتشابهة والمختلفة بين الدارتين :

أوجه التشابه

– القوة الدافعة الكهربائية	e.m.f	القوة الدافعة المغناطيسية	m.m.f
– المقاومة الكهربائية	R	المقاومة المغناطيسية	S
– التيار الكهربائي	I	الفيض المغناطيسي	Φ

– كثافة التيار الكهربائي	$J = \frac{I}{A}$	كثافة الفيض المغناطيسي	$B = \frac{\phi}{A}$
– الناقلية النوعية	σ	النفوذية المغناطيسية	μ
– المقاومة النوعية	ρ	المقاومة النوعية المغناطيسية	$\frac{1}{\mu}$

أوجه الاختلاف

– مرور التيار الكهربائي في الناقل يؤدي إلى تسخينه .	لا يؤدي مرور الفيض داخل المعدن إلى تسخينه .
– في حالة المعادن ، المقاومة الكهربائية مستقلة عن التيار I .	تعتمد المقاومة المغناطيسية S على كثافة الفيض المغناطيسي .
– يسري التيار الكهربائي بشكل عام داخل الناقل .	يمكن أن يسري الفيض داخل الهواء .

4 - 7 - قوانين كيرشوف في الدارات المغناطيسية :

يمكن تطبيق قوانين كيرشوف للدارات الكهربائية على الدارات المغناطيسية وذلك بالتعبير عنها بالشكل التالي :

١. قانون كيرشوف الأول :

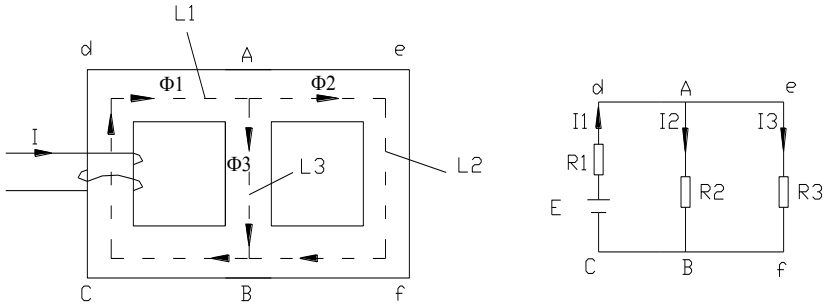
ينص هذا القانون على أن المجموع الجبري للفيض المغناطيسي المتجه إلى نقطة يساوي الصفر ، أو أن مجموع الفيوض الداخلة إلى عقدة من دارة مغناطيسية يساوي مجموع الفيوض الخارجة من تلك العقدة . والشكل (4 – 11) يبين دارة مغناطيسية فيها خطوط القوة المغناطيسية مستمرة ومغلقة ، ويمكن التعبير عن هذا القانون بالعلاقة التالية :

في العقدة A : $\phi_1 = \phi_2 + \phi_3$

ويقابل ذلك في الدارة الكهربائية : $I_1 = I_2 + I_3$

في العقدة B : $\phi_2 + \phi_3 = \phi_1$

أي : $\sum \phi = 0$



(a) **(b)**

الشكل (4 – 11)

٢. قانون كيرشوف الثاني في الدارات المغناطيسية :

إن المجموع الجبري لجداء شدة المجال المغناطيسي H بالطول الوسطي لمسار خطوط الفيض لكل جزء من أجزاء دارة مغناطيسية مغلقة (الدارة التي تحتوي على ثغرة هوائية تعتبر دارة مغلقة) يساوي المجموع الجبري للقوى الدافعة المغناطيسية في تلك الدارة ، ويمكن التعبير عن هذا القانون :

$$\sum m.m.f = \sum HL$$

$$\sum NI = \sum HL$$

H – شدة المجال المغناطيسي في الجزء من الدارة .

L – الطول الوسطي لذلك الجزء من الدارة .

$\sum m.m.f$ – المجموع الجبري للقوى الدافعة المغناطيسية في الدارة .

ونطبق قانون كيرشوف الثاني على الدارة المبينة بالشكل (4 – 10 – a) نجد الحلقة المغلقة ABCd :

$$H_1 L_1 = H_3 L_3 = NI$$

ويقابل ذلك في الدارة الكهربائية المناظرة :

$$I_1 R_1 + I_3 R_3 = E$$

الحلقة المغلقة AefB :

$$H_2 L_2 - H_3 L_3 = 0$$

ويقابل ذلك في الدارة الكهربائية المناظرة :

$$I_2 R_2 - I_3 R_3 = 0$$

H_3,H_2,H_1 هي شدات المجال المغناطيسي في الفروع L_3,L_2,L_1 على الترتيب .

4 - 8 - التسرُّب المغناطيسي :

فرضنا سابقاً أن كل الفيض المغناطيسي يتبع الممر المغلق في الحلقة الحديدية . ولكن مثل هذه الحالة المثالية لا تتحقق في الحياة العملية ، وذلك لأن جزءاً من الفيض سوف يتبع ممراً يختلف عن الدارة الحديدية ، ويعتمد شكل تلك الممرات وكمية الفيض فيها على تكوين الدارة المغناطيسية ، وكذلك على عامل النفوذ النسبي μ_r ويبين الشكل (4 – 12) أربع حالات لذلك حيث يأخذ الفيض الممر المبين الرئيسي ، ويظهر بالخطوط الكاملة في حين يظهر الفيض المتسرب بالخطوط المنقطة .

وعامل النفوذ النسبي للممر الرئيسي يعتبر ذا أهمية ، لأنه إذا كان ذا قيمة صغيرة يكون هناك سيل للفيض يسلك ممراً أقصر في الهواء لأن $\mu_r = 1$.

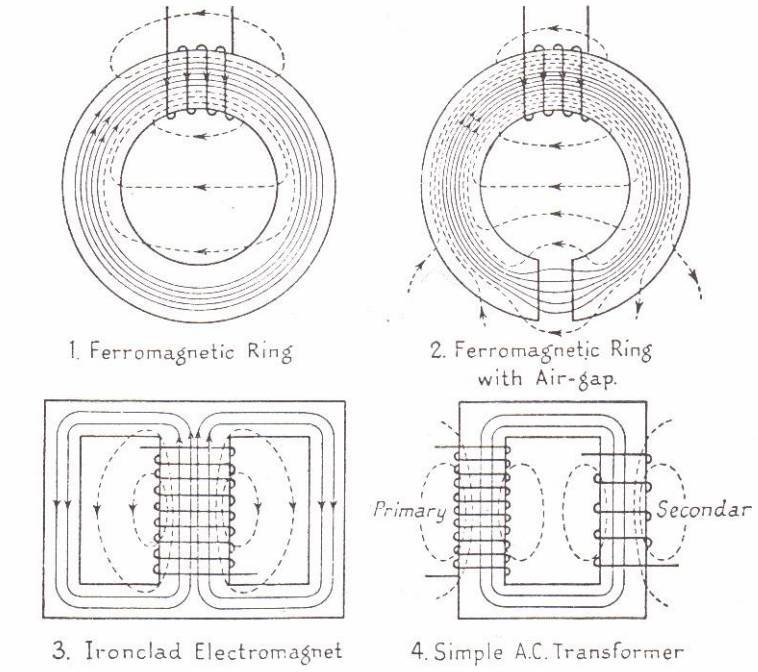
وتعتبر الحسابات الدقيقة للدارة المغناطيسية ذات الفيض الهارب أمراً معقداً ، لذلك يعتبر أن هناك جزءاً من الفيض هو الفيض الهارب وما تبقى يعتبر الفيض النافع الساري في الدارة ذات الاستخدام الحقيقي :

فإذا فرضنا ϕ_t الفيض الكلي و ϕ الفيض النافع و ϕ_f الفيض المتسرب فإن :

$$\phi_t = \phi + \phi_f$$

وعندها :

$$\text{عامل التسرب} = \frac{\text{الفيض الكلي}}{\text{الفيض النافع}} = \frac{\Phi_t}{\Phi}$$



الشكل (4 – 12)

4 - 9 - تطبيقات على الدراسة المغناطيسية :

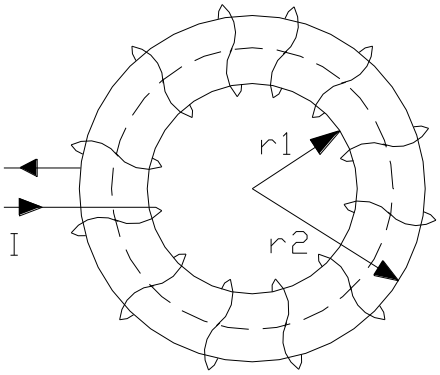
مثال (4 - 1) :

إذ كان r2=28 cm , r1=24 cm للملف الحلقي المبين في الشكل (4 – 13) ، عدد اللفات N=1500 T وتيار الإثارة 3A والنفوذية النسبية للوسط μ_r = 800 أوجد :

١. شدة المجال داخل الملف .

٢. ممانعة الملف (المقاومة المغناطيسية للملف) .

٣. التدفق المغناطيسي .



الشكل (4 – 13)

الحل :

.١

$$H = \frac{NI}{L}$$

طول المسار المتوسط :

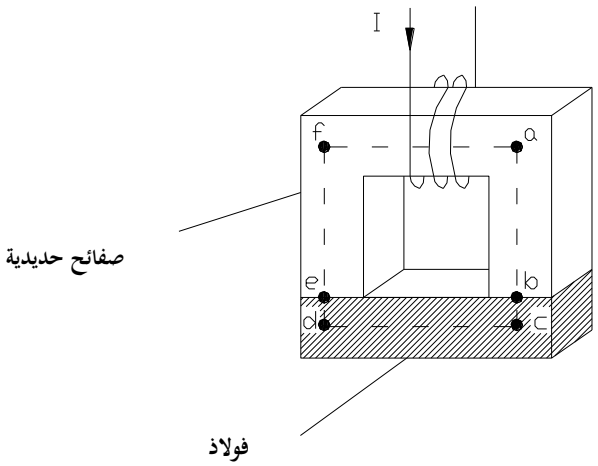
$$L = 2\pi r_m = 2\pi(\frac{r_2 - r_1}{2} + r_1)$$
$$= 2\pi \times 26 = 1{,}63 \quad m$$
$$H = \frac{NI}{L} = \frac{1500 \times 3}{1{,}63} = 2760 \quad A.T/m$$

.٢

$$S = R_{mag} = \frac{L}{\mu A}$$
$$\mu = \mu_r . \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \times 800 = 32\pi \times 10^{-5}$$
$$A = \pi r^2 = \pi 2^2 = 12{,}57 \times 10^{-4} \quad m^2$$
$$R_{mag} = S = \frac{1{,}63}{32 \times \pi \times 10^{-5} \times 12{,}57 \times 10^{-4}} = 129 \times 10^4 \quad A.T/wb$$
$$\phi = \beta.A = \mu.H.A = 32 \times \pi \times 10^{-5} \times 2760 \times 12{,}57 \times 10^{-4}$$
$$= 3{,}41 \times 10^{-3} \quad wb$$

مثال (4 - 2) :

في الدارة المغناطيسية المبينة في الشكل (4 – 14) .



الشكل (4 – 14)

أوجد قيمة التيار I الذي يولد فيضاً مغناطيسياً مقداره $3,5\times10^{4}$ wb إذا كان عدد لفات الملف 50Tوأطوال الأذرع هي :

$L_{fa} = L_{dc} = 10$ cm

$L_{ab} = L_{fe} = 9$ cm

$L_{bc} = L_{ed} = 1$cm

سطح المقطع لكل ذراع هو 7 cm2 علماً بأن :

$H = 1500 \quad \frac{AT}{m}$ لصفيحة الفولاذ .

$H = 45 \quad \frac{AT}{m}$ لسبيكة الحديد (صفائح) .

الحل :

نطبق قانون كيرشوف :

$$\sum HL = \sum NI$$

$$H_{ab} \cdot L_{ab} = H_{ef} \cdot L_{ef} = 45\times9\times10^{-2} = 4,05 \quad A.T$$

$$H_{cd} L_{cd} = 1500\times10\times10^{-2} = 150 \quad A.T$$

$$H_{fa} \cdot L_{fa} = 45\times10\times10^{-2} = 4,5 \quad A.T$$

$$H_{bc} \cdot L_{bc} = H_{de} \cdot L_{de} = 1500\times1\times10^{-2} = 15 \quad A.T$$

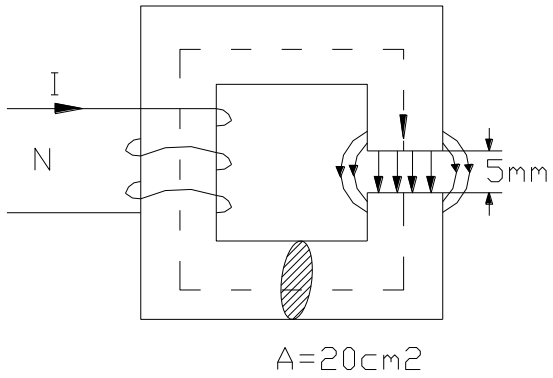
$$\sum HL = \sum NI = 2\times4,05 + 150 + 4,5 + 2\times15 = 192,6 \quad A.T$$

$$I = \frac{192,6}{50} = 3,852 \quad A$$

مثال (4 - 3) :

تتكون الدارة المغناطيسية المبينة بالشكل (4 – 15) من ثغرة هوائية فإذا كان طول المسار المغناطيسي الكلي 50 mm ، وطول الثغرة الهوائية 5 mm ومساحة المقطع $20\ cm^2$.

أوجد عدد الأمبير لفات (NI) اللازم لإنتاج $\Phi = 200\ \mu wb$ في الثغرة الهوائية ، خذ عامل التسرب (1,2) ، ونتيجة لتهدب خطوط المجال اعتبر مساحة الثغرة الفعالة $24\ cm^2$ علماً بأن النفوذية النسبية للمادة التي صنعت منها الدارة المغناطيسية $\mu_r = 7500$.



الشكل (4 – 15)

الحل :

$$B_g = \frac{\phi_g}{A_g}$$

$$B_g = \frac{2000\times10^{-6}}{24\times10^{-4}} = 0{,}833 \quad wb/m^2$$

$$H_g = \frac{B_g}{\mu_0} = \frac{0{,}833}{4\pi\times10^{-7}} = 664\times10^{3} \quad A.T/m$$

$$(m.m.f)_g = H_g L_g = 664\times10^{3}\times5\times10^{-3} = 3320 \quad A.T$$

معامل التسرب = الفيض الكلي / الفيض المفيد (النافع) ومنه :

الفيض المفيد × معامل التسرب = الفيض الكلي

الفيض الكلي = $1.2 \times 2000 \times 10^{-6} = 2400 \times 10^{-6}$

$$B_S = \frac{\phi_S}{A_S} = \frac{2400\times10^{-6}}{20\times10^{-4}} = 1.2 \quad wb/m^2$$

$$H_S = \frac{B_S}{\mu_S} = \frac{1{,}2}{\mu_0\mu_r} = \frac{1{,}2}{4\pi\times10^{-7}\times7500} = 127 \quad A.T/m$$

$$(m.m.f)_S = H_S L_S = 127\times(50-0.5) = 62{,}8 \quad A$$

$$(m.m.f)_t = (m.m.f)_g + (m.m.f)_S = NI$$

$$= 3320 + 62{,}8 = 3382{,}5 \quad A.T$$

مسائل غير محلولة :

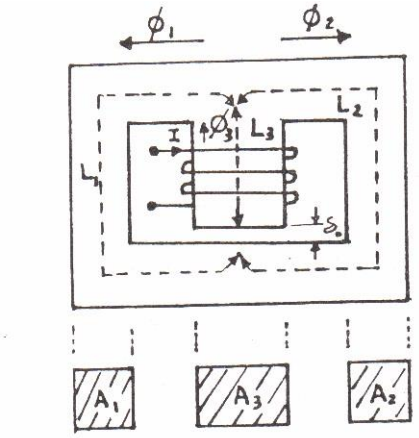
1 – للدارة المغناطيسية المبينة في الشكل (4 - 16) ، إذا كان عدد لفات الملف هو $N = 1000$ T ، يطلب حساب شدة التيار I الضرورية لتوليد فيض في الثغرة الهوائية $\Phi_0 = 1{,}3\ 10^{-3}$. أبعاد الدارة موضحة على الشكل ، العلاقة بين B و H لمعدن النواة مبينة في الجدول التالي ويهمل التسرب والتهدب المغناطيسي :

B (wb/m^2)	0,625	1	1,3	1,5	1,625	1,7
H (AT/m)	360	400	850	2000	3800	6000

$L_1 = L_2 = 30$ cm

$L_3 = 12$ cm , $A_1 = A_2 = 5\ cm^2$, $A_3 = 8\ cm^2$, $\delta_0 = 1$ cm

$\mu_0 = 4\prod \times 10^{-7}$ h/m



الشكل (4 - 16)

الجواب :

$I = 2$ A

2 – للدارة المغناطيسية المبينة في الشكل (4 - 17) ، يطلب :

1 – رسم الدارة الكهربائية المناظرة لهذه الدارة .

2 – تطبيق قانون كيرشوف الثاني على الدارة

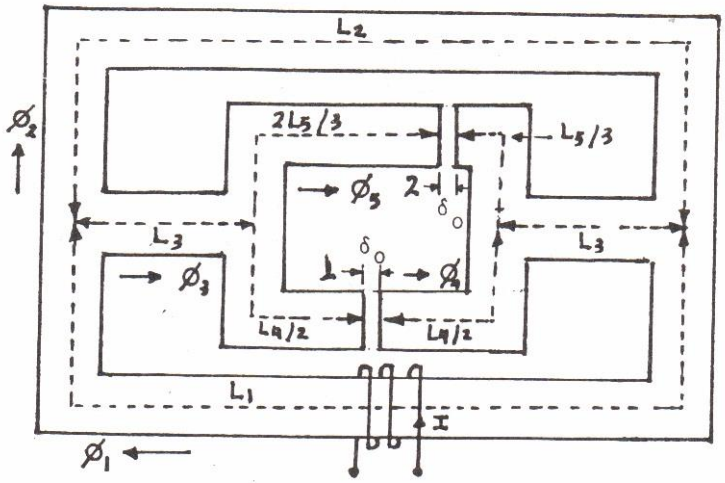
$$L_1 L_3 \frac{L_4}{2}\ \delta_0 \frac{L_4}{2} L_3$$

3 – حساب قيمة التيار I الواجب إمراره في الملف الذي يتكون من (N=1000T) لفة ، وذلك من أجل تأمين فيض في الثغرة 1 مساوٍ إلى 500 μwb ، يهمل التسرب المغناطيسي ويفترض أنه لا

يوجد تهدب مغناطيسي.

الدارة المغناطيسية مصنعة من صفائح الفولاذ ، والعلاقة بين شدة المجال المغناطيسي وكثافة الفيض لصفائح الفولاذ مبينة في الجدول التالي :

B (wb/m^2)	0.2	0.5	1	1,1	1,28	1,5	1,6	1,74
H (AT/m)	250	500	1000	1166	1630	3200	4500	9000



الشكل (4 - 17)

المسارات الوسطية لخطوط الفيض هي :

$\delta_0 = 0{,}5$ cm , $L_1 = L_2 = 120$ cm , $L_3 = 10$ cm

$L_4 = L_5 = 40$ cm

وكافة مقاطع الدارة متساوية :

$A = 10\ cm^2$

$$\frac{1}{\mu_0} = 800000\left(\frac{1}{h/m}\right)$$

الجواب :

$I = 4{,}44$ A