الدارات الكهربائية
المحاضرة الثالثة

أ.د. فادي غصنه

العناصر الكهربائية غير الفعالة

1-4-2-2 الملف

هو عنصر كهربائي غير فعال يقوم بتحويل القدرة الكهربائية إلى مغناطيسية ومن ثم تخزينها في المجال المغناطيسي الذي يولده.

تركيب الملف

يتركب الملف من سلك معزول ملفوف على إطار من مادة عازلة Former ويمكن أن يأخذ الإطار عدة أشكال منها:

- على شكل أسطوانة أو مكعب أو متوازي المستطيلات.

العناصر الكهربائية غير الفعالة

- على شكل قلب مجوف وفارغ ويمكن أن يكون قلب الإطار مشغول بشرائح حديدية أو مسحوق حديد أو مادة الفيريت أو أن يكون الهواء.
- يمكن أن يغلف الملف بغلاف من الحديد وذلك عند الرغبة بأن لا يتأثر الملف بالمجالات المغناطيسية الخارجية وقد يغلف بغلاف من البلاستيك لحمايته وقد يترك بدون تغليف.

الشكل (1 – 19) : الملف

العناصر الكهربائية غير الفعالة

مرور تيار كهربائي في سلك

عند مرور تيار كهربائي في سلك ينشأ حول هذا السلك مجال مغناطيسي و يتزايد هذا المجال بتزايد التيار الكهربائي المار في السلك حيث يظهر الشكل $(20-1)$ المجال المغناطيسي المتشكل حول الناقل.

وحسب قاعدة لنز فأن القوة المحركة الكهربائية الناتجة تعاكس السبب الذي أدى إلى حدوثها كما هو موضح بالعلاقة التالية :

$$e = -L\frac{di}{dt} \qquad (12-1)$$

بتوازن القوة المحركة الكهربائية بسبب التحريض مع الجهد المطبق فنحصل على:

العناصر الكهربائية غير الفعالة

$$U = L\frac{di}{dt} \quad \Rightarrow \quad i(t) = \frac{1}{L}\int U dt \qquad (13-1)$$

الشكل (1 – 20) : قاعدة اليد اليمنى ومرور التيار في سلك

العناصر الكهربائية غير الفعالة

مرور تيار كهربائي في ملف

يلف السلك بطريقة معينة ليعطي مجالاً مغناطيسياً في اتجاه معين محدد مسبقاً من قبل المصمم. وتخضع اتجاهات التيار و اللف والمجال المغناطيسي لقاعدة اليد اليمنى كما في الشكل $(1-20)$.

قاعدة اليد اليمنى : إذا وضع الملف في يدك اليمنى بحيث تلتف أصابعك حول الملف في نفس اتجاه مرور التيار فأن أصبع الإبهام يشير إلى اتجاه المجال المغناطيسي داخل الملف و إلى القطب الشمالي للمغناطيس المؤقت الذي يصنعها هذا الملف.

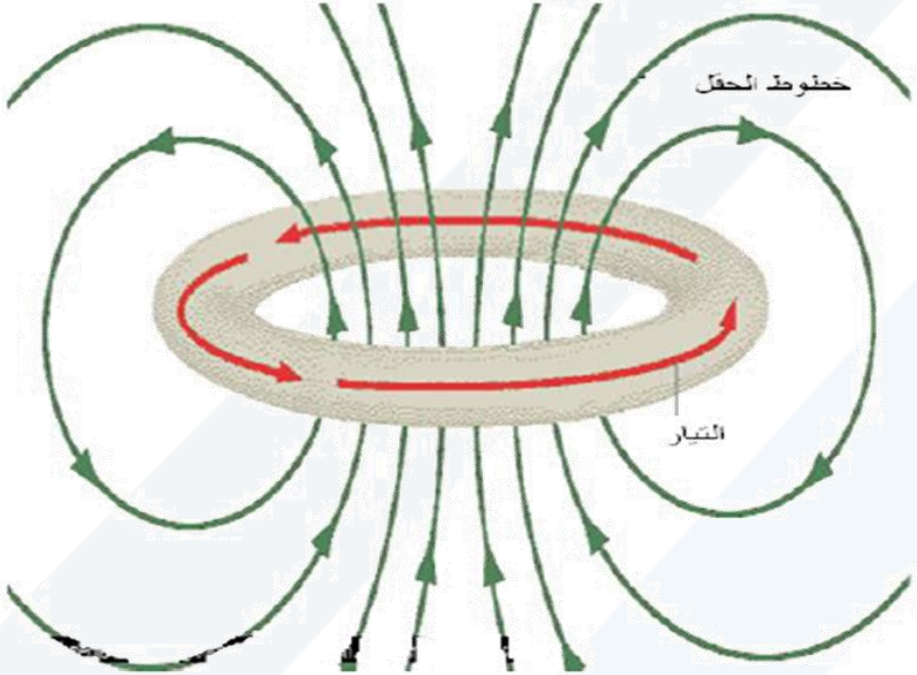
العناصر الكهربائية غير الفعالة

عامل التحريض الذاتي (الحثية الذاتية)

إذا كانت قيمة التيار الكهربائي المار في الملف تتغير زيادة أو نقصاناً بالنسبة للزمن $\frac{di}{dt}$ كما هو الحال مع التيار المتناوب الجيبي، فإن قيمة المجال المغناطيسي الناشئ عن التيار تتغير أيضاً زيادة أو نقصاناً. في هذه الحالة، يتولد على طرفي الملف جهد (توتر) يعارض الزيادة أو النقص في التيار المار في الملف. فإن القوة المحركة تتناسب مع مقدار تغير التيار

العناصر الكهربائية غير الفعالة

خلال الزمن $\frac{di}{dt}$ وعامل التناسب يساوي إلى تحريضية الملف L (ذاتية الملف أو عامل التحريض الذاتي) ويقاس بالهنري H (Henry).



الشكل (1 – 21) : الحقل المغناطيسي في حلقة يجتازها التيار الكهربائي

العناصر الكهربائية غير الفعالة

يحسب عامل التحريض الذاتي من خلال العلاقة التالية :

$$L = 1.26 \times 10^{-6} \mu_r . \frac{N^2 S}{l} [H] \qquad (14-1)$$

حيث أن:

μ_r: عامل النفاذية النسبي للمادة المغناطيسية وتعطى قيمته من الجداول حيث $\mu = \mu_0 \mu_r$ مع العلم أن $\mu_0 = 4\pi.10^{-7}$ [H/m]

N: عدد لفات الملف

S: مقطع الملف m^2

l: طول الملف m

يزداد عامل التحريض لملف إذا:

العناصر الكهربائية غير الفعالة

- زادت مساحة مقطع الملف.
- زادت عدد لفاته.
- إذا كان للملف قلب من مادة مغناطيسية كالحديد أو مسحوق الحديد أو من مادة الفيريت (زيادة عامل النفاذية المغناطيسية).

وتعطى ممانعة الملف بالعلاقة التالية :

$$X_L = 2\pi f . L \qquad (15-1)$$

العناصر الكهربائية غير الفعالة

حيث أن

X_L: ممانعة الملف وتقاس بالأوم Ω

f: التردد ويقاس بالهرتز Hz

L: عامل التحريض الذاتي و يقاس بالهنري H

تزداد ممانعة الملف عند:

- زيادة تردد التيار المار في الملف.
- زيادة عامل التحريض الذاتي (الحثية).
- زيادة التردد وعامل التحريض معاً.

العناصر الكهربائية غير الفعالة

أنواع الملفات المستخدمة في الدارات الكهربائية

تصنف الملفات المستخدمة في الدارات الكهربائية إلى نوعين أساسيين وذلك من حيث :

1- من حيث القلب: تصنف الملفات وفقاً للمادة التي تشغل الحيز داخل الإطار الداخلي:

- ملفات ذات قلب هوائي: هي تلك الملفات التي يشغل الهواء بداخل إطارها الداخلي (ما بداخل قلبها) وذاتية الملف L لمثل هذه الملفات تكون صغيرة.
- ملفات ذات قلب حديدي : إذا وضع داخل الملف قلب حديدي، فإن المجال المغناطيسي يتركز داخل وحول الملف ولا يتسرب كثيراً خارجه. قد يصل عامل التحريض الذاتي حتى $10H$. من مساوئ هذا النوع من الملفات هو وجود تيارات متولدة بالتحريض الذاتي داخل القلب الحديدي تسمى بالتيارات الإعصارية أو

العناصر الكهربائية غير الفعالة

التيارات الدوامية وهذه التيارات تتحرك في اتجاهات عشوائية داخل القلب مما يسبب ارتفاع درجة حرارة القلب المغناطيسي وضياع في الطاقة. لذلك يقسم القلب الحديدي إلى شرائح معزولة عن بعضها البعض لمقاومة التيارات الإعصارية أو الدوامية. تستخدم هذه الملفات في التنعيم في دوائر تقويم التيار المتناوب كما تستخدم في دوائر المصابيح الفلورانسية.

العناصر الكهربائية غير الفعالة

- ملفات ذات قلب من مسحوق الحديد: هي الملفات التي يوضع بداخل قلبها مادة الفيريت التي هي مادة مغناطيسية ذات مقاومة كهربائية عالية و بالتالي التقليل من التيارات الدوامية الإعصارية إلى حد كبير. لذلك هذا النوع من الملفات يملك كفاءة عالية وله تأثير صغير على المكونات الأخرى.

العناصر الكهربائية غير الفعالة

2- من حيث التردد: تصنف الملفات الكهربائية من حيث التردد إلى ثلاثة أنواع وهي:

- ملفات التردد المنخفض Low Frequency Coils: هي الملفات التي تستخدم في الترددات الصوتية ومن المعروف أن التردد الصوتية تتراوح من $20Hz$ إلى $20KHz$ و ملفات التردد المنخفض تكون من ملفات ذات القلب الحديدي.
- ملفات التردد المتوسط: هي الملفات التي تستخدم في الترددات المتوسطة التي تكون حوالي $465MHz$. ملفات التردد المتوسط تكون من ملفات ذات القلب المصنوع من مسحوق الحديد أو مادة الفيريت.

العناصر الكهربائية غير الفعالة

- ملفات التردد العالي High Frequency Coils: هي الملفات التي تستخدم في الترددات العالية التي تزيد عن $2MHz$ مثل دوائر التنعيم في أجهزة الراديو. ملفات التردد العالي تكون ذات ممانعة كبيرة وفي حال التردد المنخفض تكون ممانعة الملفات صغيرة جداً وهذا يمكننا من الفصل ما بين الترددات الصوتية عن الترددات العالية في الدوائر التي يقترن فيها التردد العالي مع التردد المنخفض.

العناصر الكهربائية غير الفعالة

عامل جودة الملف

يعبر عن جودة الملف بالعلاقة ما بين ممانعة الملف ومقاومة الملف كما مبين بالعلاقة التالية :

$$Q = \frac{X_L}{R_s} = \frac{2\pi f . L}{R_s} \qquad (16-1)$$

حيث أن:

X_L: ممانعة الملف (Ω)

f: التردد (Hz)

L: عامل التحريض الذاتي (H)

R_s: مقاومة الملف المقاسة في حالة التيار المستمر DC

العناصر الكهربائية غير الفعالة

رموز الملفات الكهربائية

يتم ترميز الملفات بالأشكال التالية تبعاً إلى نوعها كما هو موضح بالشكل (1 – 22) :

الشكل (1 – 22) :

العناصر الكهربائية غير الفعالة

قراءة وحساب الملف عملياً

الملفات الجاهزة وهي تشبه المقاومات وتحوي على حلقات لونية أيضاً وتكون قيمها ثابتة ويمكن معرفتها باستخدام الجدول التالي والنتيجة المقاسة تعطى بالميكروهنري μH .

اللون	اللون الأول	اللون الثاني	اللون الثالث (عامل الضرب)	سماحية الخطأ
أسود	0	0	1	±20%
بني	1	1	10	±1%
أحمر	2	2	100	±2%
برتقالي	3	3	1000	±3%
أصفر	4	4	10000	±4%

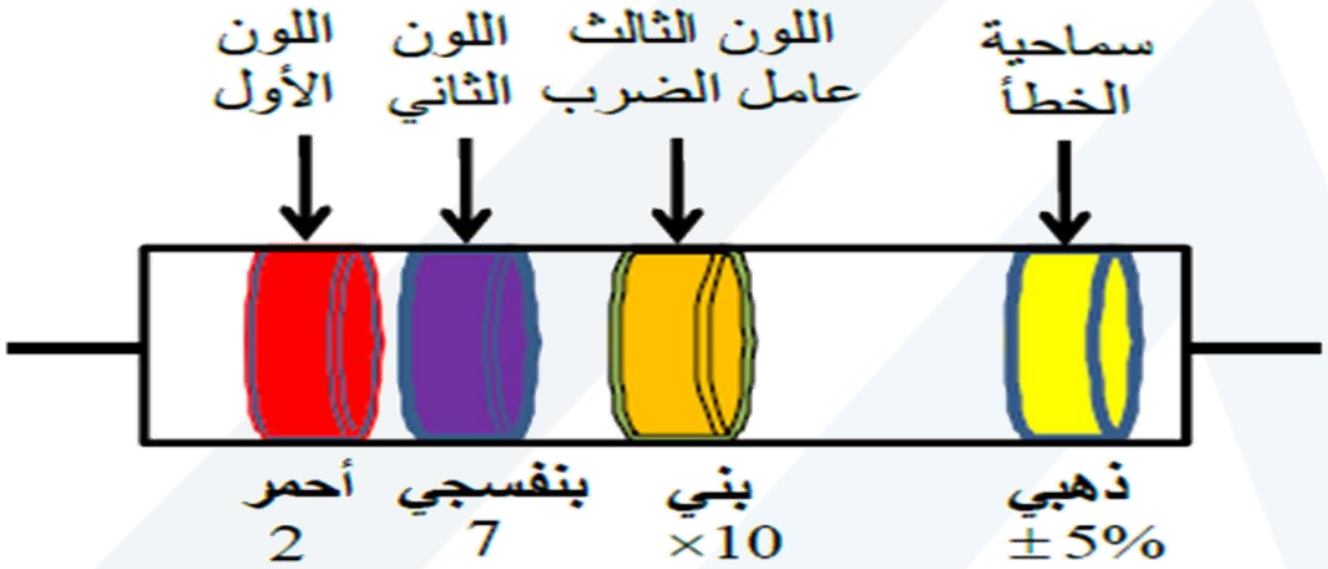
العناصر الكهربائية غير الفعالة

أخضر	5	5	–	–
أزرق	6	6	–	–
بنفسجي	7	7	–	–
رمادي	8	8	–	–
أبيض	9	9	–	–
فضي	–	–	–	±10%
ذهبي	–	–	–	±5%

العناصر الكهربائية غير الفعالة

مثـــــال 1 – 9

من أجل الملف الذي يحمل الألوان التالية والموضح بالشكل فإن قيمته تعطى كما يلي:



$$L = 270\,\mu H \pm 5\%$$

العناصر الكهربائية غير الفعالة

أما بالنسبة لحساب الملفات ذات القلب الهوائي. فالعلاقات التالية توضح كيفية حساب الملفات ذات القلب الهوائي (عدد اللفات و عامل التحريض الذاتي):

- عدد اللفات من خلال العلاقة التالية :

$$n = \frac{\sqrt{L.\left(\frac{18d}{25.4} + \frac{40l}{25.4}\right)}}{d/25.4} \qquad (17-1)$$

العناصر الكهربائية غير الفعالة

- عامل التحريض الذاتي يتم حسابه وفق العلاقة التالية:

$$L = n^2 . \frac{\left(\frac{d}{25.4}\right)^2}{d.\left(\frac{18}{25.4}\right) + l.\left(\frac{40}{25.4}\right)} \qquad (18-1)$$

L: التحريض الذاتي ويقاس بـــ (μH)

d: قطر الملف ويقاس بـــ (mm)

l: طول الملف (المسافة بين أول لفة وأخر لفة) ويقاس بـــ (mm)

n: عدد اللفات.

العناصر الكهربائية غير الفعالة

مثـــــال 1 – 10

في إحدى دارات الإرسال بالأمواج الراديوية على المجال FM وكانت قيمة إحدى الملفات في الدرة تعمل بتحريض $1\mu H$. من أجل سلك بمقطع $0.6mm$ وقطر اللفة $7.2mm$ وطول الملف $10mm$.

والمطلوب حساب عدد اللفات لهذا الملف.

بتطبيق العلاقة نحصل على:

$$n = \frac{\sqrt{L\left(\frac{18d}{25.4} + \frac{40l}{25.4}\right)}}{d/25.4} = \frac{\sqrt{1\times\left(\frac{18\times 7.2}{25.4}\right) + \left(\frac{40\times 10}{25.4}\right)}}{7.2/25.4} = 16.11$$

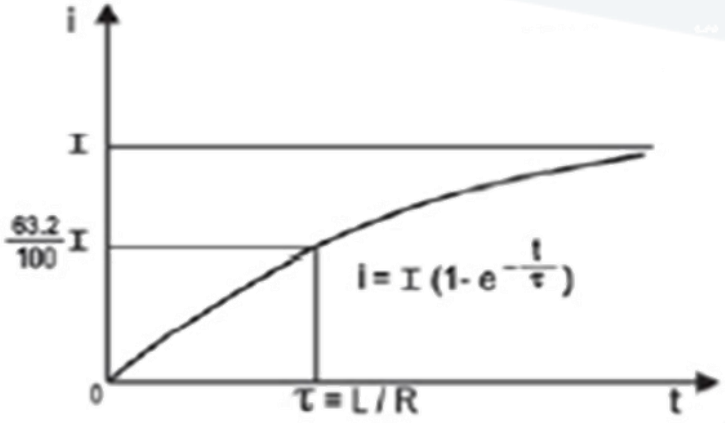
بالتالي نختار عدد لفات مساوياً إلى 16 لفة.

العناصر الكهربائية غير الفعالة

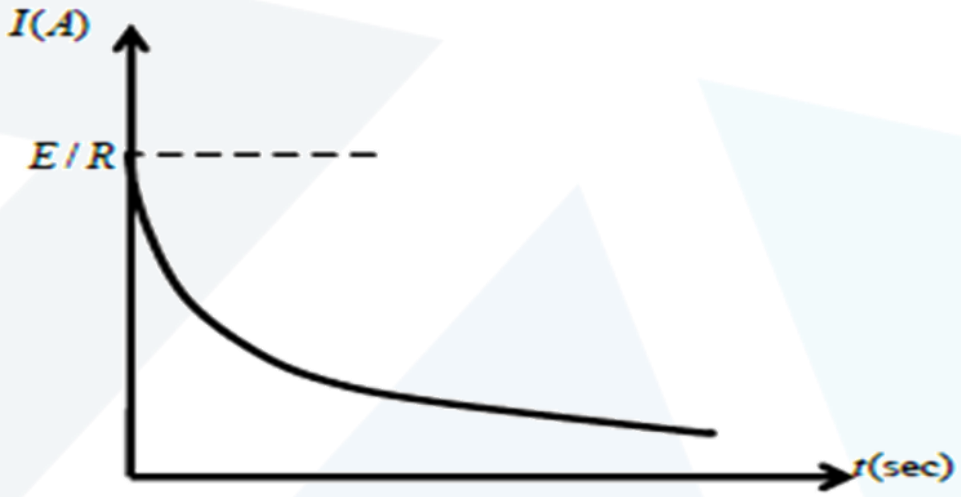
الملف في دارات التيار المستمر

إذا طبق توتر مستمر DC على ملف، فإن التيار الذي سيمر بالملف لا يصل إلى قيمته العظمى منذ اللحظة الأولى وذلك بسبب تولد توتر ناتج عن التحريض الذاتي للملف يعارض مرور التيار في الملف. التيار يتزايد تدريجياً في الملف عند توصيله بالتيار المستمر. إذا تم فصل التوتر المستمر المطبق على الملف، فإن التوتر الناتج عن التحريض الذاتي يعارض تناقص التيار المار في الملف. لذا فأن تيار الهبوط لا يصل إلى الصفر بمجرد فصل التوتر المستمر عن الملف بل يستمر إلى حين. و الشكل التالي يوضح كل من حالة فصل التوتر ووصله وكيفية زيادة ونقصان التيار.

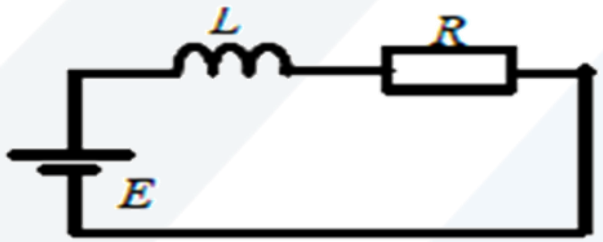
العناصر الكهربائية غير الفعالة



زيادة



نقصان



الشكل (1 – 24) : زيادة ونقصان التيار في الملف عند تطبيق توتر كهربائي

العناصر الكهربائية غير الفعالة

1-4-2-3 المكثف

هو عنصر كهربائي غير فعال يختزن القدرة الكهربائية ويقوم بتجميع الشحنات على سطحه، مؤلف من ناقلين مفصولين بعازل. عند تطبيق توتر على الناقلين (قطبي المكثف)، فأن الشحنات الكهربائية ستتجمع في المكثف متناسبة مع الجهد المطبق.

العناصر الكهربائية غير الفعالة

سعة المكثف تعتمد على أبعاد اللبوسين (القطبين) وسماكة العازل وكذلك على خصائص العازل أو ما يسمى بثابت العازلية من خلال العلاقة التالية :

$$C = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{S}{d} \qquad (19-1)$$

C : سعة المكثف وتقاس بالفاراد F وغالباً ما يستخدم أجزاء الفاراد

العناصر الكهربائية غير الفعالة

$$1\mu F = 10^{-6} F, \quad 1\text{nF} = 10^{-9} F, \quad 1\text{pF} = 10^{-12} F$$

d : البعد بين اللبوسين ويقاس (m)

S : السطح المشترك للبوسين (m^2)

ε_0 : ثابت العازلية الكهربائية مع العلم أن (F/m) $\varepsilon_0 = 8.84.10^{-12}$

ε_r : ثابت العازلية النسبي للمادة العازلة الموجودة بين اللبوسين.

العناصر الكهربائية غير الفعالة

كما أن سعة المكثفة تعرف على أنها النسبة بين الشحنة الكهربائية المجتمعة على السطح و بين التوتر المطبق على اللبوسين. والعلاقة التالية تبين السعة :

$$C = \frac{Q}{U} \qquad (20-1)$$

Q : الشحنة الكهربائية تقاس بالكولون (C)

U : التوتر المطبق على اللبوسين (V) .

من أجل سعة خطية غير متغيرة، يتم حساب التيار وفق العلاقة التالية:

$$i(t) = C.\frac{dU(t)}{dt} \qquad (21-1)$$

ملاحظة: إن المكثف المثالي في دارات التيار المستمر يشكل دارة مفتوحة

العناصر الكهربائية غير الفعالة

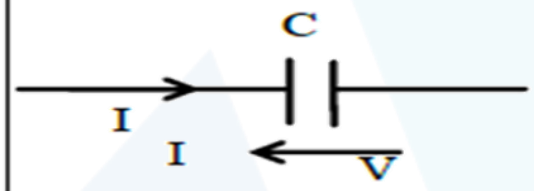
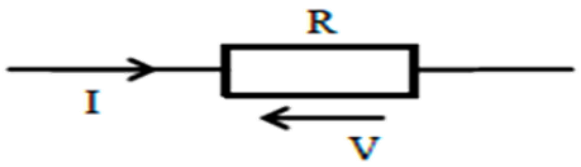
أنواع المكثفات

تصنف المكثفات إلى عدة أنواع منها :

- المكثفات معزولة بطبقة من البلاستيك.
- المكثفات من السيراميك حيث اللبوسان مصنوعان من الألمنيوم والعازل من التيتان والسعة تتراوح ما بين $\mu F \rightarrow pF$.
- مكثفات الميغا حيث اللبوسان مصنوعان من ورق الميغا والألمنيوم والسعة تصل إلى عدة μF .
- المكثفات الكهروكيميائية.
- المكثفات من الورق المعطر.
- المكثفات المتغيرة.

العناصر الكهربائية غير الفعالة

من خلال الجدول $(1-6)$، يتم التنويه إلى القوانين الخاصة بالعناصر غير الفعالة والتي تمت دراستها في الفقرات السابقة.

		
$V = \frac{1}{C}\int i.dt$	$V = L.\frac{di}{dt}$	$V = I.R$
$I = C.\frac{dV}{dt}$	$I = \frac{1}{L}\int V.dt$	$I = \frac{V}{R} = G.V$
السعة تقاس بالفاراد F	المحارضة تقاس بالهنري H	تقاس المقاومة بالاوم Ω

الجدول $(1-6)$