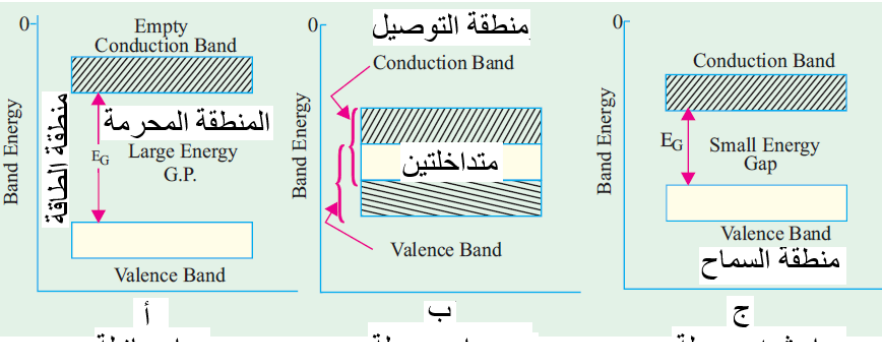
العناصر الغير فعالة المستخدمة بالدوائر الالكترونية

تتعدد العناصر الغير فعالة في الدوائر الإلكترونية وتعدد استخداماتها ولكننا في هذا الفصل من الكتاب سوف نتطرق الى اهم هذه العناصر وهى المقاومة الكهربية والمكثف الكهربى والملف الكهربى وسوف نخص بالذكر الانواع الاكثر شيوعا في كل عنصر من هذه العناصر واهم التطبيقات الخاصة بها وطرق قياسها للتأكد من صلاحيتها للعمل او عدم صلاحيتها. ولكننا قبل الخوض في ذلك سوف نتعرف على أنواع المواد من الناحية الكهربية وذلك لأننا سوف نتحدث في هذا الكتاب بشكل عام عن المواد الموصلة وشبة الموصلة باعتبار ان الاخيرة (اشباه الموصلات) هي المواد التي أدت الى حدوث الثورة التكنولوجية في العالم بدء من الحرب العالمية الثانية والى يومنا هذا.

بالنظر الى المواد من الناحية الكهربية فنجد انه يمكن تقسيمها الى مواد عازلة ومواد موصلة ومواد شبه موصلة ويتوقف نوع المادة على ارتباط الكترونات التكافؤ المتواجدة بمنطقة تسمى منطقة السماح (Valance band) بنواة الذرة من حيث القوة او الضعف وقدرتها على مغادرة منطقة السماح الى منطقة التوصيل (Conduction band) فمن الملاحظ انه ما بين منطقة التوصيل ومنطقة السماح توجد منطقة أخرى تسمى بالمنطقة المحرمة (Forbidden band) وتكون تلك المنطقة كبيرة جدا في حالة المواد العازلة ويكون ارتباط الكترونات التكافؤ بالنواة في الذرة كبير جدا مما يجعلها تحت الظروف الطبيعية غير قادرة على الوصول الى منطقة التوصيل وبذلك لا تصلح هذه المادة للتوصيل الكهربى الا تحت ظروف غير طبيعية ويمكن رؤية ذلك بالشكل ١-١أ ومن اشهر المواد المستخدمة في صناعة العوازل البلاستيك والخزف وبعض أنواع من الزيوت المعدنية اما المواد الموصلة فان منطقة السماح ومنطقة التوصيل تكونا متداخلتين (Overlapping) مما يسهل من حركة الالكترونات في تلك المنطقة المتداخلة مما يكون له اغلب الأثر على توصيل تلك المواد اى ان المنطقة المحرمة تصبح غير موجودة ويمكن روية ذلك بالشكل ١-١ب ومن اشهر المواد من حيث التوصيل الكهربى والتي أصبحت اكثر تداولا النحاس ويليه الألومنيوم حيث يستخدما في صناعة كابلات التوصيل الكهربى والخطوط الهوائية اما مع المواد الشبه موصلة فان المنطقة المحرمة تكون صغيرة جدا وتحتاج الإلكترونات الى القليل من الطاقة للانتقال من منطقة السماح الى منطقة التوصيل وعند درجة الصفر كلفن فان منطقة التوصيل لا تحتوى على اى الكترونات وبالتالي تكون المادة عازلة اما مع زيادة درجة الحرارة فان الالكترونات تكتسب طاقة لتترك منطقة السماح وتنتقل الى منطقة التوصيل وتصبح المادة التي كانت عازلة موصلة كما يمكن تسليط مجال كهربى او جهد كهربى لجعل اشباه الموصلات مواد موصلة للكهرباء ويمكن رؤية ذلك بالشكل ١-١ج

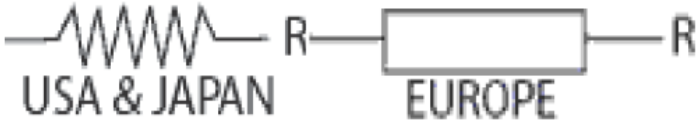
ومن اشهر المواد الشبه موصلة السيليكون والجرمانيوم وتعتبر هذه المواد هي المواد التي قامت عليها عماد الصناعة الحديثة.



شكل ١-١ مناطق السماح والتوصيل والمنطقة الممنوعة والعلاقة بينهما في المواد العازلة والموصلة وشبة الموصلة

١-١ المقاومة الكهربية (Electrical resistance):

في مراحل سابقة من دراستنا للكهرباء والفيزياء تطرقنا الى التعرف على التيار الكهربى حيث عرف على انه فيض من الشحنات الكهربية التي تعبر مقطع الموصل في زمن قدره واحد ثانية وتحدثنا ان تلك الشحنات عند مرورها بالموصل تعانى بعض الإعاقة في حركتها مما يسبب استنفاذ جزء من طاقتها وتختلف تلك الطاقة المفقودة من موصل الى اخر على حسب درجة التوصيلية الخاصة بالمادة المصنوع منها ذلك الموصل وتم تعريف هذه الإعاقة على انها هي المقاومة الكهربية وتسبب هذه الطاقة المفقودة ارتفاع درجة حرارة الموصل٠ وبناء على ذلك فانه يمكن تعريف المقاومة الكهربية بالدائرة بانها ظاهرة إعاقة مرور التيار الكهربى في موصل مما يتسبب في فقد جزء من الطاقة الكهربية على هيئة حرارة ويرمز لهذه المقاومة بالرمز R وتقاس هذه المقاومة بوحدة الاوم ويرمز لها بالرمز Ω وتجدر الإشارة ان المقاومات الكبيرة تقاس اما بالكيلو اوم $(K\Omega)$ او بوحدة الميجا اوم $(M\Omega)$ وترسم المقاومة الكهربية في الدوائر كما بالشكل ١-٢ والمقاومة الكهربية لاى مادة تتوقف على مجموعة من العوامل التي تشكل قيمة المقاومة الكهربية ومن خلال المقطع التالى سوف نتعرف على تلك العوامل وتاثيرها على المقاومة الكهربية للمادة سواء بالزيادة او النقصان.



شكل ١-٢ الرموز المستخدمة بالدوائر للتعبير عن المقاومة الكهربية

١-٢ العوامل التي تتوقف عليها قيمة المقاومة الكهربية:

هنا سوف يتم مناقشة العوامل التي من شانها التأثير على قيمة المقاومة الكهربية حيث بالاختبارات المعملية نجد ان المقاومة الكهربية تتأثر بالعوامل التالية: -

- **نوع مادة الموصل (ρ):** بقياس المقاومة النوعية لمادة كل موصل نجد انها تختلف من مادة الى أخرى حيث نلاحظ ان مادة النحاس وهى المادة الأكثر استخداما في التوصيلات الكهربية وذلك لأنها اجود المواد من ناحية التوصيل الكهربى اى اقل المواد في قيمة المقاومة النوعية ويليها الألومنيوم ويلاحظ ان المقاومة النوعية للمادة بشكل عام تتناسب طرديا مع مقاومة الموصل ($R\alpha\rho$) ويرمز للمقاومة النوعية بالرمز ρ ويقرا رو ووحدة قياس المقاومة النوعية هي اوم متر ($\Omega.m$).
- **طول الموصل (L):** من التجارب المعملية وجد ان قيمة مقاومة الموصل تتناسب طرديا مع طول الموصل ($R\alpha L$) ويرمز لطول الموصل بالرمز L اما وحدة قياس طول الموصل فتقدر بالمتر.
- **مساحة مقطع الموصل (A):** من التجارب العملية وجد ان مساحة مقطع الموصل تتناسب عكسيا مع المقاومة الكهربية ($R\alpha\frac{1}{A}$) حيث بزيادة مقطع الموصل الكهربى تقل المقاومة الخاصة به ويرمز لمساحة مقطع الموصل بالرمز A وتقاس مساحة الموصل بالمتر المربع.
- **درجة حرارة الموصل:** من التجارب العملية اتضح ان جميع الموصلات والعوازل تزداد مقاومتها مع ارتفاع درجة الحرارة ($R\alpha T$).

ولحساب قيمة المقاومة الكهربية اعتماد على العوامل السابقة فاننا نستخدم العلاقة التالية:-

$$R = \rho\frac{L}{A} \qquad 1\text{-}1$$

وبشكل عام تستخدم المقاومة في الدوائر الكهربية للحد من قيمة التيار الكهربى ويمكن تقسيم المقاومة الكهربية الى نوعين رئيسيين هما المقاومات الثابتة والمقاومات المتغيرة.

مثال١-١:

احسب قيمة المقاومة الكهربية لمادة موصل طوله ١٠٠ متر ومساحة مقطعه ١, ٠مم^{٢} والمقاومة النوعية لمادة الموصل ٥٠X١٠$^{-٨}$ اوم متر وإذا سحب السلك بزيادة طوله ٣ أمثال فكم مرة تم زيادة مقاومة السلك نتيجة لذلك.

الحل:

لحساب قيمة مقاومة السلك نستخدم القانون التالى

$$R = \rho \frac{L}{A} = 50x10^{-8} x \frac{100}{0.1x10^{-6}} = 500\ \Omega$$

$$V_2 = V_1 \ \Rightarrow \ A_2 L_2 = A_1 L_1 \ \Rightarrow \ A_2 = \frac{A_1 L_1}{L_2}$$

$$A_2 = \frac{A_1 L_1}{L_2} = \frac{0.1x10^{-6} x100}{3x100} = \frac{1}{3} x10^{-7}$$

$$R_2 = \rho \frac{L_2}{A_2} = 50x10^{-8} x \frac{3x100}{\frac{1}{3} x10^{-7}} = 4500\ \Omega$$

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{4500}{500} = 9 \ \Rightarrow \ R_2 = 9R_1$$

مثال٢-١:

احسب المقاومة النوعية لسلك طوله ٢٠ متر ومساحة مقطعه ١ مم٢ ومقاومته ٣٤٦, ٠اوم

الحل:

لحساب قيمة مقاومة السلك نستخدم القانون التالى

$$R = \rho \frac{L}{A} \ \Rightarrow \ \rho = \frac{RA}{L}$$

$$\rho = \frac{RA}{L} = \frac{0.346X1x10^{-6}}{20} = 1.73X1x10^{-8}\ \Omega m$$

مثال٣-١:

ملف عدد لفاته ٢٠٠٠ لفه مصنوع من النحاس مساحة مقطعه ٨ , ٠ مم٢ والطول المتوسط لكل لفة ٨٠ سم فاذا كانت المقاومة النوعية لمادة النحاس ٠٢ , ٠ ميكرو متر اوجد

١- مقاومة الملف

٢- وإذا سلط على الملف جهد مستمر مقداره ١١٠ فولت فاحسب القدرة التي يستهلكها الملف

الحل:

لحساب قيمة مقاومة السلك نستخدم القانون التالى

$$R = \rho \frac{L}{A} = 0.02x10^{-6} x \frac{80x10^{-2} X\, 2000}{0.8x10^{-6}} = 40\,\Omega$$

القدرة التي يمتصها الملف يمكن حسابها كالتالى

$$P = \frac{V^2}{R} = \frac{110^2}{40} = 302.5Watt$$

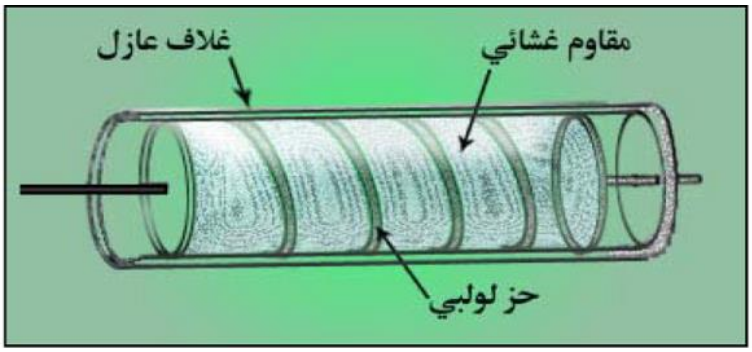
١-٢-١ المقاومات الثابتة وانواعها:

وهى المقاومات التي تكون ذات قيمة ثابتة ولا يمكن تغيرها تحت ظروف التشغيل الطبيعية ولها أنواع كثيرة نذكر منها

المقاومة الكربونية: وتصنع من خلال عمل مزيج من مسحوق الكربون والفخار وتختلف القدرة المستهلكة بها من كسر الوات الى مضاعفات الوات ($\frac{1}{4}, \frac{1}{2}, 1, 2, ...$) ويمكن رويتها بالشكل ١-٣.

شكل ١-٣ المقاومة الكربونية

المقاومة الغشائية: لعمل تلك المقاومة فانه يتم نثر غشاء (Film) متجانس من مادة ذات مقاومة حول قضيب اسطوانى الشكل وتوجد العديد من الاغشية تستخدم في صناعة تلك المقاومة مثل الغشاء الكربونى والغشاء المعدنى والغشاء الاكسيد المعدنى والشكل ١-٤ يبين ذلك النوع من المقاومات.



شكل ١-٤ المقاومة الغشائية

المقاومة السلكية: لتصنيع هذه المقاومة فانه يتم لف السلك التي يصنع منه تلك المقاومة على دليل معزول كما بالشكل ١-٥ وأكثر أنواع الاسلاك شيوعا في تصنيع ذلك النوع من المقاومات هو سلك مصنع من سبائك النيكل كروم والذى يتم اختياره من تلك السبيكة نظرا لمقاومة مادتها المرتفعة.

شكل ١-٥ المقاومة السلكية

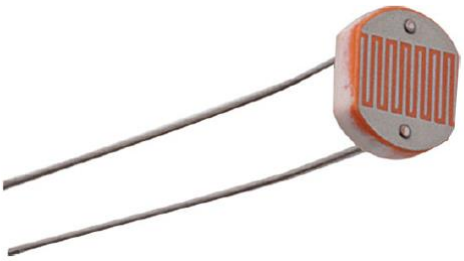
١-٢-٢ المقاومات المتغيرة وانواعها:

تعدد أنواع المقاومات المتغيرة وسنذكر منها هنا البوتنشميتر والمقاومة الضوئية والمقاومة الحرارية وتستخدم هذه المقاومات بشكل عام كمقسم للجهد ومتحكم في شدة تيار الدائرة المستخدمة بها.

المقاومة المتغيرة (Potentiometer): هي مقاومة تتكون من ثلاثة أطراف وذراع وعن طريق تحريك الذراع يتم تغير قيمة تلك المقاومة فمثلا عندما تقول إن قيمة المقاومة 10 KΩ يعني هذا أن قيمة المقاومة تتراوح بين الصفر أوم وتزداد بالتدريج يدويا حتى تصل قيمتها العظمى 10 KΩ (٠-١٠KΩ)، ويمكن تثبيتها على قيمة معينة. والشكل ١-٦ يوضح شكلا لتلك المقاومة٠ ويمكن مشاهدة المقاومة المتغيرة في كافة الأجهزة الصوتية، فعندما نريد رفع صوت الجهاز "الراديو" أو خفضه فإننا نغير في قيمة المقاومة المتغيرة، فعندما تصل قيمة المقاومة أقصاها فإن الصوت ينخفض إلى أقل شدة والعكس عند رفع الصوت.

شكل ١-٦ المقاومة المتغيرة بتونشميتر

المقاومة الضوئية (LDR): هي مقاومات تتغير تلقائيا حسب كمية الضوء الساقطة عليها حيث تتناسب عكسيا مع شدة الضوء لذلك تستخدم في خلايا انارة الطرق والشوارع والشكل ١-٧ يبين أحد هذه المقاومات.



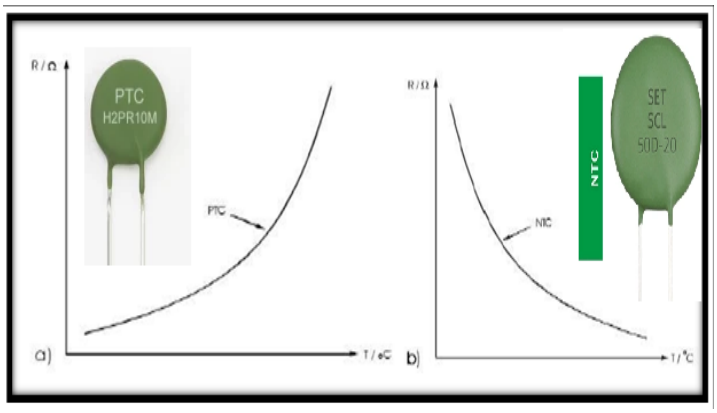
شكل ١-٧ المقاومة الضوئية

المقاومة الحرارية (Thermistor): هي مقاومات تتغير قيمتها تلقائيا حسب درجة حرارة الوسط المتواجدة به فمنها ما يتناسب طرديا مع درجة الحرارة (Positive temperature coffinite) ومنها ما يتناسب عكسيا مع درجة الحرارة (Negative temperature coffinite) حيث يختلف سلوكها باختلاف قيمة التيار ففى المقاومة الحرارية ذات المعامل الحرارى الموجب (PTC) تزداد قيمتها مع زيادة التيار اى انها تتناسب طرديا مع زيادة التيار اما المقاومة الحرارية ذات المعامل الحرارى السالب (NTC) فهى تتناسب عكسيا مع التيار الكهربى المار خلالها وبناء على ذلك يختلف استخداماتها في التطبيقات الكهربية والشكل ١-٨ يوضح استجابة كلا منهما للتيار المار بهما

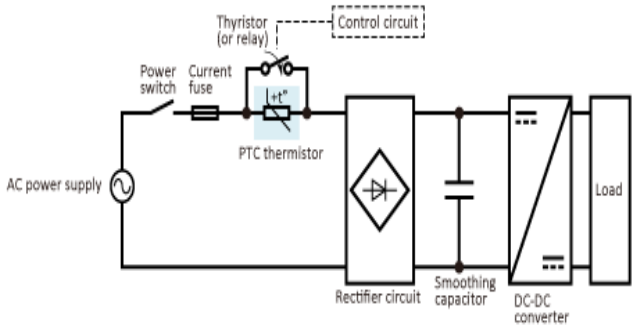
استخدامات ال PTC:

١- يستخدم فى حماية دوائر شحن البطاريات (Chargers) والمكثفات وذلك لحماية دائرة التوحيد (Bridge rectifiers) من التيار الزائد الذى يمر عند بداية الشحن كما بالشكل ١-٩حيث يمر ان تيار البدء لدائرة الشحن يمر في الترمستور فيسبب ارتفاع درجة حرارته وبالتالى تزداد مقاومته مما يؤدى

الى تقنين التيار المسحوب حتى يتم الشحن بمقدار معين وعند ضبط تيار الشحن بعد فترة قصيرة من التشغيل فيتم تجاوز الترمستور عن طريق ريليه او ثيرستور.

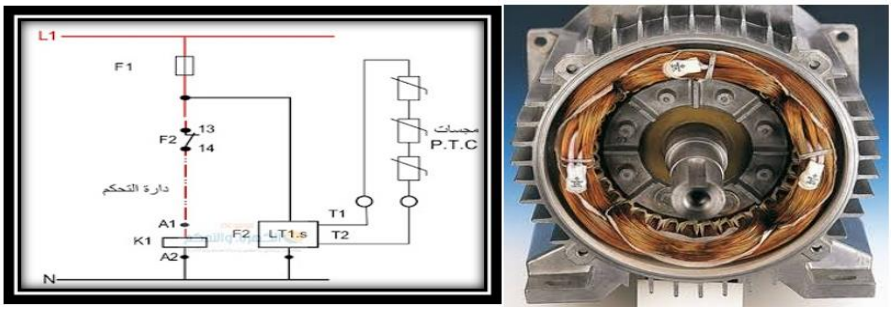


شكل ١-٨ مقاومة حرارية



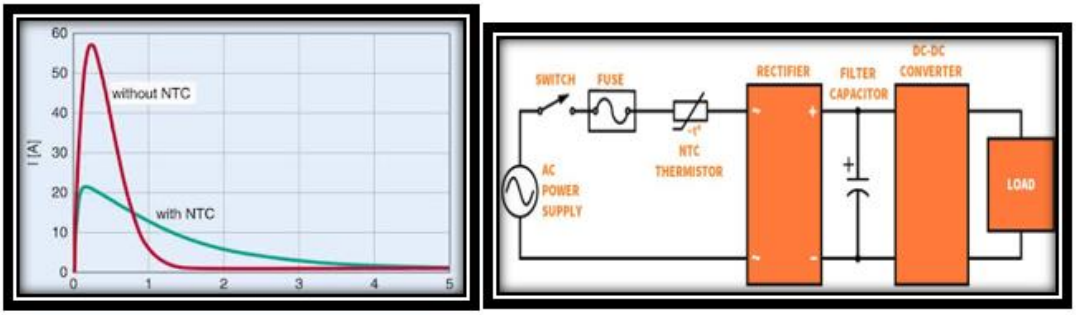
شكل ١-٩ استخدام ال PTC لحماية دوائر الشحن

٢- في استخدام اخر يتم استبدال جهاز الحمل الزائد بمجسات ال (PTC) فعندما ترتفع درجة حرارة الملفات تزداد قيمة مقاومة المجسات، وعندما تزداد المقاومة عن حد معين يفتح ملامس المرحل الحراري الموجود ضمنها مؤديا الى فصل التيار عن المحرك الكهربائي كما بالشكل ١-١٠.



شكل ١-١٠ استخدام ال PTC لحماية ملفات المحرك من الحرارة الزائدة

٣- يستخدم ال NTC في خفض التيار الفجائى لحظة توصيل الدوائر الالكترونية شكل ١-١١



شكل ١-١١ استخدام ال NTC للحد من تيار البدء

١-٣ طرق إيجاد قيمة المقاومة الكهربية:

تتعدد طرق إيجاد قيمة المقاومة الكهربية فمنها ما يستخدم طريقة الألوان ومنها ما يستخدم الشفرة السطحية ويمكن استعراض ذلك في التالى: -

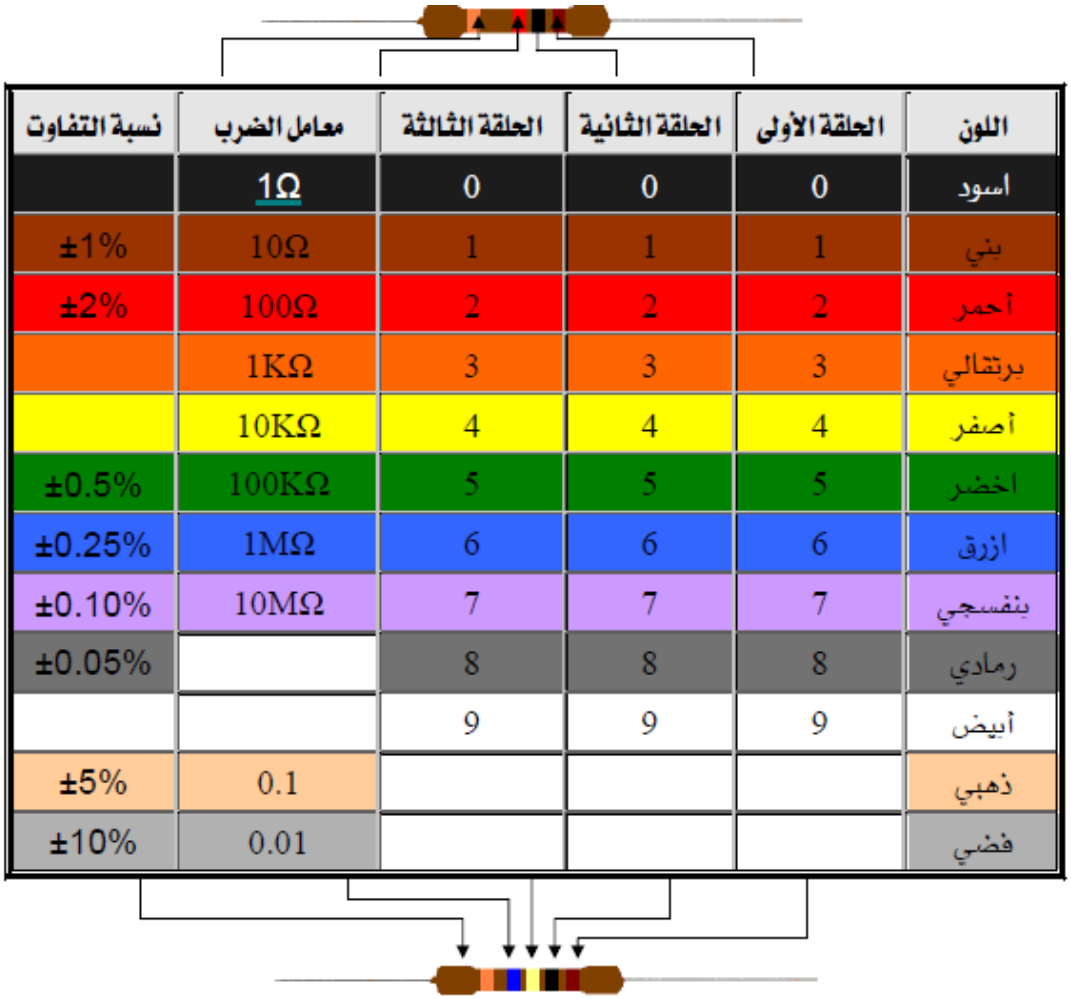
١-٣-١ إيجاد قيمة المقاومة عن طريق الاطواق اللونية المرسومة عليها

في هذه الطريقة نستخدم نطاقا يسمى النطاق اللونى الرباعى اوالنطاق اللونى الخماسى ويمكن رؤية ذلك من خلال الشكل ١-١٢اما شرح تلك النطاقات اللونية فتكون كالتالى: -

فمثلا في النطاق اللونى الرابع يدل اللون الأول واللون الثانى على رقم اللون اما اللون الثالث يدل على القيمة المضروبة ويعبر اللون الرابع عن نسبة التفاوت فمثلا اذا كان لدينا مقاومة مرسوم عليها الالوان البنى والأسود والاحمر والذهبى من ناحية الشمال لليمين فانه من خلال الجدول ولحساب قيمتها فان اللون الأول وهو البنى يأخذ الرقم ١ اما اللون الأسود فيأخذ الرقم صفر واللون الثالث وهو الأحمر يعنى ضرب القيمتين السابقتين (١٠) في الرقم ١٠٠ وعلى ذلك فان هذه المقاومة تكون ١٠٠٠ اوم اما اللون الأخير فيعنى ان التفاوت في قيمة المقاومة سواء بالزيادة او النقصان ٥٪ اى ان قيمة هذه المقاومة تكون محصورة بين ٩٥٠ اوم و ١٠٥٠ اوم نظرا للتفاوت المذكور

اما النطاق اللونى الاخر فيسمى بالنطاق اللونى الخماسى ويمكن شرحه كما يلى يدل اللون الأول والثانى والثالث على رقم اللون والرابع يدل على عدد الاصفار والخامس يدل على نسبة التفاوت فمثلا لو ان اللون الأول من ناحية اليسار في الوان المقاومة بنى هذا معناه ان نبدأ من اليسار الى اليمين بكتابة الرقم المناظر للون وهو ١ واذا كان اللون الثانى اسود نكتب صفر واللون الثالث اصفر وهو يعنى رقم ٤ واللون الرابع ازرق معناها عدد

الأصفر ٦ اصفار واللون الخامس وهو الأخير يكون مبتعدا قليلا عن بقية الألوان وهو يمثل نسبة التفاوت ونظرا لان ذلك اللون ذهبى اى ان التفاوت هو ٥٪ وعلى ذلك فان قيمة المقاومة تكون محصورة ما بين ٩٨,٨ ميجا اوم و ١٠٩,٢ ميجا اوم.



اللون	الحلقة الأولى	الحلقة الثانية	الحلقة الثالثة	معامل الضرب	نسبة التفاوت
اسود	0	0	0	1Ω	
بني	1	1	1	10Ω	±1%
أحمر	2	2	2	100Ω	±2%
برتقالي	3	3	3	1KΩ	
أصفر	4	4	4	10KΩ	
اخضر	5	5	5	100KΩ	±0.5%
ازرق	6	6	6	1MΩ	±0.25%
بنفسجي	7	7	7	10MΩ	±0.10%
رمادي	8	8	8		±0.05%
أبيض	9	9	9		
ذهبي				0.1	±5%
فضي				0.01	±10%

شفرة الألوان للمقاومات رباعية النطاق وخماسية النطاق

شكل ١-١٢ جدول الألوان الخاص بحسابات قيم المقاومات

١-٣-٢ المقاومات سطحية التركيب:

يتم التعبير عنها عادة بثلاثة اعداد حيث العددين الاولين من اليسار يعنيا قيما عددية اما العدد الثالث يعبر عن عدد الاصفار فمثلا المقاومة الموضحة بالشكل ١-١٣ التي تأخذ الرقم ١٠٣ تعنى ان قيمة المقاومة ١٠ التي تعبر عن العدد الأول والثانى من جهة اليسار اما العدد الأخير وهو ٣ فيعبر عن عدد الاصفار وبناء على هذا فان قيمة المقاومة تكون ١٠٠٠٠ اوم اى ١٠ كيلو اوم

شكل ١-١٣ المقاومة السطحية

١-٤ كيفية اختيار المقاومة الكهربية:

ان اختيارك للمقاومة الكهربية يعتمد على قدرتها حيث نجد ان قيمة المقاومات تتماثل ولكن قدرتها على تحمل القدرة الكهربية تكون مختلفة وتتوقف تلك القدرة على قيمة جهد وتيار التشغيل الذى يمكن رؤيته على هيئة حجم حيث يزداد حجم المقاومة الكهربية بناء على قدرتها بالرغم من تساوى قيمتها الاومية والشكل ١-١٤ يوضح ذلك.

شكل ١-١٤ تساوى قيم المقاومة الاومية بالرغم من اختلاف قدرتها

١-٥ استخدام الجهاز المتعدد القياسات لقياس قيمة المقاومة الكهربية:

لقياس المقاومة الكهربية بطريقة صحيحة إذا كانت مستخدمة في دائرة الكترونية فإننا ننزعها أولا من الدائرة ونضع طرفى جهاز القياس على تلك المقاومة كما بالشكل ١-١٥ فتظهر قيمة المقاومة على الشاشة كما بالشكل حيث يتم ضبط الجهاز ليصبح متهيئا لقياس قيمة المقاومة عند وضعه على علامة الاوم.

١-٦ طرق توصيل المقاومات فى الدائرة الكهربية:

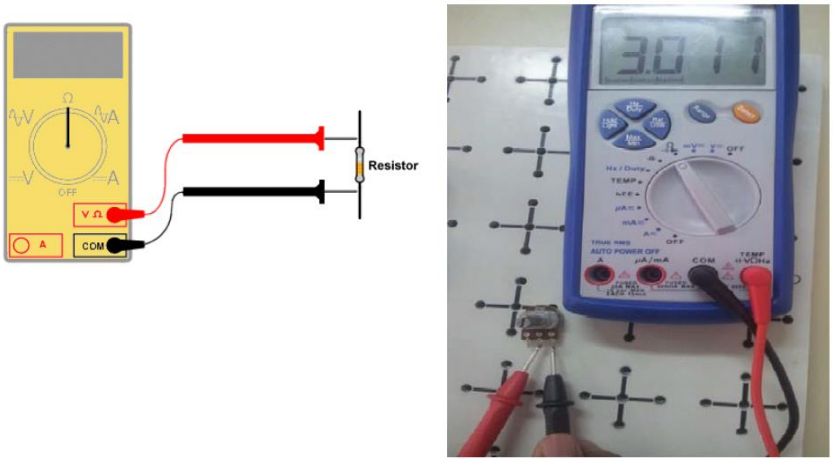
توصل المقاومات في الدوائر الكهربية اما على التوالي واما على التوازى

أولا توصيل المقاومات على التوالي:

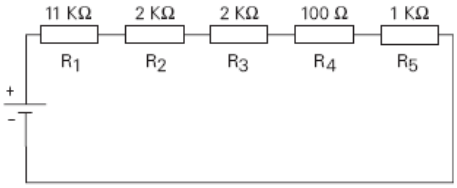
عند توصيل مجموعة من المقاومات الكهربية على التوالي فان القيمة الكلية للمقاومة المحصلة للدائر R_T تزداد وبالتبعية تنخفض شدة التيار الكهربى نظرا لزيادة قيمة المقاومة الكلية والشكل ١-١٦ يبين طريقة توصيل

مجموعة مقاومات على التوالي ومن الملاحظ في طريقة التوصيل تلك ان التيار المار في جميع المقاومات واحد اما قيمة الجهد فتختلف باختلاف قيمة المقاومة الكهربية.

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 \qquad 1-2$$



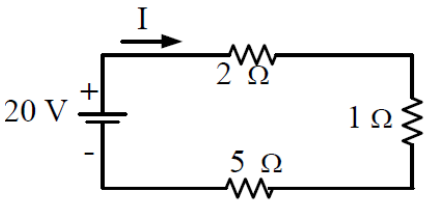
شكل ١-١٥ استخدام الجهاز المتعدد القياسات لقياس المقاومة الكهربية



شكل ١-١٦ مجموعة من المقاومات موصلة توالى

مثال ١-٤:

في الدائرة الموضحة بالشكل التالى



اوجد

١- المقاومة الكلية للدائرة والتيار الكلى
٢- الجهد على أطراف كل مقاومة والقدرة التي تستهلكها
٣- القدرة التي تنتجها البطارية

الحل:

من الدائرة المرسومة يتضح ان جميع مقاومتها متصلة على التوالي حيث كل مقاومتها يمر بها نفس التيار وعلى ذلك يمكن حساب المقاومة الكلية كما يلى

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 = 2 + 1 + 5 = 8\,\Omega$$

لحساب التيار الكلى فإننا نطبق قانون اوم كالتالى

$$I_t = \frac{V_B}{R_t} = \frac{20}{8} = 2.5A$$

لحساب الجهد في كل مقاومة فإننا نطبق قانون اوم وعلى ذلك يكون

$$V_{2\Omega} = I_t R_{2\Omega} = 2.5X2 = 5V, \quad V_{1\Omega} = I_t R_{1\Omega} = 2.5X1 = 2.5V, \quad V_{5\Omega} = I_t R_{5\Omega} = 2.5X5 = 12.5V$$

يمكن حساب القدرة المستهلكة في كل مقاومة كالتالى

$$P_{2\Omega} = I_t^2 R_{2\Omega} = 2.5^2 X2 = 12.5W, \quad P_{1\Omega} = I_t^2 R_{1\Omega} = 2.5^2 X1 = 6.25W, \quad P_{5\Omega} = I_t R_{5\Omega} = 2.5^2 X5 = 31.25W$$

لاحظ انه يمكن حساب القدرة المستهلكة في المقاومات أيضا من خلال الجهد المسلط عليها كالتالى

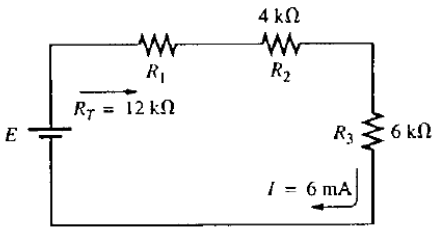
$$P_{2\Omega} = \frac{V_{2\Omega}^2}{R_{2\Omega}} = \frac{5^2}{2} = 12.5W, \quad P_{1\Omega} = \frac{V_{1\Omega}^2}{R_{1\Omega}} = \frac{2.5^2}{1} = 6.25W, \quad P_{5\Omega} = \frac{V_{5\Omega}^2}{R_{5\Omega}} = \frac{12.5^2}{5} = 31.25W$$

اما لحساب القدرة الناتجة من البطارية يمكن تطبيق القانون التالى

$$P = V_B X I_t = 20X2.5 = 50W$$

مثال ١-٥:

في الدائرة الموضحة بالشكل التالى



اوجد المقاومة R_1 وجهد البطارية E

الحل:

يمكن إيجاد قيمة المقاومة R_1 من القانون التالى

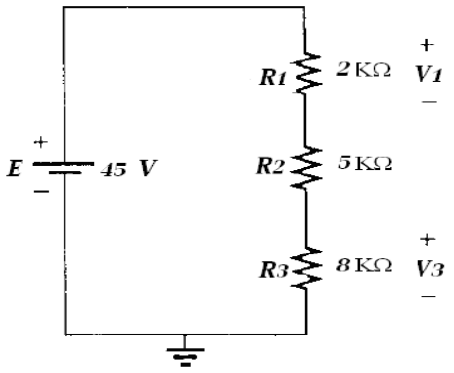
$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 \qquad R_1 = R_t - (R_2 + R_3) = 12 - (4+6) = 2\ K\Omega$$

اما جهد البطارية E فيمكن حسابه كالتالى

$$E = I_t X R_t = 0.006 X 12000 = 72V$$

مثال ١-٦:

في الدائرة الموضحة بالشكل التالى



اوجد فرق الجهد الموضح على الرسم

الحل:

واضح من الرسم ان هذه المقاومات متصلة على التوالي وان الدائرة المرسومة تشبه دائرة موزع الجهد لذا سوف نطبق عليها قانون موزع الجهد

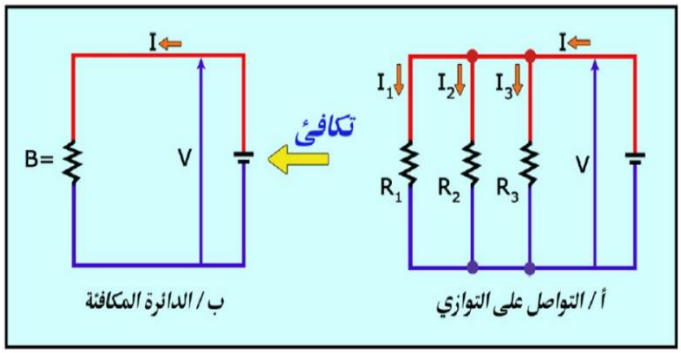
$$V_1 = \frac{E}{R_t} X R_1 = \frac{45}{2+5+8} X 2 = 6V$$

$$V_3 = \frac{E}{R_t} X R_3 = \frac{45}{2+5+8} X 8 = 24V$$

ثانيا توصيل المقاومات على التوازى:

نلاحظ ان بدايات المقاومات الكهربية متصلة معا ونهايات المقاومات الكهربية متصلة معا كما بالشكل ١-١٧ويمكن حساب قيمة المقاومة الكلية من العلاقة التالية

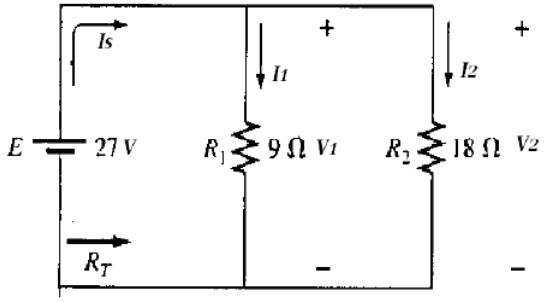
$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \qquad 1-3$$



شكل ١-١٧ توصيل المقاومات على التوازى

مثال ١-٧:

في الدائرة الموضحة بالشكل التالى اوجد القيم المجهولة



الحل:

من خلال دراستنا للشكل يتضح ان القيم المجهولة هي المقاومة R_T الكلية التيار I_s الكلى التيار I_1 والتيار I_2 ويمكن حسابهما كالتالى

من هندسة الشكل يلاحظ ان المقاومتين R_1 و R_2 متصلتين على التوازى لذلك يمكن إيجاد محصلتهما R_T كالتالى

$$\frac{1}{R_T}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}=\frac{1}{9}+\frac{1}{18}=\frac{3}{18} \quad \Rightarrow R_T=\frac{18}{3}=6\,\Omega$$

لإيجاد التيار الكهربى I_s يمكن تطبيق قانون اوم كالتالى

$$I_s=\frac{E}{R_T}=\frac{27}{6}=4.5A$$

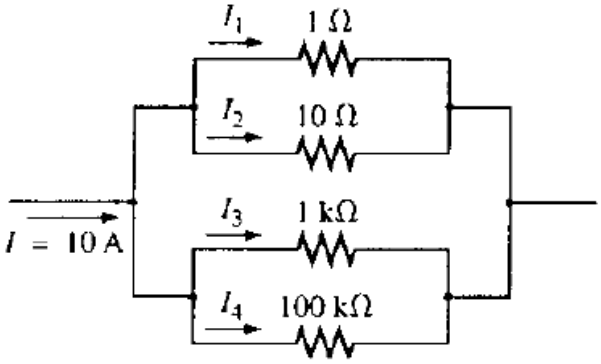
لإيجاد كلا من التيار I_1 و I_2 يمكن استخدام قانون تقسيم التيار (Current divider) كالتالى

$$I_1 = I_s \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 4.5X \frac{18}{9+18} = 3A$$

$$I_2 = I_s \frac{R_1}{R_1 + R_2} = 4.5X \frac{9}{9+18} = 1.5A$$

مثال ١-٨:

في الدائرة الموضحة بالشكل التالى اوجد القيم المجهولة وقيمة المقاومة الكلية



الحل:

في الدائرة السابقة لاحظ ان المقاومات الكهربية مختلفة في وحد القياس فمثلا المقاومة ١ و١٠ بالأوم اما المقاومة ١ و١٠٠ بالكيلو اوم وجميع هذه المقاومات متصلة على التوازى فتكون المقاومة المكافئة لهما يمكن حسابها كالتالى

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} = \frac{1}{1} + \frac{1}{10} + \frac{1}{1000} + \frac{1}{100000} \quad \Rightarrow R_T = 0.9081819\,\Omega$$

لإيجاد قيم التيارات فإننا نستخدم مبدا تساوى الجهد على هذه المقاومات ويمكن حساب تلك التيارات كالتالى

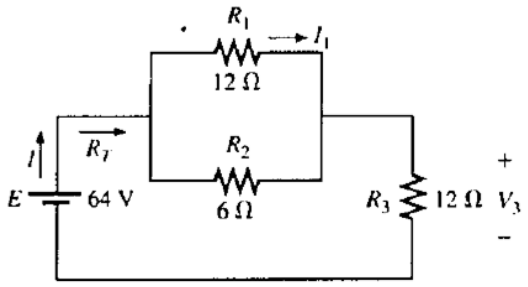
$$V = R_T X I_T = 0.9081818X10 = 9.081818V$$

$$I_1 = \frac{V}{R_1} = \frac{9.081818}{1} = 9.081818A, \qquad I_2 = \frac{V}{R_2} = \frac{9.1}{10} = 0.9081818A$$

$$I_3 = \frac{V}{R_1} = \frac{9.081818}{1} = 9.081818.1mA, \qquad I_4 = \frac{V}{R_4} = \frac{9.081818}{10} = 0.9081818mA$$

مثال ١-٩:

في الدائرة الموضحة بالشكل التالى اوجد القيم المجهولة



الحل:

من الدائرة يمكن ملاحظة ان المقاومات R_1 و R_2 متصلة على التوازى ومحصلتهما متصلة على التوالي مع المقاومة R_3 وعلى هذا يمكن إيجاد المقاومة الكلية R_T من التالى

$$R_T = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + R_3 = \frac{12X6}{12+6} + 12 = 16\Omega$$

بتطبيق قانون اوم على الدائرة يمكن إيجاد التيار الكلى كالتالى

$$I = \frac{E}{R_T} = \frac{64}{16} = 4A$$

اما الجهد فيمكن حسابه كالتالى

$$V_3 = I R_3 = 4X12 = 48V$$

١-٧ الملف الكهربى (Electrical Coil):

يعرف الملف الكهربى بانه عنصر له القدرة على تخزين الطاقة الكهربية على هيئة مجال مغناطيسى ووحدة قياسه تسمى الهنرى وتوجد وحدات اصغر مثل الميكرو هنرى والملى هنرى ويتركب الملف الكهربى من سلك معزول ملفوف على إطار من مادة عازلة former وتوجد اشكال عديدة للملف الكهربى فمنها الملفات ذات القلب الاسطوانى والملفات التي تأخذ شكل متوازى المستطيلات او التي يكون قلبها مجوف او بداخله قلب حديدى او مسحوق من الفرايت والشكل ١-١٨ يبين بعض اشكال الملفات ولكل ملف حث ذاتى خاص به يقاس بالهنرى كما المحنا قبل ذلك ويتوقف ذلك الحث على عدد من العوامل سوف نتحدث عنها في الجزء التالى

شكل ١-١٨اشكال الملفات المستخدمة في الدوائر الاليكترونية

١-٧-١الحث الذاتي لملف والعوامل المؤثرة عليه:

يعرف الحث الذاتي لملف بمقدار مقاومة الملف لحدوث تغير للتيار المار به سواء بالزيادة او النقصان عن طريق توليد جهد معاكس للجهد المسبب لذلك التغيير كما انه يمكن تعريف الحث الذاتي بانه النسبة ما بين القوة الدافعة المستحثة بين طرفى الملف الى معدل تغير التيار المتولد نتيجة توليد تلك القوة الدافعة. وتوجد العديد من العوامل المؤثرة على قيمة الحث الذاتي للملف وهى

- مساحة مقطعة
- طول الملف.
- عدد لفاته.
- الممانعة المغناطيسية اى إذا كان للملف قلب من مادة مغناطيسية كالحديد أو مسحوق الحديد أو من مادة الفيريت.

وعلى ذلك يمكن حساب الحث الذاتي للملف من العلاقة التالية

$$L = \frac{\mu_0 \mu_R A N^2}{l} \qquad 1-4$$

حيث هي L الحث الذاتي A مساحة الملف N عدد لفات الملف l طول الملف μ_0 الممانعة المغناطيسية للفراغ و μ_R الممانعة المغناطيسية لمادة القلب

ان الحث الذاتي لأى ملف يعمل على مقاومة تغير التيار داخل الملف سواء بالزيادة او بالنقصان نتيجة لتولد قوة دافعة مستحثه عكسية تقاوم القوة الدافعة الاصلية المسلطة على الملف حيث يصل التيار لقيمته العظمى بعد

فترة من الزمن وليس لحظيا نظرا لتأثير الحث الذاتي للملف المتواجد بالدائرة الكهربية ويمكن تفسير ذلك تبعا لقانون فارادى كالتالى

عند غلق الدائرة الكهربية يزداد التيار تدريجيا مع الزمن ولان الفيض المغناطيس دالة مرتبطة بالتيار الكهربى فان الفيض المغناطيسى بالدائرة يزداد تدريجيا مع الزمن. تؤدى تلك الزيادة في الفيض المغناطيسى الى تولد قوة دافعة عكسية تعاكس تأثير الزيادة في الفيض المغناطيسى تبعا لقانون لينز. تعمل هذه القوة الدافعة في اتجاه معاكس لعمل التيار الكهربى اى انها تحاول ان تحد من التغير الحادث للتيار ويسمى ذلك بالحث الذاتي للملف

قانون لينز: تغيير التدفق المغناطيسي في الموصل الكهربائي ينتج جهد حثي وبالتالي فإن التيار الناتج من خلاله يُولد فيض مغناطيسي في اتجاه مضاد لتغيير الفيض المغناطيسي الأصلي، مما يعني أن القوة الدافعة الكهربائية وفيض المجال المغناطيسي يحملا إشارات متعاكسة.

يمكن التعبير عن الحث الذاتي لأى ملف اعتمادا على قانون فارادى

قانون فارادى: التغيرات الحادثة في معدل التدفق المغناطيسي للملف يمكن أن تولد قوة دافعة كهربائية، والتي بدورها تعمل على توليد تياراً كهربائياً متغيرا

نظرا لان الفيض المغناطيسى هو دالة طردية تعتمد على قيمة المجال المغناطيسى وتغيره والمجال المغناطيسى هو أيضا دالة طردية في التيار المار بالدائرة فان القوة الدافعة الكهربية المتولدة عن ذلك التيار تتناسب مع الحث الذاتي للملف والتغير في التيار الكهربى المار في الدائرة الكهربية وعلى يكون

$$e = -N\frac{\Delta\phi_m}{\Delta t} \qquad (1-5)$$

$$e = -L\frac{\Delta I}{\Delta t} \qquad (1-6)$$

$$e = -N\frac{\Delta\phi_m}{\Delta t} = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$L = N\frac{\phi_m}{I} \qquad (1-7)$$

$$L = \frac{e}{\frac{\Delta I}{\Delta t}} \qquad (1-8)$$

حيث $\frac{\Delta \phi_m}{\Delta t}$ معدل تغير الفيض المغناطيسى بالنسبة الزمن و $\frac{\Delta I}{\Delta t}$ معدل تغير التيار بالنسبة الزمن

ممانعة الملف (Coil Reactance): تزيد ممانعة الملف بزيادة تردد الإشارة المارة بالملف وبزيادة حث الملف او بكليهما.

١-٧-٢أنواع الملفات (Coils Types):

يمكن تقسيم الملفات طبقا لنوع القلب او تبعا للتردد

وتقسم الملفات تبعا لنوع القلب الى: -

١. ملفات ذات قلب هوائي شكل ١-١٩وهى تلك الملفات التي يشغل الهواء ما بداخل إطارها الداخلي (ما بداخل قلبها) والحث الذاتي لمثل هذه الملفات صغير.

شكل ١-١٩ ملف ذو قلب هوائى

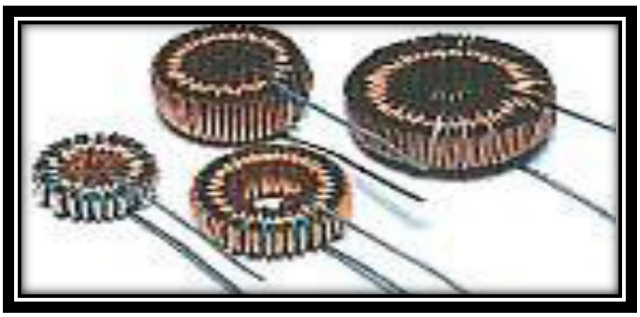
٢. ملفات ذات قلب حديدى:

إذا وضع داخل الملف قلب حديدي شكل ١-٢٠ فان المجال المغناطيسي يتركز داخل وحول الملف ولا يشرد كثيراً خارجه، وبالتالي يزيد من حث الملف وقد يصل حث مثل هذا النوع من الملفات إلى ١٠ هنري. وبالرغم من زيادة الحث الذاتي الا ان اهم ما يعيب هذا النوع من الملفات أنه تتولد فيه تيارات بالحث الذاتي داخل القلب الحديدي تسمى بالتيارات الدوامية، تتحرك في اتجاهات عشوائية داخل هذا القلب مما يسبب ارتفاع درجة حرارة القلب المغناطيسي وفقد في الطاقة. للتغلب على ذلك يتم تقسيم القلب الحديدي إلى شرائح معزولة عن بعضها البعض لتقاوم تلك التيارات وتستخدم الملفات ذات القلب الحديدي في التنعيم بدوائر تقويم التيار المتردد كما تستخدم في دوائر المصابيح الفلورسنتية.

شكل ١-٢٠ ملفات ملفوفة حول قلب حديدى مقسم لشرائح

ملفات ذات قلب مصنوع من مسحوق اسود:

وهي الملفات الموضحة بالشكل ١-٢١ والتي يوضع بداخل قلبها مسحوق من الحديد الذى يتم خلطه بمادة عازلة ويضغط ليعطي قلب مغناطيسي ذو مقاومة كهربية عالية، وبالتالي تقل التيارات الدوامية إلى حد كبير.



شكل ١-٢١ ملفات ملفوفة حول قلب مصنوع من مسحوق حديد اسود

ملفات ذات قلب مصنوع من مادة الفيرريت:

يوضح شكل ١-٢٢ ذلك النوع من الملفات يوضع بداخل قلبها مادة الفيريت، وتمتاز مادة الفيريت بانها مادة مغناطيسية مقاومتها الكهربية عالية جداً، وبذلك نضمن عدم سريان التيارات الإعصارية (Eddy current) داخلها.

شكل ١-٢٢ ملف ملفوف حول قلب من مادة الفيريت

تقسيم الملفات من ناحية التردد: يمكن تقسيم الملفات من ناحية التردد الى ملفات الترددات المنخفضة وملفات الترددات المتوسطة وملفات الترددات العالية

أولا ملفات الترددات المنخفضة (Low Frequency Coil):

وهي الملفات التي تستخدم في الترددات الصوتية، ومن المعروف أن الترددات الصوتية تتراوح من ٢١ هرتز إلى ٢١ كيلو هرتز. وملفات التردد المنخفض هي من انواع الملفات ذات القلب الحديدي.

ثانيا ملفات الترددات المتوسطة (Medium Frequency Coil):

وهي الملفات التي تستخدم في الترددات المتوسطة، والتردد المتوسط يستخدم في أجهزة الراديو ذات التعديل السعوي AM يساوي ٤٦٥ كيلو هرتز.

وملفات التردد المتوسط هي عبارة عن الملفات ذات القلب المصنوع من مسحوق الحديد أو مادة الفيرريت.

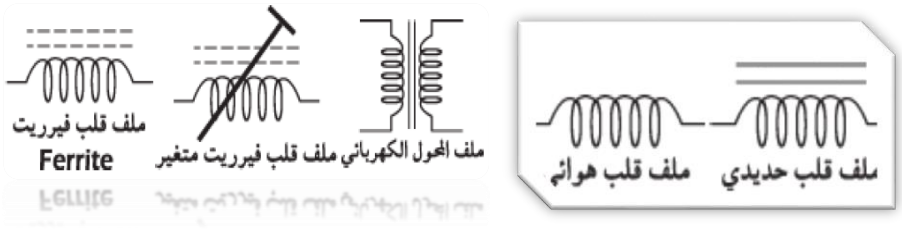
ثالثا ملفات الترددات المرتفعة (High Frequency Coil):

وهي الملفات التي تستخدم في الترددات التي تزيد عن ٢ ميجا هرتز، مثل دوائر التنعيم في أجهزة الراديو. وملفات التردد العالي هى الملفات ذات القلب الهوائي.

لاحظ ان: في حالة الترددات المرتفعة تكون ممانعة الملفات كبيرة، وفى حالة الترددات المنخفضة تكون ممانعة الملفات صغيرة وهذا يمكننا من فصل الترددات الصوتية عن الترددات المرتفعة في الدوائر التي يقترن فيها التردد المرتفع مع التردد المنخفض.

١-٧-٣ رموز الملفات في الدائرة الكهربية (Symbols of Electrical Coil):

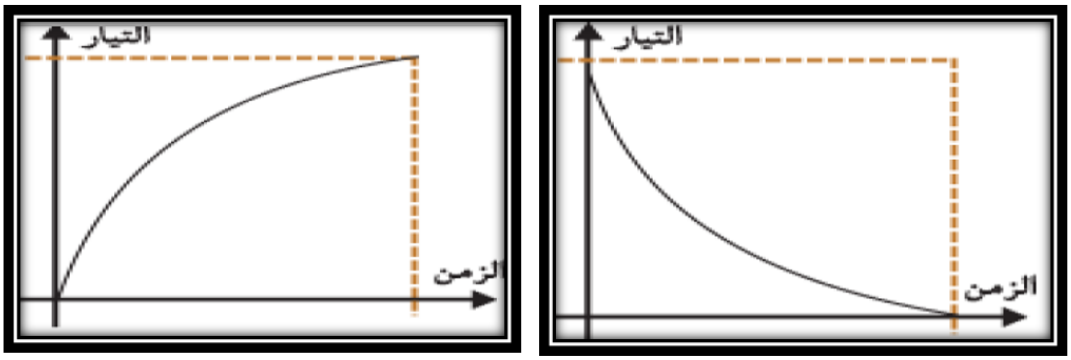
يوضح الشكل ١-٢٣ الرموز المختلفة للملفات بالدوائر الكهربية والدوائر الالكترونية



شكل -٢٣ رموز الملفات بالدوائر الكهربية والالكترونية

١-٧-٤ الملف في دوائر التيار المستمر (Coil in DC Circuits):

إذا سلط جهد مستمر على ملف، فان التيار سيمر بالملف ولا يصل إلى قيمته العظمى منذ اللحظة الأولى وذلك بسبب تولد جهد مستنتج بالحث الذاتي يعارض مرور التيار في الملف ويمكن رؤية ذلك بالشكل ١-٢٤.



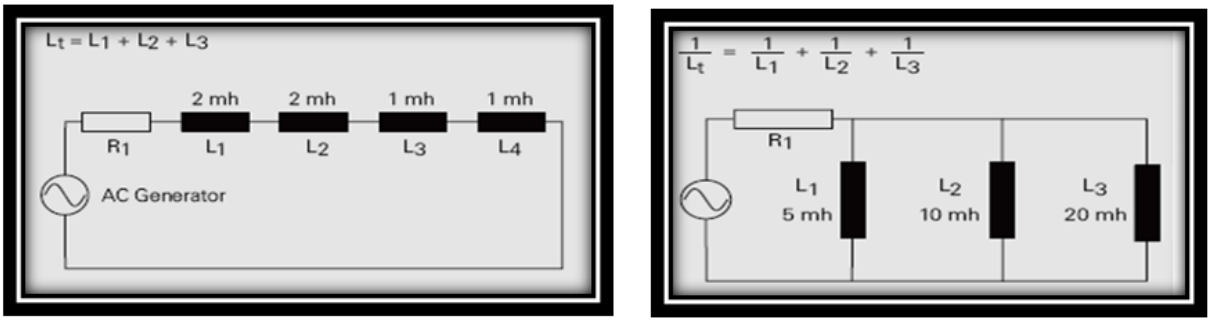
شكل ١-٢٤ شكل التغير فى التيار اثناء الزيادة او النقصان

١-٧-٥ الملفات في دوائر التيار المتناوب (Coil in AC Circuit):

بما أن التيار المتناوب يتغير باستمرار في قيمته واتجاهه، لذلك فان الملفات يتولد فيها جهد مستنتج بالحث الذاتي يعارض الزيادة أو النقص أو تغيير الاتجاه عندما توصل تلك الملفات في دوائر التيار المتناوب.

١-٧-٦ توصيل الملفات في الدوائر الكهربية:

يتم توصيل الملفات اما على التوالي او على التوازى حيث تزداد قيمة الحث الذاتي الكلى مع توصيل الملفات على التوالي وتقل مع توصيل الملفات على التوازى.

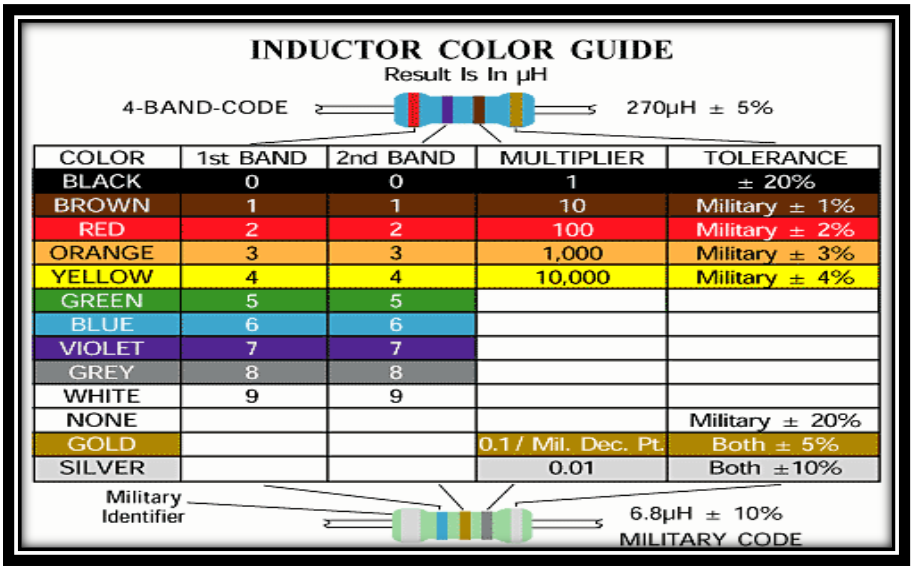


التوصيل على التوازى التوصيل على التوالي

شكل ١-٢٥ طرق توصيل الملفات بالدوائر الكهربية

١-٧-٧ قراءة وحساب قيمة الحث الذاتي لملف:

الملفات الجاهزة: تشبه المقاومات وتحوي على حلقات لونية أيضاً وتكون قيمها ثابتة. يمكن معرفة قيمها باستخدام الجدول الموضح بالشكل ١-٢٦ وبنفس الطريقة المستخدمة مع المقاومات.



شكل ١-٢٦ جدول حساب قيمة الحث الذاتي لملف ذو اطواق لونية

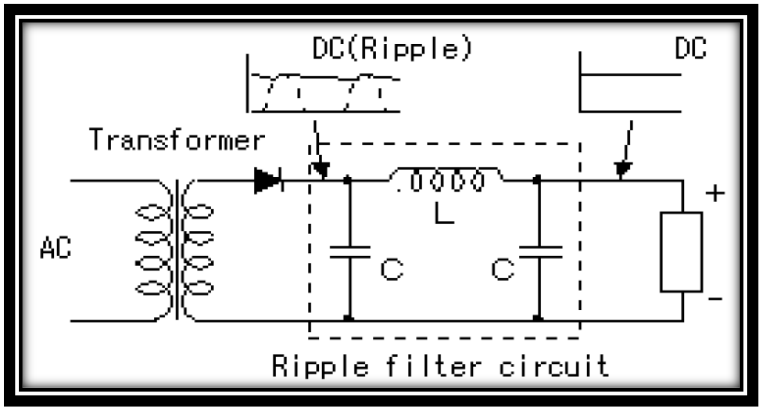
١-٧-٨ كيفية التأكد من سلامة الملف:

باستخدام الآفوميتر على وضع الـBuzzer إذا أعطى الآفوميتر صافره عند توصيل طرفيه بطرفي الملف فهذا يعني أن الملف سليم ولا يوجد بداخله قطع أما إذا لم يعطي صافره فهذا يعني أنه تالف ويجب استبداله ويمكن رؤية ذلك بالشكل ١-٢٧. ويجب ملاحظة انه ليس للملفات الصغيرة أو الكبيرة قطبية.

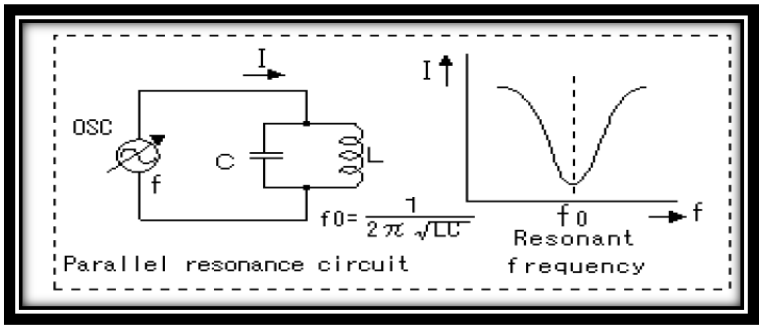
شكل ١-٢٧ استخدام الافوميتر للتحقق من سلامة الملف

١-٧-٩ بعض التطبيقات البسيطة للملفات:

شكل ١-٢٨ يوضح استخدام الملف في ترشيح الإشارات بعد عملية التقويم، حيث إن الإشارة بعد التقويم من التيار المتناوب إلى المستمر تحوي على ترددات عالية تستطيع أن تتجاوز مكثف الترشيح لذلك فان الملف يقوم بحجز هذه الترددات لنحصل في الخرج على إشارة مستمرة تماماً. كما انه من الاستخدامات الأخرى للملف استخدامه في دوائر الرنين كما بالشكل ١-٢٩.



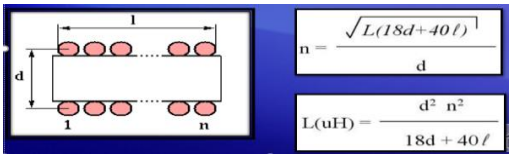
شكل ١-٢٨ استخدام الملف في ترشيح الإشارات بعد عملية التقويم



شكل ١-٢٩ استخدام الملف في دوائر الرنين

١-٧-١٠ كيفية حساب لفات الملف والحث الذاتي:

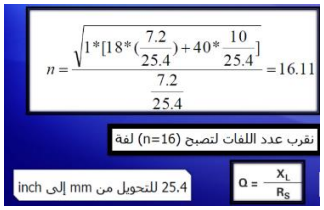
العلاقات التالية توضح كيفية حساب عدد اللفات والحث الذاتي للملفات ذات القلب الهوائي



مثال تطبيقى:

في احدى دوائر الارسال بأمواج الراديو على المجال FM كانت قيمة احدى الملفات في الدائرة ١ ميكرو فأراد ويراد معرفة حساب عدد اللفات للملف

أولا نختار سلك بمقطع مليمتر وبقطر لفة مليمتر واختير قطر اللفة من اجل تحقيق عامل جودة جيد حتى نتجنب الضوضاء



جداول حساب الحث الذاتي وعدد اللفات:

INDUCTANCE TABLE (diameter 5.8 mm, 0.6mm wire)				
Number of turns	Inductance (nH) (Compact coil)	Q-value 13-MHz (Compact coil)	Inductance (nH) (Air-space coil)	Q-value 13-MHz (Air-space coil)
4	92	540	79	-
5	131	370	120	530
6	175	340	155	500
7	220	300	184	640
8	272	370	234	560
9	315	470	267	770
10	363	650	313	1270

INDUCTANCE TABLE (diameter 7.2 mm, 0.6mm wire)				
Number of turns	Inductance (nH) (Compact coil)	Q-value 13-MHz (Compact coil)	Inductance (nH) (Air-space coil)	Q-value 13-MHz (Air-space coil)
3	77	407	66	440
4	122	325	102	560
5	177	340	-	-
6	240	440	206	550
7	306	509	290	690
8	379	607	319	1300
9	470	1500	422	>1500
10	582	>1000	515	>1000
11	644	>1000	-	>1000
12	656	>1000	545	>1000
13	745	>1000	612	>1000

مثال ١-١٠:

اوجد الحث الذاتي لملف عدد لفاته ١٠٠ لفه وطول الملف ١٠ سم عند وضع قلب حديدى معامل النفاذية المغناطيسية له ١٠٠٠ وعند نزع القلب علما بان قطر الملف ٥مم ومعامل نفاذية الهواء $4\pi X 10^{-7}$

الحل:

في وجود القلب الحديدى

$$L = \frac{\mu_0 \mu_R A N^2}{l} = \frac{4\pi X10^{-7} X1000X \frac{\pi}{4} X(5X10^{-3})^2 X100^2}{10X10^{-2}} = 2.5X10^{-3} H$$

عند نزع القلب الحديدى

$$L = \frac{\mu_0 A N^2}{l} = \frac{4\pi X10^{-7} X \frac{\pi}{4} X(5X10^{-3})^2 X100^2}{10X10^{-2}} = 2.5X10^{-6} H$$

مثال ١-١١:

حلقة دائرية مصنوعة من الحديد متوسط طولها ٤٠ سم ومساحة مقطعها ١ سم^{٢} ملفوف عليها ملف عدد لفاته ٤٠٠٠ لفة فاذا امر تيارا شدته ٠,٥ امبير كانت كثافة الفيض المغناطيسى ٠,٤ وبر/م٢ اوجد النفاذية المغناطيسية للحلقة الحديدية والحث الذاتي لها

الحل:

الحث الذاتي يمكن ايجاده من القانون التالى

$$L = N\frac{\phi}{I} = 4000X\frac{B.A}{0.5} = 4000X\frac{0.4X1X10^{-4}}{0.5} = 3.2H$$

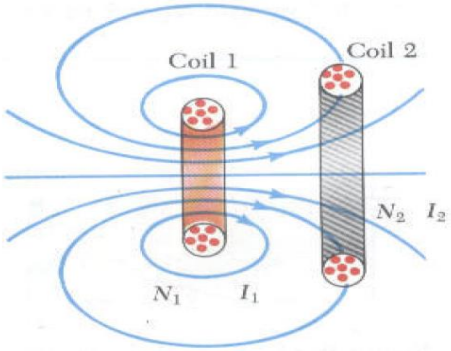
اما معامل النفاذية المغناطيسية يمكن حسابها كالتالى

$$L = \frac{\mu_0 \mu_R A N^2}{l} \quad \Rightarrow \quad \mu_R = \frac{Ll}{\mu_0 A N^2} = \frac{3.2X0.4}{4\pi X10^{-7} X1X10^{-4} X4000^2} = 63.69$$

١-٧-١١ الحث المتبادل بين ملفين (Mutual inductance):

عند وجود ملفين متجاورين وتم امرار تيار كهربى في احداهما فانه يتولد فيه قوة دافعة كهربية نتيجة للحث الذاتي وبتغيير ذلك التيار سواء بالزيادة او النقصان فإننا نجد ان الملف الاخر يتأثر بذلك التغيير وتنشا به قوة دافعة مستحثه ويسمى ذلك التأثير بالحث المتبادل بين الملفين الذى يمكن مناقشة تأثيره من خلال الشكل ١-٣٠ حيث يمكن ملاحظة انه عند امرار تيار كهربى I_1 في الملف الأول الذى عدد لفاته N_1 يتولد مجالا

مغناطيسيا بالملف الثانى الذى عدد لفاته N_2 هذا المجال المغناطيس له فيض مغناطيسى ϕ_{21} وعند غلق الملف الثانى يمر به تيار I_2 وبناء على ذلك التأثير يمكن إيجاد الحث المتبادل من العلاقة



شكل ١- ٣٠ قطاع في ملفين متجاورين يمر في كلا منهما تيار كهربى

$$M_{21} = \frac{N_2 \phi_{21}}{I_1}$$

حيث M_{21} الحث المتبادل بالملف الثانى

وإذا كان التيار المار بالملف الأول متغيرا مع الزمن يتولد بالملف الثانى قوة دافعة كهربية e_2 يمكن حسابها من خلال العلاقة

$$e_2 = -N_2 \frac{\Delta \phi_{21}}{\Delta t}$$

والتي يمكن حسابها أيضا نتيجة للحث المتبادل من العلاقة

$$e_2 = -M_{21} \frac{\Delta I_1}{\Delta t}$$

وبفرض مرور تيار بالملف الثانى فقط فانه بناء على ما سبق تكون القوة الدافعة الكهربية المتولدة بالملف الأول هي

$$e_1 = -M_{12} \frac{\Delta I_2}{\Delta t}$$

ويجب ملاحظة تساوى القوة الدافعة الكهربية e_1 المتولدة بالملف الأول بالقوة الدافعة الكهربية e_2 المتولدة بالملف الثانى في حال تساوى معدل التغير للتيار المار بالملف الأول $\frac{\Delta I_1}{\Delta t}$ مع معدل تغير التيار المار بالملف الثانى $\frac{\Delta I_2}{\Delta t}$ وعلى ذلك يكون

$$e_1 = e_2 \qquad \Rightarrow \qquad M_{12} = M_{21} = M$$

وفى هذه الحالة تكون القوة الدافعة الكهربية المتولدة بكلا من الملف الأول والثانى على الترتيب هي

$$e_1 = -M \frac{\Delta I_2}{\Delta t}$$

$$e_2 = -M \frac{\Delta I_1}{\Delta t}$$

ويمكن حساب قيمة الحث المتبادل بين ملفين أيضا اعتمادا على قيمة الحث الذاتي حيث يمكن ملاحظة ان اجمالى القوة الدافعة لاى ملفين متجاورين تعتمد على كلا من الحث الذاتي والحث المتبادل.

لذلك فان القوة الدافعة التأثرية المتولدة بالملف الأول تكون

$$e_1 = L_1 \frac{\Delta I}{\Delta t} + M \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

والقوة الدافعة التأثرية المتولدة بالملف الثانى تكون

$$e_2 = L_2 \frac{\Delta I}{\Delta t} + M \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

هذين الملفين يمكن توصيلهما بالدائرة الكهربية اما على التوالي واما على التوازى وفى حال توصيلهما على التوالي تكون القوة الدافعة التأثيرية الكلية هي

$$e = e_1 + e_2$$

$$e = L_1 \frac{\Delta I}{\Delta t} + M \frac{\Delta I}{\Delta t} + L_2 \frac{\Delta I}{\Delta t} + M \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$e = (L_1 + L_2 + 2M)\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

ويحدث ذلك عند امرار التيار الكهربى بالملفين وتوصيلهما بحيث يكون الفيض المغناطيسى الكلى المحصل لهما هو مجموع الفيض المغناطيسى لكل ملف

ولإيجاد الحث المحصل وباعتبار ان الملفين عبارة عن ملف واحد تكون القوة الدافعة المستحثة يمكن التعبير عنها كالتالى

$$e = L'\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

وبناء على ذلك يكون

$$L' = L_1 + L_2 + 2M$$

اما إذا كان الفيض المغناطيس الناتج من الملف الأول يعاكس الفيض المغناطيس الناتج من الملف الثانى فان

$$L'' = L_1 + L_2 - 2M$$

بطرح المعادلتين السابقتين نجد ان

$$M = \frac{1}{4}(L' - L'')$$

$$M^2 = L_1 X L_2$$

$$M = \sqrt{L_1 X L_2}$$

مثال ١-١١:

ملف حلزوني طوله ℓ = 1 متر و مساحة مقطعه A = $6x10^{-4}$ سم^2 و عدد لفاته N_1= 1000 التف حول منتصفه ملف آخر صغير عدد لفاتهN_2= 20 . احسب:

١- الحث المتبادل بين الملفين.

٢ - ما قيمة القوة الدافعة الحثية في الدائرة الثانية نتيجة تغيير التيار في الدائرة (1) بمقدار 10 أمبير/ الثانية

الحل:

١- في الملف (1) تكون كثافة الفيض المغناطيسي في اتجاه محوره نتيجة مرور تيار قيمته I

$B = \mu_0 (N_1/\ell)\ Wb/m^2$

$\Phi = BA$

$\Phi = \mu_0 (N_1\ I\ A/\ell)$ $M = (N_2\ \Phi\ )/\ I = \mu_0(N_2\ N_1\ A/\ell)$ معامل الحث المتبادل

$$L=\frac{\mu N^2 A}{l}=\frac{\mu_0 \mu_r N^2 A}{l}$$

$$=500x\frac{4\pi\times10^{-7}\times10^{6}\ x6\times10^{-4}}{1}=0.377H$$

$$M = 12.57x\ 10^{-7} \times 10^{-3} \times 10^{+3} \times 20$$

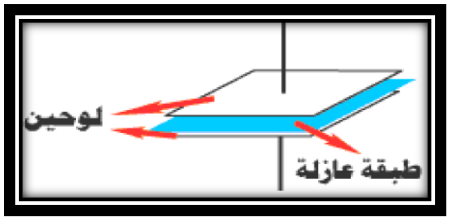
٢- القوة الدافعة الحثية في الدائرة (2) تعطى بالمعادلة :

$$e2=-M.\frac{dI1}{dt}$$

$$e\ 2\ =\ -\ 25\ .1\times10^{-6}\times10\ =\ -\ 251\ \ \mu V$$

١-٨ المكثف الكهربى (Capacitor):

يصنع المكثف من لوحين متوازيين يفصل بينهم فراغ، وهذا الفراغ يسمى الطبقة العازلة، وتختلف أنواع المكثفات على حسب نوع الطبقة العازلة، لذلك فمنها مكثفات السيراميك، الميكا، البوليستر، الورق، هوائي إلى أخره. وللفاراد سعة تقاس بالفاراد والميكرو فاراد والبيكو فاراد.



شكل ١-٣١ مكثف كهربى

١-٨-١ أنواع المكثفات طبقا للمادة العازلة:

تتعدد المكثفات الكهربية وتتعدد استخداماتها وبالرجوع للشكل ١-٣٢ نجد ان اهم تلك المكثفات يمكن حصرها في التالى

١- مكثف هوائي (المادة العازلة هي الهواء)
٢- مكثف ورقي (المادة العازلة هي الورق)
٣- مكثف سيراميكي (المادة العازلة هي السيراميك)
٤- مكثف كيميائي (المادة العازلة هي حامض كيميائي)

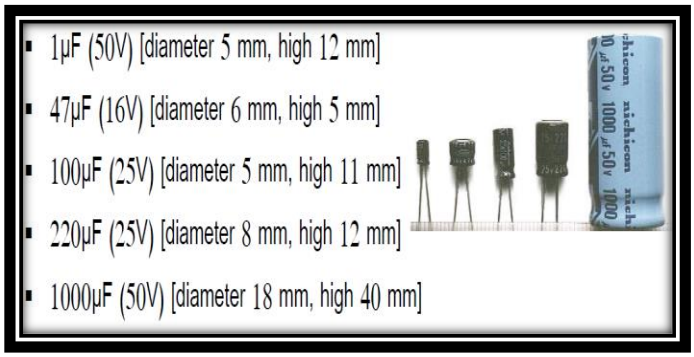
شكل ١-٣٢ أنواع المكثف الكهربى

أيضا يمكن تصنيف المكثفات تبعا لطبيعة شكلها ولطبيعة قبطيتها وطبيعة سعتها الى

- مكثفات ثابتة ولها أشكال مختلفة.
- مكثفات مستقطبة مثل المكثف الإلكتروني، ومكثف التيتانيوم، وتتميز بوجود قطب موجب وسالب.
- مكثفات متغيرة وتستخدم في ضبط الترددات كالمستخدمة في الراديو.

المكثّفات الالكتروليتية (Chemical Capacitor):

تَتراوحُ المكثّفاتُ الالكتروليتيةُ في القيمةِ مِنْ حوالي بعض الميكرو فاراد إلى آلافِ الميكرو فاراد، وهي تستخدم في دوائر الترشيح وتمتاز بسعاتها العالية. ويمكن رؤية تلك المكثفات بالشكل ١-٣٣



شكل ١-٣٣ المكثّفاتُ الالكتروليتيةُ

مكثّفات متعددة الطبقة الخزفية:

هذه المكثفات يكون لها عازل من عدة طبقات ومع ذلك تمتاز بصغر الحجم وعند وضعها في الخدمة ترتفع درجة حرارتها ارتفاع مناسبا وخصائص ترددها مستقرة. كما أنها ليس لها قطبية وتستخدم في ترشيح إشارات التردد العالي الرقمية الى القطب الأرضي ومن اشكالها الشكل ١-٣٤.

شكل ١-٣٤ المكثفات الخزفية متعددة الطبقات

مكثفات السيراميك (Ceramic Capacitors):

المكثّفات السيراميك مبنية بمواد مثل باريوم التيتانيوم الحامضي وتستخدم في تطبيقات الترددات العالية. سعتهم صغيرة نسبياً وليس لها قطبية. يمكن رؤية أحد اشكالها بالشكل ١-٣٥.

شكل ١-٣٥ أحد اشكال مكثفات السيراميك

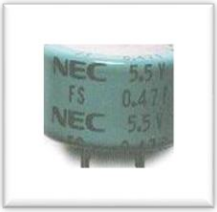
مكثفات الميكا (Mica Capacitor):

تستعمل هذه المكثّفات مادة ال Mica كعازل.

- تمتاز بأن لها استقرار جيد، لأن المعامل الحرارى لها صغير، ولأن خواصها الترددية ممتازة.
- تستعمل في دوائر الرنينِ، ومرشحات الترددات العالية أيضاً.
- معزولة جيدُاً، ولذا يُمْكِنُ أَنْ تستعمل في دوائر الجهود العالية.
- ليس لها قطبية.

مكثّفات الطبقة المضاعفة الكهربائية (Double Electrical Capacitors):

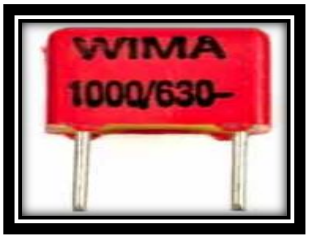
هذه المكثفات تعتبر من أفخر الأنواع وأكثرها استقراراً بالإضافة لسعاتها العالية رغم صغر حجمها. ويمكن رؤية احدها بالشكل ١-٣٦



شكل ١-٣٦ مثال لمكثفات الطبقة المضاعفة

مكثف بولي بروبيلين (Polypropylene Capacitors):

تستخدم هذه المكثفات فيلمًا بلاستيكيًا رقيقًا كعزل كهربائي من مادة البولي بروبيلين. تستخدم في دوائر الجهد العالى والتردد العالى ويمكن رؤيتها بالشكل ١-٣٧



شكل ١-٣٧ مكثفات البولى بروبيلين

المكثّفات المتغيّرة (Variable Capacitors):

تستخدم في دوائر الرنين ويمكن رويتها بالشكل ١-٣٨

شكل ١-٣٨ امثلة لمكثفات متغيرة السعة

١-٨-٢ رموز المكثف بالدائرة الكهربية والالكترونية:

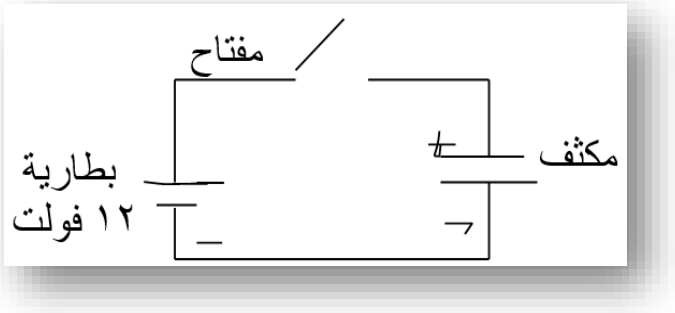
يمكن رؤية رموز المكثف الكهربى في الدوائر الكهربية والالكترونية بالشكل ١-٣٩

شكل ١-٣٩ رمز المكثف في الدوائر الكهربية والالكترونية

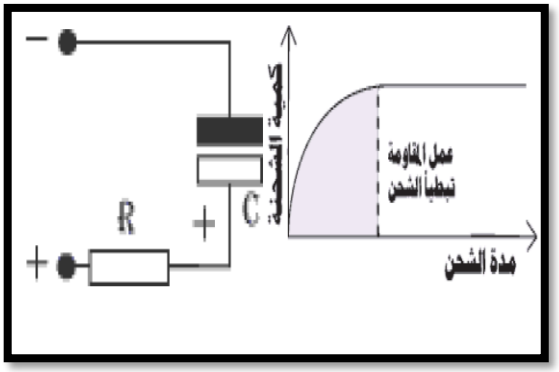
١-٨-٣ فكرة عمل المكثف:

لكي نفهم فكرة عمل المكثف، سوف نقوم بتوصيل مكثف مع مصدر تيار مستمر كما في الدائرة الموضحة بالشكل ١-٤٠ في البداية يكون المفتاح مفصول وبناء على ذلك فإن الدائرة الكهربية تكون مفتوحة ولا يسري

بها اى تيار ولكن عند غلق المفتاح، فإن فرق الجهد للبطارية سوف يعمل على جذب الإلكترونات من اللوح الأعلى، وترسيبها على اللوح الأسفل (أي مرور تيار كهربي)، وتلك العملية سوف تؤدي إلى تكون فرق جهد بين لوحي المكثف يعاكس جهد البطارية. تستمر عملية ترحيل الإلكترونات هذه وبالتالي يزيد فرق الجهد بين لوحي المكثف شيئا فشيئا حتى يصل فرق الجهد بين طرفي المكثف إلى ١٢ فولت وهو نفس فرق الجهد بين قطبى البطارية ونظرا لتساوى فرق الجهد ما بين المكثف والبطارية يتوقف مرور الإلكترونات نظرا لعدم وجود فرق جهد أي يصبح التيار صفرا ولذا نقول بأن توصيل المكثف على التوالي يمنع مرور الإشارة الكهربية للتيار المستمر ولكن هذا يحدث بعد فترة زمنية تسمى الثابت الزمنى لشحن المكثف والشكل ١-٤١ يبين عملية شحن المكثف بداية من بدء عملية الشحن.



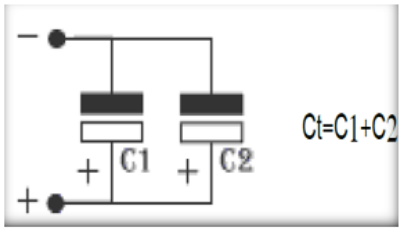
شكل ١-٤٠ المكثف اثناء عمله بالدائرة



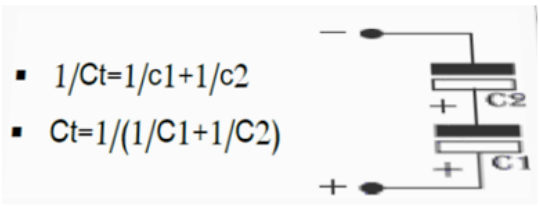
شكل ١-٤١ كيفية تغير شحنة المكثف حتى تمام شحنه

١-٨-٤ طرق توصيل المكثفات بالدوائر الكهربية (Connection Methods of Capacitors):

توجد عدة طرق لتوصيل المكثفات بالدائرة الكهربية منها التوصيل على التوالي والتوصيل على التوازى او كليهما ويمكن رؤية ذلك بالشكل ١-٤٢



توصيل المكثفات على التوازى

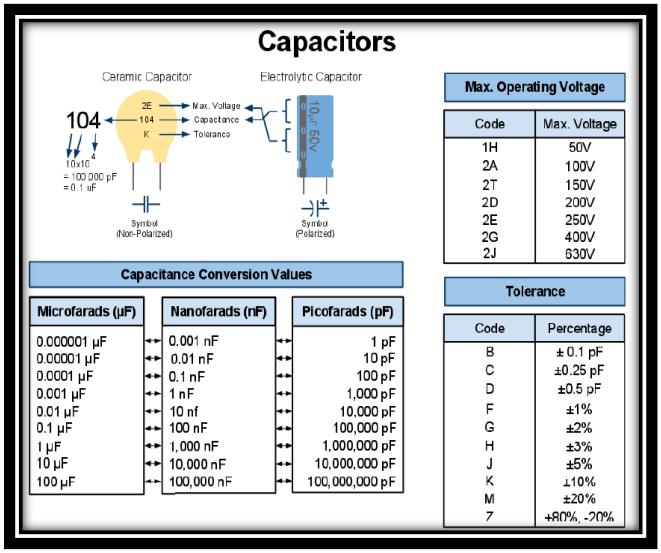


توصيل المكثفات على التوالي

شكل ١-٤٢ طرق توصيل المكثفات بالدوائر الكهربية والالكترونية

١-٨-٥ قراءة قيمة المكثف:

الشكل رقم ١-٤٣ يبين كيفية قراءة بيانات المكثف حيث يكتب رقم برموز يدل على السعة بالبيكو فاراد واقصى جهد يتحمله المكثف فمثلا المكثف السيراميكى الموضح بالشكل مكتوب عليه الرمز ١٠٤ ويتم قراءة بيانات المكثف كالتالى او رقمين من الشمال يكتبا كرقم والرقم الثالث وهو يعنى ضرب الرقم فى عدد اصفار ذلك الرقم فتصبح السعة ٠,١ بيكو فاراد اما الرمز 2E فيرمز الى اقصى جهد والرمز K فيدل على التفاوت ويمكن التعرف عليهما من خلال الجدول



شكل ١-٤٣ معرفة بيانات المكثف من خلال قراءة بياناته

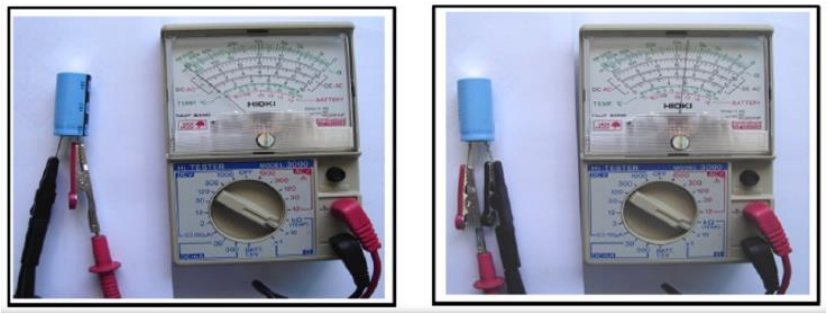
١-٨-٦ كيف تعرف ان المكثف تالف:

لمعرفة المكثفات التالفة، فإننا نجد أن المكثف الإلكتروليتي إذا تلف، فإنه ينتفخ من أعلى أو من أسفل، أو نجد أن المادة الكيميائية التي بداخله متسربة على جسده.

أما المكثفات غير القطبية، مثل " المكثف السيراميكي ", فيعرف تلفه بوجود حرق خارجي ظاهر على جسده، أو كسر ما. كما انه يمكن استخدام الافوميتر للتعرف على تلف المكثف كالتالى

نضع الافوميتر على وضع اوم ونختار وضع المقاومة الكبيرة نلاحظ في البداية ان المؤشر يقترب من الصفر ثم يعود الى الملانهاية وهذا يعنى ان المكثف سليم كما بالشكل ١-٤٤

اما اذا لم يتحرك المؤشر للأمام هذا يعنى ان المكثف مفتوح الدائرة اى يوجد به قطع اما اذا تحرك المؤشر واستقر عند الصفر ولم يعود فهذا معناه انه يوجد به قصر



شكل ١-٤٤ قياس المكثف الكهربى

مثال ١-١٢:

مكثف يتكون من لوحين معدنيين من الألومنيوم مساحة كل لوح منهما ١٠X١٠ سم^{٢} والمسافة بينهما ١ سم والمكثف مشحون بشحنة مقدارها ٥٠٠ بيكو كولوم فاذا علمت ان معامل نفاذية الهواء ٨,٨٥٤ X١٠$^{-١٢}$ فاراد/متر اوجد سعة ذلك المكثف وفرق الجهد بين لوحيه اذا كان

الوسط العازل هواء

الوسط العازل شمع معامل النفاذية له ٤

الحل:

عندما يكون الوسط هواء يمكن حساب سعة المكثف من القانون التالى

$$C = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{A}{d} = 8.854x10^{-12}x1x\frac{10x10x10^{-4}}{1x10^{-2}} = 8.854x10^{-12}F$$

اما الجهد بين اللوحين يمكن حسابه كالتالى

$$V = \frac{Q}{C} = \frac{500x10^{-12}}{8.854x10^{-12}} = 56.5V$$

عندما يكون الوسط شمع يمكن حساب سعة المكثف من القانون التالى

$$C = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{A}{d} = 8.854x10^{-12}x4x\frac{10x10x10^{-4}}{1x10^{-2}} = 35.4x10^{-12}F$$

اما فرق الجهد بين اللوحين يمكن حسابه كالتالى

$$V = \frac{Q}{C} = \frac{500x10^{-12}}{35.4x10^{-12}} = 14.1V$$

مثال ١-١٣:

مكثف يتكون من لوحين معدنيين من الألومنيوم مساحة كل لوح منهما ١٠X١٠ سم^{٢} بينهما شمع برافين معامل النفاذية له ٤,٣ واوجد المسافة بين لوحيه اذا علمت ان معامل نفاذية الهواء ٨,٨٥٤ X ١٠-^{١٢} فاراد/متر وسعة المكثف ٣٨٠٠ بيكو فاراد

الحل:

لإيجاد المسافة بين لوحيه يمكن تطبيق العلاقة التالية

$$C = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{A}{d} \quad \Rightarrow \quad d = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{A}{C}$$

$$d = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{A}{C} = 8.854x10^{-12}x4.3x\frac{10x10x10^{-4}}{3800x10^{-12}} = 1x10^{-4}\,m$$

بنك أسئلة الفصل الأول (العناصر الغير فعالة بالدوائر الالكترونية)

- عرف كلا مما ياتى

المقاومة الكهربية – الملف الكهربى – الحث الذاتي – المكثف الكهربى – ممانعة الملف

- اذكر العوامل المؤثرة على كلا من

المقاومة الكهربية – الملف الكهربى – المكثف الكهربى

- كيف تتأكد من صلاحية او عدم صلاحية

المقاومة الكهربية – الملف الكهربى – المكثف الكهربى

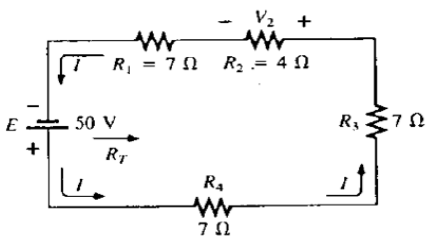
- اذكر اهم أنواع المقاومات الكهربية
- اذكر أنواع المقاومات الثابتة مع شرح اثنين منها
- اذكر أنواع المقاومات المتغيرة مع شرح اثنين منها
- اشرح باختصار الطرق المختلفة لمعرفة قيمة المقاومة الكهربية
- للمقاومات الكهربية استخدامات عديدة اذكر تلك الاستخدامات ثم اشرح ثلاثة منها
- توجد طرق عديدة لتوصيل المقاومة الكهربية بالدائرة اذكرها واكتب القوانين الخاصة بالمقاومة المكافئة والتيار الكلى والجهد على كل مقاومة والتيار والقدرة لكل مقاومة مع توضيح ذلك من خلال رسم الدائرة الكهربية الدالة على ذلك
- اذكر أنواع الملفات الكهربية
- اشرح اهم أنواع الملفات الكهربية من ناحية التردد مع ذكر اهم استخدامات كل نوع من هذه الانواع
- توجد طرق عديدة لتوصيل الملفات الكهربية بالدائرة اذكرها واكتب القوانين الخاصة بها
- للمكثفات أنواع عديدة اذكر تلك الأنواع
- للمكثفات استخدامات عديدة اذكر تلك الاستخدامات واشرح اثنين منها
- اكتب القانون الدال على سعة المكثف واذكر كل متغير بالقانون والوحدات المختلفة لقياس سعة المكثف
- اذكر الطرق المختلفة لتوصيل المكثفات بالدوائر الكهربية
- اذكر كيفية عمل المكثف بدوائر التيار المستمر ودوائر التيار المتردد

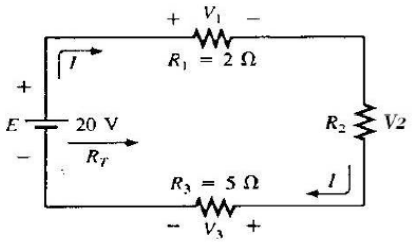
١. سلك طوله ١٠ متر مساحة مقطعة ٥ سم٢ ومقاومته ٢ اوم اوجد مقاومة مادته النوعية

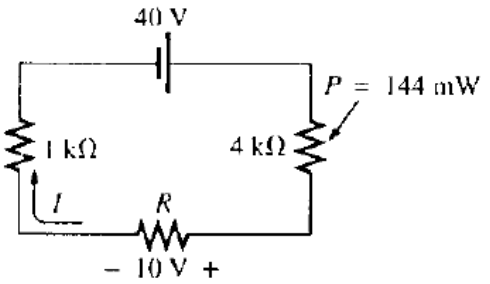
٢. سلك طوله ١٠٠ متر مساحة مقطعه ٢٠ X ١٠ مم٢ ومقاومته النوعية ١٠٠ ميكرو اوم متر اوجد مقاومته الكهربية وإذا ذاد طوله خمسة أمثال او مقاومته عندئذ

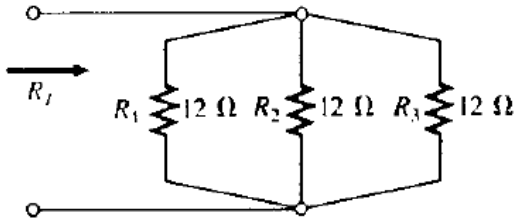
٣. سلك من الرصاص متصل على التوازى مع سلك من الحديد فاذا كانت النسبة بين مقاومتهما النوعية ٢:٣ فاذا كانت مقاومتهما متساويتين والنسبة بين طوليهما ٢:١ فان النسبة بين مساحة مقطعيهما تكون .....

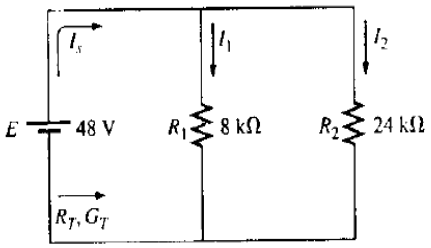
- في كلا من الدوائر الكهربية المرسومة اوجد الرموز المجهولة

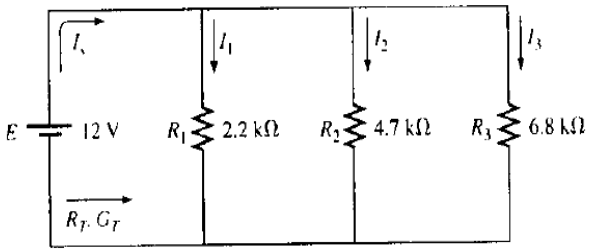


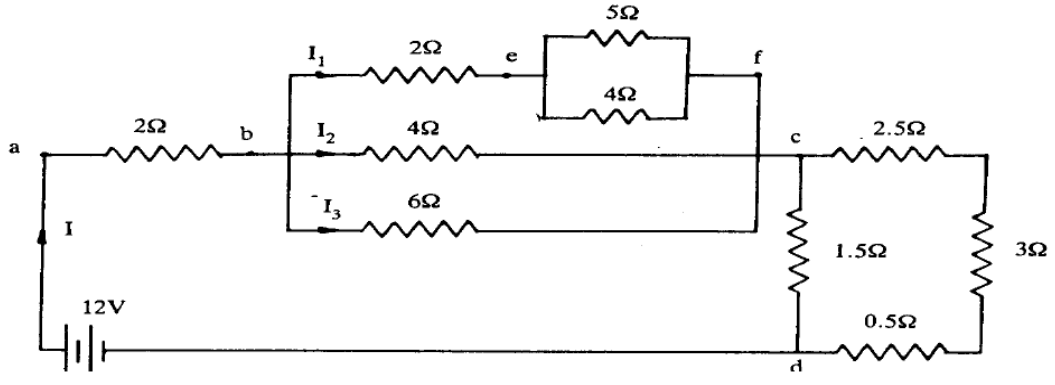


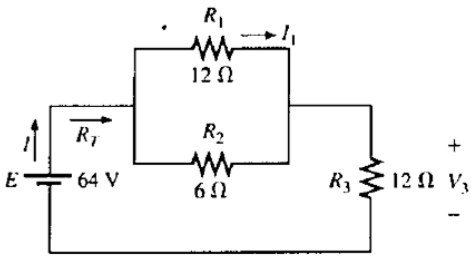


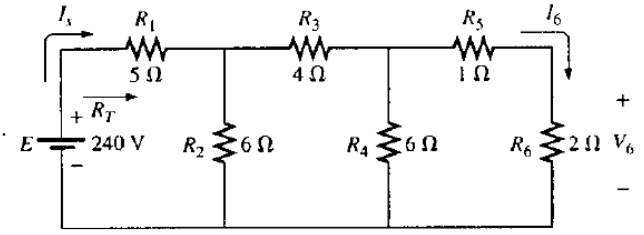












تعطى كثافة الفيض المغناطيسي في محورملف مكون من N لفة، ذي قلب (حديدي أو غير حديدي) نفاذيته μ وطوله ℓ، بالمعادلة $B=\mu NI/\ell$، حيث I هوالتيار المار في هذا الملف. وهذه المعادلة لا تصلح إلا إذاً كان طول القلب أكبر بكثير من قطره d. احسب الحثية الذاتية للملف عندما تكون N=100، ℓ=10cm، μ_r=1000 (قلب حديدي) و d=5mm. كم تصبح هذه الحثية لو نزعنا القلب الحديدي ؟

حلقة دائرية من الحديد مساحة مقطعها 1 سم^2 و متوسط طولها 40 سم و ملفوف عليها ملف به 400 لفة. إذاً مر تيار مقداره 5 أمبير في الملف فإن كثافة الفيض في الحلقة تكون 0.4 ويبر لكل متر مربع. أوجد النفادية النسبية لمادة الحلقة و الحث الذاتي للملف.

احسب معامل الحث الذاتي لملف حلزوني بداخله هواء طوله متر و مساحة مقطعه $6x10^{-4}$ متر مربع و عدد لفاته 1000 لفة. ثم أوجد معامل حثه الذاتي إذاً لف على قضيب من الحديد نفاديته النسبية 500

احسب الحثية الذاتية لملف عدد لفاته 200، طوله 8cm، ذي قلب حديدي نفاذيته النسبية 5000 وقطره 3mm

مكثفان سعة كل منهما $(C_1 = 200\,PF)$، $(C_2 = 600\,PF)$ تم وصلهما على التوازي، ثم شحنا حتى صار فرق الجهد بين لوحي كلٍ منهما $(120\ volt)$.

- أوجد حسابياً الشحنة الكهربائية على كل مكثف.
- أوجد حسابياً السعة المكافئة للمجموعة.

مكثفان سعة كل منهما $(C_1 = 3\,PF)$، $(C_2 = 6\,PF)$ تم وصلهما على التوالي، ثم وصلت المجموعة بفرق جهد مقداره $(V = 10\ volt)$.

- أوجد حسابياً السعة المكافئة للمجموعة.
- أوجد حسابياً الشحنة الكلية على المجموعة والشحنة على كل مكثف.
- أوجد حسابياً فرق الجهد عبر كل مكثف.