تقديم

تم بحمد الله وضع هذا الكتاب في أساسيات الهندسة الكهربية والالكترونية لطلاب الصف الأول شعبة : الصناعات الكهربية (تركيبات ومعـدات كهربيـة – الكترونيـات –حاسـبات) للمدارس الثانوية الصناعية نظام السنوات الثلاثة . ونأمل أن يجد الطالب فيه ما يـسد حاجتـه لإكتساب المعرفة الفنية لأساسيات الهندسة الكهربية والالكترونية .

ويشتمل هذا الكتاب على جميع أجزاء المنهج موزعة على ستة أبواب للمنهج النظـرى وقد روعي عند وضع هذا الجزء من الكتاب أن يحتوى على أشكال توضيحية لتطبيق المعلومة النظرية على الواقع . كما وضع في نهاية كل باب ملخص بعنوان تذكر لأهم النقاط فـي هـذا الباب مع تمارين لقياس قدرة الطالب على الفهم والتذكر والتطبيق والإبداع.

كما وضع المنهج المعملى بالكتاب بحيث يشتمل على عدد من التجارب المعملية لإثبـات صحة بعض القوانيين ودراسة خواص بعض العناصر الكهربية والإلكترونية التى سبق دراستها بالجزء النظرى وفى النهاية وضع الجزء الأخير من الكتاب للمنهج العملى وفيه تـم التعـرض للعدد والآلات المستخدمة فى شعبة الـصناعات الكهربيـة (تركيبـات ومعـدات كهربيـة – الكترونيات – حاسبات) وكذلك توضيح كيفية التعرف العملى على العناصر الأساسية الـسابق شرحها فى المنهج النظرى وكيفية التعرف عليها وقراءة قيمتها وتوصـيلها وإختبارهـا ، ثـم تطبيقات على توصيلها فى بعض الدوائر (الكهربية – الإلكترونية) البسيطة .

ونرجو أن يحوز هذا الكتاب ثقة ورضا الجميع

والله من وراء القصد وهو نعم المولى ونعم الهادي إلى سواء السبيل .

المؤلفان

الصف : الأول **شعبة : الصناعات الكهربائية**

المادة : أساسيات الهندسة الكهربية والإلكترونية **تخصص : تركيبات ومعدات كهربية**

عدد الحصص : (4) أربعة حصص أسبوعياً **: الكترونيات**

: حاسبات

.....

الأهداف العامة للمادة :

1. تعرف الطالب على مكونات الدوائر الكهربية والالكترونية .
2. دراسة كيفية تصرف العناصر الكهربية والالكترونية مع التيار الكهربي .
3. تأثيرات التيار الكهربي المختلفة .
4. تحقيق ما سبق معملياً .
5. دراسة بعض التطبيقات العملية للعناصر السابقة .

الباب الأول : عناصر الدوائر الكهربية والالكترونية :

1-1 الدائرة الكهربية (مصدر تيار كهربي – حمل – حماية وتحكم) .

1-2 الجهد الكهربي – التيار الكهربي – وحدات قياس كل منها – قانون أوم .

1-3 المقاومات – تعريفها – وحدات قياسها – أنواعها – جدول الألوان لتحديد قيم المقاومات – التوصيلة ووحداتها .

1-4 طرق توصيل المقاومات (توالي – توازي – مركب) – مقسمات الجهد – مقسمات التيار – مقننات القدرة للمقاومات .

1-5 تأثير الحرارة على المقاومة – الترميستور ذو معامل التمدد الحراري الموجب والسالب (N T C , P T C) خواص كل منها واستخداماتها .

1-6 المكثفات – تعريفها – وحدات قياس سعة المكثفات – العوامل التي تؤثر على السعة – أنواع المكثفات – استخداماتها – طرق توصيل المكثفات (توالي – توازي – تضاعف) .

1-7 الملفات – تعريفها – أنواعها – استخداماتها .

الباب الثاني : التأثيرات المختلفة للتيار الكهربي :

2- 1 التأثير الكهرومغناطيسي :

2-1-1 المجال المغناطيسى حول موصل – ق . د . ك المستنتجة – قاعدة اليد اليمنى لفلمنج ونظرية المولد الكهربي – الحث الذاتي – الحث المتبادل .

2-1-2 حساب شدة المجال المغناطيسى عند نقطة تبعد عن موصل يحمل تيار " قانون بيوت سافارت " .

2-1-3 المجال المغناطيسي لتيار يمر في (موصل مستقيم – موصل دائرى – في ملف دائرى).

2-1-4 القوة الدافعة الكهربية المتولدة في موصل يتحرك في مجال مغناطيسى .

2-1-5 القوة الميكانيكية الناشئة عن مرور تيار موصل موجود في حيز مغناطيسي .

2-2 المحولات الكهربية : (تعريف المحول – تركيبه – أنواع المحولات – استخدامات المحولات)

الباب الثالث : نظريات الدوائر الكهربية :

3-1 قانونى كيرشوف – أمثلة وتطبيقات على قانونى كيرشوف .

3-2 نظرية ثفنن – أمثلة وتطبيقات على نظرية ثفنن .

الباب الرابع : التيار المتردد :

4-1 طرق توليده :

4-1-1 توليد الموجه الجيبية – التردد – الزمن الدوري – الوجه – الاختلاف الوجهي .

4-1-2 قيم الجهد والتيار المتردد للموجه الجيبية (القيمة اللحظية – القيمة المتوسطة – القيمة الفعالة – القيمة العظمي – معامل الشكل) .

4-2 دوائر التيار المتردد :

4-2-1 تأثير العناصر (L – R – C) في دوائر التيار المتردد – توصيل المقاومة في

دائرة التيار المتردد – توصيل المقاومة والمكثف توالي – توصيل المقاومة والملف توالي – توصيل المقاومة والملف والمكثف توالي .

4-2-2 حساب المعاوقة والممانعة الكلية في كل حالة والمتجهات لكل من التيار والجهد والممانعة .

4-2-3 توصيل المقاومة والملف توازى – توصيل المقاومة والمكثف توازى – حساب المعاوقة والممانعة الكلية والمتجهات لكل من التيار والجهد والممانعة .

4-2-4 استنتاج حالة الرنين في الدوائر السابقة .

الباب الخامس : أشباه الموصلات :

5-1 مقدمة .

5-2 دراسة تركيب وخواص واستخدام كل من :

ثنائى الوصلة – ثنائي الزينر – الترانزستور (N P N – P N P) – ترانزستور تأثير المجال JFET – MOSFET – الترانزستور أحادى الوصلة UJT – الدياك – الترياك – ثنائي الفاركتور – ثنائي الثيراستور SCR .

الباب السادس : الدوائر المتكاملة – والنبائط الضوئية :

6-1 الدوائر المتكاملة – التعريف – التصنيف – المزايا .

6-2 الدوائر المتكاملة ذات الشريحة الواحدة – مثال لدائرة الكترونية على شكل دائرة متكاملة

6-3 النبائط الحساسة للضوء : المقاومة الضوئية – الثنائي الضوئي – الترانزستور الضوئي – الخلايا الشمسية .

6-4 النبائط المشعة للضوء : الثنائى المشع للضوء – نبائط العرض ذات السبع شرائح – مبينات السائل البللورى – ثنائى الليزر

الصف : الأول **شعبة : الصناعات الكهربائية**

المادة : معمل أساسيات الهندسة الكهربية والإلكترونية **تخصص : تركيبات ومعدات كهربية**

عدد الحصص : (1) حصة واحدة أسبوعياً **: الكترونيات**

: حاسبات

.....

تجربة رقم (1)

التعرف على أجهزة القياس واستخداماتها لقياس الجهد والتيار المتغير والمستمر .

تجربة رقم (2)

تحقيق قانون أوم – حساب قيمة مقاومة مجهولة ومقارنتها بقيمة مقاومة معلومة .

تجربة رقم (3)

دراسة توصيل المقاومات " توالى – توازي " ومعرفة خواص كل منها .

تجربة رقم (4)

كيفية تعيين حث الملف وسعة المكثف .

تجربة رقم (5)

تحقيق قانونا كيرشوف للتيار والجهد .

تجربة رقم (6)

دراسة خواص ثنائي السيليكون .

تجربة رقم (7)

دراسة خواص ثنائي الزينر

تجربة رقم (8)

دراسة خصائص الترانزستور ثنائي الوصلة

الصف : الأول **شعبة : الصناعات الكهربائية**

المادة : أساسيات الهندسة الكهربية والإلكترونية (تطبيقات) **تخصص : تركيبات ومعدات كهربية**

عدد الحصص : (4) أربعة حصص أسبوعياً **: الكترونيات**

: حاسبات

.....

الباب الأول : السلامة والصحة المهنية :-

1-1 قواعد الأمن والسلامة داخل مكان العمل فكرة مبسطة عن مصادر التيار الكهربي وطرق توزيعه .

2-1 مخاطر الكهرباء (مخاطر تؤثر على الإنسان – مخاطر تؤثر على المنشآت والمواد) .

3-1 طرق الوقاية من مخاطر التيار الكهربي والصدمة الكهربية والإسعافات الأولية للمصابين بالصدمة الكهربية .

4-1 التدريب عن طريق المشاهدة والمحاكاة على كيفية إسعاف المصاب بالصدمة الكهربية .

الباب الثاني : التدريب على استخدام العدد والأجهزة الميكانيكية والكهربية :-

2-1 شرح مبسط للعدد والأدوات والأجهزة الميكانيكية والكهربية وأجهزة القياس المستخدمة في التدريبات المهنية (التزجة – بنك الشغل – المثاقيب – ماكينة حجر الجلخ – عدد البرادة – عدد القياس والضبط والشنكرة – عدد وأجهزة الطرق والقطع والنشر والثقب والقلوظة – عدد فك وربط المسامير والصواميل – الزراديات – القصافة الجانبية – زرادية تقشير الأسلاك – زرادية ضغط نهايات أطراف الأسلاك – المفكات – ماكينة اللحام بالنقطة – كاويات اللحام الكهربية) .

2-2 تنفيذ تمرينات لإكساب الطلاب المهارات الأساسية فى استخدام العدد والأدوات والآلات والأجهزة السابقة يستخدم فيها الصاج والصفيح الفرنساوى (ضاغط رقائق محول – وصل قطعتين من الصاج باستخدام مسامير البرشام – وصل قطعتين من الصفيح الفرنساوى باستخدام ماكينة اللحام بالنقطة – التدريب على أعمال القص المستقيم والمنكسر والمنحنى).

الباب الثالث : الموصلات المستخدمة في الدوائر الكهربائية :-

3-1 تعريف وشرح الأنواع المختلفة للأسلاك (المفردة – الشعيرات) المستخدمة في التركيبات الكهربية .

3-2 تنفيذ تمرينات لإكساب الطلاب المهارات الأساسية في تقشير الأسلاك وعمل الوصلات المختلفة بها : وصلة البوات (ذيل الفار) – (وصلة عدلة – وصلة حرف T) من السلك المفرد ذو الشعيرات 6مم – عمل العروة وقصدرتها – تركيب النهايات المختلفة للموصلات ذات الشعيرات .

الباب الرابع : دوائر الإضاءة الكهربية :-

4-1 تعريف وشرح : الرموز والمصطلحات المستخدمة في التركيبات الكهربية – أجهزة (الفولتميتر– الاميتر – الافوميتر – الاوسيلوسكوب) أنواعها ، طرق توصيلها – أنواع المصابيح الكهربية المستخدمة في الإضاءة – أنواع المواسير المستخدمة في التركيبات الكهربية

4-2 تنفيذ تمرينات لإكساب الطلاب المهارات الأساسية في تنفيذ عدد من دوائر الإضاءة (دائرة مصباح عادة بمفتاح – دائرة مصباح عادة بمفتاح ومأخذ تيار (بريزة) – دائرة مصباحين على التوالي – دائرة مصباحين على التوازي دائرة مصباح يتم التحكم فيه من مكانين – دوائر أجراس .

الباب الخامس : العناصر الالكترونية :-

5-1 التدريب على قراءة وقياس وتحديد الأطراف واختبار العناصر الالكترونية مثل : المقاومات – المكثفات – الملفات – المحولات – الثنائي الموحد – ثنائى الزنير – الترانزستور – الثايرستور – الترياك – الدياك – المقاومة الضوئية – الثنائي الضوئي – الترانزستور الضوئي – الخلية الضوئية – الدوائر المتكاملة – شاشة الإظهار الرقمية – اللوحة المطبوعة (البرنتد).

5-2 تنفيذ تمرينات لإكساب الطلاب المهارات الأساسية في عمليات اللحام .

الباب السادس : تمارين لإكساب المهارات :

6-1 تنفيذ تمرين لوحة مطبوعة بالنحاس .

6-2 تنفيذ تمرينات اللحام بالكاوية الكهربية (لحام الأسلاك) .

6-3 تنفيذ تمارين توصيل مقاومات ومكثفات (توالي – توازى – تضاعف) .

6-4 تنفيذ تمارين دوائر توحيد التيار الكهربي (نصف موجه – موجه كاملة) – مضاعف جهد – مثبت جهد بالترانزستور والزينر – منظم جهد بالدائرة المتكاملة .

6-5 تنفيذ دوائر التحكم باستخدام الثايرستور – التریاك – الدياك – المقاومة الضوئية – الترانزستور الضوئي .

الباب الأول

عناصر الدوائر الكهربية والالكترونية

1-1 الدائرة الكهربية (مصدر تيار كهربى – حمل – حماية وتحكم)

2-1 الجهد الكهربى – التيار الكهربى – وحدات قياس كل منها – قانون أوم

3-1 المقاومات – تعريفها – وحدات قياسها – أنواعها – جدول الألوان لتحديد قيم المقاومات – التوصيلية ووحداتها

4-1 طرق توصيل المقاومات (توالى – توازى – مركب) مقسمات الجهد – مقسمات التيار – مقننات القدرة للمقاومات

5-1 تأثير الحرارة على المقاومة – الثرمستور ذو معامل التمدد الحرارى الموجب والسالب – خواص كل منهما واستخداماتها

6-1 المكثفات – تعريفها – وحدات قياس سعة المكثفات – العوامل التى تؤثر على السعة – أنواع المكثفات – استخداماتها – طرق توصيل المكثفات (توالى – توازى – تضاعف)

7-1 الملفات – تعريفها – أنواعها – استخداماتها

الباب الأول

عناصر الدوائر الكهربية والالكترونية

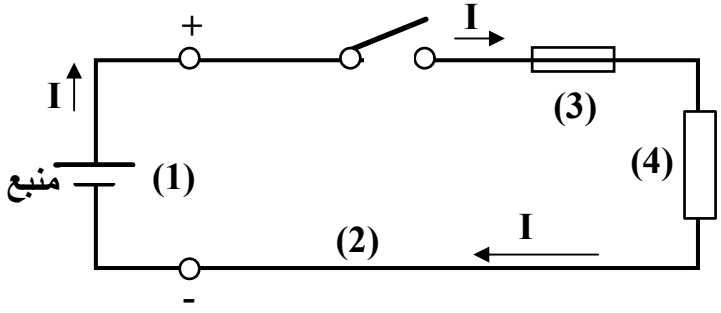
1-1 **الدائرة الكهربية** (مصدر تيار كهربي – حمل – حماية وتحكم) .

الدائرة الكهربية :

يمكن تعريف الدائرة الكهربية البسيطة بأنها مسار مغلق للتيار الكهربي حيث يمر التيار الكهربي من النقطة الاعلى جهداً إلى النقطة الأقل جهداً .

عناصر الدائرة الكهربية البسيطة :

تتكون الدائرة الكهربية في أبسط صورة من عناصر أساسية هي:



شكل (1-1)

1-منبع كهربي

2-أسلاك توصيل

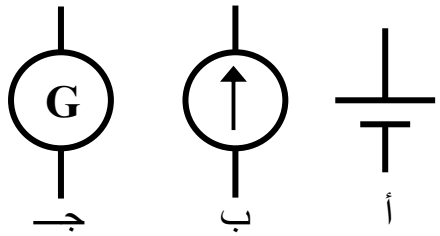
3-حماية وتحكم

4-أحمال كما في شكل (1-1)

1- المنبع الكهربي :

يقوم المنبع الكهربي بتحويل أى صورة من صور الطاقة المختلفة مثل الطاقة الميكانيكية – الطاقة الكيميائية – الطاقة الحرارية – الطاقة الضوئية إلى طاقة كهربية .

تتحول الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربية عن طريق المولد الكهربي ويرمز لها بالرمز المبين بشكل (1-2-أ) . وتتحول الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربية أثناء تفريغ البطاريات الثانوية " المراكم " ويرمز للبطارية بالرمز المبين بشكل (1-2- ب) . وتتحول الطاقة الحرارية الى طاقة كهربية عن طريق الأزدواج الحراري كما تتحول الطاقة الضوئية إلى طاقة كهربية عن طريق الخلية الكهروضوئية .



شكل (1-2)

ويرمز للينبوع الكهربي عموماً بطرفين الطرف السالب وهو الطرف الأقل جهد ويميز بالعلامة (–) والطرف الموجب هو الطرف الأعلى جهداً ويميز بالعلامة (+) وفي معظم الأحيان لا توضع علامات على أطراف البطارية فالمفهوم أن الخط الطويل يمثل الطرف الموجب والخط القصير يمثل الطرف السالب . أما في المولد فيكتفي بوضع السهم أو علامات إذ يسرى التيار من الطرف الموجب إلى الطرف السالب في الدائرة الخارجية ومن الطرف السالب إلى الطرف الموجب خلال المنبع الكهربي . والقوى التي تدفع التيار الكهربي على التحرك ضد مقاومات الدائرة كلها تعرف بإسم القوة الدافعة الكهربية وإختصارها (ق . د . ك) ويرمز لها بالرمز E أو e وهى لا تساوى فرق الجهد بين طرفي المنبع إلا في حالة الدائرة المفتوحة .

ووحدة القوة الدافعة الكهربية هى نفس وحدة فرق الجهد أى " الفولت " وهناك وحدات أكبر للجهد وهى كيلو فولت ويكتب بإختصار (K.V) ويساوى 1000 فولت وميجافولت (M.V) ويساوى مليون فولت أى 10^{6} فولت ولإعطاء فكرة عن قيم جهد المنبع نجد أن : جهد البطارية الجافة 1.5 فولت وجهد الإنارة في المنازل 220 فولت وفي المصانع 220/380 فولت وجهد الخطوط الهوائية أو الكابلات الأرضية لنقل القدرة يتراوح بين 30 فولت إلى أكثر من 500 كيلو فولت .

2- أسلاك التوصيل :

وهى مسار التيار الكهربي وهى غالباً ما تصنع من النحاس الأحمر أو الألومنيوم وهى أسلاك معزولة ومقطعها يتناسب مع شدة التيار المار فيها وهى تقوم بتوصيل التيار الكهربي من المنبع إلى الحمل.

3- الحماية والتحكم :

أبسط وسيلة للتحكم هى المفتاح وهو وسيلة التوصيل والفصل ، المصهرات أبسط وسيلة للحماية ضد زيادة التيار.

4- الأحمال :

وهى الأجهزة الكهربية المختلفة مثل المصابيح أو المحركات وهى التي يمر بها التيار الكهربي وعملها هو تحويل الطاقة الكهربية إلى أشكال أخرى من الطاقة .

وتشكل الأحمال مقاومة في طريق مرور التيار الكهربي

2-1 الجهد الكهربي :

الجهد المطلق عند نقطة هو الشغل اللازم لتحريك أو نقل وحدة الشحنات الموجبة من مالانهاية إلى هذه النقطة ، ويرمز لها دائما بالرمز V ووحداته هى الفولت ، وفي اغلب الأحيان يكون الاهتمام بفرق الجهد بين نقطتين أكثر من الأهتمام بالجهد المطلق عند نقطة ما . ويعرف فرق الجهد الكهربي بين نقطتين بأنه الشغل المبذول لنقل وحدة الشحنات الموجبة من نقطة إلى أخرى . ويقاس الجهد الكهربي بواسطة جهاز فولتميتر ويوصل بالتوازي مع المنبع .

1-2-1 القوة الدافعة الكهربية :

تمثل القوة الدافعة الكهربية الجهد الخاص بالمصدر الكهربي (جهد البطارية أو جهد المولد) وهى القوة التي تجبر الشحنات الموجبة على الحركة من نقطة ذات جهد منخفض إلى نقطة ذات جهد مرتفع داخل مصدر الطاقة الكهربية . ودائماً ما يكون لهذا المصدر مقاومة داخلية تسبب فقداً في قيمة القوة الدافعة الكهربية له . هذا الفقد قيمته صغيرة ولكن لا بد من أخذه في الاعتبار .

وحدة قياس القوة الدافعة الكهربية هى الفولت .

التيار الكهربي :

التيار الكهربي هو معدل سريان الالكترونات في الموصل (الشحنة الكهربية) ويكون اتجاه التيار الكهريى في إتجاه معاكس لإتجاه حركة الالكترونات الحرة .

يسرى التيار الكهربي بفعل القوة الدافعة الكهربية للمنبع الكهربى وهذا التيار يحمل الطاقة الكهربائية من المنبع إلى أجزاء الدائرة المختلفة ووحدة قياس التيار الكهربي هى الأمبير وتقاس بجهاز الأميتر الذى يوصل بالتوالي بالدائرة المراد قياس شدة التيار المار بها .

المقاومة الكهربية :

هى مقاومة الأجزاء المختلفة المكونة للدائرة الكهربية التي تحد من شدة التيار الكهربي وتقاس المقاومة بوحدة الأوم ويرمز لها بالرمز Ω والأوم هو مقاومة الموصل الذي يمر به تيار شدته أمبير واحد ومقدار فرق الجهد بين طرفيه 1 فولت وتقاس بجهاز الأوميتر " قياس مباشر " .

قانون أوم :

إستطاع العالم الالماني جورج سيمون أوم أن يجد عن طريق التجربة العلاقة بين الجهد والتيار فى موصل كهربي وقدم القانون المعروف بقانون أوم الذى ينص على :

" فرق الجهد بين طرفي موصل كهربي يساوى حاصل ضرب كل من مقاومة الموصل والتيار المار فيه " .

ويمكن تمثيل قانون أوم رياضياً على الصورة

$$\mathbf{V = I . R}$$

حيث V فرق الجهد ويقدر بالفولت .

I شدة التيار وتقدر بالامبير .

R قيمة المقاومة وتقدر بالأوم .

ويعرف الأوم : بأنه المقاومة التي تسمح بمرور تيار قيمته واحد أمبير عندما يكون فرق الجهد بين طرفي المقاومة واحد فولت .

ويمكن كتابة قانون أوم في عدة صورة كالآتى :

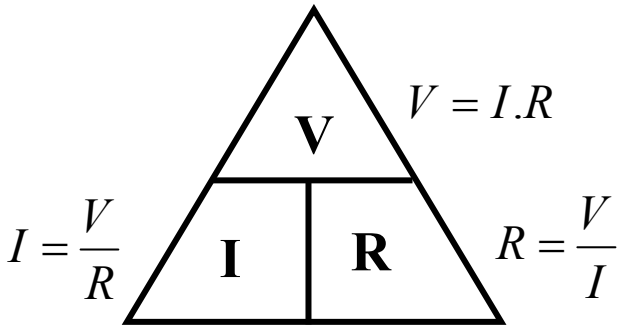
فرق الجهد = شدة التيار × المقاومة $\qquad \mathbf{V = I . R}$

الوحدات : الفولت = أمبير × أوم

ومنه شدة التيار = $\dfrac{\text{الجهـــد}}{\text{المقاومـــة}}$ $\qquad \mathbf{I = \dfrac{V}{R}}$

الوحدات الأمبير = $\dfrac{\text{فولت}}{\text{أوم}}$

والشكل يبين حالات قانون أوم



العوامل التي تتوقف عليها قيمة مقاومة الموصل :

تتوقف مقاومة الموصل على عدة عوامل هي :

أ- **نوع مادة الموصل:** لأن كل مادة تختلف عن الأخرى من حيث عدد الالكترونيات الحرة الموجودة في المدار الخارجي لذرة المادة ويعبر عن تغير المقاومة بتغير مادة الموصل بالمعامل ρ ويسمى المقاومة النوعية لنوع مادة الموصل ووحدته هى أوم. مم2/م وهذه المقاومة النوعية تتناسب تناسباً طردياً مع المقاومة ($R \propto \rho$) أى أنه كلما زادت المقاومة النوعية لنوع مادة الموصل كلما زادت مقاومته وذلك عند ثبوت طول مادة الموصل ومساحة مقطعها .

ب- **طول الموصل :** تتوقف مقاومة الموصل كذلك على طوله فكلما زاد طول الموصل كلما زادت مقاومته نتيجة لزيادة تصادم الشحنات المتحركة($R \propto L$) عند ثبوت نوع المادة ومساحة مقطعها.

جـ- **مساحة مقطع الموصل :** تتوقف مقاومة الموصل كذلك على مساحة مقطعه فكلما زادت مساحة مقطع الموصل كلما قلت مقاومته أى أن مقاومة الموصل تتناسب عكسياً مع مساحة مقطعه $R \propto \frac{1}{a}$ وذلك عند ثبوت نوع مادة الموصل وطولها .

$$\therefore \text{مقاومة الموصل} = \frac{\text{المقاومة النوعية} \times \text{طول الموصل}}{\text{مساحة مقطع الموصل}}$$

$$R = \frac{\rho L}{a} \Omega$$

أمثلة على قانون أوم

مثال (1) : ما هى القوة الدافعة الكهربية لبطارية مقاومتها الداخلية 0.5 أوم لكي يمر تيار شدته 0.6 أمبير في دائرة خارجية مقاومتها 2 أوم .

الحل : مقاومة الدائرة هى مجموع مقاومات أجزاء الدائرة المختلفة .

E = القوة الدافعة الكهربية .

I= شدة التيار المار = 0.6 أمبير

R = المقاومة الخارجية = 2 أوم ، المقاومة الداخلية للبطارية r = 0.5 أوم

مقاومة الدائرة الكلية = (R + r) $E = I (R + r)$

$= 0.6 (2 + 0.5) = 1.5$ Volts

مثال (2) : وصلت مقاومة مقدارها 4 أوم بمنبع قوته الدافعة الكهربية 2.4 فولت فكان فرق الجهد بين طرفى المقاومة 2 فولت .

احسب ما يلى :

(أ) شدة التيار المار في الدائرة

(ب) المقاومة الداخلية للمنبع

الحل : $E = R . I$

$2 = 4 . I$

$$\therefore I = \frac{2}{4} = 0.5\ A$$

بالنسبة للمنبع $E = I (R + r)$

$2.4 = 0.5 (4 + r).$

$2.4 = 2 + 0.5 r$

المقاومة الداخلية للمنبع $r = 0.8\ \Omega$

1-3 المقاومات :

تعريفها : هى مقاومة الأجزاء المختلفة في الدائرة الكهربية التي تحد من شدة تيار الدائرة وتقاس بوحدة الأوم ويرمز لها بالرمز (Ω) والمقاومة هى أحد العناصر الثلاثة الأساسية والفعالة في الدوائر الكهربية (العنصران الآخران هما الحث الذاتي والسعة الكهربية) . وكل عنصر من العناصر الثلاثة له قيمة معينة من المقاومة الكهربية ، وبصفة عامة يمكن إهمال هذه القيمة لكل من الملفات والمكثفات الكهربية لضعف تأثيرها .

ومن وجهة نظر الدائرة الكهربية يمكن إعتبار المقاومة الكهربية كنبيطة تمتلك علاقة ثابته بين فرق الجهد بين طرفيها والتيار المار فيها . وبذلك تخضع المقاومة الكهربية لقانون أوم .ومن وجهة نظر الطاقة يمكن إعتبار المقاومة الكهربية كنبيطة (DEVICE) لتحويل الطاقة الكهربية إلى طاقة حرارية .

تتراوح قيم المقاومات من مللي أوم إلى الملايين من الأوم ويستخدم هذا النوع من المقاومات في الآلات الكهربية وأجهزة القياس والدوائر الالكترونية والأجهزة الحرارية وخلافه.

يتوقف اختيار المقاومات على عدة اعتبارات يمكن إيجازها فيما يلي:

(أ) قيمة المقاومة المطلوبة :

فمثلاً تكون المقاومة صغيرة القيمة في حالة الآلات الكهربية وأجهزة القياس بينما تكون قيمتها كبيرة جداً في الدوائر الالكترونية .

(ب) القدرة الكهربية المفقودة في المقاومة :

وهى القدرة التي تتحول إلى حرارة وهى تساوى حاصل ضرب كل من فرق الجهد بين طرفي المقاومة وشدة التيار المار فيها . ووحداتها هى الوات .

وتكتب على المقاومة قيمة قدراتها المقننة (Rated Power) وهى أقصى قيمة للقدرة يمكن ان تتحملها المقاومة ، ويجب أن لا تزيد القدرة المفقودة في المقاومة عن قدرتها المقننة حتى لا تتعرض لإرتفاع درجة حرارتها، ويؤدي ذلك إلى تلفها .

(حـ) درجة التفاوت أو السماح في قيمة المقاومة :

وهى تمثل نسبة مئوية من القيمة الإسمية للمقاومة تزيد أو تقل قيمتها عن القيمة المقننة (الإسمية) . ولذلك تكتب العلامة ± قبل قيمة التفاوت .

فمثلاً إذا كانت قيمة المقاومة الإسمية 100 أوم بتفاوت ± 5% فتكون قيمة هذه المقاومة تتراوح بين 95 إلى 105 أوم . تعتمد قيمة التفاوت على دقة الصناعة وعلى نوع المادة المصنوعة منها المقاومة .

(د) معامل المقاومة الحراري :

تتناسب قيمة المقاومة الكهربية لجميع الموصلات تناسباً طردياً مع درجة الحرارة ، حيث تزيد بقيم مختلفة تتوقف على فروق درجات الحرارة ونوع مادة الموصل .

تعريف المعامل الحراري : يعرف المعامل الحراري لأى مادة بأنه مقدار التغير في قيمة مقاومة هذه المادة عندما تتغير درجةحرارتها درجة واحدة مئوية ،ويرمز له بالرمز(α) ووحداته هى اوم/ م^5

(هـ) سعر المقاومة :

فمثلاً في دوائر الراديو والتليفزيون يعتبر سعر المقاومة عامل مهم عند اختيار المقاومات .

(و) عمر المقاومة :

إذ أنه من المعروف أن طول مدة الاستعمال يسبب تغيراً في قيمة المقاومة الكهربية – وكلما زاد العمر الافتراضي للمقاومة كلما زاد سعرها .

تنقسم المقاومات الكهربية (من حيث قيمتها) إلى مقاومات ثابتة القيمة (أو المقاومات العيارية) ومقاومات متغيرة القيمة .

المقاومات العيارية : المقاومة العيارية هى المقاومة ثابتة القيمة ، وتتميز هذه المقاومة بأنه لا يمكن تغيير قيمتها ، وبالتالي تضاف قيمتها الكلية إلى قيمة مقاومة الدائرة الكهربية التي توصل بها . ويتميز هذا النوع من المقاومات أيضاً بأن كل مقاومة لها طرفان يتم توصيلهما بالدائرة الكهربية عن طريقهما . وتستخدم المقاومات العيارية كأحمال كهربية مثل لمبات الإضاءة والسخانات الكهربية وفي الدوائر الالكترونية (راديو – تليفزيون وغيرها) .

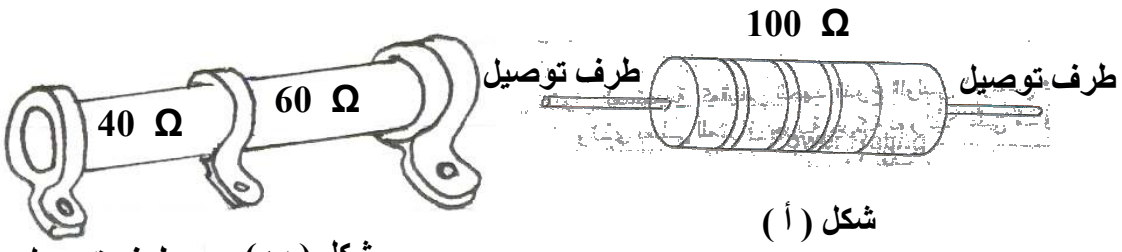
وتصنع المقاومات العيارية من سبيكة من المنجانين أو الكنستنتان . وهى تلف على اسطوانه عازلة وهى ذات قيم محددة لا تتعدى نسبة الخطأ في تحديد قيمتها عن جزء من عشرة آلاف جزء ويجب أن تتوفر الشروط التالية في المقاومة العيارية :

أ- ثبوت قيمة المقاومة مع الزمن .

ب- أن يكون المعامل الحراري للمادة المصنوع منها المقاومة صغيراً جداً .

حـ- أن تكون القوة الدافعة الكهربية عند الاتصال بأسلاك نحاسية صغيرة جداً ويوضح شكل (1-3 – أ) مقاومة ثابتة القيمة (ذات طرفين لتوصيلها بالدائرة الكهربية) وهناك نوع آخر من المقاومات ثابتة القيمة لها أكثر من وصلة بين طرفيها وتسمي مقاومة متعددة الوصلات

وبتوصيل أحد الوصلات المختلفة إلى الدائرة الكهربية نحصل علي قيم مختلفة للمقاومة . كما فى شكل (1-3- ب) .



شكل (1-3-أ ، ب)

وتنقسم المقاومات ثابتة القيمة من حيث نوع المادة المصنوعة منها إلى ثلاثة أقسام : المقاومات السلكية ، والمقاومات الكربونية والمقاومات الفيلمية .

أولاً : المقاومات السلكية :

تتكون المقاومة السلكية من سلك معدنى ذو طول ومساحة مقطع مناسبين ملفوف حول اسطوانه عازلة (غالباً من السيراميك) . وتصنع هذه المقاومات من مواد لها مقاومة نوعية عالية مثل المنجانين والكونستنتان .

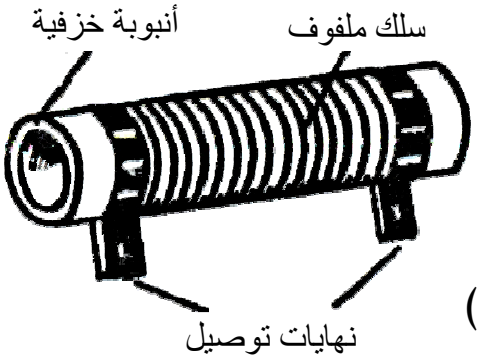
المقاومة النوعية للمانجانين = 45×10^{-8} أوم . متر .

المقاومة النوعية للكونستنتان = 49×10^{-8} أوم. متر.

يختلف شكل ونوع مادة المقاومة السلكية بإختلاف الغرض الذى تستخدم من أجله وكذلك تبعاً لقيمة القدرة المقننة لهذه المقاومة . وتتراوح قيم المقاومات السلكية من كسور الأوم إلى عدة آلاف أوم ، كما يتراوح التفاوت بين ± 1% إلى ± 5% . وفي حالة المقاومات الصغيرة تكون الأسلاك عبارة عن قضبان معدنية سميكة ، وتكون قيم القدرة المقننة للمقاومات السلكية (في حالة التطبيقات الالكترونية) صغيرة (أى عدد قليل من الوات) أما في حالة التطبيقات

الهندسية فتكون كبيرة (في حدود عدة آلاف من الوات) وعادة يتم عـزل المقاومـة الـسلكية بطبقة من الاكسيد لمنع حدوث قصر بين لفات السلك .

ويوضح شكل (1– 4) المقاومة السلكية

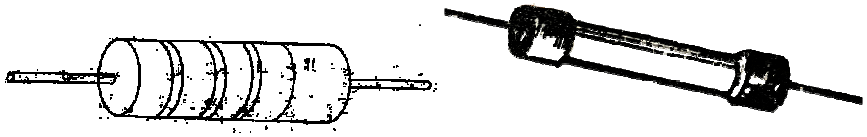


شكل (1– 4)

ثانياً – المقاومة الكربونية:

عند الاحتياج إلى قيم كبيرة جداً من المقاومة الكهربية والتي تكون في حدود عدة ملايين أوم فإن تكلفة تصنيع المقاومات السلكية تكون باهظة للغاية . بإستعمال خلـيط مـن مـسحوق الكربون (أو الجرافيت) والسيراميك (أو الطمي المحروق) يمكن الحـصول علـى مقاومـة كربونية لها مقاومة عالية جداً وتكاليف إقتصادية للغاية . وتعتمد قيمة المقاومة الكربونية علـى نسبة من الكربون إلى السيراميك في الخليط . ويتم تغطية المقاومة الكربونيـة بمـادة عازلـة لحمايتها ضد كل من المؤثرات الميكانيكية وإمتصاص الرطوبة من الهواء الجـوى . وتـشكل الخلطة على هيئة أقراص أو قضبان تجمد بالحرارة ، ويرش طرفي المقاومة بمعدن حتى يمكن تثبيت طرفى التوصيل .

ويوضح شكل (1–5)



نموذجين للمقاومة الكربونية **شكل (1– 5)**

وتكون قيمة المقاومة الكربونية كبيرة فهى تتراوح بين 10 أوم إلى 20 مليـون أوم (20 ميجا أوم) وبدرجة تفاوت تتراوح بين ±5 % إلى ± 20% كما أن قدرتها صغيرة تتراوح بين 0.25 إلى 5 وات . كما أنها أقل ثباتاً من المقاومات السلكية .

تتميز المقاومة الكربونية بالمزايا الآتية :

(أ) صغر الحجم (ب) رخص الثمن

(جـ) تعطى قيم كبيرة للمقاومة أكبر من المقاومة السلكية.

أما عيوب المقاومة الكربونية فيمكن تلخيصها فيما يلي :

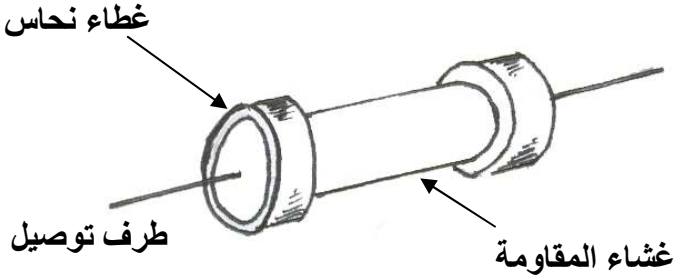
(أ) تسخن عند التيارات المرتفعة بشدة . (ب) لها معامل حراري كبير.

(جـ) عدم دقة قيمتها حيث أن لها درجة تفاوت عالية تصل إلى ± 20% وعموماً فإن هذا النوع من المقاومات يستخدم بكثرة في الحالات التي لا تستلزم تيارات كبيرة القيمة أو الحالات التي لا تستلزم درجات تفاوت صغيرة .

ثالثاً: المقاومات الفيلمية :

تسمي المقاومة الفيلمية في بعض الأحيان بالمقاومة الغشائية ،وهى تصنع من غشاء متجانس من الكربون والجرافيت ، ومن اكسيد القصدير المترسب حول دليل اسطواني من الخزف . ويمكن زيادة قيمة المقاومة عن طريق عمل حز أو شق لولبي في الغشاء حيث يتغير مسار المقاومة بين الطرفين . ويكون الغلاف الخارجي للمقاومة عبارة عن طبقة من اللاكيه مغطاه بطبقة من البلاستيك .

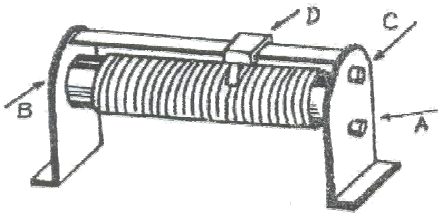
ويوضح شكل (1 – 6) نموذجاً للمقاومة الفيلمية .



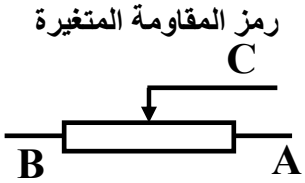
شكل(1–6) المقاومة الفيلمية .

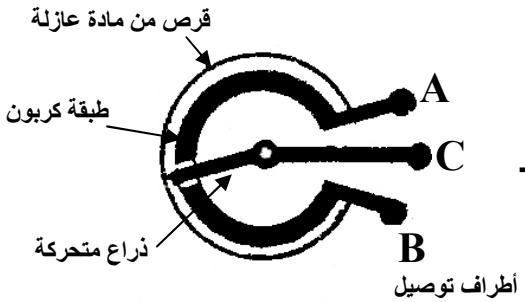
رابعاُ المقاومات متغيرة القيمة :

المقاومة المتعددة الوصلات تعطى أكثر من قيمة تصل إلى أربعة مقاومات . وهنا نجد أن المقاومة متغيرة القيمة تعطى مجالاً أوسع لإختيار قيمة المقاومة المطلوبة . وهى تتكون من مقاومة سلكية ملفوفة على اسطوانة وينزلق على السلك طرف متحرك يحدد قيمة المقاومة المطلوبة . وتتراوح قيم المقاومة لهذا النوع من المقاومات من صفر إلى 200 كيلو أوم . والقدرة المقننة لها تتراوح من 10 و 1000 وات .



شكل (1-7- أ)



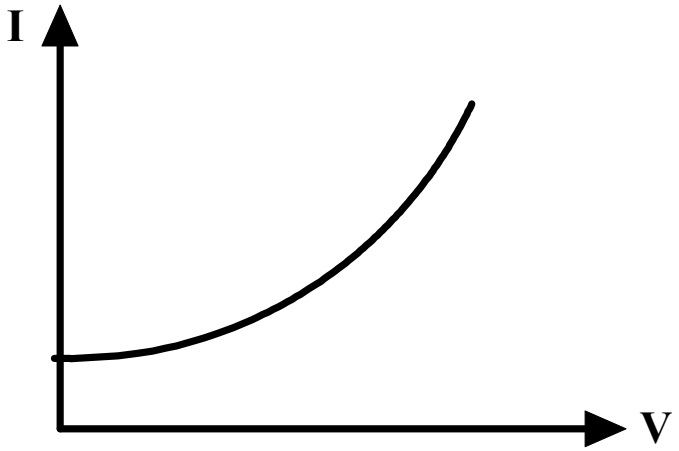


شكل (1-7- ب) الريوستات

وشكل (1–7 – أ) يوضح شكل عام للمقاومة المتغيرة السلكية وتسمى أحياناً الريوستات كما توجد مقاومة متغيرة كربونية تصنع كما بالشكل (1–7– ب) من قرص مصنوع من مادة عازلة (فبر) تغطى بطبقة من الجرافيت على شكل حلقة يتحرك عليها طرف منزلق يتحرك بواسطة محور متحرك لتغيير قيمة المقاومة .

خامساُ: المقاومات المتغيرة مع الجهد :

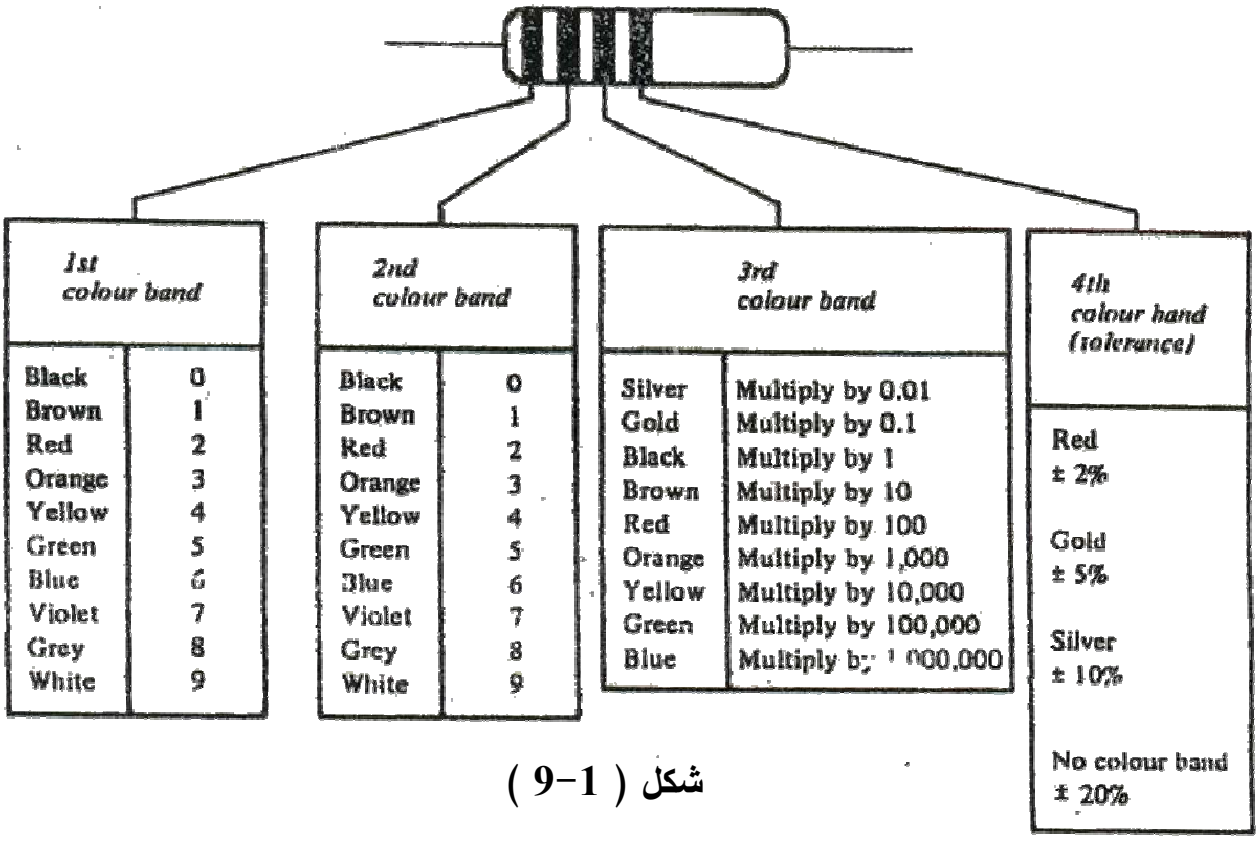
المقاومة المتغيرة مع الجهد أحيانا تسمى الفاريستور (Varistor) هى مقاومة مصنوعة من مادة شبه موصلة وتقل قيمتها بإزدياد الجهد المؤثر على طرفيها . وتصنع مقاومات الفاريستور من كربيد السليكون وتستخدم في أجهزة الوقاية من الجهود المفاجئة حيث توصل بالتوازى مع الجهاز المراد حمايته ، وعند زيادة الجهد فجأة تقل قيمة مقاومة الفاريستور وتسمح بمرور تيار كبير ، وبذلك تمتص هذه المقاومة جزءاً لا بأس به من الطاقة المباغته فتنكسر حدتها .ويوضح شكل (1–8) العلاقة التى تربط بين الجهد والتيار لإحدى مقاومات الفاريستور .



شكل (1–8) علاقة الجهد والتيار لمقاومة الفاريستور

كود (شفرة) الوان المقاومات :

يتم بيان قيمة المقاومات الثابتة سواء كانت مقاومة كربونية أو مصنوعة من أكسيد معدنى عن طريق وضع حلقات ملونة على جسم المقاومة الخارجى تدل على قيمتها وكذلك على درجة التفاوت (Tolerance) الخاص بها . وفى هذا الصدد تستخدم طريقتان لدلالة حلقات الألوان على قيمة المقاومة وعلى درجة التفاوت . فى الطريقة الأولى تستخدم أربع حلقات ملونة وفى الطريقة الثانية تستخدم خمس حلقات ملونة . ويوضح شكل (1–9) الألوان المستخدمة للدلالة على قيمة المقاومة والرقم المناظر لكل لون كما يوضح أيضاً مقدار التفاوت واللون المناظر لكل مقدار .



شكل (1–9)

وتكون حلقة اللون الأول على المقاومة أقرب لأحد نهايتها عن مدى قرب حلقة اللون الأخيرة من النهاية كما هو مبين فى الشكل .

وتدل الثلاث حلقات الأولى على قيمة المقاومة بينما تدل الحلقة الرابعة على درجة التفاوت . ولبيان كيفية استعمال الأرقام المناظرة للألوان فى شكل (1–9) للدلالة على قيمة مقاومة سوف نحدد قيمة كل من المقاومتين المبين ألوانهما فى شكل (1–10) .

شكل (1–10)

بالنسبة للمقاومة الأولى فإن الوانها بالترتيب هى :

الحلقة الأولى : بنى تناظر الرقم 1 فى شكل (1–9)

الحلقة الثانية : أسود تناظر الرقم صفر

الحلقة الثالثة : برتقالى تناظر الرقم 3

الحلقة الرابعة (وهى تدل على درجة التفاوت) : ذهبى وتناظر ± 5 ٪

والرقم المناظر للحلقة الأولى يدل على رقم العشرات فى قيمة المقاومة والمناظر للحلقة الثانية يدل على رقم الآحاد والمناظر للحلقة الثالثة يدل على عدد الأصفار التى توضع على يمين الرقمين السابقين . أى يدل على قيمة الأس للأساس عشرة ليضرب فى الرقمين السابقين وبالتالى تكون قيمة المقاومة الأولى هى :

$$10000 \pm 5\% = 10\ \mathrm{K}\,\Omega \pm 5\ \%$$

أو باستخدام الأس

$$10 \times 10^{3} \pm 5\ \% = 10\ \mathrm{K}\,\Omega \pm 5\ \%$$

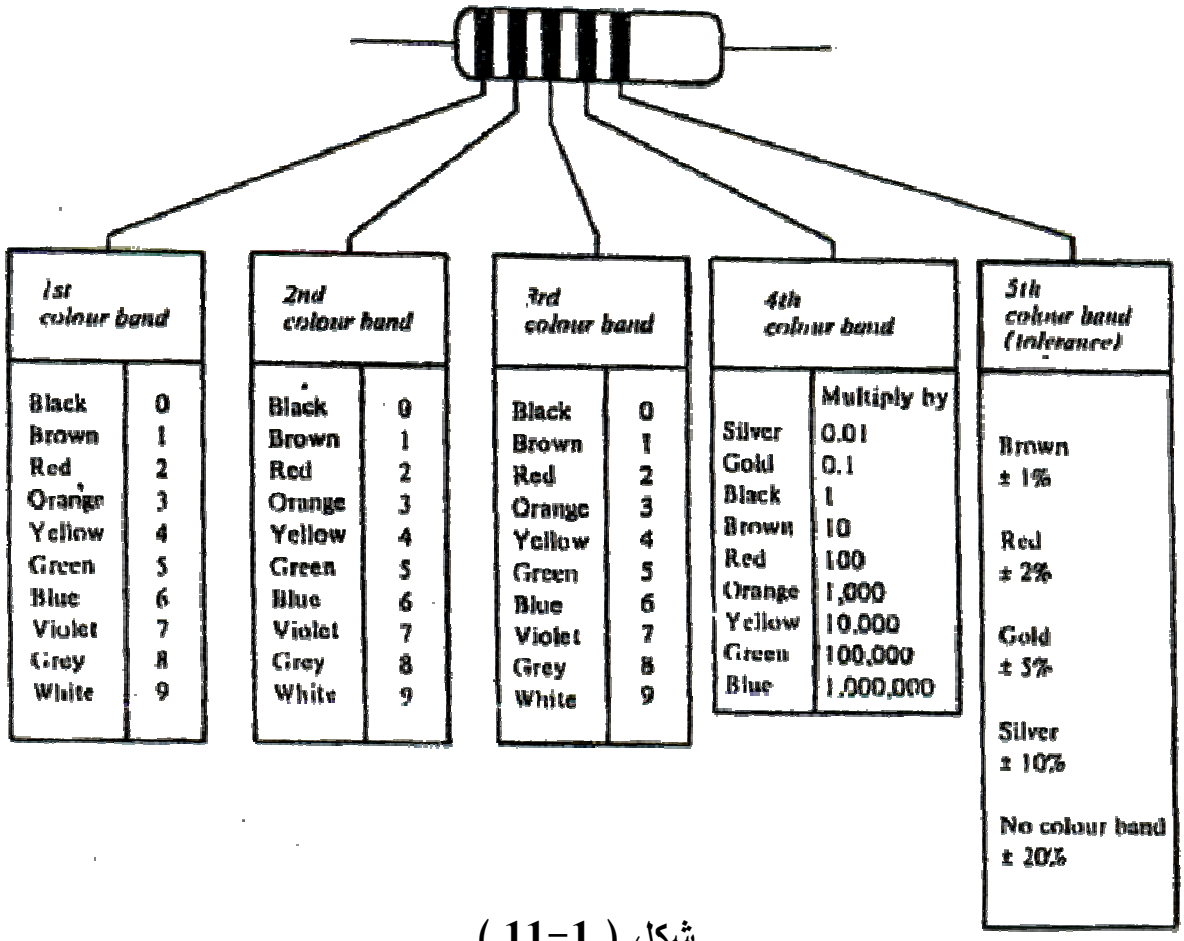
وبالنسبة للمقاومة الثانية فالوانها هى :

أصفر – بنفسجى – ذهبى – ذهبى

وبالتالى تكون قيمة المقاومة هى :

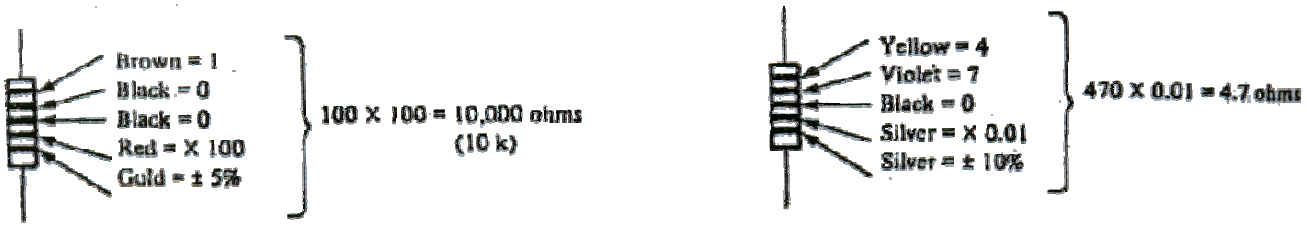
$$47 \times 10^{-1} \pm 5\ \% = 4.7\ \Omega \pm 5\ \%$$

وإذا استخدمت الطريقة الثانية التى فيها خمسة ألوان فإن شكل (1–11) يبين الأرقام المنـــاظرة للألوان فى هذه الطريقة .



شكل (1-11)

وفى هذه الحالة فإن الرقم المناظر للون الأول يدل على رقم المئات فى قيمة المقاومة . والرقم المناظر للون الثانى يدل على رقم العشرات . والرقم المناظر للون الثالث يدل على رقم الآحاد . والرقم المناظر للون الرابع يدل على عدد الأصفار التى توضع على يمين الثلاث أرقام السابقة . أى يدل على قيمة الأس للأساس عشرة ليضرب فى الثلاث أرقام السابقة . ولتوضيح ذلك يبين شكل (1-12) مقاومتين لكل منهما خمسة ألوان .



شكل (1-12)

بالنسبة للمقاومة الأولى فإن الوانها هى :

البنى – الأسود – الأسود – الأحمر – ذهبى

وبالتالى تكون قيمة المقاومة هى :

$$100 \times 10^2 \pm 5\ \% = 10000\ \Omega \pm 5\ \%$$

$$= 10\ K\ \Omega \pm 5\ \%$$

وبالنسبة للمقاومة الثانية فإن ألوانها هى :أصفر – بنفسجى – أسود – فضى – فضى

وبالتالى تكون قيمة المقاومة هى :

$$470 \times 10^{-2} \pm 10\ \% = 4.7 \pm 10\ \%$$

$$= 4.7\ \Omega \pm 10\ \%$$

بالنسبة للأنواع الأخرى من المقاومات (أى غير الكربونية أو غير المصنوعة من أكسيد معدنى) فإنه يستخدم نظام تشفير يوضع فيه حرف مكان العلامة العشرية فى قيمة المقاومة ويدل الحرف على مقدار المضاعف العشرى (أى الأس للأساس عشرة) على النحو التالى:

الحرف	R	K	M
المضاعف العشرى	1	100 10^3	1000000 10^6

ويوضع بعد ذلك حرف آخر ليدل على درجة التفاوت وذلك على الأساس الآتى :

الحرف	درجة التفاوت
F	± 1 %
G	± 2 %
J	± 5 %
K	± 10 %
M	± 20 %

مثال (1) : حدد قيمة مقاومة كربونية عليها أربعة ألوان بالترتيب الآتى :

بنى – أسود – برتقالى – ذهبى وحدد قيمة التفاوت

الحـــــــــــــل

اللون البنى يناظره رقم 1

اللون الأسود يناظره رقم صفر

اللون البرتقالى يناظره رقم 3

اللون الذهبى وهو اللون الرابع ولذلك يمثل درجة التفاوت وقدرها ± 5 ٪

وبالتالى تكون المقاومة هى :

$$10 \times 10^3 \pm 5\ \% = 10\ \mathrm{K}\,\Omega \pm 5\ \%$$

مثال (2) : حدد قيمة مقاومة عليها خمسة حلقات ملونة بالترتيب الآتى :

أخضر – أزرق – برتقالى – أحمر – ذهبى

الحـــــــــــــل

اللون الأخضر يناظره رقم 5

اللون الأزرق يناظره رقم 6

اللون البرتقالى يناظره رقم 3

اللون الأحمر يناظره رقم 2

اللون الخامس هو الذهبى ويمثل درجة التفاوت وقدرها ± 5 ٪

وبالتالى تكون المقاومة هى :

$$56300 \pm 5\ \% = 56.3\ \mathrm{K}\,\Omega \pm 5\ \%$$

مثال (3) : حدد ألوان الحلقات المناظره لمقاومة قيمتها 220 أوم إذا كان عدد الحلقات أربعة وكانت درجة التفاوت ± 10 ٪

الحـــــــــــــل

الرقم الأول من اليسار هو (2) ويناظره اللون الأحمر

الرقم الثانى من اليسار هو (2) ويناظره اللون الأحمر

الرقم الثالث من اليسار هو (صفر) ويناظره عدد الأصفار أى أن عدد الأصفار واحد

وبالتالى يكون اللون المناظر للرقم (1) هو اللون البنى

درجة التفاوت ± 10 ٪ تناظر اللون الفضى

وبالتالى يكون لون حلقات المقاومة هو : أحمر – أحمر – بنى – فضى

مثال (4) : حدد المقاومات المناظرة للرموز الآتية :

1MOF , 330RG , 68RJ , 4R7K , R22M

الحـــــــــــــل

كما سبق ذكره فإن أول حرف من اليمين فى كل رمز يناظر درجة التفاوت . وأول حرف نقابله من اليسار يكون هو مكان العلامة العشرية ويدل على المضاعف العشرى وبالتالى :

R22M 0.22 Ω ± 20 %

4R7K 4.7 Ω ± 10 %

68RJ 68 Ω ± 5 %

330RG 30 Ω ± 2 %

1M0F 1.0 M Ω ± 10 %

5M6M 5.5 M Ω ± 20 %

التوصيلية ووحداتها :

يدل مقلوب المقاومة النوعية للمادة على قابلية التوصيل الكهربى لهذه المادة (Conductivity) أى أن $\sigma = \frac{1}{\rho}$

حيث (σ) هى التوصيلية الكهربية ، (ρ) هى المقاومة النوعية .

ومن المعلوم أن المقاومة الكهربية هى القوة المعاكسة لسريان الالكترونات ووحداتها هى الأوم ويعرف مقلوب المقاومة الكهربية بالموصلية الكهربية ووحداتها هى الموه mho أو السيمنز.

ويمكن تعريف الموصلية الكهربية للمادة بأنها تمثل مقدرة هذه المادة على السماح بسريان الالكترونيات

∴ إذن المقاومة الكهربية = $\frac{1}{\text{الموصلية الكهربية}}$

$$R = \frac{1}{G} \qquad or \qquad G = \frac{1}{R}$$

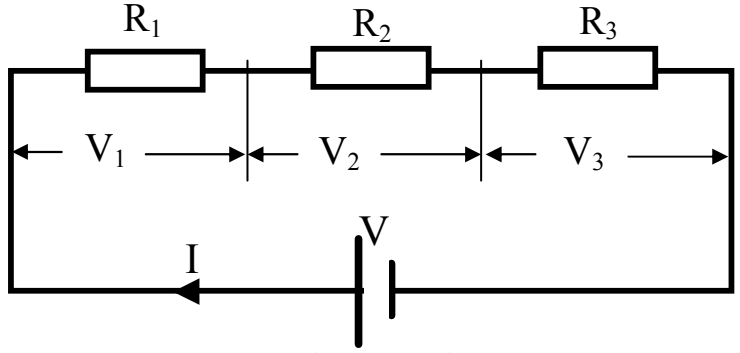
من المعلوم كذلك أن المقاومة النوعية هى مقاومة موصل مصنوع من مادة ما طوله واحد متر ومساحة مقطعه واحد متر مربع ووحداتها الأوم متر . ويعرف مقلوب المقاومة النوعية للمادة بقابلية التوصيل النوعي لهذه المادة ووحداتها هى الموه لكل متر (موه/متر) أو سيمنز / متر .

1-4 طرق توصيل المقاومات :

هناك ثلاث طرق مختلفة لتوصيل المقاومات : التوصيل على التوالي – التوصيل على التوازى – التوصيل على التضاعف (وهو خليط بين التوصيل على التوالي والتوازي).

1-4-1 توصيل المقاومات على التوالي :

إذا تم توصيل ثلاث مقاومات R_1 , R_2 , R_3 بالطريقة الموضحة بشكل (1-13) فإنه يقال أن هذه المقاومات متصلة على التوالي . وبذلك يمر التيار I الخارج من البطارية في المقاومات الثلاثة . أى أن شدة التيار المار في المقاومات المتصلة على التوالي تكون واحدة لكن فرق الجهد بين طرفى كل مقاومة تختلف قيمته بإختلاف قيمة كل مقاومة طبقا لقانون أوم . و تكون القوة الدافعة الكهربية للبطارية V مساوية للمجموع الجبري للجهود المتصلة على التوالى .



$V = V_1 + V_2 + V_3$

$V_1 = IR_1$

$V_2 = IR_2$

$V_3 = IR_3$

شكل (1- 13)

وإذا فرضنا أن محصلة المقاومات المتصلة على التوالي R_t فنجد أن:

$$V = I \cdot R_t$$

$$\because \quad V = V_1 + V_2 + V_3$$

$$\therefore \quad IR_t = IR_1 + IR_2 + IR_3$$

بالقسمة على I فان

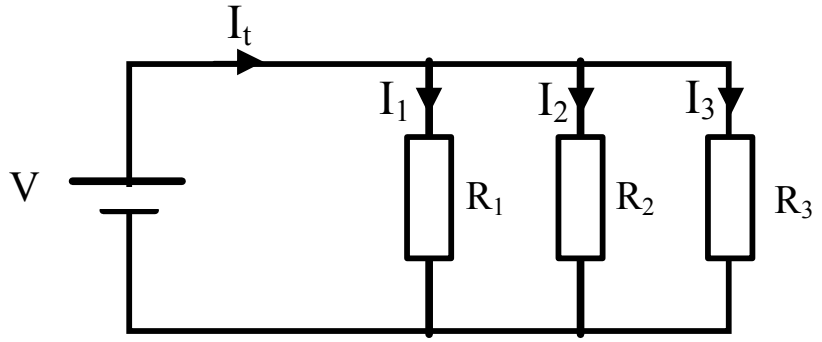
$$R_t = R_1 + R_2 + R_3$$

إذن محصلة المقاومات المتصلة على التوالي تساوى مجموع هذه المقاومات واذا تساوت المقاومات في القيمة وكانت قيمتها R وعددها n فإن المقاومة المكافئة $R_t = n \cdot R$ وتكون المقاومة الكلية لمجموعة مقاومات متصلة على التوالي أكبر من قيمة أى مقاومة فيها .

1-4- 2 توصيل المقاومات على التوازى :

إذا وصلت ثلاثة مقاومات كما في شكل (1-14) فإن :

فرق الجهد على المقاومات الثلاثة = فرق جهد المنبع = V



شكل (1- 14)

لكن تيار المنبع I يتفرع في المقاومات الثلاثة ومجموع التيارات يساوى التيار الكلي

$$I_t = I_1 + I_2 + I_3$$

ومن قانون أوم

$$\frac{V}{R_t} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3}$$

بقسمة كل المعادلة على V

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

أى أن المقاومة المكافئة لعدة مقاومات متصلة على التوازى تكون أصغر من أية مقاومة في الدائرة .

وحيث أن الموصلية هى عكس المقاومة .

$$G = \frac{1}{R}$$

$$\therefore G_t = G_1 + G_2 + G_3$$

وإذا وصل عدد n من المقاومات المتساوية على التوازي وكانت قيمة كل منها R فــإن المقاومة المكافئة R_t

$$R_t = \frac{R}{n}$$

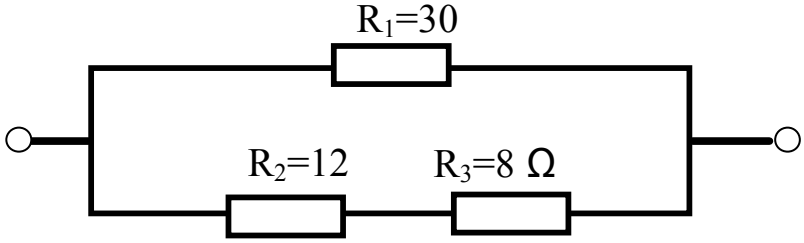
وإذا وصلت مقاومتان على التوازى فإن المقاومة المكافئة لها تساوى

$$R_t = \frac{R_1 . R_2}{R_1 + R_2}$$

1-4-3 التوصيل المركب (التوصيل على التضاعف) :

في هذه الحالة يكون لدينا مجموعة أو أكثر متصلة على التوازى ومجموعة أو أكثر متصلة على التوالي وترتبط فيها المجاميع إرتباطاً متوالياً ومتوازياً . ومن هنا يجب إيجاد المقاومة الكلية لكل مجموعة على حدة ثم إيجاد المقاومة الكلية المكافئة النهائية .

مثال (1) في الدائرة



الموضحة في شكل (1-12) احسب المقاومة المكافئة للمجموعة . R_2 R_3

شكل (1-15)

الحل : المقاومتان R_2 , R_3 متصلتان على التوالي

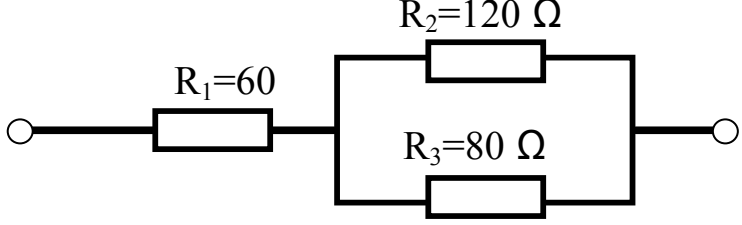
$$\therefore R_{2,3} = R_2 + R_3 = 12 + 8 = 20\,\Omega$$

ثم المقاومة R_1 ومحصلة **R_2** و **R_3** متصلتان على التوازي.

$$R_t = \frac{R_{2,3} \times R_1}{R_{2,3} + R_1} = \frac{20 \times 30}{20 + 30} = \frac{600}{50} = 12\,\Omega$$

مثال (2): احسب المقاومة الكلية لمجموعة المقاومات المتصلة بشكل (1- 16)

الحل



شكل (1-16)

المقاومتان R_2 , R_3 متصلتان على التوازى:

$$R_{2,3}=\frac{R_2\times R_3}{R_2+R_3}$$

$$R_{2,3}=\frac{120\times 80}{120+80}=48\Omega$$

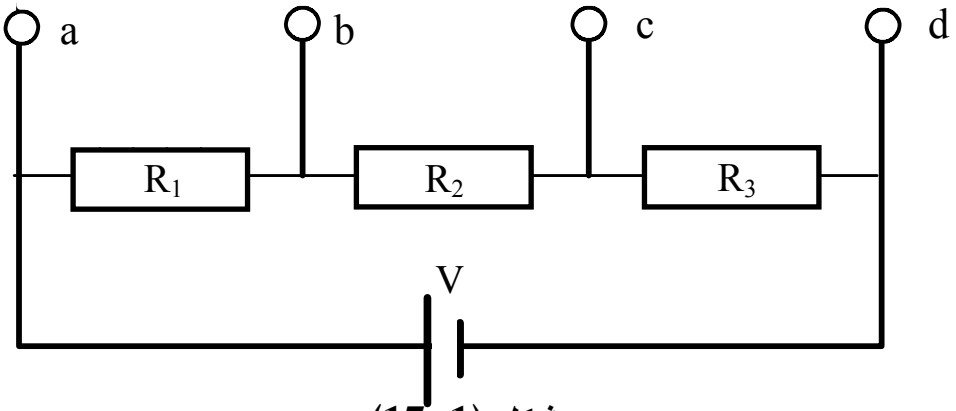
ثم بعد ذلك محصلة المقاومتان R_2 , R_3 متصلة على التوالي مع المقاومة R_1

المقاومة الكلية المكافئة $R_t=R_1+R_{2,3}$

$$R_t=60+48=108\Omega$$

مقسمات الجهد:

مقسمات الجهد هى مقاومات متصلة على التوالي كما هو موضح في شكل (1−17)



شكل (1−17)

وبالتالي فإن جهد المصدر V يتم تقسيمه على تلك المقاومات حسب مقدار كل مقاومة ومجموع الجهد على تلك المقاومات يساوى جهد المصدر . أى أن الجهد على المقاومة R_1 يكون:

$$V_{ab}=\frac{V.R_1}{(R_1+R_2+R_3)}$$

والجهد على المقاومة R_2

$$V_{bc}=\frac{V.R_2}{(R_1+R_2+R_3)}$$

والجهد على المقاومة R_3

$$V_{cd} = \frac{V.R_3}{(R_1 + R_2 + R_3)}$$

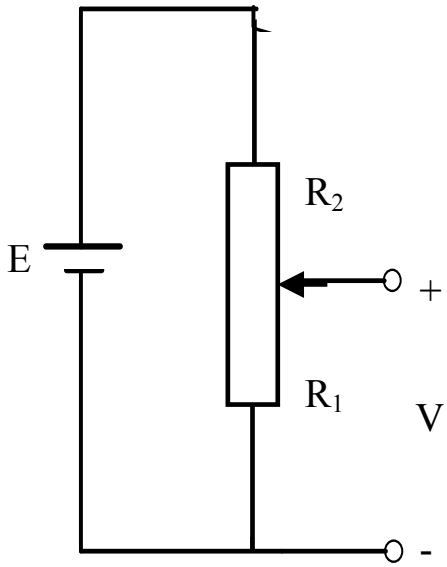
وبالتالي فإن

$$\frac{V_{ab}}{V_{bc}} = \frac{R_1}{R_2} \qquad \frac{V_{bc}}{V_{cd}} = \frac{R_2}{R_3} \qquad \frac{V_{cd}}{V_{ab}} = \frac{R_3}{R_1}$$

وإذا كانت المقاومة متغيرة كما هو موضح بشكل (1-18)

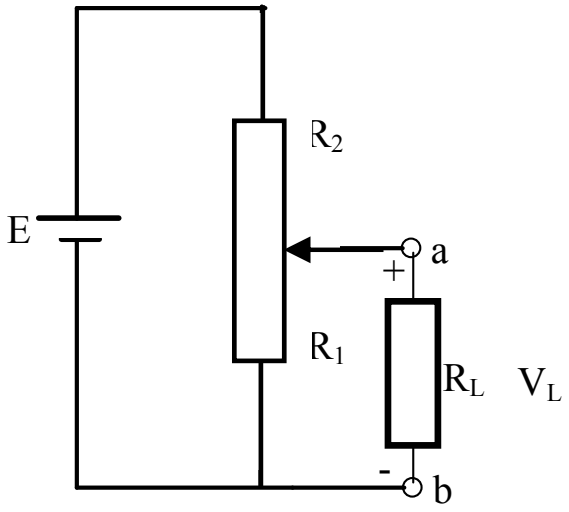
حيث تتغير قيم المقاومتين R_1 , R_2 حسب مكان المنزلق عليها ، فإن جهد الخـــرج V يتحـــدد بنفس الأسلوب السابق

$$V = \frac{E.R_1}{(R_1 + R_2)}$$



شكل (1- 18)

وفي حالة توصيل مقاومة R_L على أطراف الخرج أى الاطراف a , b تصبح الدائرة كما في شكل (1-19) وتمثل R_L حمل كهربي يتغذى من الجـــهد



شكل (1-19)

بين الاطراف a , b في هذه الحالـــــــــة تكـــون المقاومتـــان R_1 , R_L متـــصلتين علـــى التـــــوازى أى أن القيمة المكافئة لهما هي :

$$R_{1L}=\frac{R_1 . R_L}{R_1+R_L}$$

وتكون المقاومة الكلية على المصدر E هي

$$R_t=R_{1L}+R_2$$

ويكون الجهد على مقاومة الحمل R_L والذى هو في نفس الوقت الجهـــد علـــى المقاومـــة R_1 هـــو:

$$V_L=\frac{E\ R_{1L}}{R_t}$$

مثال : في الدائرة الموضحة بالشكل (1−20)

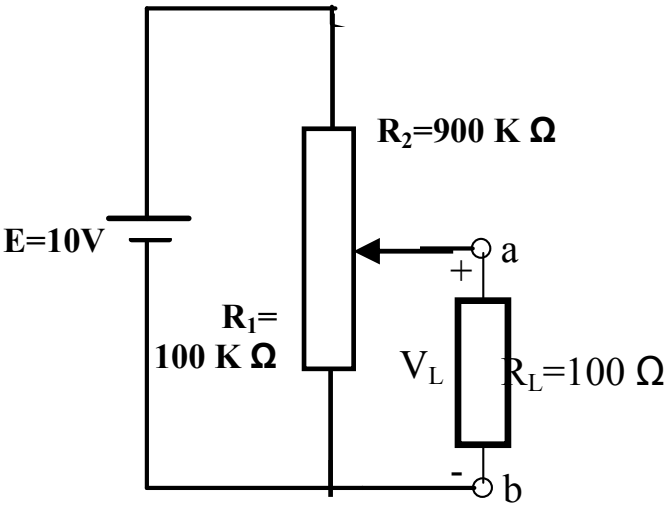
جهد المصدر = E = 10 V

المقاومة : $R_1=100\,K\,\Omega$

المقاومة : $R_2=900\,K\,\Omega$

مقاومة الحمل : $R_L=100\,\Omega$

احسب قيمة جهد الحمل V_L



الشكل (1−20)

الحل :

$$R_{1L}=\frac{R_1\,R_L}{R_1+R_L}=\frac{100\times10^3\,(100)}{100\times10^3+100}=99.9\,\Omega$$

$$R_t=R_{1L}+R_2=99.9+900\times10^3\cong900\times10^3\ \Omega$$

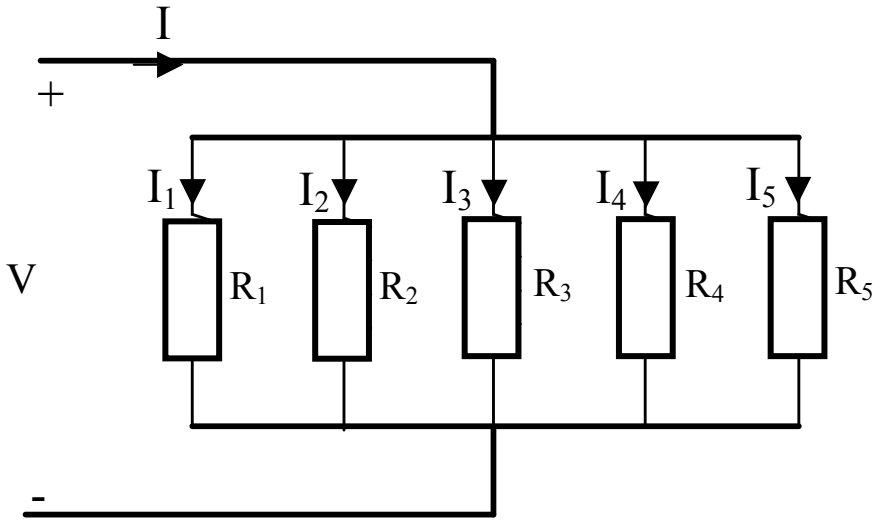
$$V_{1L}=\frac{R_{1L}.E}{R_t}$$

$$= \frac{99.9(10)}{900\times10^{3}+99.9} = 1\times10^{-3}\,V = 1\,mV$$

وهى قيمة صغيرة جداً إذا قورنت بقيمة جهد المصدر E = 10 V

مقسمات التيار :

إذا تم توصيل مجموعة من المقاومات على التوازي كما في في شكل(1−21) فإن التيار الكلي الداخل للمجموعة يتم تجزئته وتوزيعه على المقاومات بحيث أن المقاومة الأصغر يمر فيها تيار أكبر.



شكل (1−21)

وحيث أن المقاومات متصلة على التوازي فإن فرق الجهد بين أطرافها يكون متساوياً

وإذا كانت المقاومة الكلية لمجموعة المقاومات هى R_t وفرق الجهد بين أطراف المقاومات هو V فإن التيار الكلي الداخل للمجموعة يكون

$$I = \frac{V}{R_t}$$

$$V = I.R_t \text{ ---------} (I)$$

ويمكن التعبير عن V بدلالة قيم المقاومات والتيارات المارة فيها على النحو التالي:

$$V = 1_1.R_1 = I_2\ R_2 = I_3\ R_3 = I_4\ .R_4 = I_5\ R_5 \text{ -------} (II)$$

ومن المعادلتين I، II نحصل على:

$$I_1 = \frac{R_t}{R_1} I \qquad I_2 = \frac{R_t}{R_2} I \qquad I_3 = \frac{R_t}{R_3} I \qquad I_4 = \frac{R_t}{R_4} I \qquad I_5 = \frac{R_t}{R_5} I$$

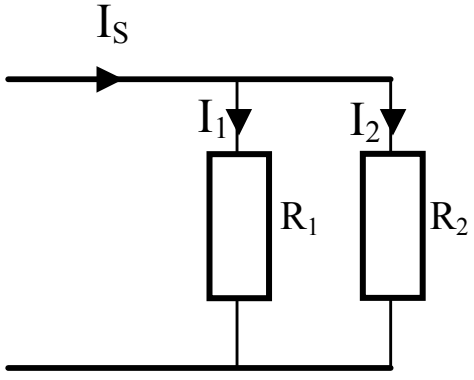
أى أن التيار في أى مقاومة من مجموعة المقاومات المتصلة على التوازي يساوى حاصل ضرب المقاومة الكلية في التيار الكلي مقسوماً على قيمة المقاومة المراد تحديد التيار فيها ويلاحظ أيضاً أنه كلما قلت المقاومة يزيد التيار الذى يمر بها والعكس صحيح .

مثال : احسب التيار I_2 في الدائرة بالشكل (1-22)

حيث:

$$I_S = 6A \qquad R_2 = 8K\Omega \qquad R_1 = 4K\Omega$$

الحل :



شكل (1-22)

$$R_t = \frac{R_1 . R_2}{R_1 + R_2}$$

$$R_t = \frac{4 \times 8}{4+8} = 2.67K\Omega$$

$$I_2 = \frac{R_t}{R_2} \times I_S$$

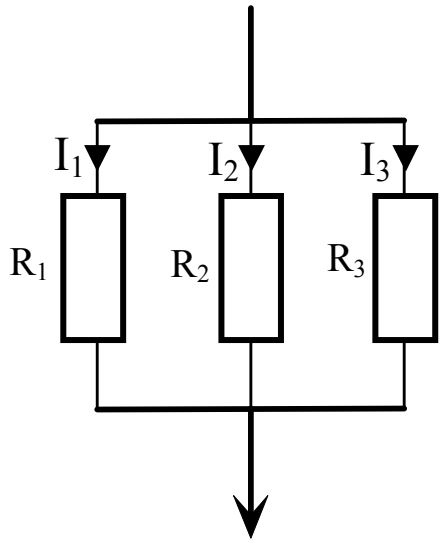
$$= \frac{2.67 \times 6}{8} = 2A$$

مثال : في الدائرة الموضحة بشكل (1-23)

أحسب التيارات I_1, I_2, I_3

حيث أن :

$R_1 = 1\Omega \qquad R_2 = 3\Omega \qquad R_3 = 6\Omega$



شكل (1-23)

الحل:

الموصلية الكلية للمقاومات

$$G_t = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$= 1 + \frac{1}{3} + \frac{1}{6} = 1.5 \qquad mho$$

وبالتالي تكون المقاومة الكلية R_t:

$$R_t = \frac{1}{G_t}$$

$$R_t = \frac{1}{1.5} = \frac{2}{3}\Omega$$

$$I_1 = \frac{R_t}{R_1}.I = \frac{\left(\frac{2}{3}\right)\times(9)}{1} = 6\,A$$

$$I_2 = \frac{R_t}{R_2} I = \frac{\left(\frac{2}{3}\right)\times(9)}{3} = 2A$$

$$I_3 = \frac{R_t}{R_3} I \qquad = \frac{\left(\frac{2}{3}\right)\times(9)}{6} = 1A$$

تحقيق:

$$I_t = I_1 + I_2 + I_3$$
$$= 6 + 2 + 1 = 9\ A$$

مقننات القدرة للمقاومات :

القدرة عموماً هى دلالة على مدى كمية الشغل الذى يتم بذله في فترة زمنية معينة . أى أن القدرة هى معدل بذل الشغل .

ويرمز للقدرة بالرمز P ، وهناك عدة صورة لقيمة القدرة

(1) $P = I.\ V.$

$\because\ I = \dfrac{V}{R}$ ومن قانون أوم

(2) $P = \dfrac{V}{R}.V = \dfrac{V^2}{R}$

$\therefore P = \dfrac{V^2}{R}$

(3) $P = I.IR = I^2 R$

ويدل ذلك على أن القدرة التي تفقد فى المقاومة يمكن الحصول عليها من قيمة التيار وقيمة المقاومة .

أما إذا كان فرق الجهد على أطراف المقاومة معلوماً وكذلك التيار الذي يسرى خلالها ويمكن من المعادلة P = I V لتحديد القدرة التي تستهلكها المقاومة والقدرة التي تنتقل إلى المقاومة تتحول إلى حرارة ويتم فقدها . وفى حالة استخدام بطارية في دوائر التيار المستمر وكان جهدها (ق . د . ك) هو E والتيار الخارج منها I فإن القدرة التي تزود البطارية بها الدائرة تكون P = E I .

مثال : احسب القدرة التي تستهلكها مقاومة مقدارها 5 أوم إذا كان التيار المار فيها 4 أمبير.

الحل :

$$P = I^2 . R$$

$$= (4)^2 (5) = 80 W$$

والوحدة الأساسية لقياس القدرة هى الوات وفي بعض التطبيقات في الهندسة الكهربية تكون هذه الوحدة صغيرة جداً وبالتالي تستخدم وحدات عبارة عن مضاعفات الوات مثل الكيلووات K . W وهو الف وات أو الميجاوات M W وهو مليون وات . وفي التطبيقات الالكترونية تنشأ الحاجة الى وحدات أصغر من الوات وفي هذه الحالة تستخدم وحدة المللي وات m.W. وتقاس القدرة بإستخدام جهاز الواتميتر .

1-5 تأثير الحرارة على المقاومة :

تؤثر درجة الحرارة على قيمة المقاومة . فالمعادن النقية كالنحاس والألمونيوم تزيد مقاومتها بإرتفاع درجة الحرارة وذلك لأن درجة الحرارة تسبب زيادة طاقة الالكترونات الحرة فتزيد سرعتها ولذلك يزداد تصادمها مع أيونات المعدن فتزداد مقاومتها لمرور هذه الالكترونيات .

أما الكربون والمحاليل وأشباه الموصلات فتقل مقاومتها بإرتفاع درجة الحرارة وهناك بعض السبائك مثل المنجانين (85% نحاس + 12% منجنيز + 3% نيكل) والكونستنتان (58 % نحاس أحمر ، 41% نيكل ، 1% منجنيز) فتتغير مقاومتها تغييراً صغيراً نسبياً ويمكن إهمال هذا التغير عند حد معين لدرجة الحرارة ولذلك تستخدم مثل هذه السبائك فى صنع المقاومات القياسية .

يمكن التعبير عن تغير المقاومة بتغير درجة الحرارة بمعامل يطلق عليه إسم المعامل الحراري للمقاومة ويرمز له بالرمز α

أ- تعريف المعامل الحراري للمقاومة :

هو مقدار التغير في قيمة مقاومة موصل مقدارها 1 أوم عندما تتغير درجة حرارته واحد درجة مئوية .

فإذا كان الموصل له مقاومة ابتدائية R_1 وأرتفعت درجة حرارته من T_1 ^{5} إلى T_2 ^{5}

فإن التغير في المقاومة يمكن تعيينه من العلاقة :

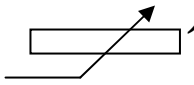
$$R_2 = R_1\left[1 + \alpha(t_2 - t_1)\right]$$

حيث: R_2 قيمة المقاومة عند درجة حرارة قدرة T_2 ^{5} م

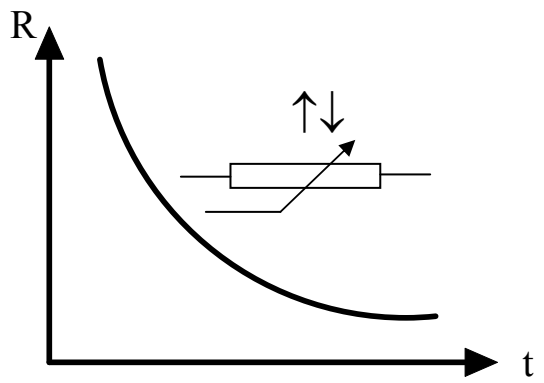
R_1 قيمة المقاومة عند درجة حرارة قدرها T_1 ^{5} م

(α) المعامل الحراري لمادة المقاومة .

ب- المقاومة ذات المعامل الحراري السالب (N T C)

هى المقاومة التى تقل قيمتها بزيادة درجة الحرارة مثل الكربون وأشباه الموصلات وتسمى هذه المواد بالموصلات الساخنة أى المواد التي تزيد موصليتها بإرتفاع درجة حرارتها ويرمز لها بالرمز 

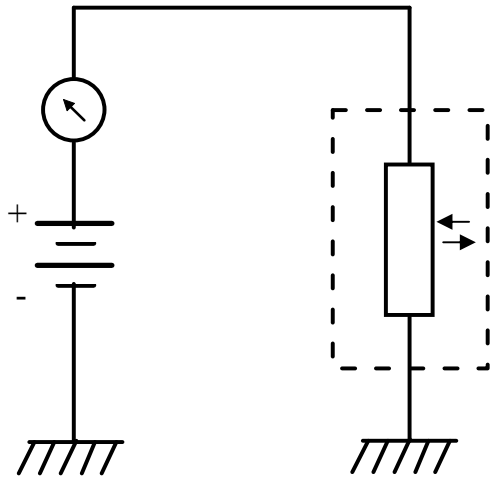
والشكل (1-24) يبين منحنى تغير مقاومة هذه المواد مع درجة الحرارة ، وتتخذ درجات الحرارة التي يتم تشغيل المعدات التى بها مقاومة حرارية ذات معامل مقاومة حرارى سالب المدى يبدأ من 50 ^{5} وحتى 400 ^{5}م تقريباً



شكل (1-24)

وتستخدم هذه الأنواع من المقاومات في أجهزة القياس الكهربية ومحولات الطاقة الصغيرة المستخدمة لقياس الحرارة ، وعلى سبيل المثال تستخدم كعنصر حساس للحرارة لقياس درجة حرارة ماء التبريد بالنسبة لمحركات السيارات (ماء الراديتير) عن طريق ما يسمى بأمبير الحرارة .

وشكل (1-25) يوضح دائرة لقياس درجة حرارة مياة تبريد محرك السيارة باستعمال مقاومة (N T C) يدرج جهاز الأمبير بحيث يكون مؤشر الجهاز قريبا من الصفر في حالة المياه الباردة .

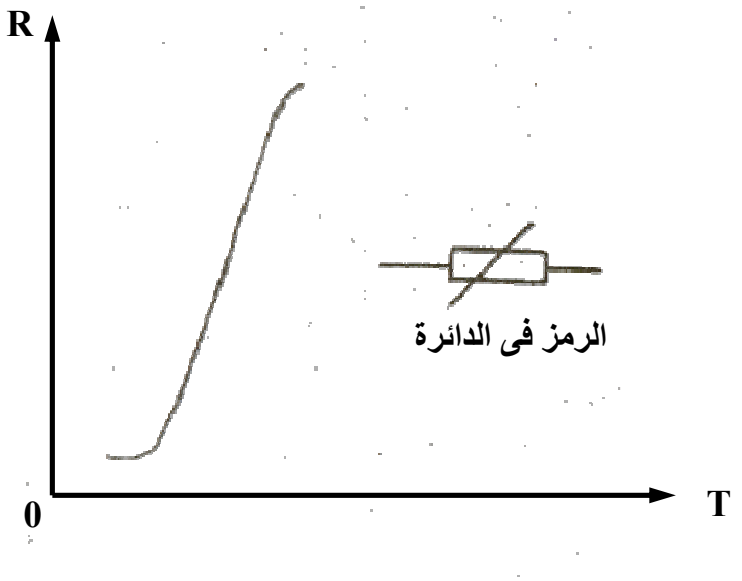


شكل (1-25)

عندما تسخن المياه تسخن أيضا مقاومة (N T C) فتقل قيمة المقاومة الحرارية ويسرى التيار في جهاز القياس وكلما زادت الحرارة كلما قلت المقاومة وإزدادت قراءة جهاز القياس . أى أننا في هذه الحالة قمنا بتحويل الاشارات الحرارية إلى إشارات كهربية يمكن التعرف عليها من خلال جهاز القياس سواء كان تناظرياً أو عددياً .

جـ - المقاومة الحرارية ذات معامل المقاومة الحراري الموجب (P T C) :

توجد أنواع من أشباه الموصلات عندما ترتفع درجة حرارتها من 50^{5} م إلى 150^{5} م فإنها تزداد مقاومتها فجأه . وقد تم الإستفادة من هذه الخاصية فى صنع المقاومات الحرارية ذات معامل المقاومة الحرارى الموجب (P T C) والشكل (1-26) يبين سلوك مثل هذه المقاومات عندما ترتفع درجة حرارتها . ونظراً لهذا التغير السريع في قيمة المقاومة عبر هذا المدى القصير إلى حد ما من درجات الحرارة فقد يطلق على مثل هذا النوع من المقاومات اسم (المقاومة الحرارية اللحظية ذات معامل المقاومة الحراري الموجب)



شكل (1-26)

وتستعمل المقاومات الحرارية ذات معامل المقاومة الحراري الموجب (P T C) فى الـــدوائر الالكترونية عندما يراد حجب المغناطيسية بالنسبة لشاشة التلفزيون الملون – فللمحافظة علـــى تسجيل اللون الصحيح يجب أن تتكرر عمليات محو المغناطيسية من علـــى صـــمام الـــشاشة، وأنسب وقت للقيام بهذه العملية هو عند بدء تشغيل جهاز الاستقبال.

وتوصل المقاومة الحرارية (P T C) على التوالي مع ملفات محو المغناطيـــسية مـــن صمام الشاشة، ونظراً لبرودة المقاومة (P T C) عند بدء تـــشغيل جهـــاز الاســـتقبال فـــإن مقاومتها تكون منخفضة لينساب تيار متغير ذو قيمة كبيرة في دوائر الملفات والمقاومة

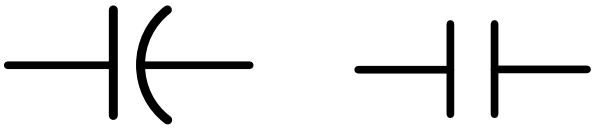
(P T C) وبسب الحرارة المتولدة عن هذا التيار تصل المقاومة الحرارية (P T C) إلـــى درجة الحرارة الفاصلة فتصل قيمة المقاومة لقيمتها العظمى في هذه اللحظة ويؤدي هذا بالتالي إلى سرعة انخفاض قيمة التيار المار في ملفات محو المغناطيسية وهو التأثير المرغوب بالنسبة لصمام شاشة التلفزيون.

1- 6 المكثفات الكهربية Electric Capacitors

مقدمة:

المكثف عنصر هام من عناصر الدوائر الإلكترونيـــة والكهربية إذ انه الوحـــدة القـــادرة على تخزين الشحنات الكهربية وتفريغها .

ويرمز له في الدوائر الالكترونية



كما في شكل (1-27) ولكل مكثف

سعة، وتعرف السعة بأنها الخاصية

شكل(1-27) رمز المكثف الكهربي

التي تمكن الاجسام الموصلة من تخزين الشحنات الكهربية وتقاس بالفاراد .

وبالتالي فإن سعة المكثف تقاس بالشحنة الكهربية اللازمة لرفع الجهد بين طرفيه فولـــت واحد . وكلما زادت الشحنة المخزنة بالمكثف كلما زاد فرق الجهد بين طرفيه . وبذلك يمكـــن كتابة العلاقة .

$$\text{سعة المكثف} = \frac{\text{الشحنة الكهربيـــة (بالكولوم)}}{\text{فرق الجهـــد (بالفولت)}} \quad \text{.....فاراد}$$

$$C = \frac{Q}{V} \qquad \text{Farad}$$

حيث: C سعة المكثف بالفاراد

Q هى الشحنة الكهربية بالكولوم

V هو فرق الجهد بين طرفي المكثف بالفولت

والفاراد وحدة كبيرة جداً للسعة لذا تستعمل وحدات أصغر هي :

الميكرو فاراد $\mu F = 10^{-6}$ فاراد

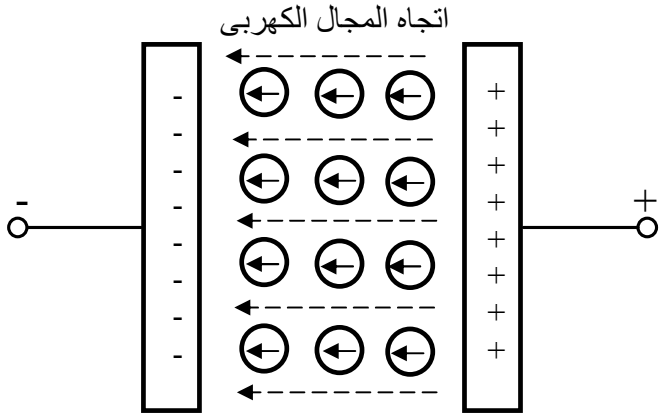
النانو فاراد $nF = 10^{-9}$ فاراد

البيكو فاراد $pF = 10^{-12}$ فاراد

وتستخدم المكثفات ذات السعات الصغيرة في الهندسة الالكترونية . بينما تستخدم المكثفات بقيم كبيرة في أغراض هندسة القوى الكهربية والشبكات .

*** تركيب المكثف ونظرية عمله :**

يتركب المكثف كما في شكل (1-28) من لوحين معدنيين من مواد موصلة بينهما وسط عازل . فإذا وصل لوحا المكثف بمنبع تيار مستمر فإنه ينشأ بينهما مجال كهربي يعمل على استقطاب ذرات المادة



شكل (1- 28)

العازلة حيث تتجمع الالكترونات في المدارات الخارجية للذرات في اتجاه القطب الموجب فتتنافر مع الالكترونات الحرة باللوح المعدنى فتنطلق هذه الالكترونيات ناحية القطب الموجب تاركه وراءها اللوح المعدنى مشحوناً بشحنة موجبة . وفي الناحية الأخري تنجذب الالكترونات الحرة باللوح السالب ناحية الشحنات الموجبة للمادة العازلة مسببة تراكم الشحنات السالبة على اللوح السالب. وحركة الالكترونات في اتجاه القطب الموجب وفي اتجاه اللوح السالب السابق شرحها تسبب مرور تيار الشحنة الكهربية الذى يتوقف عندما يصل تراكم الشحنات الى القيمة المناظرة لسعة المكثف .

ويسمى المكثف باسم الوسط العازل فيقال مثلاً مكثف هوائي أو مكثف ورقي أو مكثف سيراميك أو مكثف ميكا وهكذا ... وهذه المكثفات غير مستقطبة أى توصل بالدائرة من أى من الطرفين دون التقييد بطرف موجب وآخر سالب .

أما المكثفات الكيمائية أو الالكتروليتية فإنها مستقطبة أى أن لها طرف موجب وآخر سالب ويجب العناية بعدم التوصيل الخاطيء لها .

العوامل التي تتوقف عليها سعة المكثف :

تتوقف سعة المكثف على العوامل الآتية:

1- مساحة الألواح بالسنتيمتر المربع (a)

2- المسافة بين الألواح بالسنتيمتر (d)

3- سماحية المادة العازلة ε (ε حرف أغريقي ينطق إبسلون) وبذلك تكون :

$$\text{سعة المكثف} = \frac{\text{مساحة الألواح} \times \text{سماحية المادة العازلة}}{\text{المسافة بين الألواح}}$$

$$C = \frac{\varepsilon . a}{d}$$

وسماحية العزل للمادة = سماحية الفراغ $\varepsilon_{\circ}$ × الثابت النسبى للمادة العازلة K

حيث ($\varepsilon_{\circ} = 8.85 \text{ X } 10^{-12}$) مقاسه بالكولوم / فولت. متر .

أو ($\varepsilon_{\circ} = 8.85 \text{ X } 10^{-14}$) مقاسه بالكولوم / فولت . سنتيمتر .

وبذلك تكون السعة:

$$C = \frac{8.85 \times 10^{-14} \, a \, k}{d}$$

وثابت العزل K يسمى السماحية النسبية للمادة العازلة والجدول الآتي يبين قيم ثابت العزل لبعض المواد الشائعة الاستخدام فى المكثفات .

	المادة	السماحية النسبة K
1	الهواء	1.0005
2	الورق الجاف	2 – 2.5
3	شريط بوليسترين	3-2
4	ميكا	7-3
5	ورق مشرب	6-4
6	خزف	100-6

أنواع المكثفات :

تنقسم المكثفات من حيث السعة إلى:

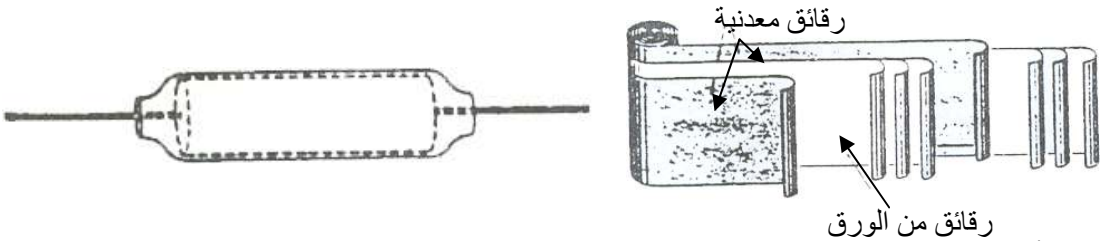
1- **مكثفات ثابتة السعة:** وهى التي لا تتغير السعة بها نظراً لثبات الألواح بالنسبة لبعضها البعض وكذلك ثبات المسافة بين الألواح مثل المكثفات الورقية والمكثفات الالكتروليتية ومكثفات الميكا ومكثفات السيراميك ... الخ .

2- **مكثفات متغيرة السعة:** مثل المكثفات الهوائية والمكثفات ذات التغير الدقيق

1- المكثفات ذات السعة الثابتة :

أ – المكثفات الورقية أو البلاستيكية :

شكل (1- 29- أ) يبين تركيب المكثفات الورقية أو البلاستيكية حيث تتركب من رقيقتين معدنيتين من الألمونيوم كل منهما متصلة بأحد الأطراف وتوضع بينهم رقائق من الورق المشبع بمادة عازلة أو رقائق من البلاستيك ثم تلف معا وتغلف بغلاف خارجى كما فى شكل (1-29- ب) .



أ- التركيب الداخلى لمكثف ورقى ب-مكثف ورقى مغلف

شكل (1-29) مكثف ورقى مغلف

ب – مكثفات الميكا :

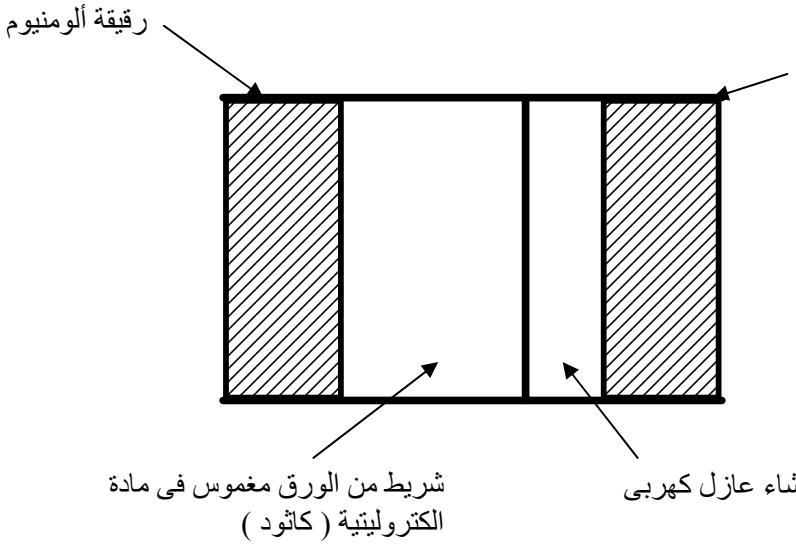
تصنع من رقائق معدنية توضع بينهما ألواح الميكا حيث تشكل على هيئة مكثف متعـــدد الالواح بحيث يتم ربطها كلها لتكون وحدة متماسكة .

جـــ- المكثفات السيراميكية :

تتكون هذه المكثفات من أقراص من السيراميك مطلية من أحد أوجهها بمـــادة معدنيـــة "فضة البا" ثم تغلف بمادة راتنجية (صمغية) ويتصل بطرفيها أوجه المكثف .

د- المكثفات الالكتروليتية :

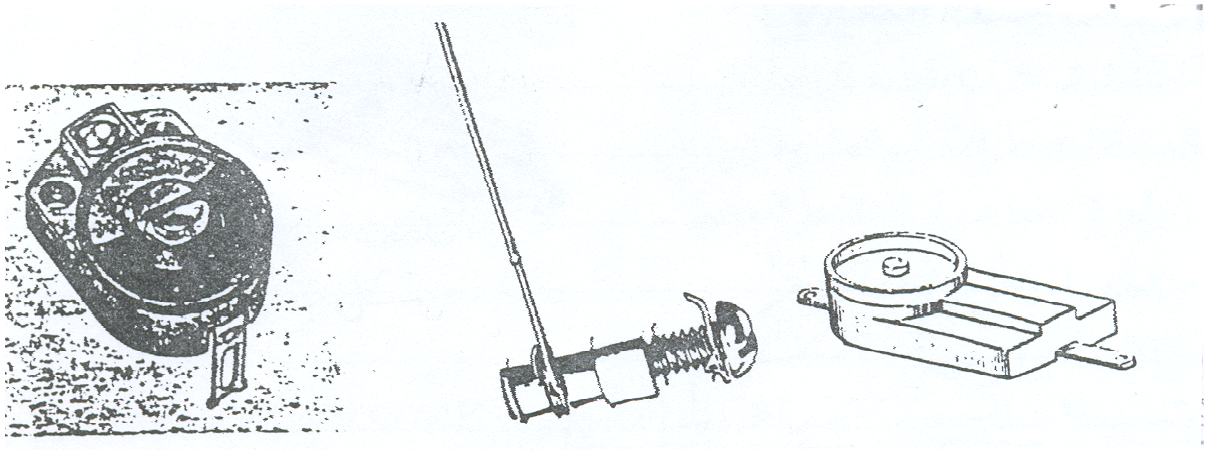
المكثفات الالكتروليتية هى مكثفات مستقطبة حيث أن أحد طرفيها عبارة عن شريط مـــن الورق المغموس فى مادة الكتروليتية شكل (1-30) وبالتالي يجب أن يكون متـــصل بـــالطرف السالب أما الطرف الموجب فإنه عبارة عن لوح من الألمونيوم أو التنتاليوم مرسب عليه طبقة رقيقة من أكسيد الألمونيوم العازل وهذا الطرف يجب أن يكون موجباً عند التوصيل .



شكل (1-30)

المكثفات ذات السعة المتغيرة :

في هذه المكثفات تتحرك بعض الألواح المعدنية بالنسبة لبعضها الآخر مما يغير مساحة الالواح المواجهة لبعضها البعض أو يتغيير المسافة بين الألواح وبعضها مما يؤدى إلى تغيــر سعة المكثف .



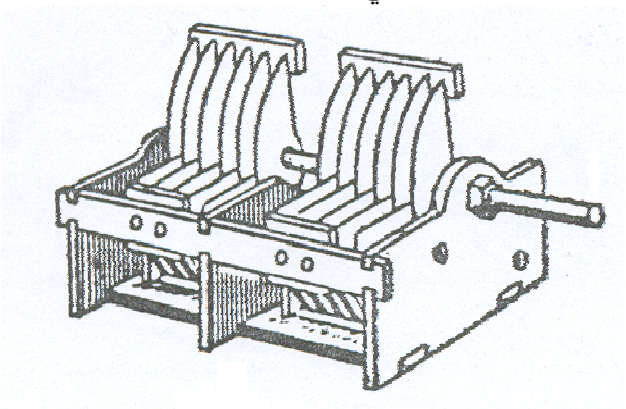
شكل (1– 31) المكثفات ذات السعة المتغيرة للضبط الدقيق

أ– المكثفات ذات السعة المتغيرة للضبط الدقيق Trimmer Capacitor

المادة العازلة فى هذه المكثفات قد تكون من الخزف أو الهواء ويتم فيها تحريك الألــواح بالنسبة لبعضها لتغيير مساحتها أو لتغيير البعد بينهما باستخدام المفك ويبــين شــكل (1–31) هذا النوع .

ب – المكثفات متغيرة السعة الهوائية :

تتكون من مجموعة من الالواح المتحركة حول محورها وأخرى ثابتة كما هو يوضــح بــشكل (1–32) وكل مجموعة مكونة من أنصاف دوائر وهذا يتيح تغيراً كبيراً في مــساحة الالــواح المواجهة لبعضها البعض وبالتالي تحدث تغيراً كبيراً في سعة المكثف .



شكل (1–32) مكثف هوائى متغير السعة

المواصفات القياسية للمكثفات :

تحدد المواصفات القياسية للمكثفات القيم الهامة التى يمكن على أساسها اختيار مكثف معين عند تصميم دائرة الكترونية وهى :-

1- نوعية العازل Dielectric

2- السعة Capacitance

وتحدد بالميكروفاراد وتتوافر المكثفات بسعات مختلفة تتوقف على نوع المادة العازلة فهى تتراوح من جزء من البيكو فاراد لمكثفات الميكا والسيراميك إلى 10^5 ميكروفاراد للمكثفات الالكتروليتية .

3- نسبة السماح في السعة :

يعبر عن نسبة السماح في السعة بنفس الرموز التى تعبر عن نسبة السماح في المقاومات ولكن في كثير من الأحيان تكون نسبة السماح كبيرة أو غير متساوية حول القيمة الإسمية في السعة . إذ أن بعض المكثفات الالكتروليتية لها نسب سماح تتراوح بين 10% إلى 50% وعادة ما تذكر هذه القيمة ضمن مواصفات الشركة المصنعة لهذه المكثفات.

4- مقنن الجهد Rated Voltage

وتكتب هذه القيمة بالفولت على المكثف نفسه ومن المهم مراعاة هذه القيمة عند استخدام أو إستبدال المكثف في أى دائرة وخاصة المكثفات الكيميائية . ويمكن استبدال مكثف في دائرة بآخر مقنن جهده أعلى والعكس غير صحيح .

5- الجهد المعكوس Reverse Voltage

يجب الاهتمام بقطبيه المكثف عند التوصيل حيث أن عكس الاقطاب يؤدي إلى انفجار المكثف الالكتروليتى .

ويحدد الجهد المعكوس للمكثف الحد الأقصى للجهد عند عكس الأقطاب وكمثال فمكثف التنتاليوم يمكن أن يتحمل جهد معكوس حتى 1.5 فولت فقط .

6- مدى درجات الحرارة Temperature range

معظم المكثفات تتحمل درجة حرارة تشغيل من – 40 ^{5}م إلى 85 ^{5}م إلا أن بعض المكثفات يمكن تشغيلها عند درجات حرارة تصل إلى 125 ^{5}م أو تقل حتى- 55 ^{5}م ويجب مراعاة درجة حرارة التشغيل وخاصة عند استخدام المكثف في الدوائر الخاصة بالأفران .

7- الممانعة بالأوم Impedance

8- معامل التغير في درجة الحرارة Temperature Coefficient

وتقاس بأجزاء المليون لكل درجة مئوية PPM / ^{o}C

9- فاقد العزل dielectric Losses

وهى التي تحدد زاوية الطور للتيار بالنسبة لجهد الأطراف .

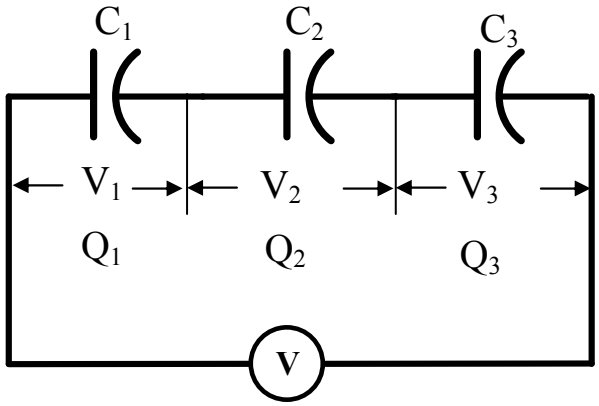
10- عمر المكثف ويقاس بساعات التشغيل Life Time (hrs)

11- جهد العزل ويقاس بالفولت Insulation Voltage

12- تيار التسرب ويقاس بالمايكرو أمبير Leakage Current

توصيل المكثفات على التوالي:

يوضح شكل (1-33) ثلاثة مكثفات متصلة على التوالي .



شكل (1- 33)

يمر نفس تيار الشحن في الثلاث مكثفات فإذا كانت شدة هذا التيار هى I ويمر لمدة زمنية T فإن الشحنة التي تتجمع على كل مكثف تكون

$$Q = Q_1 = Q_2 = Q_2$$

ونتيجة لتواجد شحنة كهربية على كل مكثف يتولد بين طرفيه فرق جهد .

وإذا كان V_1, V_2, V_3 هى فروق الجهد الناتجة بين طرف كل مكثف من المكثفات الثلاثة حيث :

$$V_1 = \frac{Q}{C_1} \qquad V_2 = \frac{Q}{C_2} \qquad V_3 = \frac{Q}{C_3}$$

وإذا كان جهد المصدر

$$V = V_1 + V_2 + V_3 = \frac{Q}{C_t}$$

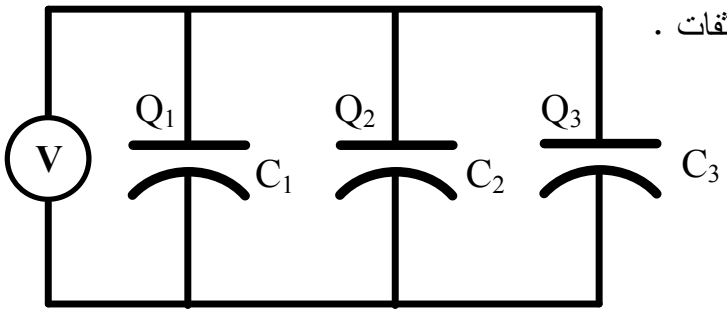
$$\frac{Q}{C_t} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \frac{Q}{C_3}$$

بقسمة المعادلة على Q

$$\frac{1}{C_t} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

أى أن مقلوب سعة المكثف المكافيء لمجموعة مكثفات متصلة على التوالي يساوى المجموع الجبري لمقلوبات السعات المختلفة لمجموعة المكثفات .

توصيل المكثفات على التوازي :



شكل (1−34)

يبين شكل (1−34) ثلاثة مكثفات متصلة على التوازي مع مصدر للجهد مقدارة V ،فرق الجهد بين طرفـــي كل مكثف يساوى V ونفرض أن الشحنات على المكثفات هى Q_1 , Q_2 , Q_3

$$Q_1 = C_1 V$$
$$Q_2 = C_2 V$$
$$Q_3 = C_3 V$$

فإذا كانت C_t تمثل سعة المكثف المكافئ لمجموعة المكثفات المتصلة على التوازي Q_t فإن Q_tهى الشحنة على هذا المكثف فيكون :

$$Q_t = Q_1 + Q_2 + Q_3$$
$$Q_t = C_t V$$

$$C_t V = C_1 V + C_2 V + C_3 V$$

بالقسمة على V

$$C_t = C_1 + C_2 + C_3$$

وبذلك تكون السعة المكافئة لمجموعة سعات متصلة على التوازي مساوية للمجموع الجبـــرى لهـــذه السعات .

توصيل المكثفات على التضاعف (المركب):

وهى مجموعة أفرع يتم التعامل معها كما في المقاومات حتى نحصل على السعة المكافئة .

أمثلة محلولـــة

مثال 1 : ثلاثة مكثفات سعتها 2 ، 1 ، 4 ميكروفاراد متصلة على التوازي مع مصدر للجهـــد قيمتـــه 220 فولت . احسب قيمة السعة المكافئة . احسب كذلك قيمة الشحنة الموجودة على كل مكثف.

الحل:

نفرض أن السعة المكافئة = C_t

$$C_t = C_1 + C_2 + C_3$$

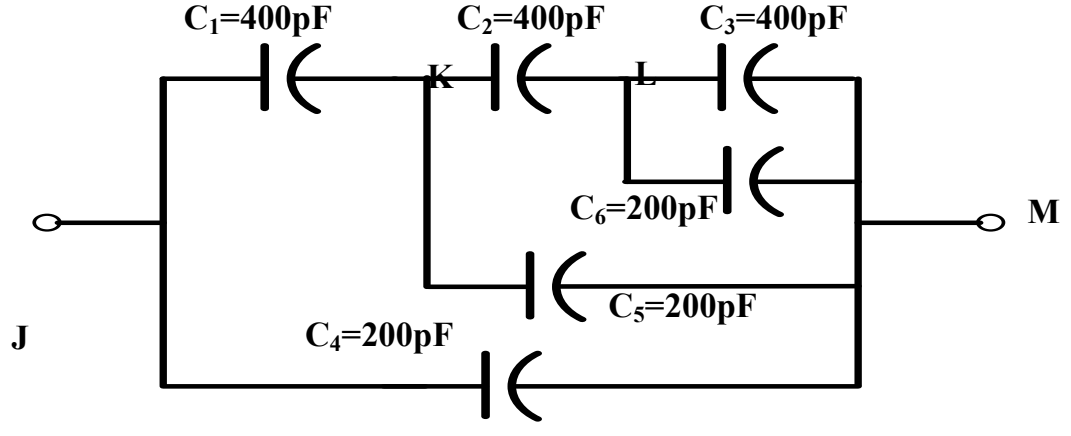
$$= 2 + 1 + 4 = 7\ \mu F$$

$$Q_1 = C_1 . V = (2\times10^{-6})(220) = 440\ \ \mu\ Col$$

$$Q_2 = C_2 . V = (1\times10^{-6})(220) = 220\ \ \mu\ Col$$

$$Q_3 = C_3 . V = (4\times10^{-6})(220) = 880\ \ \mu\ Col$$

مثال 2 : ستة مكثفات متصلة كما هو موضح بشكل (1−35) احسب السعة المكافئة بين الطرفين J , M .



شكل (1−35)

الحل :

نفرض أن C_{LM} هى محصلة C_3 , C_6

$$C_{LM} = C_3 + C_6$$

$$= 400 + 200 = 600 \text{ p F}$$

نفرض أن C_{KLM} هى محصلة C_{LM} ، C_2 المتصلتان على التوالي :

$$C_{KLM} = \frac{400 \times 600}{400 + 600} = 240 \text{ P F}$$

نفرض أن C_{KM} هى محصلة C_5, C_{KLM} المتصلتان على التوازي.

$$C_{KM} = C_3 + C_{KLM}$$

$$= 200 + 240 = 440 \text{ PF}$$

نفرض أن C_{JKM} هى محصلة C_1, C_{km} المتصلتان على التوالي.

$$C_{JKM} = \frac{400 \times 440}{400 + 440} = 209.5 \text{ p F}$$

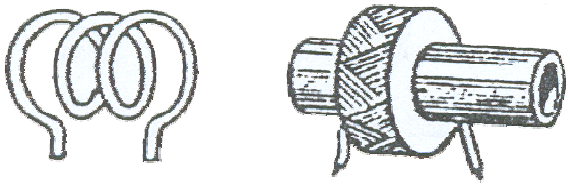
وبالتالي تكون المحصلة الكلية بين الطرفين M, J هى C_{JM}.

$$C_{JM} = 209.5 + 200$$

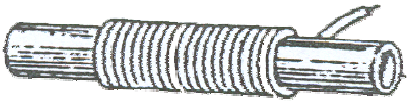
$$= 409.5 \text{ p F}$$

1-7 الملفات – تعريفها – أنواعها – استخداماتها :

مقدمة :



تعتبر الملفات الحثية من العناصر الالكترونية والتي تستخدم بكثرة في الدوائر الالكترونية المختلفة .

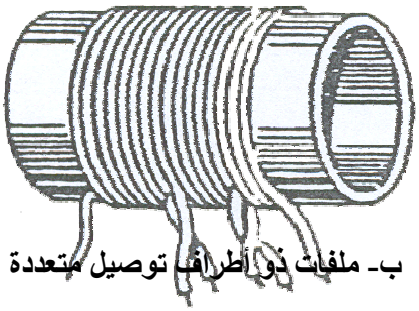


أ- ملفات احادية

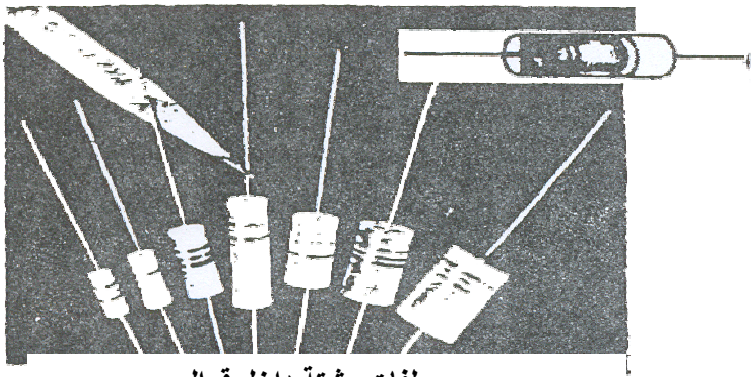
التركيب :

يتركب الملف الحثى من :

1- ملفات سلكية : من النحاس الأحمر المعزول بأقطار مختلفة، وقد تكون ملفوفة بعدد قليل من اللفات القليلة المتباعدة عن بعضها بطول معين أو تكون بعدد كثير من اللفات وقد تكون أحادية ذات طرفين فقط كما هو مبين بشكل (1-36- أ) أو متعددة الأطراف كما هو مبين بشكل (1-36- ب) وقد تكون مثبتة داخل قوالب كما هو مبين بشكل (1-36- جـ)



ب- ملفات ذو أطراف توصيل متعددة



جـ - ملفات مثبتة داخل قوالب

شكل (1-36)

2- القلب :

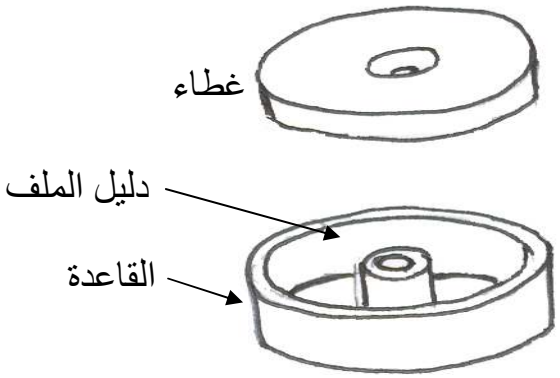
تختلف الملفات الحثية من حيث نوع القلب فمنها:

أ- **القلب الهوائي :** حث تلف الملفات على اسطوانة مفرغه من الفبر او البكاليت تم تسحب او تثبت داخل قوالب كما بشكل (1- 36 – جـ) .

ب- **قلب من رقائق الصلب السليكوني** لتقليل المفاقيد المغناطيسية والتيارات الاعصارية (الدوامية) حتى لا يسخن القلب الحديدي ويؤدي إلى تلف الملف .

ج- قلب مصنوع من برادة الحديد ومادة راتنجية وذلك للصق البرادة وتشكيلها تبعاً للشكل المطلوب وتصبح المقاومة الكهربية لهذه القلوب كبيرة جداً وبذلك تقل المفاقيد الناتجة عن التيارات الاعصارية والمغناطيسية .

د- قلوب الفيريتات: الفيريتات هى مواد أكسيدية لها خواص مغناطيسية مشابهة للحديد ولكنها تعتبر من الوجهة الافتراضية عوازل والقدرة المفقودة بها صغيرة جداً والقلوب المصنوعة من الفريتات قابلة للتقصف ولذلك فإنها تتحطم نتيجة للإستخدام غير السليم.



شكل (1-37)

ويستخدم في كثير من الملفات قلوب من الفيريت على شكل وعاء مركب عليه غطاء شكل(1- 37) ويمكن ضبط محاثة الملف بتغير الفجوة الهوائية بين الغطاء والقاعدة أو بواسطة قلوظة الغطاء والقاعدة بحيث يمكن التحكم في طول الثغرة الهوائية – بواسطة تحريك الغطاء للداخل أو الخارج.

خاصية الحث في الملفات:

عند مرور تيار كهربي في ملف حثى فإنه يسبب فيض مغناطيسي في قلب الملف. وتعرف قابلية الملف لإنتاج الفيض المغناطيسى بمعامل الحث الذاتي ويرمز له بالرمز (L) ووحداته هى الهنرى .

فإذا مر بملف عدد لفاته N لفة تيار كهربي شدته I أمبير فإنه ينتج فيض مغناطيسى بالملف قدرة Ø وبالتالي فإن معامل الحث الذاتي للملف يمكن إيجاده من العلاقة:

معامل الحث الذاتي (L) $= \dfrac{\text{عدد لفات الملف N} \times \text{الفيض المغناطيسي Ø}}{\text{التيار المار في الملف I}}$

$$L = \frac{N \times Ø}{I} \qquad H$$

ونظرًا لأن الفيض المغناطيس يتناسب طردياً مع شدة التيار بالملف وعدد لفات الملف وعكسياً مع الممانعة المغناطيسية لقلب الملف فإنه يمكن استنتاج العلاقة

$$Ø = \frac{NI}{R_{mag}}$$

حيث R_{mag} هى ممانعة مسار الفيض للمجال المغناطيسى . وبالتعويض عنØ في معادلة الحث الذاتي نجد أن

$$L = \frac{N^2}{R_{mag}}$$

ونظراً لأن الممانعة المغناطيسية تتوقف على مسار الفيض المغناطيسي من حيث الطـــول ومـــساحة المقطع والمادة التي ينساب خلالها الفيض المغناطيسي ، فإن معامل الحث الذاتي L للملف يتوقف على شكل ونوع قلب الملف ومربع عدد لفاته . ويلاحظ أنه لا يتأثر بنوعية سلك الموصل أو خواصه الكهربية .

ويقاس معامل الحث الذاتي لملف بوحدة H هنـــرى أو m.H مللـــي هنـــرى = 10^{-3} هنـــرى أو ميكروهنرى = 10^{-12} هنرى أو ميكروهنرى μ H والميكروهنرى = 10^{-6} وكـــذلك p H البيكـــوهنرى = 10^{-12} هنرى وذلك لأن قيمة الهنري تعتبر قيمة كبيرة وغير عملية في الدوائر الالكترونية .

الممانعة الحثية للملف:

عند توصيل ملف حثى ذو معامل حث ذاتي (L) بمصدر كهربي متردد جهده V وتردده f هرتز فإن التيار المار به يكون أيضاً تياراً متردداً تردده f وتوضحه العلاقة V

$$V = \omega LI$$

$$\omega = 2\pi f$$

$$\omega L = \frac{V}{I}\ \Omega$$

$$I = \frac{V}{\omega L}\ Amp$$

حيث π النسبة التقريبية = 3.14 أو $\frac{22}{7}$

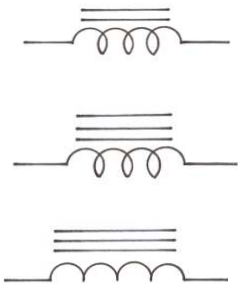
وتسمي القيمة ωL بالممانعة الحثية للملف وتميز بالأوم الظاهرى ويرمز لها بالرمز X_L

أنواع الملفات:

يمكن تصنيف الملفات الحثية من حيث التركيب والاستخدام كما يلي:

أولاً : أنواع الملفات من حيث التركيب .

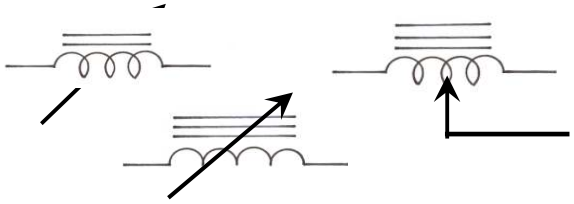
1- الملف ذو القلب المغناطيسي الثابت: وهى ملفات ذات معامل حث ذاتي عالي وتستخدم فى دوائر التردد المنخفض .ويطلق على هذه الملفات اسم الملفات الخانقة ويرمز لها كما هو موضح في شكل (1- 38)



شكل (1- 38)

2- الملفات ذات القلب المغناطيسى المتغير

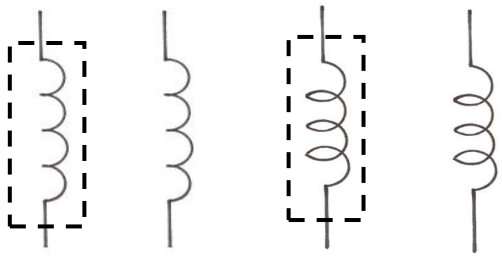
وشكل (1-39) يبين الرمز الكهربي للملفات الخانقة الحثية المتغيرة في معامل الحث الذاتي وتستخدم في دوائر الرنين في الدوائر الالكترونية .



شكل (1- 39)

3- الملفات ذات القلب الهوائي:

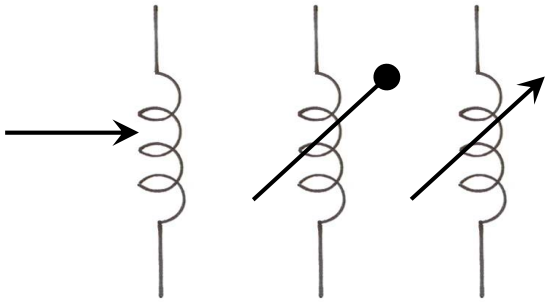
الملفات ذات القلب الهوائي الثابتة وهذه الملفات يكون معامل الحث الذاتي لها صغيراً وثابتاً وتستخدم في دوائر التردد العاللي وشكل (1-40) يوضح الرمز الكهربي لها .



شكل (1- 40)

4- الملفات ذات القلب الهوائى المتغيرة :

ويستخدم هذا النوع في دوائر الرنين ذات الترددات العالية وشكل (1-41) يبين الرموز الكهربية لهذا النوع



شكل (1- 41)

ثانياً : تقسيم الملفات من حيث الاستخدام

1- ملفات خانقة للتردد العالي :

تستخدم على التوالي مع الدائرة الالكترونية للحد من مرور التيارات ذات التـــردد العـــالي ولتنقيـــة الدوائر من الشوشرة وكذلك في دوائر التوحيد .

2- ملفات الرنين :

توصل الملفات مع المكثفات المتغيرة والمقاومات لاحداث رنين عند ترددات معينة لما يتيح الحصول على الترددات المطلوبة خاصة في دوائر الراديو.

3- ملفات الموائمة والإتصال :

تستخدم فيها عدة ملفات بينهما حث متبادل حتى يمكن نقل الذبذبات من دائرة إلى أخرى

تذكر (عناصر الدوائر الكهربية والالكترونية)

- الدائرة الكهربية تعتبر مسار مغلق للتيار الكهربي .
- عناصر الدائرة الكهربية هى (منبع كهربى – اسلاك توصيل – أحمال – معدات تحكم وحماية) .
- وحدة القوة الدافعة الكهربيةهى نفسها وحدة فرق الجهد أى " الفولت " .
- فرق الجهد الكهربى هو الشغل المبذول لنقل وحدة الشحنات الموجبة من نقطة لأخرى.
- يقاس فرق الجهد بواسطة جهاز الفولتميتر ويوصل بالتوازى مع المنبع .
- التيار الكهربي هو معدل سريان الالكترونات في الموصل .
- اتجاه التيار الكهربي في إتجاه معاكس لإتجاه حركة الالكترونات الحرة .
- يقاس التيار الكهربي بجهاز الامبروميتر ويوصل بالتوالي بالدائرة المراد قياس شدة التيار المار بها .
- المقاومة الكهربية هى مقاومة الأجزاء المختلفة لسريان التيار الكهربي .
- تقاس المقاومة الكهربية بجهاز الأوميتر " قياس مباشر " .
- قانون أوم ينص على أن "فرق الجهد بين طرفي موصل كهربى يساوى حاصل ضرب كل من مقاومة الموصل والتيار المار فيه" .
- تتوقف قيمة مقاومة الموصل على نوع مادة الموصل ، طول الموصل ، مساحة مقطع الموصل .

$$\text{مقاومة الموصل} = \frac{\text{المقاومة النوعية} \times \text{طول الموصل}}{\text{مساحة مقطع الموصل}}$$

$$R = \frac{\rho L}{a} \Omega$$

- من وجهة نظر الدائرة الكهربية يمكن اعتبار المقاومة الكهربية نبيطة تمتلك علاقة ثابتة بين فرق الجهد بين طرفيها والتيار المار فيها .
- القدرة في المقاومة تتحول الى حرارة وهى تساوى حاصل ضرب كل من فرق الجهد وشدة التيار ووحداتها هى الوات .
- معامل المقاومة الحراري هو مقدار التغير في قيمة المقاومة عندما تتغير درجة حرارتها درجة واحدة مئوية ويرمز لمعامل المقاومة الحراري بالرمز (α) .
- زيادة عمر المقاومة يسبب تغيراً في قيمة مقاومتها الكهربية .
- المقاومات نوعان (مقاومة ثابتة القيمة [عيارية] ، مقاومة متغيرة) .
- المقاومة العيارية ثابتة القيمة مع الزمن والمعامل الحراري للمادة المصنوعة منها صغير جداً .
- تتراوح قيمة المقاومة السلكية من الكسور الصغيرة للأوم الى الآلاف من الأوم.
- تتراوح قيمة المقاومة الكربونية من 10 أوم إلى 20 مليون أوم (20 ميجا أوم) .
- تمتاز المقاومة الكربونية بصغر الحجم ورخص الثمن وتعطى قيم أكبر من المقاومة السلكية .
- المقاومة المتغيرة مع الجهد تسمى الفاريستور Varistor .
- الفاريستور مصنوعة من مادة شبه موصلة تقل قمتها بإزدياد الجهد المؤثر على طرفيها.
- الفاريستور تصنع من كربيد السليكون وتستخدم في أجهزة الوقاية من الجهود المفاجئة.
- في شفرة الوان المقاومات .

  تدل الحلقة الأولى على رقم الآحاد في قيمة المقاومة .

  تدل الحلقة الثانية على رقم العشرات في قيمة المقاومة .

  تدل الحلقة الثالثة على قيمة معامل الضرب (عدد الأصفار)

  تدل الحلقة الرابعة على النسبة المئوية لقيمة التفاوت .
- التوصيلية مقلوب المقاومة النوعية ووحداتها الموه mho أو السيمنز .

- إذا وصلت المقاومات على التوالي فإن المقاومة المكافئة أكبر من أكبر مقاومة في الدائرة .
- إذا وصلت المقاومات على التوازى فإن المقاومة المكافئة أصغر من أصغر مقاومة فى الدائرة .
- إذا وصلت المقاومات على التوالي فإن جهد المصدر يتم تقسيمه على تلك المقاومات حسب مقدار كل مقاومة .
- إذا وصلت مقاومات على التوازي فإن المقاومة الأصغر يمر بها التيار الأكبر .
- القدرة في المقاومة تتحول إلى طاقة حرارية بمرور الزمن .
- القدرة = حاصل ضرب شدة التيار × فرق الجهد

$$(P = I.V)$$

- الوحدة الاساسية لقياس القدرة هى الوات
- مضاعفات الوات هى كيلو وات = 1000 وات ، ميجاوات = 10^{6} وات .
- المقاومة N T C تقل قيمتها بزيادة درجة الحرارة .
- المقاومة P T C تزيد قيمتها بزيادة درجة الحرارة .
- المكثف وحدة قادرة على تخزين الشحنات الكهربية وتفريغها .
- سعة المكثف تقاس بالشحنة الكهربية اللازمة لرفع الجهد بين طرفيه فولت واحد وكلما زادت الشحنة المخزنة بالمكثف كلما زاد فرق الجهد بين طرفيه .

$$\text{سعة المكثف} = \frac{\text{الشحنة الكهربية (بالكولوم)}}{\text{فرق الجهد (بالفولت)}}$$

$$C = \frac{Q}{V} Farad$$

- تتوقف سعة المكثف على مساحة الألواح، المسافة بينهما، سماحية الوسط العازل.
- معامل الحث الذاتي للملف يتوقف على شكل ونوع قلب الملف وعدد لفاته.

- أنواع الملفات (ملفات ذات قلب ثابت – ملفات ذات قلب مغناطيسي متغيـــر – ملفـــات ذات قلب هوائي – ملفات ذات قلب هوائي متغير) .

أسئلة على الباب الأول

1- ما هى عناصر الدائرة الكهربية ؟

2- ما هى وظيفة المنبع الكهربي في الدائرة الكهربية ؟

3- ما هى وظيفة أسلاك التوصيل في الدائرة الكهربية ؟

4- عرف فرق الجهد الكهربي و ما وحدة قياسه وإسم الجهاز المستخدم لقياسه.

5- عرف التيار الكهربي وما هى وحدة قياسه واسم الجهازالمستخدم لقياسه .

6- عرف المقاومة الكهربية واكتب وحدة القياس لها ؟

7- اذكر نص قانون أوم واكتب الصيغة الرياضية له ؟

8- ما الفرق بين المقاومة السلكية والمقاومة الكربونية ؟

9- هل تزداد مقاومة الموصلات بالحرارة ؟ أكتب العلاقة التى توضح ذلك

10- وضح بإختصار العلاقة بين مقاومة الموصل المادية وكل من الطول ومساحة المقطـــع والمقاومة النوعية ودرجة الحرارة ؟

11- عرف معامل المقاومة الحراري الكهربي وأذكر القانون الذى يربط بين المعامل الحراري والمقاومة ؟

12- احسب المقاومة الكلية وشدة التيار المار لثلاث مقاومات قيمتها علـــى الترتيـــب 200 ، 500 ، 300 أوم . إذا وصلت على التوالي بمنبع جهده 100 فولت . ثم احـــسب الجهد على أطراف كل مقاومة ؟

13- ثلاث مقاومات قيمها 5 ، 15 ، 30 أوم وصلت على التوازي ووصلت بمنبـــع جهـــده 10فولت أوجد ؟ .

أ- المقاومة المكافئة لهذه المقاومات ؟

ب- احسب التيار المار بكل مقاومة ؟

14- في الدائرة الموضحة بالشكل .

$R_1=1\Omega$ $R_2=2\Omega$
$R_3=4\Omega$ $R_4=3\Omega$
$R_5=3\Omega$ $R_6=6\Omega$
$R_7=5\Omega$ $R_8=3\Omega$

فإذا مر تيار إجمالى من المنبع مقداره 4.5 أمبير - احسب:

أ- المقاومة الكلية للدائرة ب- الجهد المؤثر على الدائرة

جـ- شدة التيار المار بكل مقاومة د - الجهد المؤثر على كل مقاومة