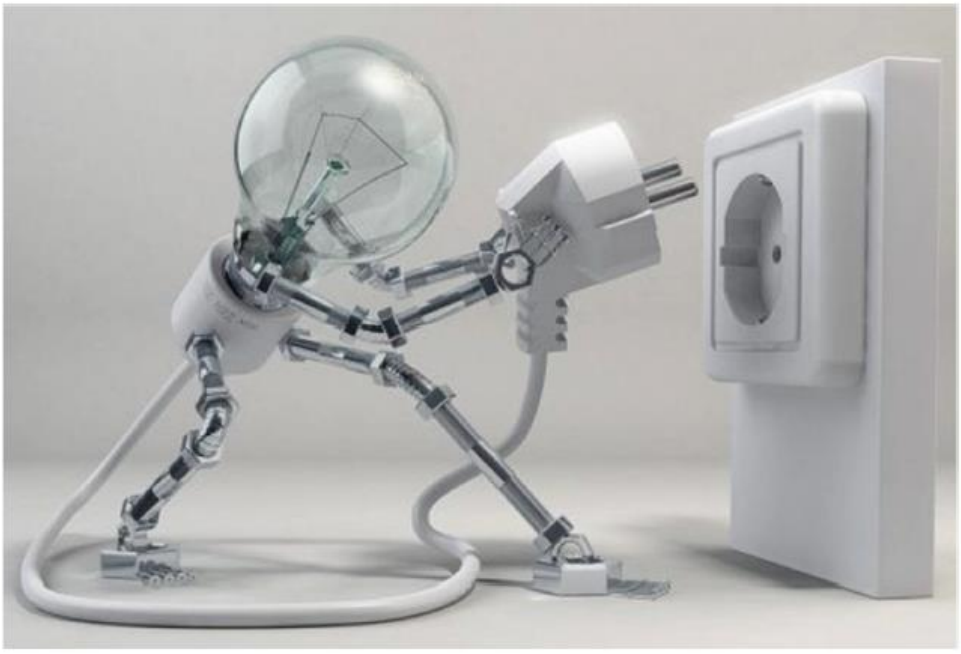
أسس الهندسة الكهربائية



الفهرس

الباب الأول: مبادئ الهندسة الكهربائية ٥

مقدمة ٧
أولاً: أنواع الكهرباء ٧
كيف تنتج الكهرباء ٧
الضغط الكهربائي وفرق الجهد Potential Difference ٧
الكهرباء الاستاتيكية (الساكنة) ٨
الكهرباء الديناميكية ١٠
ثانياً: أنواع التيار الكهربائي ١١
التيار المستمر Direct Current ١١
التيار المتردد Alternating Current ١٢
ثالثاً: المبادئ الأساسية في الدوائر الكهربية ١٦
الكميات الكهربية الأساسية ١٦
السلامة المهنية من مخاطر الكهرباء ٢٤
أسئلة الباب الأول ٢٦

الباب الثاني: دوائر التيار المستمر DC Circuits ٢٩

مقدمة ٣١
أولاً: المكونات الأساسية للدوائر الكهربائية ٣١
المقاومة الكهربية Resistor ٣١
توصيل المقاومات في الدائرة الكهربية ٣٤
خواص توصيل المقاومات على التوالي ٣٦
خواص توصيل المقاومات على التوازي ٣٧
التوصيل المركب ٣٨
تحديد قيمة المقاومة باستخدام كود الألوان Color Code ٤٣
المكثف الكهربائي Capacitor ٤٤
توصيل المكثفات ٤٨
الملفات الكهربائية Capacitor ٥٢
الملف Coil ٥٢
أنواع الملفات ٥٧
توصيل الملفات ٥٧
ثانياً: قوانين دوائر التيار المستمر ٥٩
قانون كيرشوف للتيار KCL: Kirchhoff Current Law ٥٩
قانون كيرشوف للجهد KVL: Kirchhoff Voltage Law ٦١
أسئلة الباب الثاني ٦٣

الباب الثالث: دوائر التيار المتردد AC Circuits ٦٩
تأثير التيار المتردد على المقاومة الكهربائية ٧١
تأثير التيار المتردد على الملفات الكهربائية ٧٢
تأثير التيار المتردد على المكثفات الكهربائية ٧٤
المحول الكهربائي Transformers ٧٦
أنواع واستخدامات المحولات ٧٨
أسئلة الباب الثالث ٨١
الباب الرابع: أجهزة القياس ٨٣
مقدمة ٨٥
أجهزة القياس ٨٥
أهم أجهزة القياس ٨٥
جهاز متعدد القياسات الأفوميتر AVO meter- Multimeter ٨٦
جهاز قياس متعدد الأغراض LCR ٩٠
جهاز راسم الموجات الأوسيلوسكوب Oscilloscope ٩١
أسئلة الباب الرابع ٩٣
قائمة المصطلحات العلمية ٩٤
قائمة المراجع ٩٧

المقدمة

يهدف هذا الكتاب إلى تنمية المعارف النظرية للطالب وإكسابه المعرفة اللازمة لفهم المكونات الأساسية للدوائر الكهربائية وطرق التوصيل المختلفة لها، وعليه فقد تم تقسيم هذا الكتاب لأربعة أبواب رئيسية، الباب الأول يقدم المبادئ الأساسية للهندسة الكهربائية متضمناً أنواع الكهرباء والتيار الكهربي وكذلك تعريف الكميات الأساسية للكهرباء، الباب الثاني يستعرض دوائر التيار المستمر (DC Circuits) حيث نقدم فيه المعارف النظرية اللازمة لفهم كيفية عمل المكونات الأساسية للدوائر الكهربائية ومصادر الجهد والقوانين الحاكمة للعلاقة بين شدة التيار بالنسبة إلى الجهد الكهربائي في وجود المكونات الكهربائية المختلفة من مقاومات أو مكثفات وملفات كهربائية. سوف نتطرق أيضاً إلى طرق التوصيل المختلفة سواء كان التوصيل توالي أو توازي وكيفية تأثير ذلك على كل من التيار والجهد الكهربائي، بينما يقدم الباب الثالث المعارف الخاصة بدوائر التيار المتردد (AC Circuits) حيث ندرس القيم الأساسية للتيار المتردد وتأثيره على المكونات الأساسية للدوائر الكهربائية.

أخيراً في الباب الرابع سوف ندرس أنواع أجهزة القياس الأساسية مثل جهاز القياس المتعدد الأغراض (الأفو AVO) وكذلك جهاز راسم الموجات (Oscilloscope).

في نهاية الكتاب قمنا بإضافة ملخص خاص بالمصطلحات الإنجليزية الهامة المستخدمة بالكتاب وذلك لتنمية مهارات اللغة الإنجليزية التي سيحتاجها المتدرب أثناء عملة في قراءة كتالوجات الشركات المنتجة الأجنبية وتعليمات التشغيل الهامة.

أخيراً، نقدم لك عزيزي المتدرب هذه الوحدة متمنيين لك كل النجاح والتوفيق في حياتك العملية المستقبلية.

فريق التأليف والمراجعة
لشركة يات لحلول التعليم

الباب الأول: مبادئ الهندسة الكهربائية

مقدمة

نقدم في هذا الباب مدخلاً عاماً حول أنواع الكهرباء وكيف تنتج وكذلك أنواع وخصائص التيار الكهربائي سواء كان تيار مستمر (DC) أو متردد (AC)، ثم نتطرق في الجزء الثالث من هذا الباب إلى المبادئ الأساسية للكهرباء ووصف المقادير والكميات الكهربائية الأساسية.

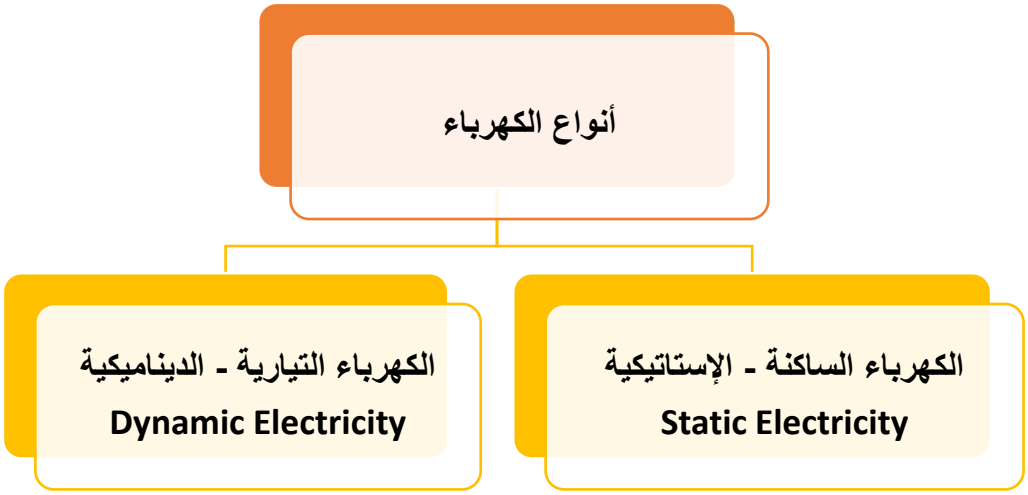
أولاً: أنواع الكهرباء

كيف تنتج الكهرباء

البروتونات توجد في نواة الذرة، والإلكترونات تدور حول النواة في مداراتها الخارجية متأثرة بقوى الجذب من النواة (الناتجة من التجاذب بين الإلكترونات السالبة الشحنة والبروتونات الموجبة الشحنة) وقوى الطرد (الناتجة عن دورانها السريع حول النواة) وهنا يجب أن تتساوى القوتان حتى تتزن الذرة، ولكن في وجود قوى شد خارجية (ذرات أخرى أو جهود موجبة) فإن الإلكترونات تترك النواه وتسير مكونة الكهرباء، أو ما يسمى بالتيار الكهربائي.

الضغط الكهربائي وفرق الجهد Potential Difference

لكي يمر تيار كهربائي في دائرة ما فإنه يجب أن يكون بين طرفي هذه الدائرة فرق جهد كهربائي أو ما يسمى أيضا بالضغط الكهربائي، ومعنى كلمة فرق جهد أن يكون أحد طرفي الدائرة به زيادة في الإلكترونات بينما الطرف الأخر به نقص في الإلكترونات، وعلى ذلك تنتقل الإلكترونات الحرة من الطرف الذي به زيادة في الإلكترونات إلى الطرف الذي به نقص في الإلكترونات ونتيجة تحرك هذه الإلكترونات ينشأ التيار الكهربائي في الدائرة، والشكل التالي يوضح أنواع الكهرباء.

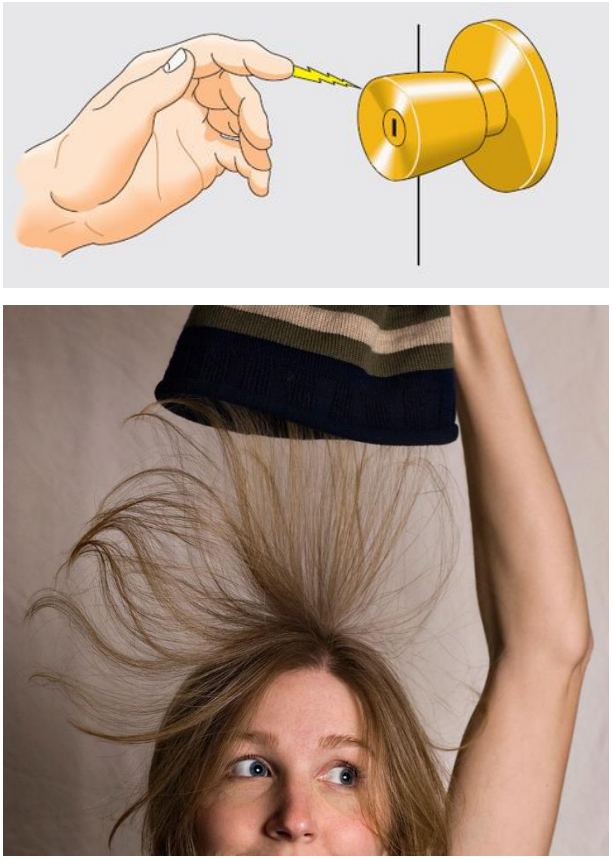


شكل رقم ١: أنواع الكهرباء

الكهرباء الاستاتيكية (الساكنة)

أمثلة للكهرباء الساكنة:

عندما تمشي على سجادة ثم تمسك بمقبض الباب المعدني، تشعر برعشة، في الدول ذات درجات الحرارة المنخفضة، عندما يدخل شخص إلى البيت من مكان بارد، ويسحب القبعة عن رأسه، يحدث أن شعره يقف على أطرافه. ما الذي يحدث؟ ولماذا يحدث غالبا في الشتاء؟ الإجابة هي الكهرباء الساكنة.

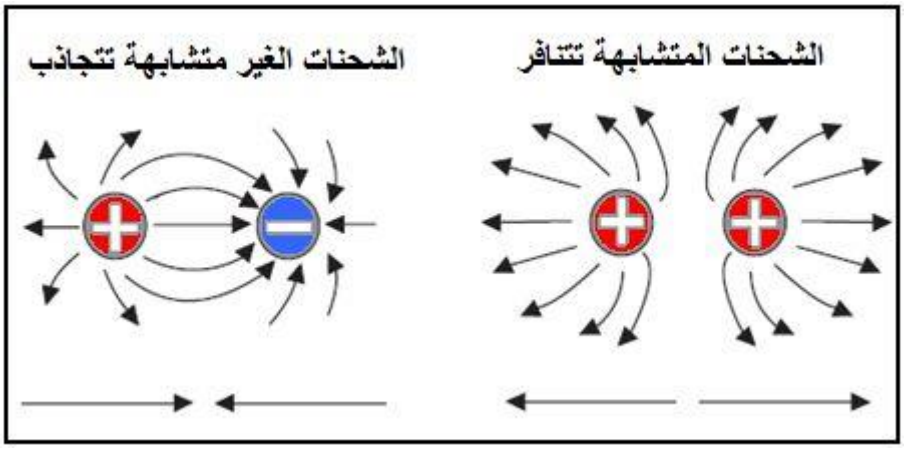


شكل رقم ٢: الكهرباء الاستاتيكية

حركة الشحنات:

الشحنات المتعاكسة تتجاذب والمتشابهة تتنافر، الأجسام المشحونة بشحنات مختلفة تنجذب نحو بعضها بينما ذات الشحنات المتشابهة تدفع بعضها البعض بعيداً.

الجسم المشحون أيضاً يجذب أي شيء متعادل، فكر كيف تلصق بالوناً بالحائط، أذا دلكت البالون بشعرك فإنك تشحنه فهو سينتزع إلكترونات أكثر ويصبح سالباً، قربه من جسم متعادل فتتحرك الشحنات في ذلك الجسم. فإذا كان الجسم موصلاً فإن الإلكترونات ستتحرك بسهولة للجهة البعيدة عنه أي أبعد ما يكون عن البالون في ذلك الجسم أما إذا كان الجسم عازلاً فأن عدداً قليلاً من الإلكترونات يبتعد إلى الجهة البعيدة للجسم. في كلتا الحالتين الجهة القريبة من الجسم تصبح موجبة وهذا ما يجعل البالون يلتصق بالحائط.



شكل رقم ٣: اتجاه الشحنات المتشابهة والمختلفة

تأثير الشحنات الكهربائية (الكهرباء الساكنة)

ولكن ما علاقة ذلك بالصدمة؟ الرعشة أو الشعر المُكهرب؟ عندما تخلع قبعتك فإنها تدّلك بشعرك فتنتقل الإلكترونات من شعرك للقبعة (تشحن بشكل سالب) وهو أيضاً ما يشحن شعرك موجباً. وتتنافر الشعرات مع بعضها لأنها لها نفس الشحنة ويصبح شعرك كما بالأشكال التالية.

شكل رقم ٤: تأثير الكهرباء (الصدمة الكهربية)

وعندما تسير على السجادة فبعض الإلكترونات تنتقل من صوفها إلى جسمك مما يجعلك تملك كمية من الإلكترونات الزائدة، ولكن يد الباب المعدنية موصل جيد للكهرباء مما يسهل انتقال الإلكترونات من جسمك إليها فتشعر برعشة.

تكون الكهروستاتيكية ملحوظة أكثر في الشتاء حينما يكون الهواء جافاً، وفى الصيف الهواء عالي الرطوبة لا تلاحظ الكهرباء الساكنة. لأن الماء (الرطوبة) يساعد في انتقال الإلكترونات بعيداً عن جسمك وبذلك لا تتكون شحنة عالية علية قد تشكل خطراً عليك.

تعريف الكهرباء الاستاتيكية:

الكهرباء الاستاتيكية هي نتيجة تكون شحنات بين جسمين أحد هذه الأجسام يحمل شحنة سالبة نتيجة وجود عدد من الإلكترونات الزائدة، بينما الجسم الأخر يوجد به نقص في الإلكترونات فشحنته موجبة، مجرد أن يتقابلوا يحدث تفريغ أي تعادل، يصبح الشحنات الموجبة والسالبة في الجسمين متعادلتان.

ظاهرة التفريغ الألكتروستاتيكى:

مثال هذه الظاهرة في الطبيعة ظاهرة البرق، سببها وجود غيوم مشحونة غالباً بشحنة سالبة وتريد أن تفرغ شحنتها، والأرض أفضل مكان للتفريغ لأنه لا توجد إلكترونات في الأرض تعتبر فارغة، عندما تقترب الغيوم إلى أي نقطة من الأرض يحدث ما يسمى بالبرق؛ وهذه العملية تسمى بالتفريغ الألكتروستاتيكى.

شكل رقم ٥: التفريغ الألكتروستاتيكى (البرق)

سؤال: هل يمكن الاستفادة من هذه الكهرباء (ظاهرة البرق)؟

صعب جداً، لأنه لحظي، يتم تفريغ ملايين من الشحنات في لحظة زمنية قصيرة، فطبعاً لا يمكن معرفة مقدارها ولا تنظيمها وبالتالي لا يمكن الاستفادة منها.

الكهرباء الديناميكية

تستخدم في بيوتنا في كل الأجهزة، مثال: الكهرباء التي تصدر من المولد الكهربائي أو الكهرباء التي تصدر من البطاريات، هذه الكهرباء عبارة عن سريان دائم (غير لحظي)، التيار الكهربائي في هذا النوع من الكهرباء يمكن التحكم به وبالتالي فهذا النوع من الكهرباء يمكن الاستفادة منه.

شكل رقم ٦: المولد الكهربائي

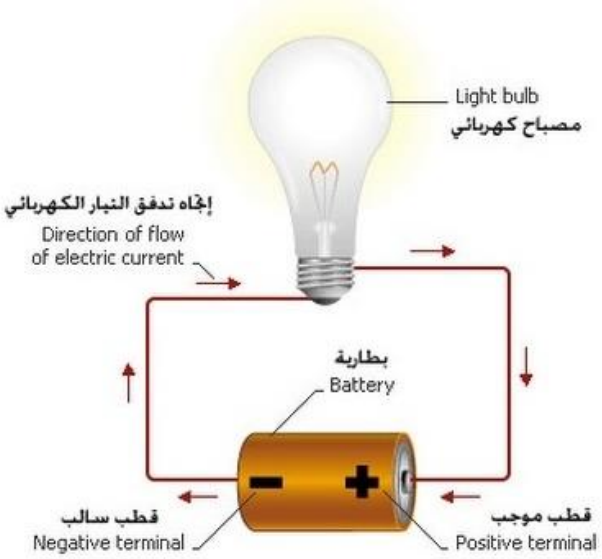
شكل رقم ٧: البطاريات

ثانياً: أنواع التيار الكهربائي

ينقسم التيار الكهربائي إلى نوعين التيار المستمر والتيار المتردد وفيما يلي وصفاً مبسطاً لكل منهم.

التيار المستمر Direct Current

هو التيار الذي يسرى في أتجاه واحد فقط إما في الموجب أو في السالب، الشكل التالي يبين كيفية عمل التيار المستمر.



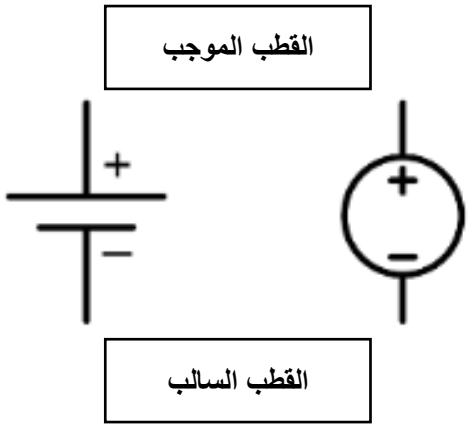
شكل رقم ٨: التيار المستمر Direct Current

كما نلاحظ، فالطاقة الإلكترونية تنتقل في اتجاه واحد داخل أجزاء الدائرة الكهربائية، تتدفق فيه الإلكترونات من القطب السالب للدائرة إلى القطب الموجب، ويبقى هذا الاتجاه ثابتاً مع ثبات الجهد والتيار الكهربائي مهما تغير الزمن.

نلاحظ في التيار المستمر أن كله ثابت الاتجاه (سواء اتجاه موجب فقط أو سالب فقط)

الاستخدامات: يستخدم هذا النوع في التطبيقات ذات الجهد المنخفض، كذلك التي تستخدم البطاريات أو الخلايا الشمسية.

رمز مصدر الجهد المستمر.

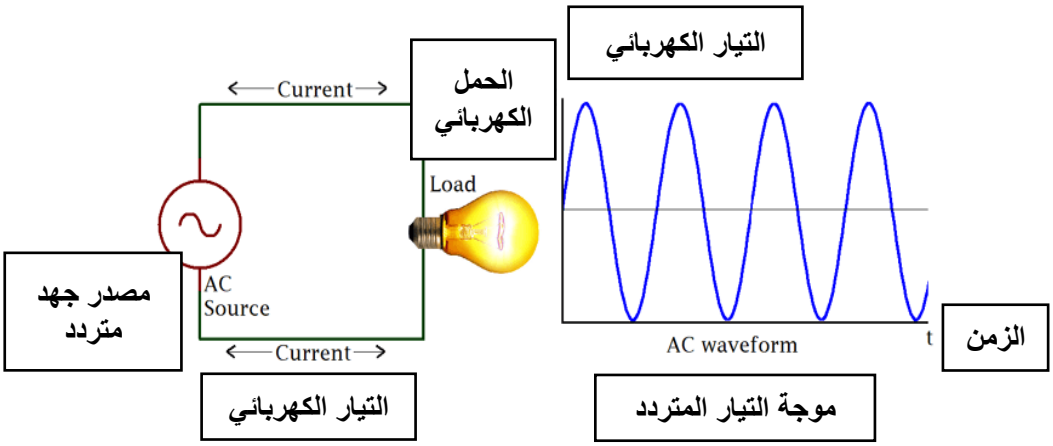


شكل رقم ٩: رمز مصدر الجهد المستمر

التيار المتردد Alternating Current

ويختصر (AC)، وهو التيار الذي يحصل فيه تغير مستمر في القيمة مع الزمن ينتقل فيه من الموجب إلى السالب، ولذلك يسمى أيضاً بالتيار المتناوب. وهو نوع من أنواع الكهرباء الديناميكية.

الشكل التالي يبين كيفية عمل التيار المتردد في دائرة بسيطة.



شكل رقم ١٠: اتجاه التيار المتردد

كما نلاحظ فاتجاه تدفق الإلكترونات في أجزاء الدائرة الكهربية يتغير عدة مرات في الثانية الواحدة بسبب تناوب القطبين السالب والموجب ويسمى هذا التيار بالتيار المتردد، نظرا لتردد أتجاه التيار بين القطبين السالب والموجب. لهذا السبب علينا الأخذ بالاعتبار احتساب دالة للوقت عند التعامل رياضيا مع هذا التيار.

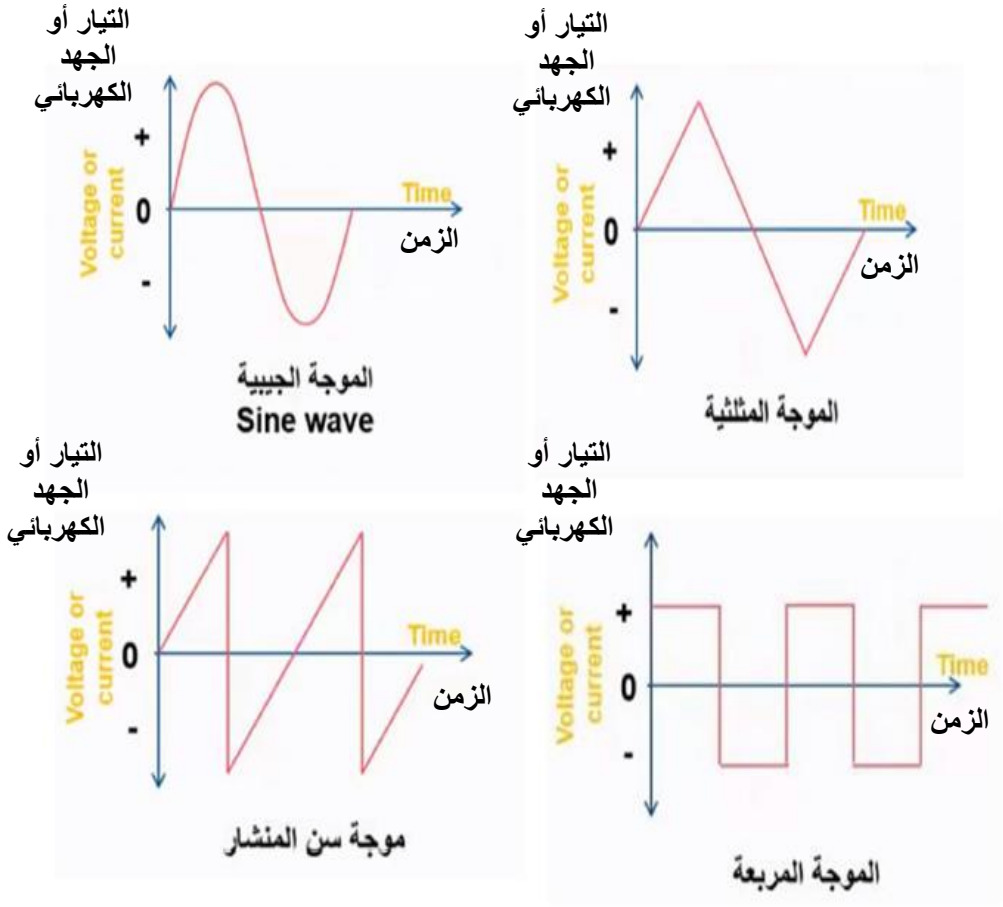
الاستخدامات: يستخدم هذا النوع عند توصيل المولدات الكهربائية الضخمة والمحركات.

رمز مصدر الجهد المتردد.

شكل رقم ١١: رمز مصدر الجهد المتردد

لا يوجد على الرمز قطبية سالبة أو موجبة لأن القطبية تتغير باستمرار (تيار متناوب – متردد)

أمثلة للتيار المتردد

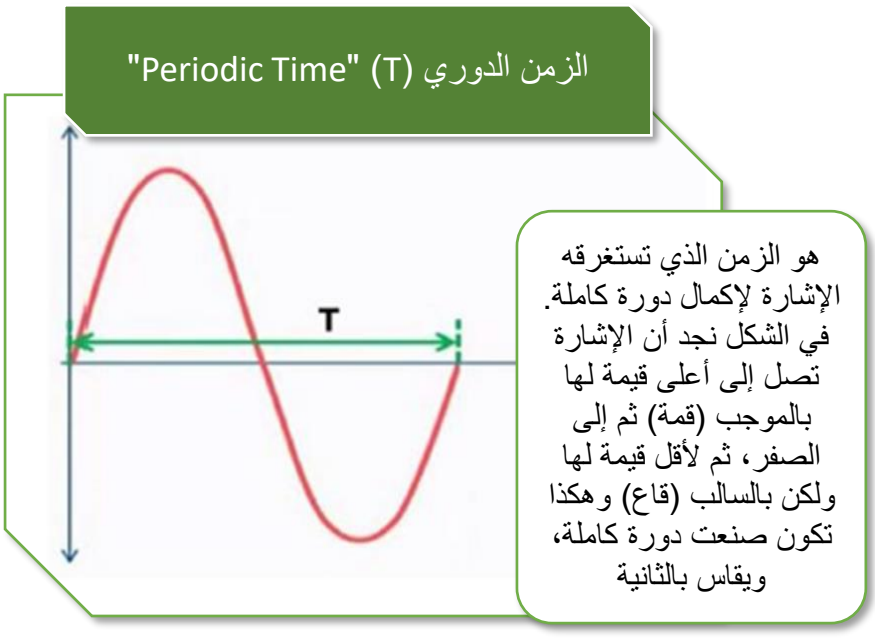


شكل رقم ١٢: أشكال الموجات للتيار المتردد

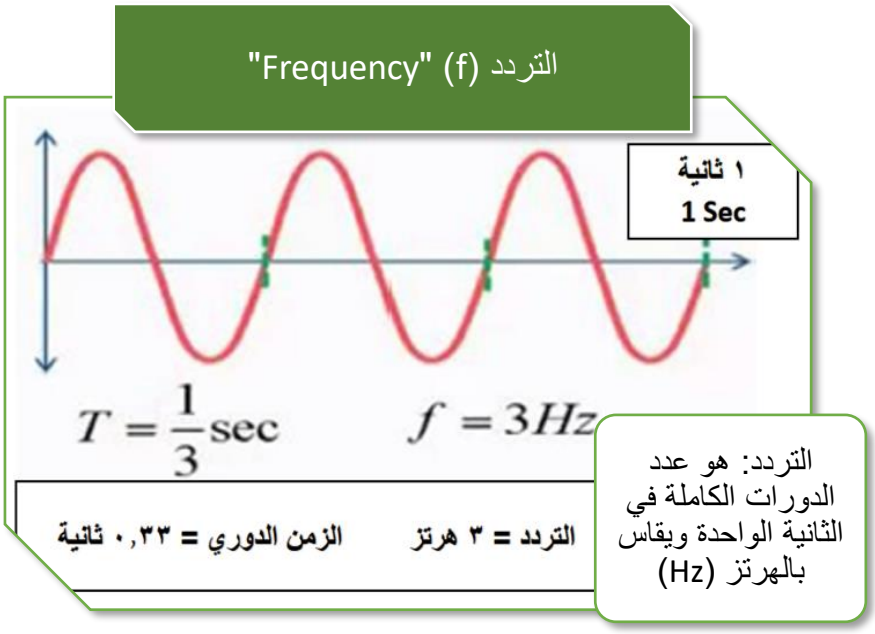
خصائص التيار المتردد:

في الجزء التالي نتعرف على الخصائص الرئيسية للتيار المتردد وهي:

- الزمن الدوري.
- التردد.
- العلاقة بين التردد والزمن الدوري.
- طرق قياس التيار المتردد.



شكل رقم ١٣: إشارة لدورة كاملة



شكل رقم ١٤: إشارة لعدد ثلاثة دورات

والمعادلة التالية توضح أن علاقة التردد مع الزمن الدوري هي علاقة عكسية، بمعنى أنه إذا زاد التردد قل الزمن الدوري والعكس بالعكس.

$$\mathbf{f = \frac{1}{T}}$$

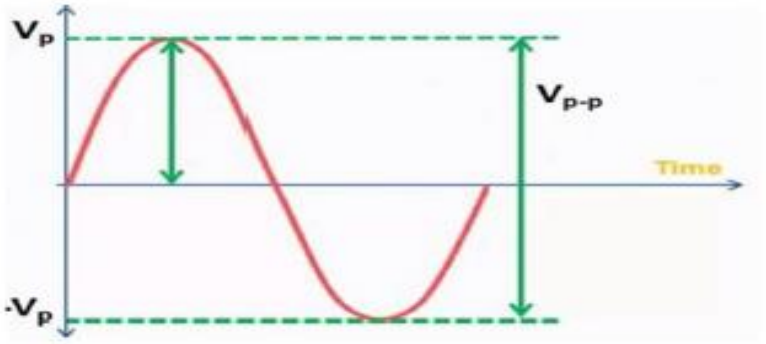
حيث أن:

- **f**: التردد ويقاس بالهرتز ويرمز له بالرمز (Hz).
- **T**: الزمن الدوري ويقاس بالثانية (Sec).

شكل رقم ١٥: طرق قياس جهد الموجات المترددة

السعة أو جهد القمة (V_P -Amplitude):

وهو أقصى جهد تصل إليه الإشارة ويرمز له (V_P)، ونلاحظ أن الجهد العلوي (القمة) = الجهد السفلى (القاع).



شكل رقم ١٦: السعة أو جهد القمة

الجهد من القمة إلى القاع (V_{P-P}):

وهو أقصى جهد تصل إليه الإشارة من الجهة الموجبة إلى الجهة السالبة وهو ضعف جهد القمة.

$$V_{P-P} = 2V_P$$

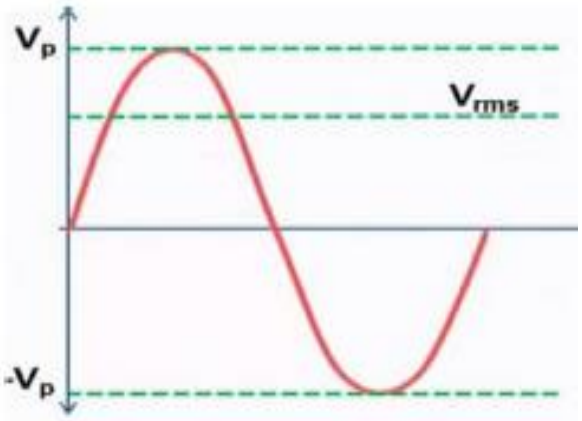
لاحظ أن قيمة جهد التيار المتردد تتغير باستمرار من الصفر إلى الموجب حتى تصل إلى القمة الموجبة ثم تهبط وصولاً إلى الصفر ثم إلى القمة السالبة وتعود إلى الصفر مرة ثانية.

القيمة الفعالة (Vrms)

إن قيمة الجهد أو التيار معظم الوقت تكون أقل من جهد القمة ولهذا السبب فلا تكون القمة مقياس جيد للتأثير الحقيقي للجهد أو التيار، ولهذا السبب يتم استخدام القيمة الفعالة للجهد (Vrms: Root Mean

Square)، هو نفس قيمة الجهد المستمر الذي ينتج نفس الحرارة المتولدة عند تغذية نفس الحمل، ويعطى بالعلاقة التالية.

$$V_{rms} = \frac{V_P}{\sqrt{2}}$$



شكل رقم ١٧: القيمة الفعالة (Vrms)

لاحظ أن مصدر التغذية الرئيسي لمعظم الأجهزة المنزلية هو التيار المتردد وشكلها الموجة الجيبيه، بجهد فعال (٢٢٠ فولت) (220 Vrms)

ثالثاً: المبادئ الأساسية في الدوائر الكهربية

إن المبادئ الأساسية للدوائر الكهربائية هي معرفة الكميات والمقادير الكهربائية الرئيسية وعلاقتهم ببعض عن طريق مجموعه من القوانين، كما سيتضح من السطور التالية

الكميات الكهربية الأساسية

تخضع الكميات والمقادير الكهربية سواء للتيار المتردد أو التيار المستمر للقياسات الكهربية بأجهزة قياس مناسبة ذات حساسية عالية ودقة كبيرة ومن هذه الكميات والمقادير الكهربائية:

- الشحنة الكهربائية.
- فرق الجهد.
- التيار الكهربائي.
- شدة التيار الكهربائي.
- الأمبير.
- الكولوم.
- الفولت.

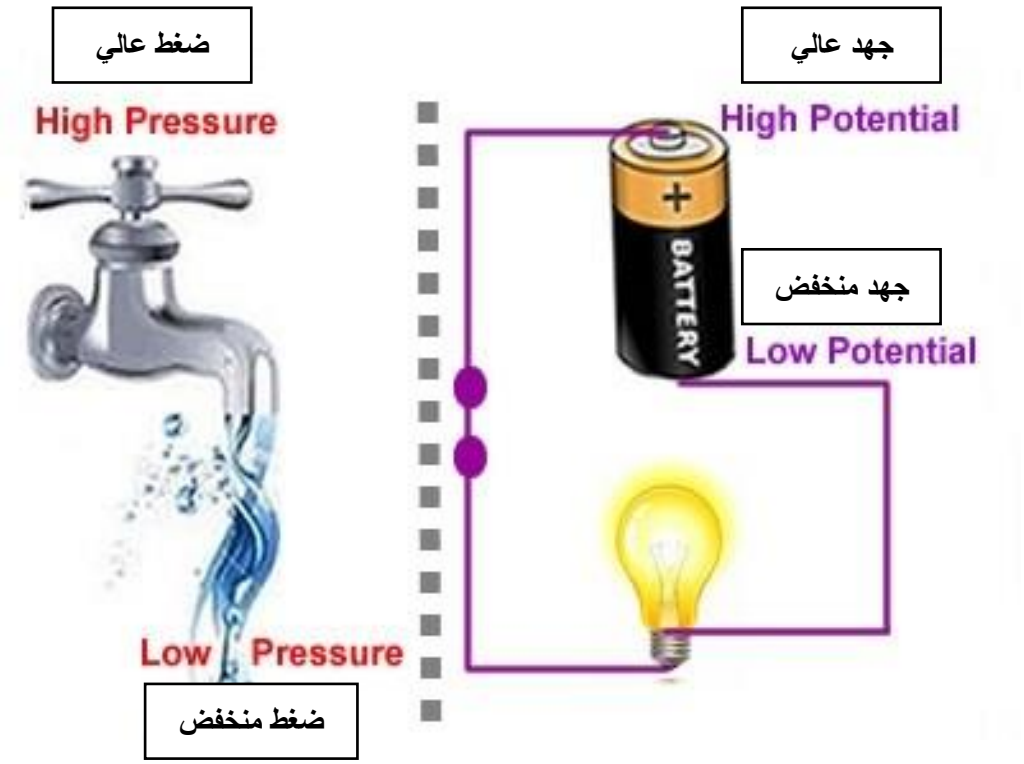
- القوة الدافعة الكهربائية.
- المقاومة الكهربائية.
- التوصيلية الكهربائية للمادة.
- القدرة الكهربائية.
- الشغل الكهربائي.

الشحنة الكهربائية (Electrical Charge)

هي خاصية تحملها الجسيمات الدون ذرية (الأصغر من الذرة)، وهي مصدر القوة الكهرومغناطيسية في الطبيعة، تحمل الجسيمات شحنة سالبة أو موجبة أو متعادلة، وتحمل الإلكترونات شحنات سالبة والبروتونات شحنات موجبة، والنيوترونات شحنات متعادلة، ووحدة قياس الشحنة هي الكولوم ويرمز للشحنة بالرمز (Q).

فرق الجهد (Potential Difference)

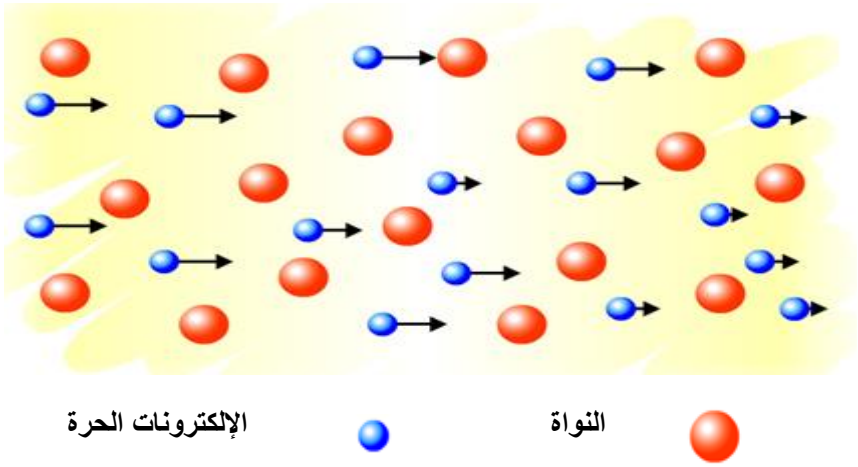
يسمى فرق الجهد بين نقطتين في دائرة كهربية بالجهد أو الضغط الكهربائي وهو الذي يسبب مرور التيار الكهربائي من إحدى النقطتين إلى النقطة الأخرى ويرمز له بالرمز (V) أو بالرمز (E)، كما يعرف الجهد بأنه الطاقة المبذولة لتحريك وحدة الشحنة ضد المجال بين نقطتين، ووحدة الجهد هي الفولت (Volt) ويرمز له بالرمز (V).



شكل رقم ١٨: فرق الجهد

التيار الكهربائي (Current):

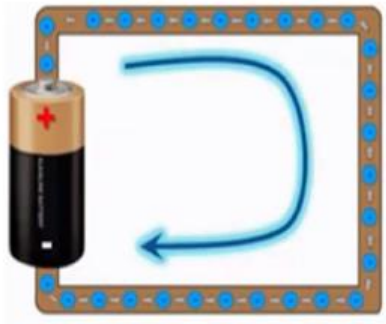
هو فيض من الشحنات الكهربائية يسرى في موصل عند وجود فرق جهد أو بطارية.



شكل رقم ١٩: حركة الإلكترونات داخل الموصل

الاتجاه التقليدي للتيار الكهربائي:

وهو يعبر عن مرور الشحنات الكهربية من الطرف الموجب إلى الطرف السالب للموصل وهو الاتجاه المأخوذ به.



شكل رقم ٢٠: اتجاه التيار في الدائرة الكهربية.

شدة التيار الكهربائي (Current Intensity)

شدة التيار هي مقدار الشحنة (Q) (وتقاس بالكولوم) المارة في موصل في ثانية واحدة (t) خلال مساحة معينة ويرمز لها بالرمز (I) ووحدة قياس شدة التيار هي الأمبير (Ampere) ويرمز له بالرمز (A).

$$I = \frac{\text{الشحنة الكهربائية } (Q)}{\text{الزمن } (t)}$$

مثال:

أوجد شدة التيار المار في موصل خلال ١٠ ثواني إذا كانت كمية الشحنة الكهربية المارة خلال هذه الفترة ١٥ كولوم.

الحل:

$$I = \frac{15}{10}$$
$$= 1.5\ A$$

الأمبير:

هو شدة التيار المار في دائرة كهربية عندما يكون معدل سريان الشحنة الكهربية خلال مقطع معين من الموصل واحد كولوم في الثانية.

الكولوم:

هو كمية الكهربية التي تمر عبر مقطع معين من الموصل في الثانية الواحدة عندما تكون شدة التيار الكهربائي واحد أمبير.

القوة الدافعة الكهربية:

هو الشغل الكلى المبذول لنقل وحدة الشحنات في الدائرة الكهربية من إحدى النقطتين إلى الأخرى.

الفولت (Volt)

هو فرق الجهد بين نقطتين عندما يلزم بذل شغل قدرة واحد جول (J) لنقل وحدة الشحنات الكهربية بين هاتين النقطتين.

المقاومة (Resistance)

جميع المواد لها مقاومة كهربية وهي تعنى درجة معاكسة مرور التيار الكهربائي في المادة بدرجات متفاوتة ويرمز لها بالرمز (R) ويطلق عليها المقاومة المادية. ووحدة قياس المقاومة هي الأوم (Ohm) ويرمز لها بالرمز (Ω).

شكل رقم ٢١: المقاومة الكهربية

وهناك عدداً من العوامل التي تتوقف عليها المقاومة الكهربية لموصل عند ثبوت درجة الحرارة.

١. طول الموصل (L) ويقاس بالمتر، والتناسب طردي.
٢. مساحة مقطع الموصل (A) ويقاس بالمتر المربع (م^{٢})، والتناسب عكسي.

٣. نوع مادته، ويؤثر في المقاومة النوعية ويرمز لها بالرمز (ρ) (تنطق "رو")، والمقاومة النوعية للمادة هي مقاومة موصل من هذه المادة طوله ١ متر ومساحة مقطعة ١ م٢ عند درجة حرارة معينة وتقاس بوحدة (أوم. متر)، وتتناسب مع المقاومة طردياً، والمعادلة التالية تعطي قيمة المقاومة الكهربائية حسب العوامل السابقة:

$$R = \rho \frac{L}{A} \qquad \Omega$$

التوصيلية الكهربية للمادة:

هي قابلية المادة للتوصيل الكهربائي وهي مقلوب المقاومة النوعية ويرمز لها بالرمز (σ) (تنطق سيجما) ووحدتها سيمنز (S)

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

مثال:

أحسب المقاومة النوعية لسلك طوله ١ متر ومساحة مقطعة ١ متر مربع ومقاومته ٧ أوم.

الحل:

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

$$\rho = R \frac{A}{l}$$

$$= 7 \text{ x } (\frac{1}{1})$$

$$= 7 \ \Omega.\text{m}$$

مثال:

خط من خطوط نقل الكهرباء طوله ٥ كيلومتر وقطرة ٦٤ متر أحسب مقاومته علما بأن المقاومة النوعية لمادة $1.79 \text{x} 10^{-8}$ أوم متر.

الحل:

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

$$R = \rho \frac{l}{\pi r^2}$$

$$R = 1.79x10^{-8} \frac{5x10^3}{\pi x(32)^2}$$

$$R = 0.029 \ \Omega$$

مثال:

سلك من النحاس طوله ٣٠ متر مساحة مقطعة $0.33x10^{-6}$ متر مربع ومقاومته النوعية $1.72x10^{-8}$ أوم. متر أحسب مقاومته.

الحل:

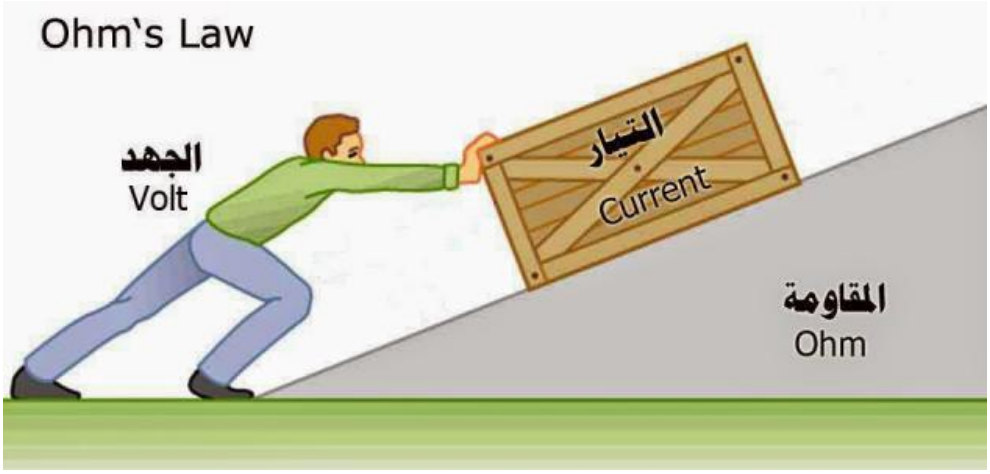
$$R = \rho \frac{l}{A}$$

$$R = 1.72x10^{-8} \frac{30}{0.33x10^{-6}}$$

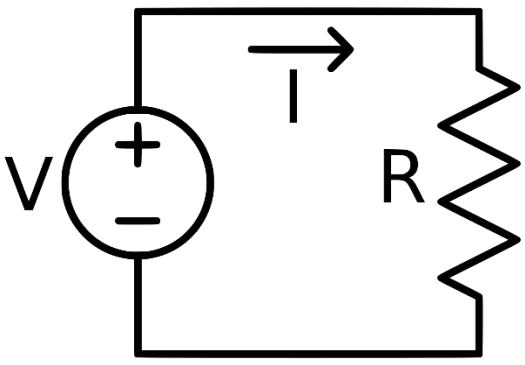
$$R = 1.564\ \Omega$$

قانون أوم:

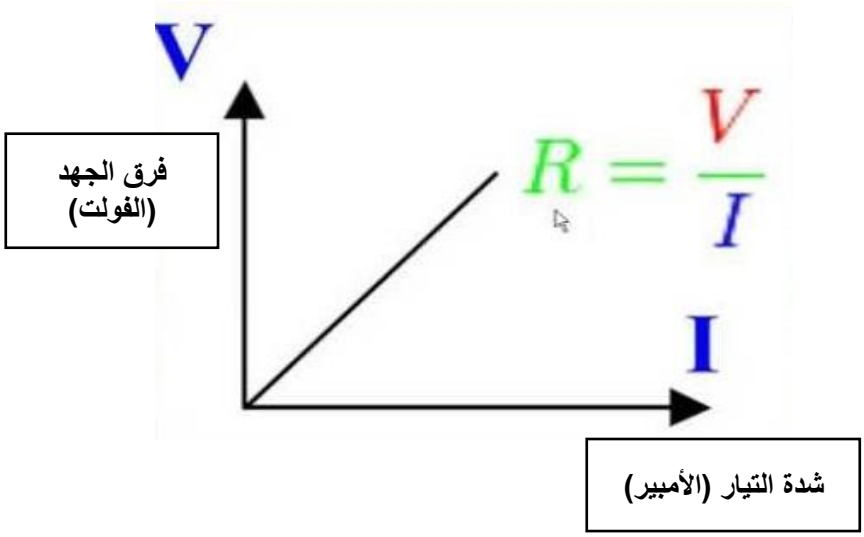
ينص قانون أوم على أنه تتناسب شدة التيار الكهربائي المار في موصل تناسباً طردياً مع فرق الجهد بين طرفيه عند ثبوت درجة الحرارة.



شكل رقم ٢٢: قانون أوم



شكل رقم ٢٣: دائرة كهربائية بسيطة



شكل رقم ٢٤: العلاقة بين فرق الجهد وشدة التيار

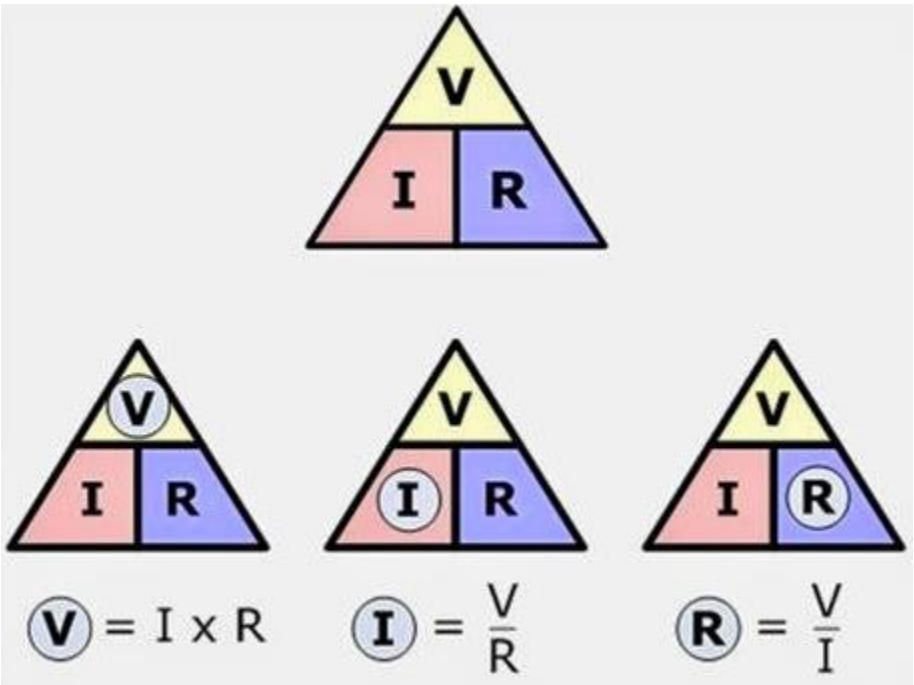
فرق الجهد (V) يتناسب طردياً مع شدة التيار (I)، وثابت التناسب هو مقاومة الموصل (R) كما هو موضح بالمعادلات التالية.

$$V \propto I$$

$$V = \text{ثابت} * I$$

$$V = I * R$$

الشكل التالي يوضح كيفية إيجاد أحد المتغيرات (V,I,R) بمعرفة الأخرين



شكل رقم ٢٥: قانون أوم

مثال:

احسب فرق الجهد المتولد في مقاومة مقدارها 3 كيلو أوم (3 KΩ) إذا علمت أن شدة التيار المار خلالها يساوى ٦ ملى أمبير (6 mA).

الحل:

$$V = I * R$$
$$V = 6x10^{-3} * 3x10^{3}$$
$$V = 18\,Volt$$

مثال:

احسب شدة التيار المار في مقاومة مقدارها ٢٠٠ أوم إذا علمت أن فرق الجهد عليها يساوى ٦,٨ فولت.

الحل:

$$I = \frac{V}{R}$$
$$I = \frac{6.8}{200}$$
$$I = 0.034\,A$$

مثال:

أحسب قيمة مقاومة الموصل عندما يكون فرق الجهد المتولد ٣,٢ فولت وشدة التيار المار خلالها يساوى ٦ ملى أمبير.

الحل:

$$R = \frac{V}{I}$$
$$R = \frac{3.2}{6\,x10^{-3}}$$
$$R = 533.3\,\Omega$$

القدرة الكهربية (Electric Power) "P"

هي معدل الطاقة الكهربية (الشغل الكهربائي) بالنسبة للزمن وهي حاصل ضرب الجهد في شدة التيار، ووحدة قياس القدرة الكهربية هي الواط (Watt) ويرمز لها بالرمز (W).

$$P = \frac{W}{t} = I * V$$

تتحول القدرة الكهربائية في الموصلات والمقاومات إلى طاقة حرارية.

الشغل الكهربي (Electric Work) "W"

الشغل الكهربي هي القدرة الكهربية مضروبة في زمن تأثيرها. وبإيجاد الشغل الكهربائي يمكن حساب الطاقة الكهربية ويرمز للشغل الكهربي بالرمز (W) ووحدة قياس الشغل الكهربائي هو الجول ويرمز له بالرمز (J) وهو يساوي (الواط ثانية) ويرمز لها بالرمز (W.S).

ويوضح الجدول الاتي الكميات الكهربائية الأساسية ووحدات القياس لكل كمية، بينما الجدول الذي يليه يوضح سوابق (Prefix) النظام الدولي للوحدات.

الكمية الكهربائية	رمز الكمية	وحدة القياس	رمز الوحدة
شدة التيار	I	أمبير	A
الجهد	V	الفولت	V
المقاومة	R	أوم	Ω
القدرة	P	واط	W
الشغل الكهربائي	W	جول	J

جدول رقم ١: الكميات الكهربية

الكمية	رمز الكمية	تساوي	وصف
ميللي	M	$\frac{1}{1000}$	واحد من الألف
كيلو	K	1000	ألف
ميجا	M	1000000	مليون

جدول رقم ٢: سوابق النظام الدولي للوحدات

السلامة المهنية من مخاطر الكهرباء

تنشأ معظم أخطار التيار الكهربائي من التعامل الخاطئ لغير الفنيين للتجهيزات والآلات الكهربائية، لذلك يتحتم على فنيين الكهرباء المتخصصين من واقع تأهيلهم التعليمي والتدريبي تفادي مصادر الخطر وإزالتها فوراً. ولوقاية جميع العاملين في مجال الكهرباء من المخاطر والحوادث المحتمل حدوثها، لذلك يجب اتباع وتطبيق قواعد وإرشادات السلامة والصحة المهنية التالية -

١. نظراً لأن التيار الكهربائي الذي شدته أعلى من ٢٠ ملي أمبير يسبب لدى انسيابه خلال الجسم تقلصات عضلية، فانه يتحتم تأريض الأجزاء الواقعة تحت جهد أعلى من ٢٥ فولت تيار متغير، أو ٦٠ فولت تيار مستمر، أو منع تلامسهما ببعضهما البعض مباشرة على الإطلاق.

٢. لتفادي منع الأخطار الناشئة عن التيار الكهربائي، ضمان ألا يتم إطلاقاً العمل دون داع على الأجزاء الواقعة تحت جهد ثانوي أو جهد أقل من الجهد المقنن، وإذا لم يمكن تنفيذ العمل مع انعدام الجهد، فإنه يجب أن يقوم بالعمل، فني متخصص مؤهل مع استخدام عدد وملابس معزولة جيداً.

٣. ينبغي توصيل الأجزاء القابلة للتوصيل، والغير حاملة لجهد كهربائي بموصل حماية منخفض للمقاومة، ويتحتم مراعاة تعليمات إجراءات الحماية الخاصة بهذه الحالة.

٤. معاينة التجهيزات باستمرار أثناء العمل.

٥. استخدام عدد تحقق متطلبات الأمن والسلامة.

٦. يجب أن تتوفر أجهزة القياس اللازمة لإجراء الفحوص والاختبارات الهامة مثل التيار، الجهد، مقاومة العزل، ومقاومة التأريض.

٧. التأكد من وجود المواد العازلة على الأجهزة والعدد الكهربائية وكسوتها بغلاف واقي في حالة عدم وجوده عليها.

٨. الاختبار الدوري لوسائل الحماية للتأكد من صلاحيتها وخلوها من الأعطال مثل تمزق العوازل.

٩. توعية جميع العاملين بمخاطر الكهرباء، وطرق الوقاية منها، وأهمية التزامهم بقواعد وتعليمات السلامة، واستخدام معدات الوقاية الشخصية.

١٠. عدم لمس خطوط نقل الكهرباء العلوية المتقطعة، حتى يتم فصل التيار عنها، وإبلاغ عن أي عطل كهربائي للمسؤول بسرعة.

١١. التوصيل بين غلاف الجهاز الكهربائي الموصل للتيار ولوح أرضي ذو مقاومة منخفضة جداً بواسطة سلك يوصل بالأرض، بهدف فصل التيار عندما يزيد عن الحد المسموح به في حالة حدوث ملامسة، ويسمى بالعزل الأرضي.

١٢. عزل الأجهزة التي تعمل بالضغط العالي عن بقية الأجهزة، ووضع اللوحات التحذيرية والإرشادية، وعدم السماح لغير المختصين بالوصول إليها.

١٣. إبعاد المواد سريعة الاشتعال (الغازات – الكيماويات ... وغيرها) عن مواقع الأجهزة الكهربائية خوفاً من حدوث الحرائق.

١٤. تبريد بعض الأجهزة الكهربائية (المحولات) الطرق المناسبة لخفض درجة حرارتها، وعدم تعرض الأجهزة الكهربائية ومكوناتها للرطوبة والغبار والغازات.

١٥. توفير أجهزة ومعدات إطفاء الحريق المناسبة وتوزيعها بشكل يغطي جميع أماكن العمل وخاصة الخطرة منها.

١٦. للوقاية من الكهرباء الساكنة يجب استخدام المواد غير المولدة للكهرباء الساكنة، والحد من تولد الشحنات السالبة، برش المواد برذاذ من السائل الملائم لذلك، بهدف تسريب الشحنات إلى الأرض.

أسئلة الباب الأول

أولاً: عرف كل مما يأتي:

١. فرق الجهد.
٢. التيار الكهربائي.
٣. الأمبير.
٤. الكولوم.
٥. الفولت.
٦. القوة الدافعة الكهربية.
٧. المقاومة.
٨. المقاومة النوعية للمادة.
٩. التوصيلية الكهربية للمادة.
١٠. قانون أوم.
١١. القدرة الكهربية.
١٢. الشغل الكهربائي.

ثانياً: ما معنى قولنا أن:

١. فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين يساوي ١٥ فولت.
٢. مقدار الشغل المبذول لنقل شحنة كهربية مقدرها ٣ كولوم بين نقطتين في دائرة كهربية يساوى ٢٤ جول (J).
٣. القدرة الكهربية لجهاز ٥٠٠ وات (W).
٤. شدة التيار المار في موصل مقاومته ١٠ أوم (10Ω) هي ٠,٢ أمبير (0.2A).
٥. انتقال شحنة كهربية مقدارها ٢٠٠ كولوم بين نقطتين فرق الجهد بينهما ٤٠ فولت.

ثالثا: علل

لابد من بذل شغل لنقل الشحنات الكهربية من نقطة إلى أخرى؟

رابعا: أختار الإجابة الصحيحة مما يأتي:

١. إذا زاد طول سلك مقاومة إلى الضعف وقلت مساحة مقطعة إلى النصف فأن مقاومته تصبح.
   أ. ضعف قيمتها.
   ب. أربعة أمثال قيمتها.
   ج. تظل ثابتة.

٢. إذا زاد طول سلك إلى النصف وزاد قطره أيضاً إلى الضعف فان مقاومته
   أ. تقل إلى النصف.
   ب. تزداد إلى الضعف.
   ج. لا تتغير.

خامسا: حل المسائل التالية:

١. أوجد شدة التيار المار في موصل خلال ١٨ ثانية، إذا كانت كمية الكهرباء المارة خلال هذه الفترة ٢٧ كولوم.
٢. كم يكون الشغل اللازم لنقل تيار شدته ٣ مللي أمبير عبر موصل فرق الجهد بين طرفيه ١٥ فولت خلال فترة زمنية ٦ دقائق.
٣. أحسب المقاومة النوعية لسلك طوله ١,٥ متر ومساحة مقطعة ٢ متر مربع ومقاومته ١٠٠ أوم.
٤. خط من خطوط نقل الكهرباء طوله ٨ كيلومتر وقطره ١ متر احسب مقاومته علماً بأن المقاومة النوعية لمادة $٣,٨٩ \times ١٠^{-٣}$ أوم متر.
٥. سلك من النحاس طوله ٤٥ متر مساحة مقطعة ٠,٢٥ متر مربع ومقاومته النوعية $٢,٤٥ \times ١٠^{-٣}$ أوم متر أحسب مقاومته.
٦. أحسب قيمة مقاومة الموصل عندما يكون فرق الجهد المتولد ٣,٢ فولت وشدة التيار المار خلالها يساوى ٦ مللي أمبير.
٧. احسب شدة التيار المار في مقاومة مقدارها ٢٠٠ أوم إذا علمت أن فرق الجهد عليها يساوى ١٢ فولت.
٨. احسب فرق الجهد المتولد في مقاومة مقدارها ١٠ كيلو أوم إذا علمت أن شدة التيار المار خلالها يساوى ٠,٢٥ أمبير.
٩. سلك طوله ٣٠ متر ومساحة مقطعة ٠,٢ سم٢ وصل على التوالي مع مصدر تيار مستمر وأميتر، قيس فرق الجهد بين طرفي السلك بواسطة فولتميتر فوجد ٠,٨ فولت فاذا كانت شدة التيار المار في السلك ٢ أمبير أحسب التوصيلية الكهربية للسلك.
١٠. سلك طوله ٢ متر ومساحة مقطعة ٠,١ سم٢ يمر فيه تيار كهربائي شدته ١,٥ أمبير عندما يكون فرق الجهد بين طرفيه ٧,٥ فولت أحسب التوصيلية الكهربية لمادة السلك.
١١. سلك من النحاس طوله ٣٠ متر مساحة مقطعة ٠,٠١متر مربع عندما مر به تيار كهربائي أصبح فرق الجهد بين طرفيه ٣ فولت أحسب شدة التيار الكهربائي المار علما بأن المقاومة النوعية للنحاس $١,٧٩ \times ١٠^{-٨}$ أوم متر.

الباب الثاني: دوائر التيار المستمر DC Circuits

مقدمة

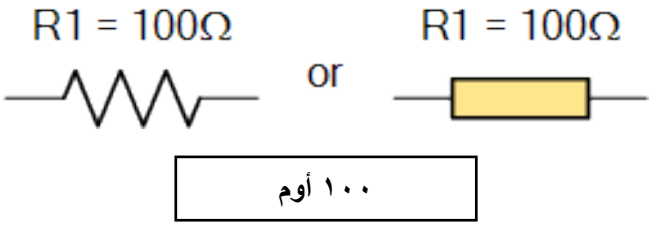
ينقسم هذا الباب إلى قسمين أساسيين، الأول نوضح به المكونات الأساسية للدوائر الكهربائية من مقاومات ومكثفات وملفات وطرق توصيلهما المختلفة، بينما في الجزء الثاني نقدم بعض القوانين المستخدمة في دوائر التيار المستمر مثل قوانين كيرشوف للتيار والجهد.

أولاً: المكونات الأساسية للدوائر الكهربائية

المقاومة الكهربية Resistor

تعتبر المقاومة من أهم عناصر الدائرة الكهربية حيث يتم عن طريقها التحكم في التيار والجهد في الدائرة. وللمقاومة عدة مواصفات مثل القيمة والقدرة (Power) ومادة الصنع ونسبة التفاوت (Tolerance) والشكل وهل هي ثابتة أم متغيرة.

يرمز للمقاومة بالرمز "R" وتقاس بجهاز الأوميتر ووحدة قياسها هي الأوم ويرمز له "Ω" والمقاومات الكبيرة تقاس بالكيلو أوم (KΩ) (الكيلو = ألف) أو الميجا أوم (MΩ) (الميجا = مليون)، وتأخذ الرمز كما بالشكل التالي:



شكل رقم ٢٦: رمز المقاومة الكهربائية

وتوصف المقاومة الكهربية بقيمتها وكذلك بقدرتها الكهربية فمثلا يقال المقاومة ١٠٠ أوم (100 Ω)، ٢ واط (2 W). وهذا يعنى أن قيمة المقاومة ١٠٠ Ω وتتحمل قدرة كهربية ٢ واط (W) وهذا يُمكننا من معرفة أقصى تيار تتحمله المقاومة حتى لا تتلف بمعرفة الجهد الواقع عليها.

ويوجد على سطح المقاومة ألوان تُمكن المستخدم من معرفة قيمتها وكذلك دقتها أو نسبة التفاوت (Tolerance) فيها. ويمكن قراءة قيمة المقاومة من تعلم كود الألوان، والجدول التالي يوضح خواص المقاومة الكهربائية.

الخاصية	الوصف
المقاومة (Resistance)	يعبر عن القيمة المطلوبة بالأوم (Ω) أو الكيلو أوم (KΩ) أو الميجا أوم (MΩ).
القدرة (Power)	هي القدرة القصوى التي تبددها المقاومة. $P = I * V = I^2 * R = \frac{V^2}{R}$
التفاوت (Tolerance)	هو الانحراف الأقصى المسموح به عن القيمة المقروءة (يعبر عنه كنسبة مئوية من قيمة المقاومة %) ويكون بالزيادة أو النقصان.

جدول رقم ٣: خواص المقاومات الكهربائية

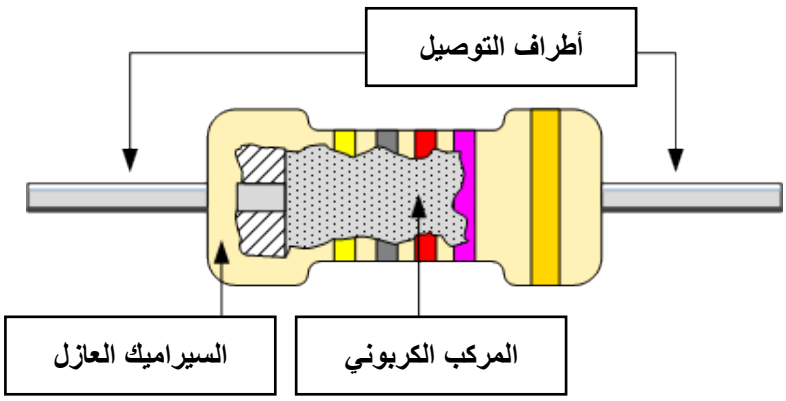
أنواع المقاومات

تتعدد أنواع المقاومات الكهربائية حسب المادة المصنوعة منها وطريقة استخدامها، وسنوضح معظم أنواعها وهم:

- المقاومة الكربونية.
- المقاومة السلكية.
- المقاومة الحرارية.
- المقاومة الضوئية.
- المقاومة المتغيرة.

المقاومة الكربونية "Carbon Resistor"

عبارة عن قضيب من السيراميك يرسب علية مسحوق من الكربون وكلما زادت كمية الكربون كلما قلت قيمة المقاومة ويفضل استخدامها لأنها أصغر في الحجم وتكلفة صناعتها قليلة ودائماً تكون مقاومات ثابتة.



شكل رقم ٢٧: تركيب المقاومة الكربونية

المقاومة السلكية "Wire wound Resistor"

عبارة عن سلك طويل عادة من النيكل كروم ويلف على قالب من السيراميك وتكون أكثر استقراراً وأكثر دقة من المقاومة الكربونية ولكنها أكبر حجماً وأكثر تكلفة ويوجد منها نوعين:

- مقاومة ثابتة.
- مقاومة متغيرة.

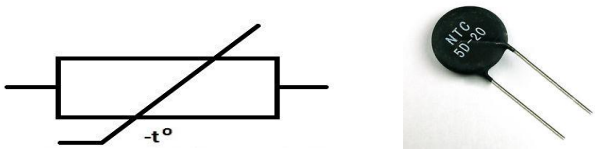
المقاومة الحرارية "Thermostat"

المقاومة الحرارية (Thermostat) هي المقاومة التي تتغير قيمتها بتغير درجة الحرارة عليها، ومن أشهر أنواعها المقاومة الحرارية السالبة، أما كلمة مقاومة سالبة فنقصد أنها مع زيادة حرارتها تقل قيمتها.

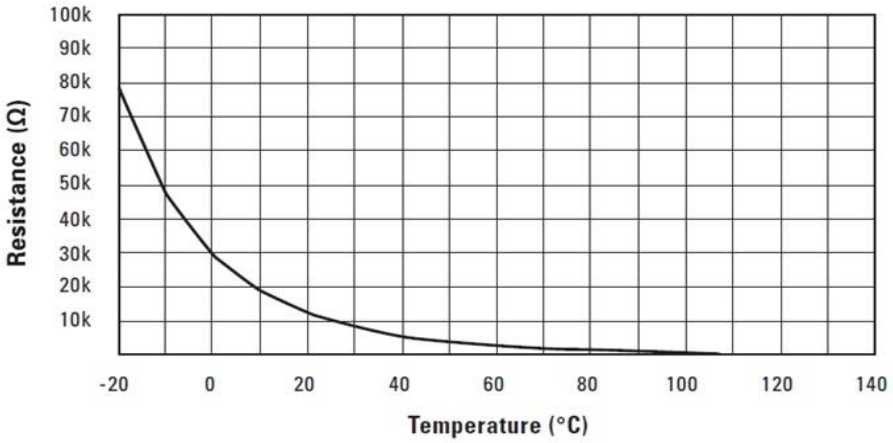
$$R_{NTC} \propto \frac{1}{\text{درجة الحرارة}}$$

حيث أن:

R_{NTC}: (NTC: Negative Temperature Coefficient) تمثل قيمة المقاومة الحرارية وتقاس بالأوم (Ω).



شكل رقم ٢٨: رمز وشكل المقاومة الحرارية السالبة



شكل رقم ٢٩: منحنى العلاقة بين قيمة المقاومة الحرارية مقابل درجة الحرارة

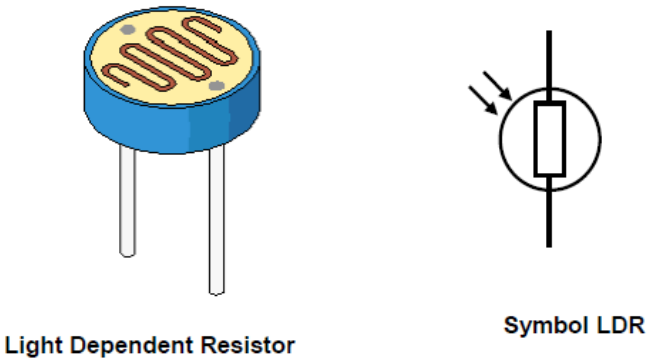
المقاومة الضوئية "Photo resistor"

تصنع من مادة حساسة للضوء، المقاومة الضوئية (Light Dependent Resistor) ويرمز لها اختصاراً (LDR) هي مقاومة كهربائية تقل مقاومتها عند شدة سطوع الضوء عليها.

$$R_{LDR} \propto \frac{1}{\text{الإضاءة شدة}}$$

حيث أن:

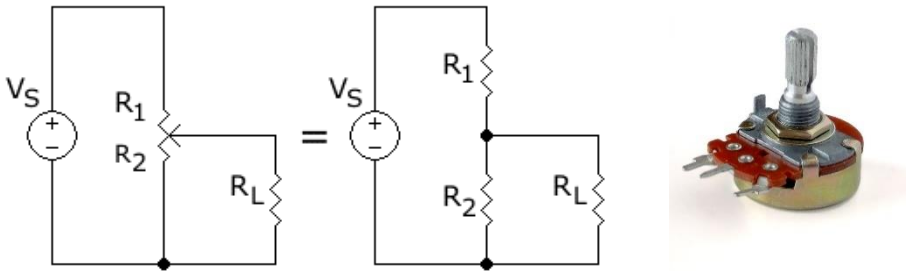
R_{LDR}: تمثل قيمة المقاومة الضوئية تقاس بالأوم (Ω).



شكل رقم ٣٠: رمز وشكل المقاومة الضوئية

المقاومة المتغيرة "Variable resistors"

تستخدم للحصول على قيمة متغيرة من المقاومة وهذه المقاومات تسمى "Potentiometers" (مجزئ الجهد) وهي تكون جزء من اللفة أو لفة كاملة أو عدة لفات من سلك المقاومة وتتوافر المقاومات المتغيرة في أشكال مختلفة. وأكثرها شيوعاً هي مجزئات الجهد ذوات المسارات الكربونية وذوات الأسلاك الملفوفة. وعملياً، المقاومة المتغيرة هي مقاومة ذات ثلاث أطراف وتعمل كمجزئ للجهد، وفي حالة استخدام طرفين اثنين منهم (حيث يوصل الطرف الأوسط بأحد الطرفين)، أحدهما ثابت والأخر منزلق متحرك، فهو يعمل كمقاومة متغيرة أو ريوستات. وتستعمل المقاومة المتغيرة كثيرا في الأجهزة الكهربائية.



شكل رقم ٣١: المقاومة المتغيرة والدائرة المكافئة لها كمجزىء للجهد.

توصيل المقاومات في الدائرة الكهربية

توصل المقاومات في الدائرة الكهربية بعدة طرق منها توصيل على التوالي أو توصيل على التوازي أو توصيل مركب (توصيل توالى مع توصيل توازى في دائرة واحدة).

التوصيل على التوالي (Series Connection)

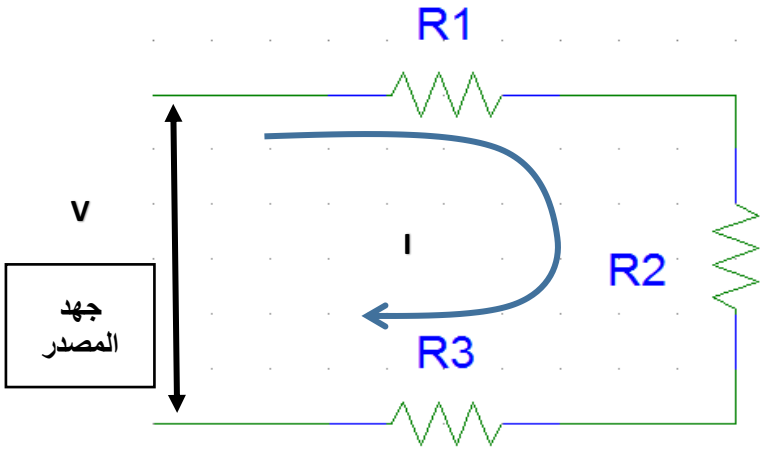
توصل المقاومات على التوالي في الدائرة الكهربية لزيادة المقاومة الكلية في الدائرة ولزيادة تحمل الدائرة للجهد وفى هذه الحالة يمر نفس التيار في جميع المقاومات في الدائرة بنفس القيمة بينما يتم تقسيم الجهد على المقاومات وتتناسب قيمة الجهد الواقع على المقاومة تناسباً طردياً مع قيمتها فكلما ارتفعت قيمة المقاومة زاد الجهد الواقع عليها في الدائرة (طبقاً لقانون أوم)، أي في حالة التوصيل على التوالي يكون التيار ثابتاً بينما يتم توزيع الجهد على المقاومات على حسب قيمتها.

لتوصيل ثلاث مقاومات على التوالي كمثال، يتم توصيل نهاية المقاومة الأولى ببداية المقاومة الثانية ونهاية المقاومة الثانية ببداية الثالثة، وفى هذه الحالة يتم حساب المقاومة الكلية للدائرة وهي تساوى المجموع الجبري للمقاومات الثلاث.

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3$$

حيث أن:

R_T: تمثل قيمة المقاومة الكلية بالأوم (Ω)



شكل رقم ٣٢: توصيل المقاومات على التوالي

وتكون قيمة شدة التيار المار في الدائرة ثابتة لجميع المقاومات وتساوى قيمة الجهد الكلى للدائرة مقسوما على المقاومة الكلية:

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

وفى هذه الحالة يتوزع الجهد الكلى للمصدر على المقاومات ويكون فقد الجهد (Voltage Drop) على كل مقاومة متناسبا طردياً مع قيمة المقاومة:

$$V_1 = I * R_1$$
$$V_2 = I * R_2$$
$$V_3 = I * R_3$$

وفى هذه الحالة يكون المجموع الجبري لجهود للمقاومات يساوى جهد المصدر.

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

خواص توصيل المقاومات على التوالي

أولا: التيار

يكون متساويا في جميع أجزاء الدائرة.

$$\mathbf{I_T = I = I_1 = I_2 = I_3}$$

ثانيا: الجهد

يتجزأ على المقاومات حسب قيمتها، الجهد الكلى: يساوى مجموع الجهود الجزئية (الفرعية).

$$\boldsymbol{E = V_T = V_1 + V_2 + V_3}$$

ثالثا: المقاومة

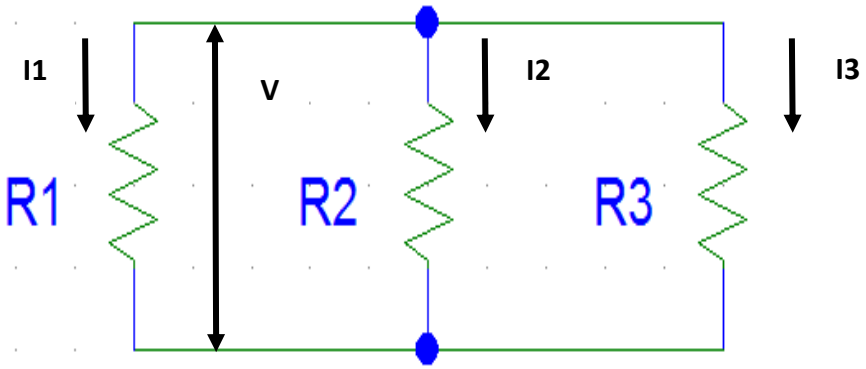
المقاومة الكلية: تساوى مجموع المقاومات الموصلة على التوالي.

$$\boldsymbol{R_T = R_1 + R_2 + R_3}$$

التوصيل على التوازي (Parallel Connection)

توصل المقاومات على التوازي في الدائرة الكهربية لتقليل قيمة المقاومة الكلية في الدائرة وفى هذه الحالة يكون الجهد الواقع على جميع المقاومات ثابتاً بينما يتم تقسيم التيار على المقاومات وتتناسب قيمة التيار عكسياً مع قيمة المقاومة المار فيها. فكلما ارتفعت قيمة المقاومة أنخفض التيار المار فيها، أي في حالة التوصيل على التوازي يكون الجهد ثابتاً بينما يتم توزيع التيار على المقاومات على حسب قيمتها.

لتوصيل ثلاث مقاومات على التوازي توصل كل البدايات مع بعضها البعض في طرف واحد وتوصل كل النهايات في الطرف الأخر، أي تتعدد مسارات التيار وتقع كل المقاومات تحت نفس الجهد.



شكل رقم ٣٣: توصيل المقاومات على التوازي

وتحسب المقاومة الكلية للدائرة من القانون

$$\boldsymbol{\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \cdots + \frac{1}{R_n}}$$

حيث أن:

R_T: تمثل قيمة المقاومة الكلية بالأوم (Ω)

ويتوزع التيار الكلى للدائرة على المقاومات بنسب عكسية مع قيمة كل مقاومة فالتيار المار في المقاومة يتناسب عكسيا مع قيمة المقاومة:

$$I_1 = \frac{V}{R_1}$$
$$I_2 = \frac{V}{R_2}$$
$$I_3 = \frac{V}{R_3}$$

وتكون قيمة الجهد على المقاومات ثابتة وتساوى قيمة الجهد الكلى للدائرة، بينما يكون التيار الكلى في الدائرة عبارة عن مجموع التيارات المختلفة في الدائرة:

$$I = I_T = I_1 + I_2 + I_3$$

خواص توصيل المقاومات على التوازي

أولاً: التيار

يتجزأ التيار على المقاومات حسب قيمتها، التيار الكلى: يساوى مجموع التيارات الفرعية.

$$I_T = \mathrm{I_1} + \mathrm{I_2} + \mathrm{I_3} + \cdots$$

ثانياً: الجهد

الجهد يكون ثابتا على جميع المقاومات.

$$V = \mathrm{V_T} = \mathrm{V_1} = \mathrm{V_2} = \mathrm{V_3}$$

ثالثاً: المقاومة

مقلوب المقاومة الكلية يساوى مجموع مقلوب المقاومات الفرعية.

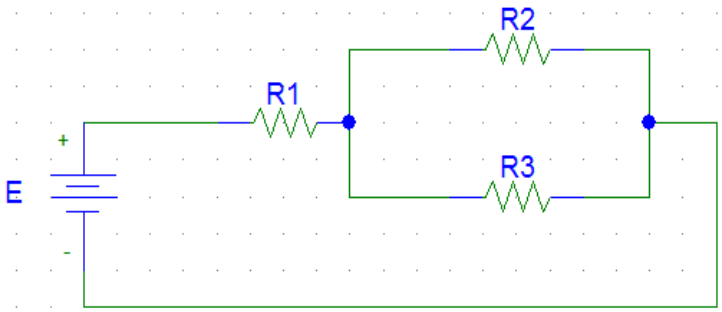
$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \cdots + \frac{1}{R_n}$$
$$R_T = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \cdots + \frac{1}{R_n}}$$

وفي حالة مقاومتان فقط موصلة على التوازي:

$$R_T = \frac{R_1 * R_2}{R_1 + R_2}$$

التوصيل المركب

تتركب الدوائر الكهربية في الحياة العملية من دوائر توالى ودوائر توازى وتعرف هذه الدوائر بالدوائر الكهربية المركبة، ويمكن حساب المقاومة الكلية بالقوانين الخاصة بتوصيل المقاومات على التوالي والتوازي، توصل المقاومات على التوالي والتوازي معا في دائرة واحدة وفى هذه الحالة يتم تقسيم التيار والجهد.



شكل رقم ٣٤: توصيل مركب على التوالي والتوازي معا

مقارنة بين توصيل المقاومات على التوالي وعلى التوازي:

التوصيل على التوالي	التوصيل على التوازي
يتجزأ فرق الجهد على المقاومات (يختلف من مقاومة لأخرى) بحيث يكون: $V = V_1 + V_2 + V_3$	فرق الجهد متساوي على جميع المقاومات. $V = V_1 = V_2 = V_3$
المقاومة المكافئة أكبر من أي مقاومة حيث: $R_T = R_1 + R_2 + R_3$	المقاومة المكافئة أصغر من أي مقاومة حيث: $\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$
شدة التيار واحدة في جميع المقاومات. $I_T = I_1 = I_2 = I_3$	يتجزأ التيار في المقاومات (يختلف من مقاومة لأخرى) بحيث يكون: $I_T = I_1 + I_2 + I_3$

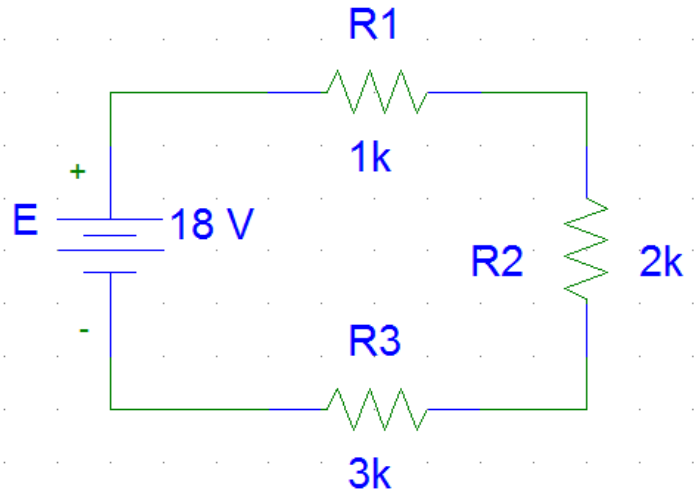
جدول رقم ٤: مقارنة بين توصيل المقاومات على التوالي وعلى التوازي

مثال:

وصلت المقاومات الثلاث ١ كيلو أوم (1 KΩ) و٢ كيلو أوم (2 KΩ) و٣ كيلو أوم (3 KΩ) على التوالي مع بطارية القوة الدافعة الكهربية (E) لها ١٨ فولت أحسب:

١. شدة التيار المار في كل مقاومة.

٢. فرق الجهد على كل مقاومة.



الحل:

$$\mathbf{R_1 = 1K\,\Omega}$$
$$\mathbf{R_2 = 2K\,\Omega}$$
$$\mathbf{R_3 = 3K\,\Omega}$$
$$\mathbf{E = 18\,V}$$
$$\mathbf{R_T = R_1 + R_2 + R_3}$$
$$\mathbf{R_T = 1 + 2 + 3 = 6K\,\Omega}$$

حساب شدة التيار المار في كل مقاومة:

حيث أن المقاومات الثلاث موصلة على التوالي فان التيار المار في الدائرة يكون هو نفسه في كل مقاومة ويعطى من قانون أوم للدائرة المغلقة.

$$\boldsymbol{I = \frac{E}{R_T}}$$
$$\boldsymbol{I = \frac{18}{6X10^3} = 3mA}$$

حساب فرق الجهد على المقاومات الثلاث:

فرق الجهد على المقاومة الأولى

$$\boldsymbol{V_1 = IR_1 = 1X10^3 * 3X10^{-3} = 3\,V}$$

فرق الجهد على المقاومة الثانية

$$V_2 = IR_2 = 2X10^3 * 3X10^{-3} = 6\,V$$

فرق الجهد على المقاومة الثالثة

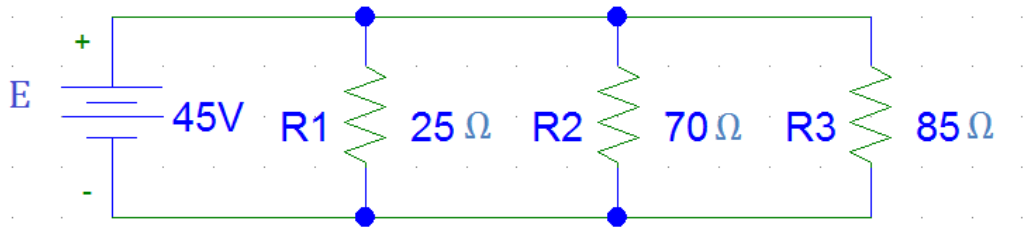
$$V_3 = IR_3 = 3X10^3 * 3X10^{-3} = 9\,V$$

وللتأكد:

$$E = V_1 + V_2 + V_3 = 3 + 6 + 9 = 18\,V$$

مثال:

وصلت المقاومات الثلاث ٢٥ و٧٠ و٨٥ أوم (Ω) على التوازي مع بطارية القوة الدافعة الكهربية لها ٤٥ فولت كما بالشكل التالي.



أحسب:

- شدة التيار المار في كل مقاومة.
- فرق الجهد على كل مقاومة.

الحل:

$$R_1 = 25\,\Omega$$
$$R_2 = 70\,\Omega$$
$$R_3 = 85\,\Omega$$
$$V_t = 45\,V$$
$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$
$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{25} + \frac{1}{70} + \frac{1}{85} = 0.066\Omega^{-1}$$
$$R_T = \frac{1}{0.066} = 15.15\Omega$$

حساب شدة التيار المار الكلى:

$$I = \frac{V_t}{R_T}$$

$$I = \frac{45}{15.15} = 2.79\ Amp$$

حساب شدة التيار المار في كل مقاومة:

شدة التيار المار في المقاومة الأولى:

$$I_1 = \frac{V_t}{R_1}$$

$$I_1 = \frac{45}{25} = 1.8\ Amp$$

شدة التيار المار في المقاومة الثانية:

$$I_2 = \frac{V_t}{R_2}$$

$$I_2 = \frac{45}{70} = 0.643\ Amp$$

شدة التيار المار في المقاومة الثالثة:

$$I_3 = \frac{V_t}{R_3}$$

$$I_2 = \frac{45}{85} = 0.529\ Amp$$

وللتأكد:

$$I_t = I_1 + I_2 + I_3 = 1.8 + 0.643 + 0.529 = 2.97\ Amp$$

حساب فرق الجهد على المقاومات الثلاث:

فرق الجهد على المقاومات الثلاث موصلة على التوازي فان فرق الجهد يكون هو نفسه على كل مقاومة

$$V_t = V_1 = V_2 = V_3 = 45\ V$$

مثال:

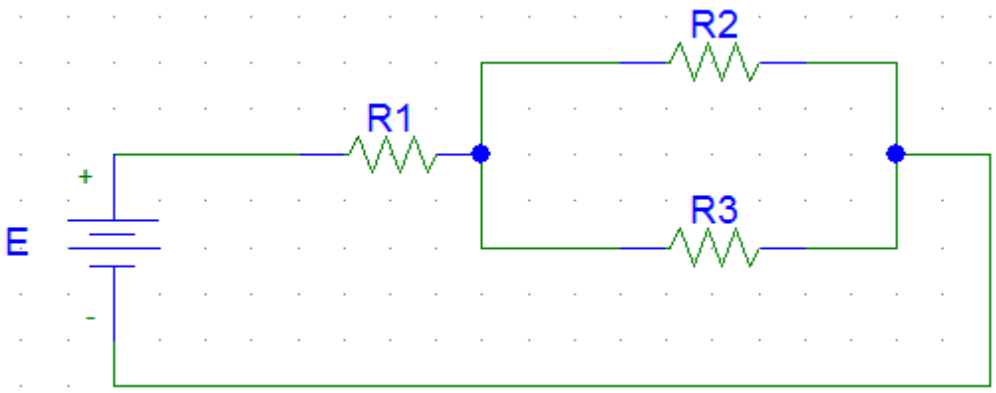
في الشكل التالي وصلت المقاومتان R_2 ,R_3 معا على التوازي ثم وصلت المجموعة على التوالي مع مقاومة ثالثة هي R_1 وبطارية قوتها الدافعة الكهربية ١٨ فولت. فاذا كانت المقاومات على الترتيب R_1, R_2 ,R_3 هي على الترتيب ٣ أوم، ٦ أوم و٧ أوم.

فاحسب ما يلي:

١. المقاومة الكلية.

٢. شدة التيار المار في الدائرة.

٣. شدة التيار المار في كلا من R_2 ,R_3.



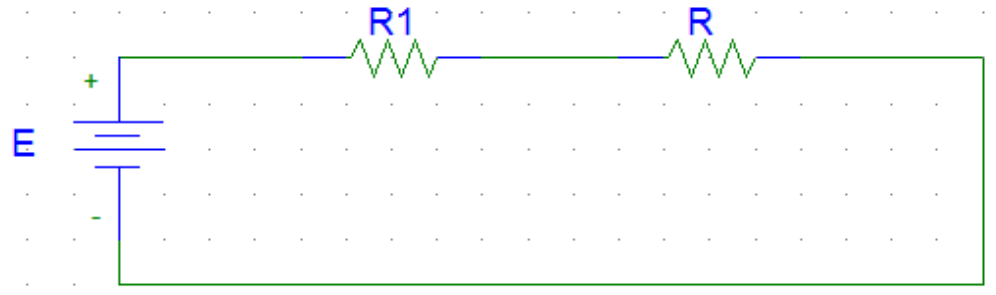
أولا: المقاومتان R_2 ,R_3 موصلتان على التوازي وبالتالي المقاومة المكافئة ولتكن R لهم تكون.

$$R = \frac{R_2 x R_3}{R_2 + R_3}$$

$$R = \frac{6x3}{6+3}$$

$$R = 2\,\Omega$$

وبالتالي تصبح الدائرة السابقة على الصورة.



وتصبح المقاومات R، R_1 موصلتان على التوالي. وبالتالي تعطى المقاومة الكلية للدائرة ولتكن R_T.

$$R_T = R_1 + R$$
$$R_T = 2 + 7 = 9\ \Omega$$

ثانياً: وبتطبيق قانون أوم للدائرة المغلقة لنحصل على شدة التيار الكلى المار في الدائرة.

$$I = \frac{E}{R_T}$$
$$I = \frac{18}{9} = 2\ Amp$$

ثالثاً: يكون فرق الجهد على المقاومة R وليكن V

$$V = IxR = 2\ x\ 2 = 4\ volts$$

هو نفس فرق الجهد على المقاومتان R_2 ,R_3 وبالتالي نحصل على شدة التيار في هاتين المقاومتان على النحو الاتي:

$$I_{R_2} = \frac{V}{R_2}$$
$$I_{R_2} = \frac{4}{3} = 1.33\ Amp$$
$$I_{R_3} = \frac{V}{R_3}$$
$$I_{R_3} = \frac{6}{3} = 0.667\ Amp$$

تحديد قيمة المقاومة باستخدام كود الألوان Color Code

ترسم على المقاومات الكربونية والمقاومات السلكية خطوط لونية تشير إلى قيمتها وتفاوتها. وهناك طريقتان معتمدتان في الترميز اللوني وهما: المقاومات رباعية النطاقات اللونية والمقاومات خماسية النطاقات اللونية.

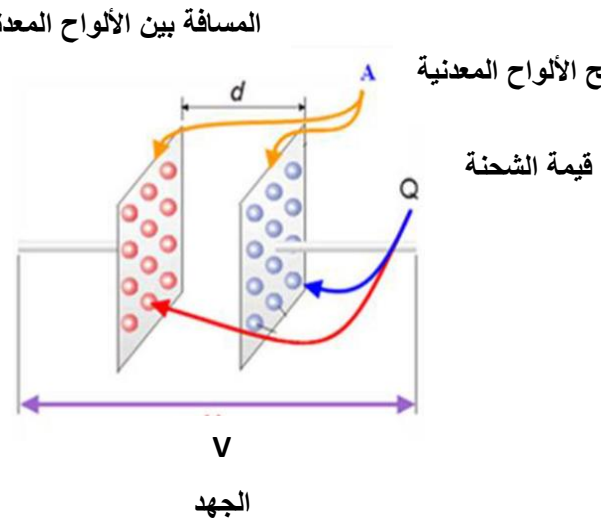
شكل رقم ٣٥: المقاومات الرباعية النطاقات اللونية

المكثف الكهربائي Capacitor

المكثفات هي عناصر لديها القدرة على تخزين الطاقة على شكل مجالات كهربائية وأطلاقها بعد فترة زمنية وهي ذات أهمية بالنسبة للدوائر الإلكترونية.

تركيب المكثف.

يتكون المكثف من موصلين يعرف كل منهما باللوح المعدني (الصفيحة المعدنية) أو القطب - الإليكترود (Electrode) ويوجد بينهما وسط عازل باسم العازل الكهربائي.



شكل رقم ٣٦: تركيب المكثف

كما هو موضح بالشكل السابق، يتكون المكثف من لوحين معدنين متوازيين مساحة سطح كل منهم (A م^{2}) يفصل بينهما مادة عازلة ذات سماحية يرمز لها بالرمز (**ε** وتنطق ابسلون) وعرض المادة العازلة هو (d) (هي أيضاً المسافة الفاصلة بين اللوحين المعدنيين)، والمادة العازلة قد تكون الهواء أو الورق المشبع بالزيت أو مواد من البلاستيك أو الميكا أو السيراميك ويوصل بكل لوح من لوحي المكثف طرف توصيل ويقوم بتخزين الشحنات الكهربائية (Q) وتقاس بالكولوم، ويكون قيمة سعة المكثف (وتقاس بوحدة الفاراد ويرمز لها بالرمز F) حسب المعادلة التالية:

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

حيث أن:

- **ε_r:** ثابت العزل النسبي للمواد العازلة (ليس له وحدة)
- **ε_o:** ثابت عزل الهواء، ويساوى ٨,٨٥ × ١٠$^{-١٢}$ (فاراد لكل متر "F/m")
- **A:** مساحة سطح أحد اللوحين ويقاس بالمتر المربع م٢.
- **d:** البعد بين اللوحين وتقاس بالمتر.

العوامل التي تتوقف عليها سعة المكثف:

أولا: مساحة اللوحين "A" وتقاس بالمتر مربع، كلما زادت مساحة اللوحين زادت قيمة السعة للمكثف.

ثانيا: المسافة بين اللوحين "d" وتقاس بالمتر، كلما زادت المسافة بين اللوحين قلت السعة.

ثالثا: نوع المادة العازلة.

الفاراد:

هو سعة مكثف إذا شحن بشحنة مقدارها (١) كولوم وكان فرق الجهد بين طرفيه (١) فولت.

يقصد بشحنة المكثف شحنة أحد لوحيه الموجب أو السالب (كقيمة مطلقة) لانهما متساويان.

السعة الكهربائية:

تعرف قدرة المكثف على تخزين الشحنة الكهربائية بالسعة الكهربائية أو السعة ويرمز لها بالرمز (C) والفاراد هو وحدة قياس السعة ويرمز لها بالرمز (F)، والسعه أيضاً هي النسبة بين مقدار الشحنة (Q) على أحد السطحين الموصلين وبين فرق الجهد بينهما (V).

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

حيث أن:

- **C** :سعة المكثف وتقاس بالفاراد [F]
- **Q**: شحنة المكثف وتقاس بالكولوم [C]
- **V** :فرق الجهد بين طرفي المكثف ويقاس بالفولت [V]

إن قيمة الفاراد قيمة كبيرة وغير موجودة عملياً لذلك نستعمل في التطبيقات العملية أجزاء الفاراد وهي:

- **الميكرو فأراد (μF)**
- **النانو فاراد (nF)**
- **البيكو فاراد (pF)**

الرمز	الاسم		القيمة	
µF	Micro Farad	ميكرو فاراد	$\frac{1}{1000000}$	10^{-6}
nF	Nano Farad	نانو فاراد	$\frac{1}{1000000000}$	10^{-9}
pF	Pico Farad	بيكو فاراد	$\frac{1}{1000000000000}$	10^{-12}

جدول رقم ٥: الوحدات الجزئية للمكثفات

مثال:

إذا كانت قيمة فرق الجهد بين طرفي المكثف ١٠ فولت (10V) عندما كانت الشحنة المختزنة ١٠٠ ميكرو كولوم (100µC) أحسب سعة المكثف.

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

$$C = \frac{100 * 10^{-6}}{10} = 10\mu F$$

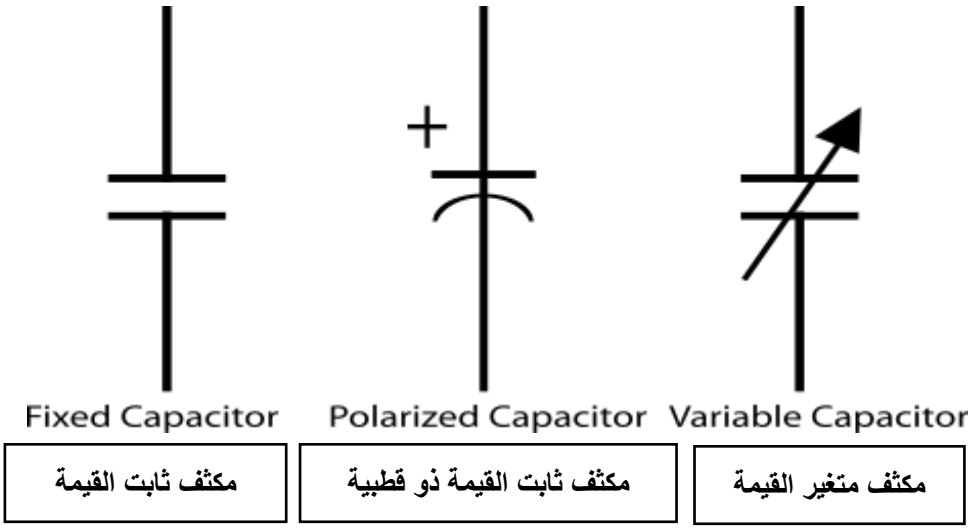
أنواع المكثفات

يمكن تقسيم المكثفات إلى قسمين أساسيين.

- مكثفات ثابتة القيمة.
- مكثفات متغيرة القيمة.

المكثفات ثابتة القيمة، هي المكثفات التي تكون سعتها ثابتة ومحددة من قبل الشركة المصنعة للمكثف، وتنقسم المكثفات إلى عدة أنواع تبعا لنوع المادة العازلة التي تتكون في العادة من الورق البولسترين، الميكا وغيرها.

شكل رقم ٣٧: أشكال المكثفات المختلفة



شكل رقم ٣٨: المكثفات ثابتة القيمة والمكثفات متغيرة القيم

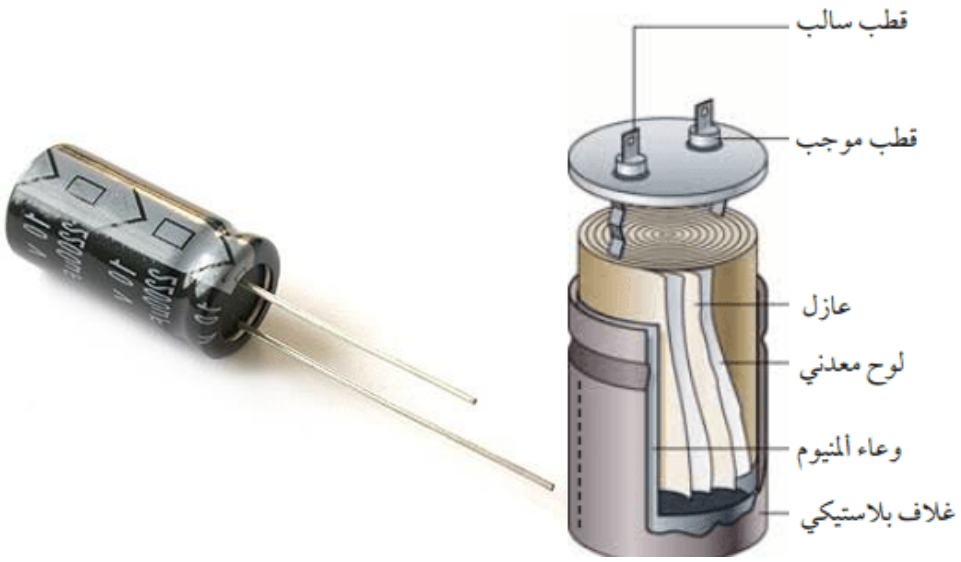
المكثفات ذات العازل الميكا

الميكا هو معدن يمكن أن ينشطر بيسر إلى ألواح رقيقة متجانسة. تتداخل الميكا مع رقائق معدنية على هيئة مكثف متعدد الألواح بحيث يتم ربطها كلها لتكون وحدة متجانسة والشكل الاتي يبين المكثف الميكا.

شكل رقم ٣٩: المكثفات ذات العازل الميكا

مكثفات الكيميائية (الإلكتروليتية)

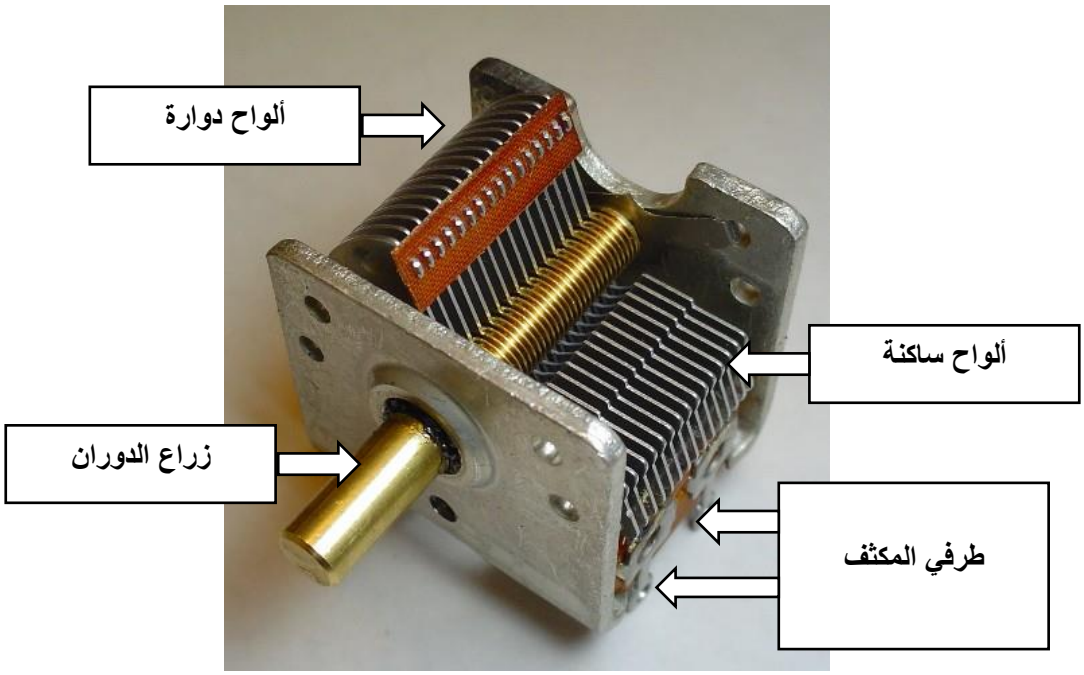
تتكون العوازل في مثل هذا النوع من المكثفات من غشاء أكسيدي رقيق ثم يتم ترسيبه على واحد من لوحي المكثف أو على كليهما. والغالبية العظمى من المكثفات الإلكتروليتية هي مكثفات مستقطبة بمعنى أن فرق الجهد بين أطرفها لابد وان يكون صحيح القطبية فاذا عكست القطبية أختل عملها كمكثف.



شكل رقم ٤٠: المكثفات الكيميائية (الإلكتروليتية)

مكثفات متغيرة القيمة

يتكون هذا النوع من المكثفات من صفائح متوازية من الألومنيوم أو النحاس على شكل دائري أو بيضاوي مثبتة على محور الدوران بطريقة تسمح لهذه الصفائح بالتداخل مع مجموعة أخرى من الصفائح مساوية لها في المساحة، وتكون المادة العازلة في هذا النوع من المكثفات هو الهواء وتستخدم هذه المكثفات في الراديو (في مفتاح تغيير الموجات).

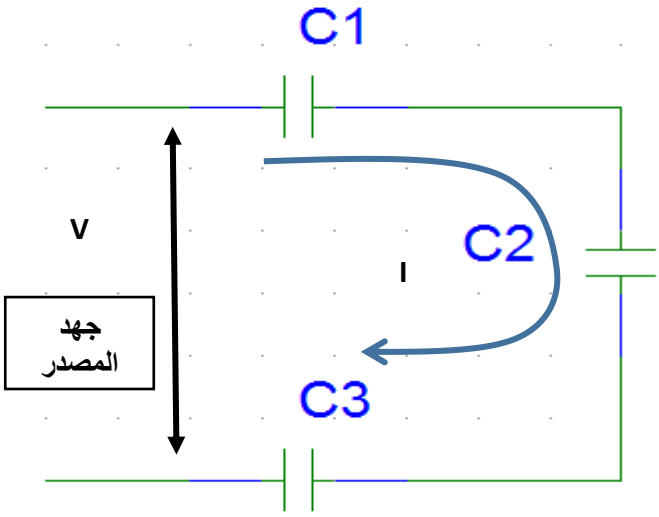


شكل رقم ٤١: المكثفات ذات العازل الهوائي، متغير السعة

توصيل المكثفات

توصيل المكثفات على التوالي أو على التوازي أو توصيل مركب (مختلط) توالى مع توازى.

توصيل المكثفات على التوالي:



شكل رقم ٤٢: توصيل المكثفات على التوالي

أذا وصل مكثفين على التوالي فذلك يكافئ مضاعفة سماكة العازل ويقلل القيمة الكلية المكافئة للمكثف حسب القانون التالي:

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

إذا وصل عدد (n) من المكثفات على التوالي فأن مقلوب السعة المكافئة تعطى بالعلاقة الأتية:

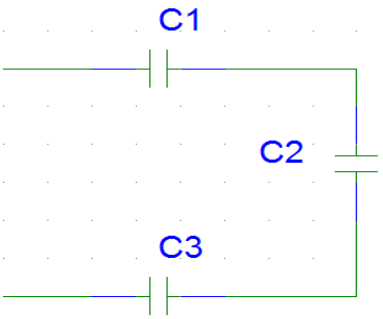
$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \cdots + \frac{1}{C_n}$$

لاحظ أن قيم سعات المكثفات الموصلة على التوالي لها نفس شكل علاقة المقاومات الموصلة على التوازي

مثال:

ثلاث مكثفات سعة كلا منها:

- المكثف الأول (C1) سعته ٢ ميكرو فاراد (2 µF).
- المكثف الثاني (C2) سعته ٣ ميكرو فاراد (3 µF).
- المكثف الثالث (C3) سعته ٤ ميكرو فاراد (4 µF)، موصلة على التوالي كما بالشكل التالي، أحسب السعة المكافئة للمجموعة.



الحل:

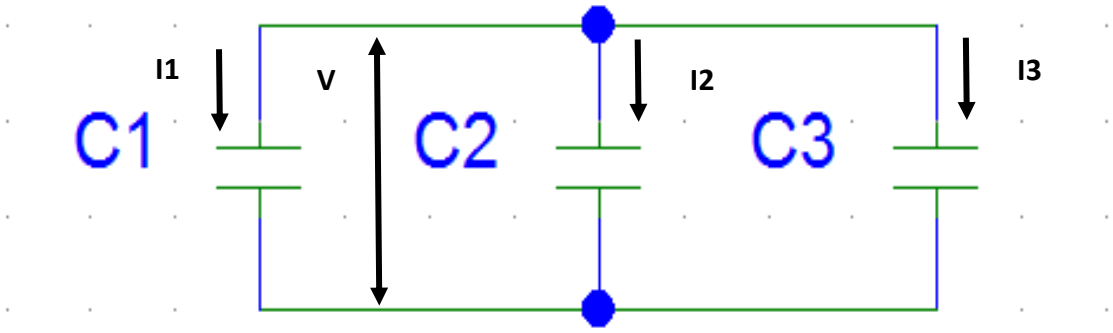
حساب السعة المكافئة للمجموعة:

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

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{4} + \frac{1}{3} + \frac{1}{2} = \frac{13}{12} = 1.08\ \mu F$$

$$C_t = 0.93\ \mu F$$

توصيل المكثفات على التوازي:



شكل رقم ٤٣: توصيل المكثفات على التوازي

توصيل مكثفين على التوازي يكافئ مضاعفة مساحة لوح المكثف وهذا يعنى أن المكثفين الموصلين على التوازي يعملان كمكثف واحد ذو سعة أكبر حسب العلاقة التالية:

$$C_T = C_1 + C_2$$

السعة المكافئة لتوصيل عدة مكثفات على التوازي تساوى مجموع سعات كل منهما وإذا وصل عدد (n) من المكثفات على التوازي فأن السعة المكافئة تعطى بالعلاقة

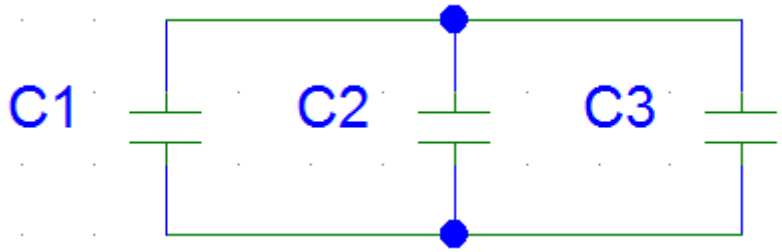
$$C_T = C_1 + C_2 + C_3 + \cdots + C_n$$

لاحظ أن قيم سعات المكثفات الموصلة على التوازي تجمع مثل جمع قيم المقاومات الموصلة على التوالي

مثال:

ثلاث مكثفات سعة كلا منها:

- المكثف الأول (C1) سعته ٣ ميكرو فاراد (3 µF).
- المكثف الثاني (C2) سعته ٧ ميكرو فاراد (7 µF).
- المكثف الثالث (C3) سعته ٥ ميكرو فاراد (5 µF)، موصلة على التوازي كما بالشكل التالي، أحسب السعة المكافئة للمجموعة.



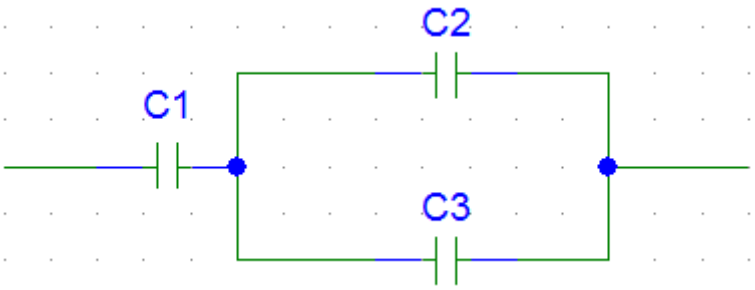
الحل:

حساب السعة المكافئة للمجموعة:

$$C_t = C_1 + C_2 + C_3$$
$$C_t = 3 + 7 + 5 = 15\ \mu F$$

التوصيل المختلط للمكثفات:

ويتم فيه التوصيل بين المكثفات على التوالي وعلى التوازي وفي هذه الحالة يتم حساب السعة الكلية (C_T) حسب القوانين السابقة.



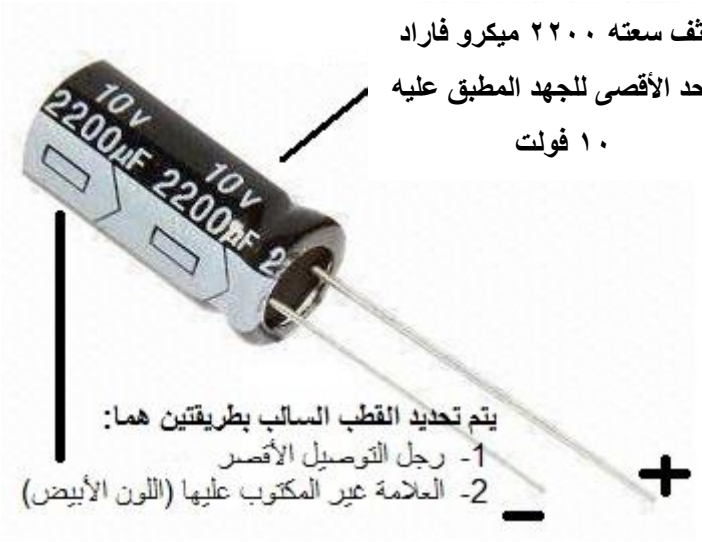
شكل رقم ٤٤: توصيل مختلط (مركب)

استخدامات المكثف:

١. تخزين الشحنة الكهربائية
٢. تنعيم التيار المتردد في دوائر تحويل التيار المتردد إلى مستمر
٣. منع مرور التيار المتردد في دوائر مكبرات الموجات
٤. توليد موجات ذات زمن محدد

ترميز المكثف:

بعض المكثفات يكون مكتوب عليها القيم الخاصة بالسعة والحد الأقصى للجهد بشكل مباشر (غالباً ما تكون المكثفات الإلكتروليتية) كما هو موضح بالشكل التالي، البعض الأخر من المكثفات (مكثفات الميكا) يتم الترميز فيه عن طريقة مجموعة أرقام وحروف



شكل رقم ٤٥: مكثف الكتروليتي - مكتوبة عليه القيم الخاصة بالسعة والجهد الأقصى

الملفات الكهربائية Capacitor

لقد اكتشف العالم فاراداى عام ١٨٣١م أن تحريك مغناطيس دائم له مجال مغناطيسي يقطع سلك موصل يولد بين طرفي السلك تأثيراً يسمى الحث (Induction)، ينتج عنه قوة دافعة كهربية تسمى مستحثه أي تأثيرية تعتمد على اتجاه الحركة، ينتج عنه تأثير المغناطيسية على الأسلاك ومن ثم الملفات.

الملف Coil

هو عبارة عن سلك موصل تم لفه على شكل حلقات دائرية ويسمى التأثير علية بالحث أو المحاثة (Induction)، الملفات (Coil) هي احدى عناصر الدوائر الإلكترونية والكهربائية كثيرة الاستخدام. الملفات تستخدم في الحاسوب والراديو والتلفزيون وجهاز الهاتف الثابت والمحمول والأجهزة الكهربائية كالثلاجة والغسالة والمروحة والخلاط وغيرها.

يتكون الملف عند لف سلك كهربائي معزول على قلب (Core) هوائي (أ) أو قلب حديدي أو (برادة الحديد) (ب) كما هو مبين بالشكل التالي.

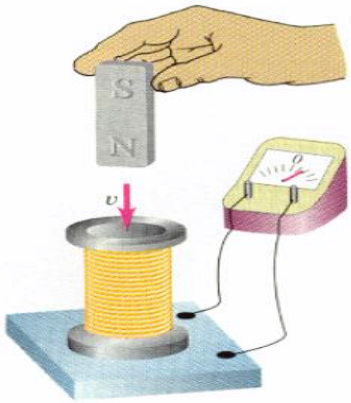
(ب)
قلب حديدى

(أ)
قلب هوائى

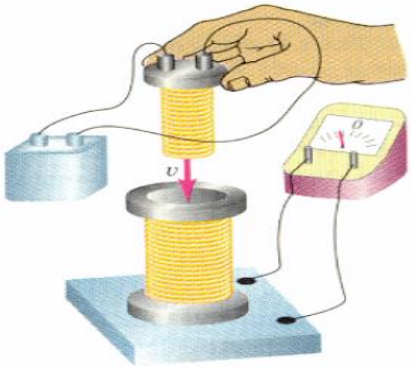
شكل رقم ٤٦: أشكال الملفات

ظاهرة الحث الكهرومغناطيسي (Electromagnetic Induction)

عند تحريك مغناطيس داخل وخارج الملف أو عند تحريك موصل داخل مجال مغناطيسي ووضع جهاز قياس تماثلي بمؤشر نجد أن مؤشر جهاز القياس يتحرك مما يدل على مرور تيار. سُميت هذه الظاهرة بظاهرة الحث الكهرومغناطيسي وسبب هذه الظاهرة أن المجال المغناطيسي الذي يمر خلال الملف يتغير مع الزمن وقطع خطوط المجال المغناطيسي يؤدى إلى ظهور قوة دافعة كهربية في الملف عن طريق الحث ويسمى التيار المار بالتيار الحثى أو التيار التأثيري.



(أ)



(ب)

شكل رقم ٤٧: ظاهرة الحث الكهرومغناطيسي

طرق توليد الجهد أو القوة الدافعة الكهربية (e.m.f: Electromotive Force) بالملفات عن طريق الحث

تنقسم طرق توليد الجهد أو ق.د.ك (e.m.f.) بالحث إلى ثلاث طرق هي:

- توليد الجهد بحث أو تأثير الحركة.
- توليد الجهد بحث أو تأثير السكون.
- توليد الجهد بالحث أو التأثير الذاتي.

أولا: جهد الحث بالحركة

طريقة توليد الجهد بتأثير الحركة هو عند تقريب المغناطيس الدائم إلى الملف فانة يتولد جهد يُقرأ بجهاز القياس ذو المؤشر وعند توقف الحركة يرجع المؤشر إلى الصفر وأثناء إرجاع المغناطيس يتحرك المؤشر بالاتجاه العكسي حتى تتوقف فيرجع إلى الصفر.

لذلك فإن الجهد يتولد فقط أثناء حركة المغناطيس وعند تثبيت المغناطيس وتحريك الملف بمفرده أيضا يتولد جهد بالملف يكون اتجاهه على حسب اتجاه الحركة. ولا يتكون هذا الجهد عند توقف حركة الملف، كما هو موضح بالشكل السابق (أ).

ثانيا: جهد الحث الناتج عن السكون

عند لف عدد كبير من لفات موصل على جزء من قلب حديدي وإيصال البطارية مع مفتاح ولف لفات أقل في طرفي قلب حديدي أخر وتوصيلها بجهاز قياس التيار (الأميتر) وغلق الدائرة نجد انه يمر تيار سريع في الملف الأول مما يولد مجال مغناطيسي يقطع الملف الثاني مكوناً بين طرفيه جهد يسبب مرور تيار وبعد ذلك يتوقف مرور التيار.

وفى حالة فتح الدائرة يتحرك المؤشر في الاتجاه المعاكس دالاً على مرور تيار في الملف الثاني أما في حالة ثبات التيار في الملف الأول فأن المؤشر يشير إلى الصفر لعدم وجود حركة في الملف أو في المجال المغناطيسي حيث يكون ثابت لثبات التيار المستمر لذلك يسمى الجهد الناتج عن السكون، كما هو موضح بالشكل السابق (ب).

ثالثا: الجهد المتولد بالحث الذاتي

عند مرور تيار كهربائي في ملف فإنه يتولد في الملف نفسه قوة دافعة كهربية مضادة لاتجاه مصدر الجهد وهذه القوة الدافعة الكهربية (e. m. f) تسمى بجهد الحث الذاتي الذي يعاكس التغير المفاجئ في قيمة التيار الكهربائي المار لأنه عند غلق الدائرة وفتحها عن طريق المفتاح يتكون هذا الجهد فقط أما عند ثبات قيمة التيار المستمر فان القوة الدافعة الكهربية (e. m. f) تساوى صفر.

القوة الدافعة الكهربية المتولدة نتيجة الحث الذاتي تتناسب مع معدل تغير التيار.

معامل الحث الذاتي (Induction)

عند تغير التيار في دائرة موجود بها ملف كهربائي فان المجال المغناطيسي يتغير. لذلك يتناسب المجال المغناطيسي الذي يقطع ملف نتيجة التيار المار به مع شدة التيار تناسب طردي وثابت التناسب هو معامل الحث الذاتي وهو ما يرمز بالرمز (L) "حث (محاثة) الملف".

وحدة قياس حث الملف (L): تقاس المحاثة أو حث الملف بوحدة الهنرى(H)

$$1H = 1wb/1A$$

حيث أن:

Wb: وبر وهي وحدة قياس الفيض المغناطيسي

الهنرى (H):

هو الحث الذاتي لملف يمر به تيار شدته واحد أمبير لإنتاج مجال مغناطيسي مقداره واحد وبر (Wb).

إن قيمة الهنرى قيمة كبيرة وغير موجودة عملياً لذلك نستعمل في التطبيقات العملية أجزاء الهنرى وهي:

- **الملى هنري (mH)**
- **الميكرو هنري (µH)**

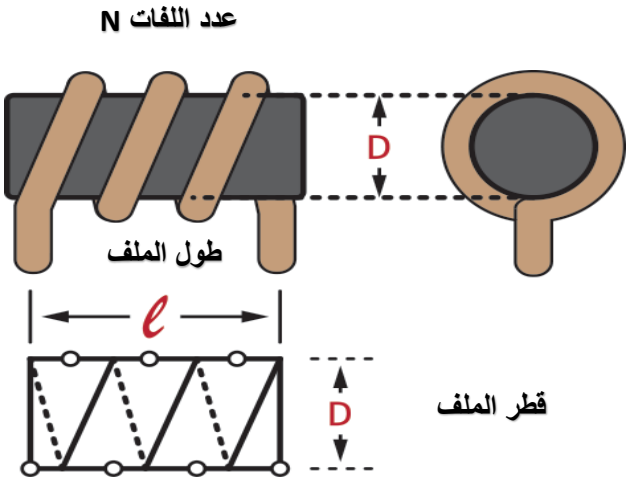
الرمز	الاسم		القيمة	
mH	Milli Henry	ملي هنري	$\frac{1}{1000}$	10^{-3}
µH	Micro Henry	ميكرو هنري	$\frac{1}{1000000}$	10^{-6}

جدول رقم ٦: الوحدات الجزئية للملفات

حساب حث الملف – محاثة الملف (L):

يتوقف حث الملف (محاثة الملف) على عدة عوامل أساسية:

- طول الملف.
- مساحة مقطع الملف.
- النفاذية المغناطيسية لقلب الملف، عدد اللفات، وفيما يلي وصفاً لكل عامل منهم.



شكل رقم ٤٨: العوامل المؤثرة على حث الملف (L)

طول الملف (l)

حث الملف (L) يتناسب عكسياً مع طول الملف حيث (l)، ويقاس طول الملف بالمتر (m)

مساحة مقطع الملف (A)

حث الملف (L) يتناسب طردياً مع مساحة مقطع الملف (A)، حيث (A) مساحة مقطع سلك الملف وتقاس بوحدة المتر٢ (m^2)

مساحة مقطع الملف (A): تعتمد على قطر الملف (D) حسب القانون:

$$A = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2$$

النفاذية المغناطيسية (μ) ميو

حث الملف يتوقف على نفاذية الوسط والفراغ حيث:

- (μ_o) النفاذية المغناطيسية النسبية للوسط وتساوى ($4\pi x10^{-7}$) في حالة الهواء وتقاس بوحدة الهنرى لكل متر.
- (μ_r) النفاذية المغناطيسية المطلقة في الفراغ وهي قيمة نسبية ليس لها وحدة.

كلما زادت نفاذية الوسط (μ_r) كلما زادت محاثة الملف (L)

عدد لفات الملف (N):

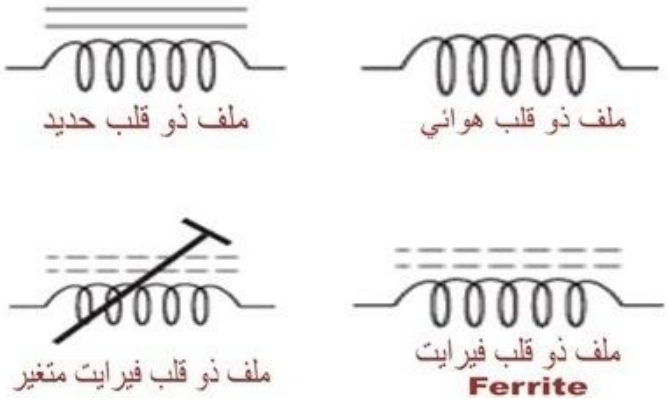
حث الملف (L) يتناسب طردياً مع مربع عدد لفات الملف (N^2)

والصيغة الرياضية التى تحدد حساب حث الملف من العوامل السابقة هى كالتالى:

$$L = \frac{(N^2 * \mu_r * \mu_0 * A)}{l} \quad \text{H}$$

أنواع الملفات

يتم تقسيم الملفات حسب نوع القلب (Core) أو الوسط الملفوف عليه الملف وهو كالتالي:



شكل رقم ٤٩: رموز الملفات

الفيرايت: هي مواد خزفية توصل التيار الكهربائي بشكل ضعيف.

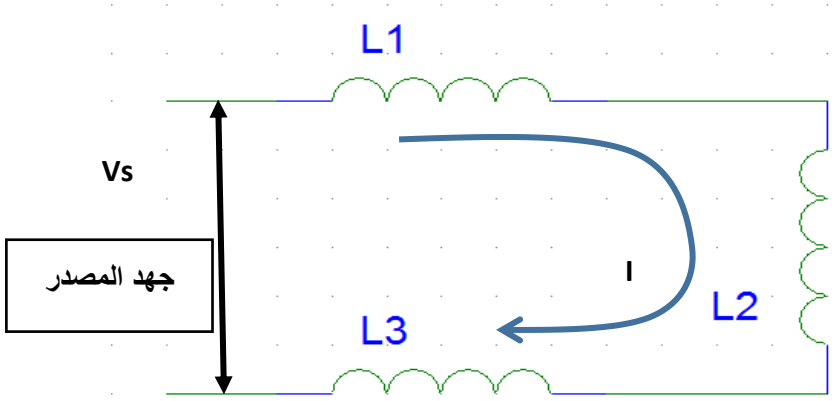
توصيل الملفات

كما أن المقاومة توصل على التوالي والتوازي فكذلك الملفات يتم توصليها على التوالي والتوازي.

توصيل الملفات على التوالي:

يكون الحث الكلى للملفات في التوصيل على التوالي يساوى مجموعها الجبري حسب المعادلة التالية:

$$L_T = L_1 + L_2 + L_3 + \cdots + L_T$$

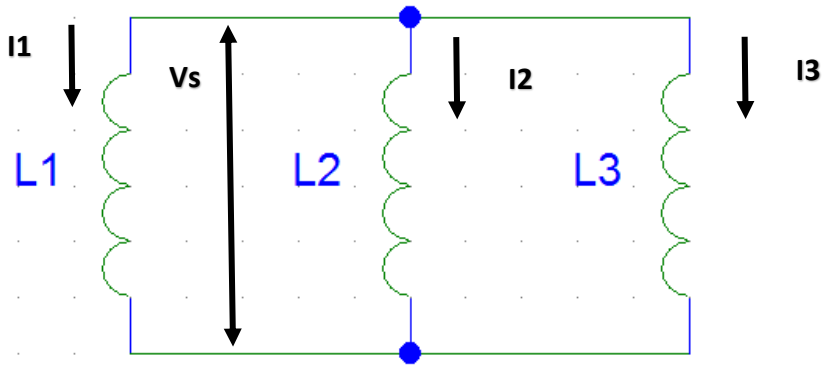


شكل رقم ٥٠: توصيل الملفات على التوالي

توصيل الملفات على التوازي:

يكون الحث الكلى للملفات في التوصيل على التوازي يساوى مقلوب مجموعها كالتالي:

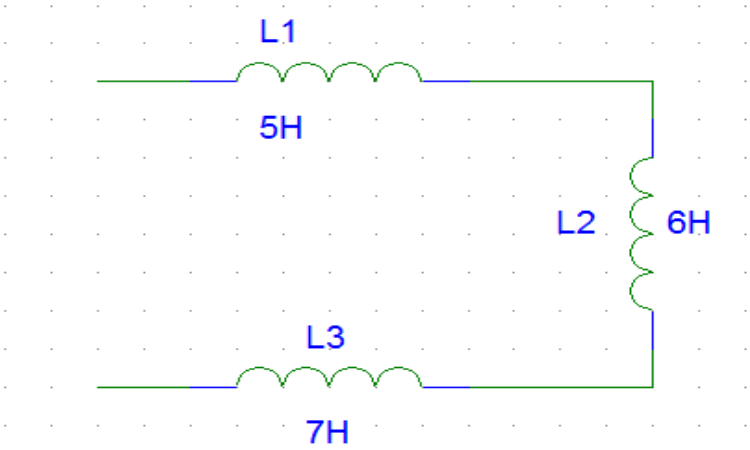
$$\frac{1}{L_T} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \cdots + \frac{1}{L_n}$$



شكل رقم ٥١: توصيل الملفات على التوازي

مثال:

أحسب الحث المكافئ لثلاثة ملفات متصلة على التوالي قيمة كل منهما ٥ هنري (5 H)، ٦ هنري (6 H) و٧ هنري (7 H) على التوالي كما بالشكل التالي.

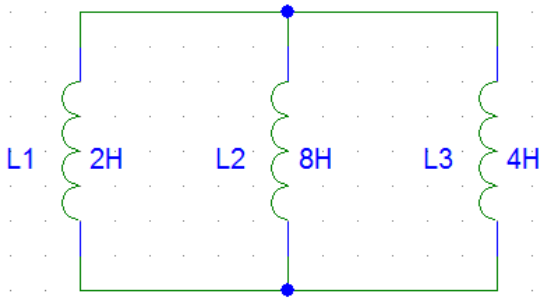


الحل:

$$L_T = L_1 + L_2 + L_3$$
$$L_T = 5 + 6 + 7 = 12\ H$$

مثال:

أحسب الحث المكافئ لثلاثة ملفات متصلة على التوازي قيمة كل منهما كما بالشكل التالي.



الحل:

$$\frac{1}{L_T} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3}$$

$$\frac{1}{L_T} = \frac{1}{2} + \frac{1}{8} + \frac{1}{4} = \frac{7}{8}$$

$$L_T = \frac{8}{7} = 1.143\ H$$

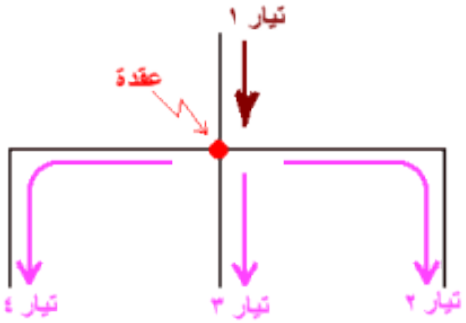
ترميز الملفات:

وهي تشبه المقاومات وتحوي على حلقات لونية أيضاً وتكون قيمها ثابتة، يمكن معرفة قيمتها باستخدام جدول الألوان بنفس الطريقة المستخدمة مع المقاومات.

ثانياً: قوانين دوائر التيار المستمر

قانون كيرشوف للتيار KCL: Kirchhoff Current Law

ينص هذا القانون على أن المجموع الجبري للتيارات القادمة إلى عقدة معينة (Node) يساوي مجموع التيارات الخارجة من نفس العقدة. يمكن توضيح القانون بالمثال التالي:



شكل رقم ٥٢: قانون كيرشوف للتيار

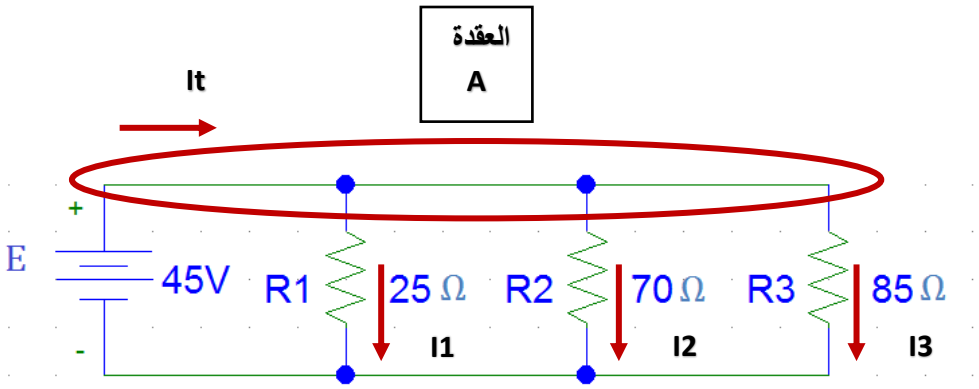
$$I_1 = I_2 + I_3 + I_4$$

حيث أن:

I: هو شدة التيار الكهربائي ويقاس بوحدة تسمى بالأمبير (A).

مثال:

وصلت المقاومات الثلاث ٢٥ و٧٠ و٨٥ أوم (Ω) على التوازي مع بطارية القوة الدافعة الكهربية لها ٤٥ فولت كما بالشكل التالي، أثبت قانون كيرشوف للتيار عند العقدة (A).



الحل:

$$R_1 = 25\ \Omega$$
$$R_2 = 70\ \Omega$$
$$R_3 = 85\ \Omega$$
$$V_t = 45\ V$$
$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$
$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{25} + \frac{1}{70} + \frac{1}{85} = 0.066\Omega^{-1}$$
$$R_T = \frac{1}{0.066} = 15.15\Omega$$

حساب شدة التيار المار الكلى:

$$I = \frac{V_t}{R_T}$$
$$I = \frac{45}{15.15} = 2.79\ A$$

حساب شدة التيار المار في كل مقاومة:

شدة التيار المار في المقاومة الأولى:

$$I_1 = \frac{V_t}{R_1}$$
$$I_1 = \frac{45}{25} = 1.8\ Amp$$

شدة التيار المار في المقاومة الثانية:

$$I_2 = \frac{V_t}{R_2}$$

$$I_2 = \frac{45}{70} = 0.643\ Amp$$

شدة التيار المار في المقاومة الثالثة:

$$I_3 = \frac{V_t}{R_3}$$

$$I_2 = \frac{45}{85} = 0.529\ Amp$$

وللتأكد:

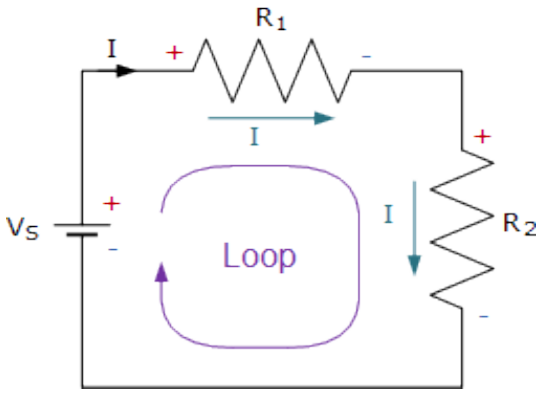
$$I_t = I_1 + I_2 + I_3 = 1.8 + 0.643 + 0.529 = 2.97\ Amp$$

وهو ما يثبت أن قانون كيرشوف للتيار.

قانون كيرشوف للجهد KVL: Kirchhoff Voltage Law

ينص قانون كيرشوف للجهد على أن مجموع قوى الدفع الكهربائية (جهد المصدر) تساوي مجموع الجهود المفقودة في مسار دائرة الربط (Loop)، يمكن توضيح القانون بالمثال التالي:

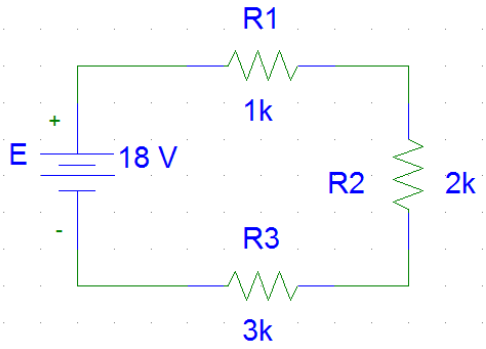
$$Vs = V_{R1} + V_{R2}$$



شكل رقم ٥٣: قانون كيرشوف للجهد

مثال:

وصلت المقاومات الثلاث ١ كيلو أوم (1 KΩ) و٢ كيلو أوم (2 KΩ) و٣ كيلو أوم (3 KΩ) على التوالي مع بطارية القوة الدافعة الكهربية (E) لها ١٨ فولت أثبت قانون كيرشوف للجهد.



الحل:

$$R_1 = 1K\,\Omega$$
$$R_2 = 2K\,\Omega$$
$$R_3 = 3K\,\Omega$$
$$E = 18\,V$$
$$R_T = R_1 + R_2 + R_3$$
$$R_T = 1 + 2 + 3 = 6K\,\Omega$$

حساب شدة التيار المار في كل مقاومة:

حيث أن المقاومات الثلاث موصلة على التوالي فان التيار المار في الدائرة يكون هو نفسه في كل مقاومة ويعطى من قانون أوم للدائرة المغلقة.

$$I = \frac{E}{R_T}$$
$$I = \frac{18}{6X10^3} = 3mA$$

حساب فرق الجهد على المقاومات الثلاث:

فرق الجهد على المقاومة الأولى

$$V_1 = IR_1 = 1X10^3 * 3X10^{-3} = 3\,V$$

فرق الجهد على المقاومة الثانية

$$V_2 = IR_2 = 2X10^3 * 3X10^{-3} = 6\,V$$

فرق الجهد على المقاومة الثالثة

$$V_3 = IR_3 = 3X10^3 * 3X10^{-3} = 9\,V$$

وهو ما يثبت قانون كيرشوف للجهد:

$$E = V_1 + V_2 + V_3 = 3 + 6 + 9 = 18\,V$$

أسئلة الباب الثاني

أولا: أختار الإجابة الصحيحة مما يأتي:

١. مقاومتان 3Ω، 6Ω وصلتا على التوالي، فأن المقاومة الكلية لهما تساوى.

أ. 9Ω

ب. 1.5Ω

ج. 5Ω

د. 18Ω

٢. مقاومتان 3Ω، 6Ω وصلتا على التوازي، فأن المقاومة الكلية لهما تساوى.

أ. 9Ω

ب. 2Ω

ج. 3Ω

د. 18Ω

٣. مكثفين قيمة كل منهما 12 F وصلا على التوالي، فأن القيمة الكلية لهما تساوى.

أ. 12F

ب. 6 F

ج. 24F

د. 4.5 F

٤. مكثفين قيمة كل منهما 12 F وصلا على التوازي، فأن القيمة الكلية لهما تساوى.

أ. 12F

ب. 6F

ج. 24 F

د. 18F

٥. يستخدم المكثف الكيميائي.

أ. في دوائر التيار المستمر.

ب. في دوائر التيار المتغير.

ج. في دوائر التيار المستمر والمتغير.

د. لا يستخدم في دوائر التيار المتغير.

٦. وحدات السعة الكهربية للمكثف.

أ. الأوم.

ب. كولوم/فولت.

ج. الفاراد.

د. الهنرى.

٧. وحدات المحاثة الكهربية للملف.

أ. الأوم.

ب. كولوم/فولت.

ج. الفاراد.

د. الهنرى.

٨. إذا وصلت أربعة مكثفات على التوازي وكانت سعة المكثف الواحد 10 ميكرو فاراد فأن السعة الكلية تكون.

أ. 2.5 ميكرو فاراد.

ب. 40 ميكرو فاراد.

ج. 20 ميكرو فاراد.

د. 60 ميكرو فاراد

٩. إذا وصلت أربعة ملفات على التوازي وكانت محاثة الملف الواحد 10 ميللي هنري فأن المحاثة الكلية تكون.

أ. 2.5 ملي هنري.

ب. 40 ملي هنري.

ج. 20 ملي هنري.

د. 60 ملي هنري

١٠. إذا تم توصيل ثلاثة مكثفات على التوالي وكانت سعة المكثف الواحد 30 ميكرو فاراد فأن السعة الكلية تكون.

أ. 60 ميكرو فاراد.

ب. 90 ميكرو فاراد.

ج. 10 ميكرو فاراد.

د. 50 ميكرو فاراد

١١. إذا تم توصيل ثلاثة ملفات على التوالي وكانت محاثة الملف الواحد 30 مللي هنري فأن المحاثة الكلية تكون.

أ. 60 مللي هنري.

ب. 90 مللي هنري.

ج. 10 مللي هنري.

د. 50 مللي هنري

ثانيا: علل

١. تزداد القدرة الكهربية المسحوبة من المصدر عند توصيل عدة مقاومات على التوازي؟

٢. توصل المصابيح والأجهزة الكهربية على التوازي في المنازل؟

٣. لا توصل الأجهزة الكهربية المنزلية على التوالي؟

٤. تزداد القدرة المسحوبة من مصدر كهربائي إذا وصلت مقاومة على التوازي مع مقاومة أخرى في دائرة المصدر؟

ثالثا: حل المسائل الأتية:

١. وصلت المقاومتان A، B معا على التوازي ثم وصلت المجموعة على التوالي مع مقاومة ثالثة هي C وبطارية قوتها الدافعة الكهربية 24 فولت. فاذا كانت المقاومات A,B,C هي على الترتيب 12Ω ,8Ω, 6Ω. فاحسب ما يلي:

- المقاومة الكلية.
- شدة التيار المار في الدائرة.
- شدة التيار المار في كلا من A,B

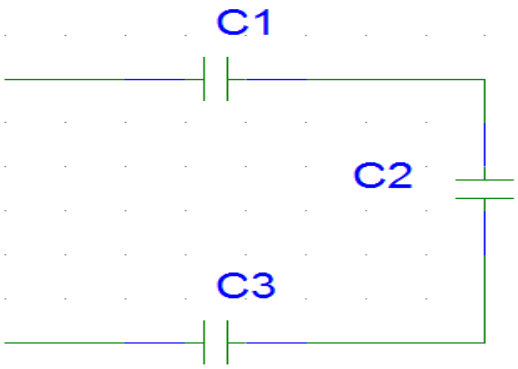
٢. وصلت المقاومات الثلاث 32 ,330,220 أوم على التوالي مع بطارية القوة الدافعة الكهربية لها 24 فولت أحسب:

- شدة التيار المار في كل مقاومة.
- فرق الجهد على كل مقاومة.

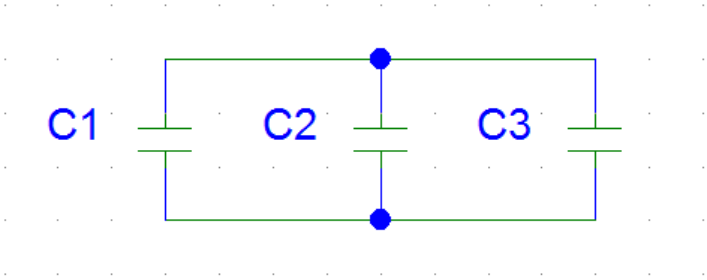
٣. وصلت المقاومات الثلاث 32 ,330,220 أوم على التوازي مع بطارية القوة الدافعة الكهربية لها 24 فولت أحسب:

- شدة التيار المار في كل مقاومة.
- فرق الجهد على كل مقاومة.

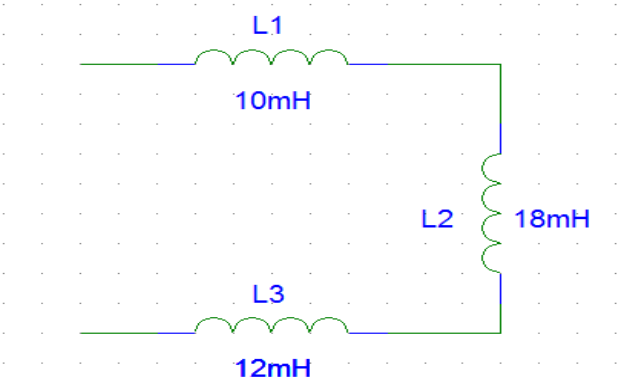
٤. ثلاث مكثفات سعة كلا منها (C_1 = **7 µF** , C_2 = **5µF** , C_3 = **8** µF) موصلة على التوالي كما بالشكل التالي، أحسب السعة المكافئة للمجموعة.



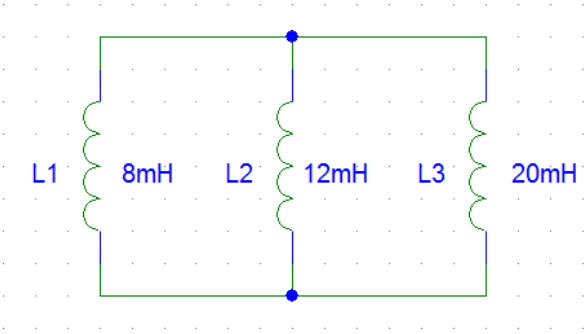
٥. ثلاث مكثفات سعة كلا منها (C_1 =10 μ C_2 = 15، **FμF** , C_3 = 12 μF) موصلة على التوازي كما بالشكل التالي، أحسب السعة المكافئة للمجموعة



٦. أحسب الحث المكافئ لثلاثة ملفات متصلة على التوالي قيمة كل منهما 10mH , 18mH,12mH على التوالي كما بالشكل التالي.



٧. أحسب الحث المكافئ لثلاثة ملفات متصلة على التوازي قيمة كل منهما 8mH , 12mH,20mH على التوالي كما بالشكل التالي.



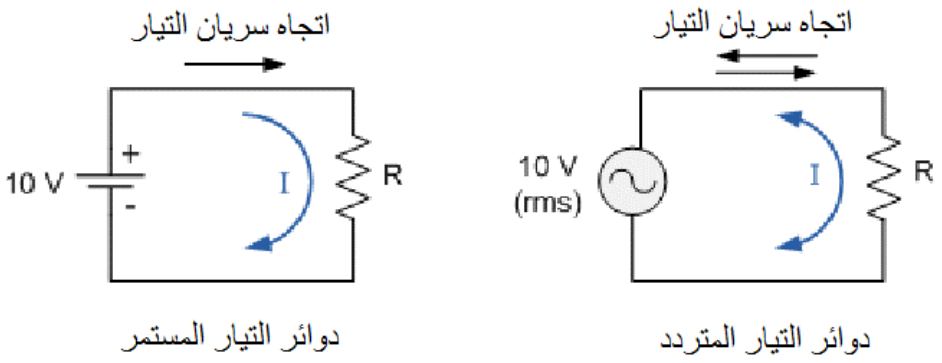
٨. وصلت المقاومات الثلاث ١٥ ٢٠ و٣٠ أوم (Ω) على التوازي مع بطارية القوة الدافعة الكهربية لها ٢٠ فولت، أثبت قانون كيرشوف للتيار عند العقدة (A).

٩. وصلت المقاومات الثلاث ١٠ أوم و٢٠ أوم و٣٠ أوم على التوالي مع بطارية القوة الدافعة الكهربية (E) لها ١٥ فولت أثبت قانون كيرشوف للجهد.

الباب الثالث: دوائر التيار المتردد AC Circuits

تأثير التيار المتردد على المقاومة الكهربائية

عندما نتعامل مع دوائر التيار المتردد التي تحتوى على مقاومات فقط (ولا تحتوى على مكثفات أو ملفات) فأننا نستخدم قانون اوم دون تغيير، ألا أن الفرق هو الجهد الواقع على المقاومة الذى سيتم استخدامه في القانون. حيث نستخدم قيمة الجهد الفعال (Vrms)، كما هو موضح بالشكل التالي



دوائر التيار المستمر　　دوائر التيار المتردد

ينص قانون أوم على أن فرق الجهد الكهربائي بين طرفي ناقل معدني (المقاومة) يتناسب طردياً مع شدة التيار الكهربائي المار فيه، ويمكن صياغة قانون أوم كما في المعادلة التالية ولا يتغير القانون من دوائر التيار المستمر عنها في دوائر التيار المتردد:

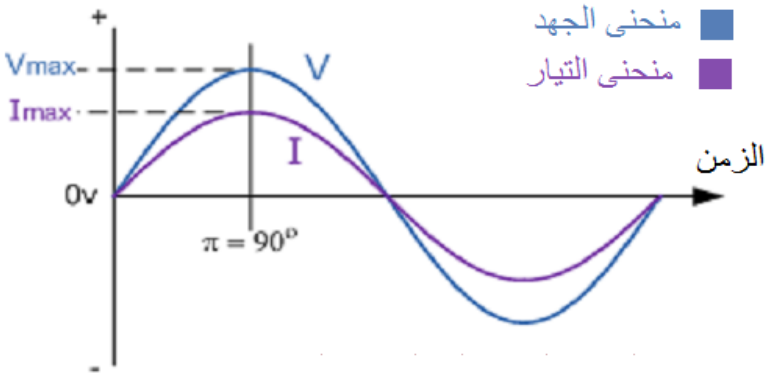
$$V(t) = I(t).R$$

حيث أن:

- **V(t):** فرق الجهد الكهربائي بين طرفي الناقل المعدني (المقاومة) ويقاس بوحدة تسمى بالفولت (V) بالنسبة للزمن.
- **I(t):** هو شدة التيار الكهربائي المار في الناقل ويقاس بوحدة تسمى بالأمبير (A) بالنسبة للزمن.
- **R:** وتمثل المقاومة الناقل للتيار وتقاس بوحدة تسمى بالأوم (Ω).

وفى دوائر التيار المتردد فإن كلا من الجهد والتيار على المقاومة الموجودة في الدائرة يرتفعا ويهبطا وذلك لان تيار الدائرة متردد وليس مستمر، كما يوضح الشكل التالي.

ونلاحظ من الشكل أن كلا من الجهد والتيار يرتفعا ويهبطا مع بعضهما البعض في نفس اللحظة ونقول على ذلك أنهما **في نفس زاوية الطور**، أي أن الفرق بينهما (منحنى الجهد ومنحنى التيار) يساوى صفر درجة.



تغيير كلا من الجهد والتيار على المقاومة لدورة واحدة
من دورات التيار المتردد

شكل رقم ٥٤: العلاقة بين الجهد والتيار في دائرة بها مقاومة في وجود مصدر تيار متردد

ثبات قيمة المقاومة الكهربائية وعدم تأثرها بتغير التردد في دوائر التيار المتردد، لا يوجد فرق في الطور بين موجة التيار المار في المقاومة والجهد الواقع ليها في دوائر التيار المتردد.

تأثير التيار المتردد على الملفات الكهربائية

المفاعلة الحثية للملفات وحدتها الأوم (Ω) تمثل معاكسة الملف للتيار الذي يمر به، وقيمة المفاعلة الحثية تتناسب طردياً مع كل من تردد موجة الدخل وقيمة الملف نفسه وتخضع للقانون:

$$XL = 2\pi * f * L$$

حيث أن:

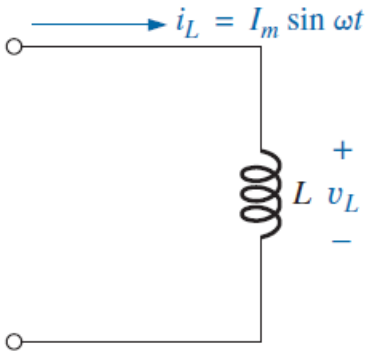
- X_L: قيمة المفاعلة الحثية للملف بالأوم (Ω).
- **f**: تردد جهد الدخل ويقاس بعدد الموجات في الثانية (هرتز Hz).
- **L**: قيمة محاثة الملف ويقاس بالهنري (H)

ينص قانون أوم على أن فرق الجهد الكهربائي بين طرفي ناقل معدني (الملف) يتناسب طردياً مع شدة التيار الكهربائي المار فيه، ويمكن صياغة قانون أوم كما في المعادلة التالية.

$$V_L(t) = I(t) * X_L$$
$$I(t) = I_m \sin \omega t$$

حيث أن:

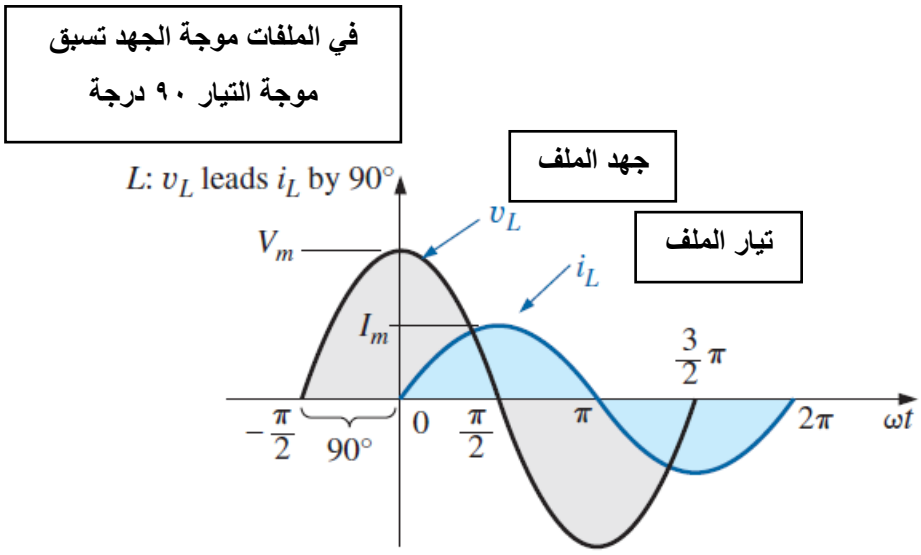
- I_m: قيمة العظمى للتيار المتردد ويقاس (A).
- ω: التردد الزاوي ويقاس بوحدة (Rad/sec)



شكل رقم ٥٥: الملف في وجود التيار المتردد

وفى دوائر التيار المتردد فإن الجهد والتيار على الملف الموجود في الدائرة يرتفعا ويهبطا وذلك لان تيار الدائرة متردد وليس مستمر، كما يوضح الشكل التالي.

ونلاحظ من الشكل أن الجهد يسبق التيار بربع موجة (٩٠ درجة)، أي أن فرق الطور بينهما (منحنى الجهد ومنحنى التيار) يساوى ٩٠ درجة.



شكل رقم ٥٦: موجات الجهد والتيار على الملف في دائرة للتيار المتردد

المفاعلة الحثية (X_L) للملفات الكهربائية تتأثر بتغير التردد في دوائر التيار المتردد، الجهد يسبق التيار بربع موجة (٩٠ درجة)، أي أن فرق الطور بينهما (منحنى الجهد ومنحنى التيار) يساوى ٩٠ درجة.

في دوائر التيار المتردد التي تحتوي على مقاومة وملف على التوالي تسبق موجة الجهد موجة التيار فيما بين زاوية صفر إلى ٩٠ درجة حسب قيم كل من الملف والمقاومة.

مثال:

أوجد قيمة المفاعلة الحثية في دائرة للتيار المتردد قيمة الملف ١٠ ملي هنري (10 mH) والتردد ١٠٠ هرتز (100 Hz)

الحل:

$$X_L = 2\pi * f * L$$
$$= 2*3.14*100*10*10^{-3}$$
$$= 6.28\ \Omega$$

تأثير التيار المتردد على المكثفات الكهربائية

المفاعلة السعوية للمكثفات وحدتها الأوم (Ω) تمثل معاكسة المكثف للتيار الذي يمر به، وقيمة المفاعلة السعوية تتناسب عكسيا مع كل من تردد موجة الدخل وقيمة المكثف نفسه وتخضع للقانون:

$$Xc = \frac{1}{2\pi f C}$$

حيث أن:

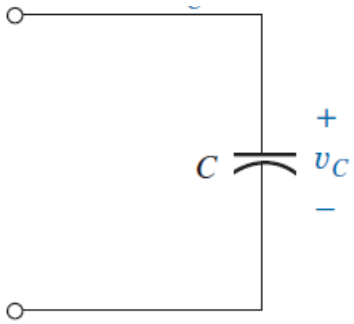
- X_c: قيمة المفاعلة السعوية للمكثف بالأوم (Ω).
- **f**: تردد جهد الدخل ويقاس بعدد الموجات في الثانية (هرتز Hz).
- **C**: قيمة سعة المكثف وتقاس بالفاراد (F)

ينص قانون أوم على أن فرق الجهد الكهربائي بين طرفي (المكثف) يتناسب طردياً مع شدة التيار الكهربائي المار فيه، ويمكن صياغة قانون أوم كما في المعادلة التالية.

$$Vc(t) = I(t)*X_C$$
$$I(t) = I_m \sin \omega t$$

حيث أن:

- I_m: قيمة العظمى للتيار المتردد ويقاس (A).
- ω: التردد الزاوي ويقاس بوحدة (Rad/sec)

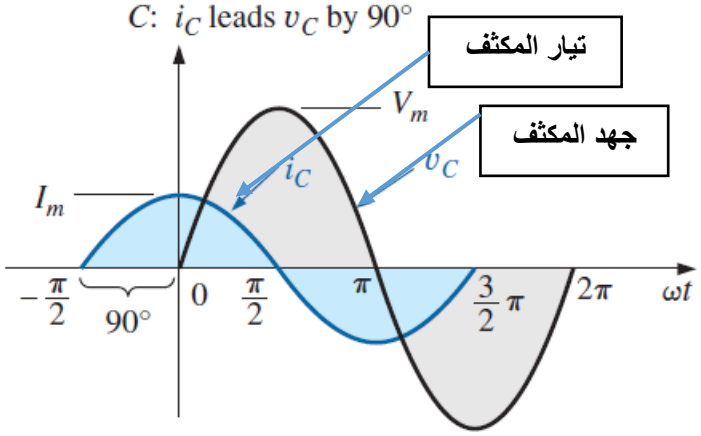


شكل رقم ٥٧: الملف في وجود التيار المتردد

وفى دوائر التيار المتردد فإن الجهد والتيار على المكثف الموجود في الدائرة يرتفعا ويهبطا وذلك لان تيار الدائرة متردد وليس مستمر، كما يوضح الشكل التالي.

ونلاحظ من الشكل أن الجهد **يتأخر** عن التيار بربع موجة (٩٠ درجة)، أي أن فرق الطور بينهما (منحنى الجهد ومنحنى التيار) يساوى ٩٠ درجة.

في المكثفات موجة الجهد تتأخر عن موجة التيار ٩٠ درجة



شكل رقم ٥٨: موجات الجهد والتيار على المكثف في دائرة للتيار المتردد

المفاعلة السعوية (X_C) للمكثفات الكهربائية تتأثر بتغير التردد في دوائر التيار المتردد، موجة الجهد تتأخر عن التيار بربع موجة (٩٠ درجة)، أي أن فرق الطور بينهما (منحنى الجهد ومنحنى التيار) يساوى ٩٠ درجة.

في دوائر التيار المتردد التي تحتوي على مقاومة ومكثف على التوالي تتأخر موجة الجهد عن التيار فيما بين زاوية صفر إلى ٩٠ درجة حسب قيم كل من المكثف والمقاومة.

مثال:

أوجد قيمة المفاعلة السعوية في دائرة للتيار المتردد قيمة المكثف ١٠ ميكرو فاراد (10 µF) والتردد ١٠٠ هرتز (100 Hz)

الحل:

$$Xc = \frac{1}{2\pi fC}$$

$$Xc = \frac{1}{2 * 3.14 * 100 * 10^{-6}} = 1592.35\ \Omega$$

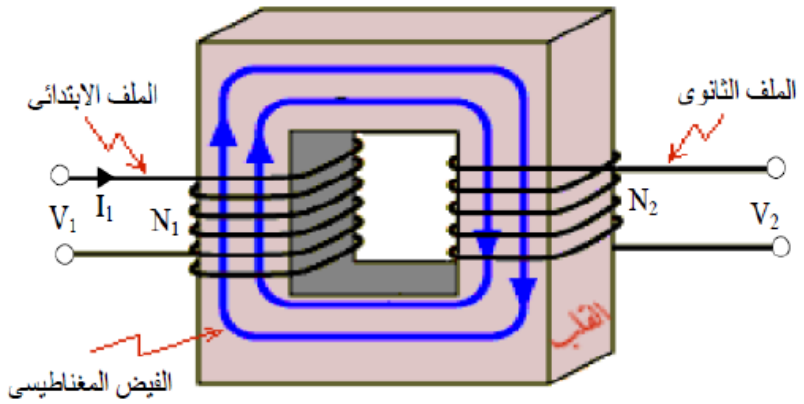
المحول الكهربائي Transformers

المحول:

هو عبارة عن عنصر كهربائي مكون من ملفين أو أكثر متصلة مع بعضها كهرومغناطيسياً فيتكون ما يسمى بالحث التبادلي بينهما.

الحث المتبادل:

عندما يوضع ملفان بجانب بعضهما فإن أي تغيير كهرومغناطيسي بسبب تغير التيار في أحد الملفين، فإن ذلك يتسبب في حث للجهد في الملف الأخر.



شكل رقم ٥٩: المحول الكهربائي

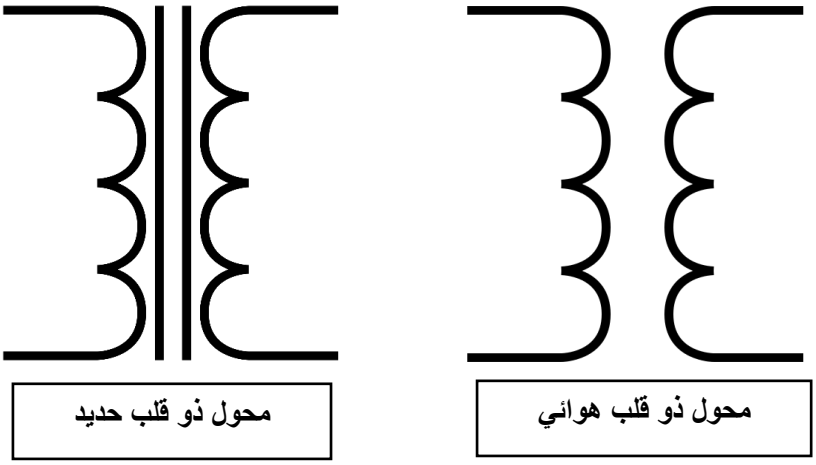
تركيب المحول:

يتكون المحول من ملفين:

- ملف ابتدائي ويكون متصل بمصدر الجهد وهو الدخل (Primary).
- ملف ثانوي ويكون متصل بالحمل وهو الخرج (Secondary).

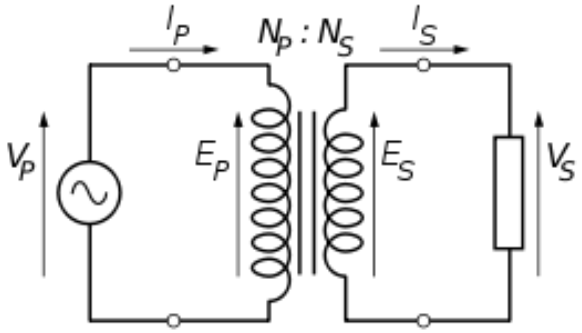
ولفات المحول تلف حول مادة تسمى قلب (Core)، هذا القلب يركز المجال المغناطيسي على الملفين وينقسم إلى ثلاثة أنواع.

١. قلب هواء.
٢. قلب حديدي.
٣. قلب فيرايت.



شكل رقم ٦٠: المحول (Transformer)

وفى حالة المحول المثالي تكون العلاقة بين الجانب الابتدائي (Primary) والجانب الثانوي (Secondary) كالآتي:



شكل رقم ٦١: القيم الكهربائية للملفات

$$\frac{V_P}{V_S} = \frac{I_S}{I_P} = \frac{N_P}{N_S}$$

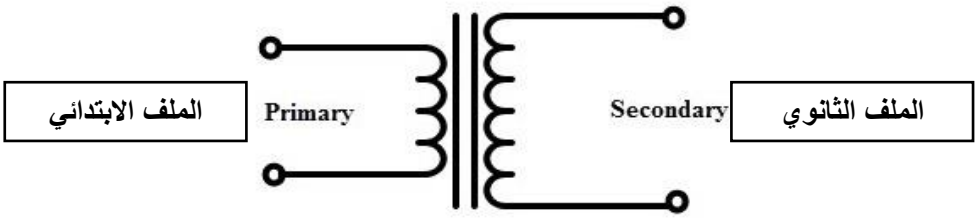
حيث أن:

- V_P : هو جهد الملف الابتدائي.
- V_s: هو جهد الملف الثانوي.
- I_P : هو تيار الملف الابتدائي.
- I_s: هو تيار الملف الثانوي.
- N_p: وعدد لفات الملف الابتدائي.
- N_s: هو عدد لفات الملف الثانوي.

أنواع واستخدامات المحولات

محولات رافعة للجهد

وهي المحولات التي يكون الجهد في ملفها الثانوي أكبر من الجهد في ملفها الابتدائي. ويكون فيه عدد لفات الملف الثانوي أكثر من عدد لفات الملف الابتدائي. وقيمة الجهد فيه تعتمد على عدد اللفات في الملفين.



Step-up Transformer

محول رافع

شكل رقم ٦٢: محول رافع للجهد

مثال:

أذا كان مصدر الجهد الموصل بالملف الابتدائي يساوى ١٢٠ فولت وعدد لفات الملف الابتدائي ٢٠٠ لفة وعدد لفات الملف الثانوي ٦٠٠ لفة، أحسب قيمة الجهد الخارج.

الحل:

$$\frac{V_P}{V_s} = \frac{N_P}{N_s}$$

$$\frac{120}{V_s} = \frac{200}{600}$$

$$V_s = \frac{120x\ 600}{200} = 360\ V$$

مثال:

أذا كان مصدر الجهد الموصل بالملف الابتدائي يساوى 100 فولت وعدد لفات الملف الابتدائي 75 لفة وعدد لفات الملف الثانوي 300 لفة، أحسب قيمة الجهد الخارج.

الحل:

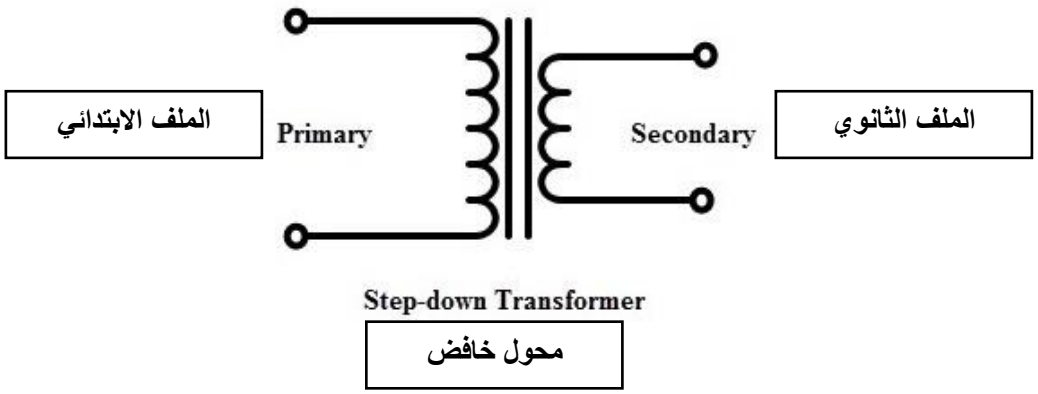
$$\frac{V_P}{V_s} = \frac{N_P}{N_s}$$

$$\frac{100}{V_s} = \frac{75}{300}$$

$$V_s = \frac{100x\ 300}{75} = 400\ V$$

محولات خافضة للجهد

هي المحولات التي يكون الجهد في ملفها الثانوي أقل من الجهد في الملف الابتدائي. ويكون فيه عدد لفات الملف الثانوي أقل من عدد لفات الملف الابتدائي. وقيمة الجهد فيه تعتمد على معدل عدد اللفات في الملفين.



شكل رقم ٦٣: محول خافض للجهد

مثال:

أذا كان مصدر الجهد الموصل بالملف الابتدائي يساوى ١٢٠ فولت وعدد لفات الملف الابتدائي ٥٠ لفة وعدد لفات الملف الثانوي ١٠ لفة، أحسب قيمة الجهد الخارج.

الحل:

$$\frac{V_P}{V_s} = \frac{N_P}{N_s}$$

$$\frac{120}{V_s} = \frac{50}{10}$$

$$V_s = \frac{120x\ 10}{50} = 24\ V$$

مثال:

أذا كان مصدر الجهد الموصل بالملف الابتدائي يساوى ١٢٠ فولت وعدد لفات الملف الابتدائي ١٦٠ لفة وعدد لفات الملف الثانوي ٤٠ لفة، أحسب قيمة الجهد الخارج.

الحل:

$$\frac{V_P}{V_s} = \frac{N_P}{N_s}$$

$$\frac{120}{V_s} = \frac{160}{40}$$

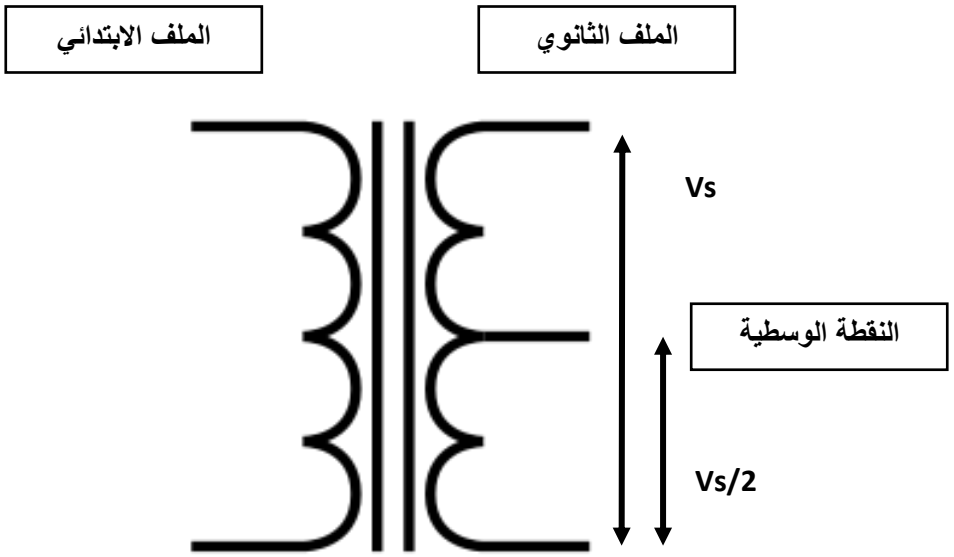
$$V_s = \frac{120x\ 40}{160} = 30\ V$$

المحولات العازلة

تعتبر المحولات العازلة أفضل الوسائل للعزل الكهربائي بين دائرتين. ففي المحولات العازلة لا يوجد أي أتصال كهربائي وإنما الدائرتين متصلتين ببعضهما مغناطيسياً.

المحولات ذات النقطة الوسطية (Center Tap)

وفيه يكون الملف الثانوي عبارة عن ملفين ينقسم الجهد الكلى بينهما ويكون له ثلاثة أطراف. أحد الأطراف مع الأوسط يعطى نصف الجهد الكلى. الطرفين غير الطرف الأوسط يعطى الجهد الكلى.



شكل رقم ٦٤: المحول ذات النقطة الوسطية

مثال:

أذا كان التيار المار في الملف الابتدائي يساوى ١٠٠ مللي أمبير أحسب التيار في الملف الثانوي أذا كان عدد لفات الملف الابتدائي يساوى ١٠٠ لفة وعدد لفات الملف الثانوي ٥٠٠ لفة.

الحل:

$$\frac{N_P}{N_s} = \frac{I_s}{I_P}$$

$$\frac{100}{500} = \frac{I_S}{100x10^{-3}}$$

$$I_s = \frac{100x\ 100x10^{-3}}{500} = 20\ mA$$

أسئلة الباب الثالث

١. ما هو تأثير التيار المتردد على المقاومات الكهربائية.
٢. ما هو تأثير التيار المتردد على المكثفات الكهربائية.
٣. ما هو تأثير التيار المتردد على الملفات الكهربائية.
٤. ما هي علاقة موجة لجهد بالتيار في دوائر التيار المتردد المكونة من مقاومة فقط وجهد متردد.
٥. ما هي علاقة موجة لجهد بالتيار في دوائر التيار المتردد المكونة من مكثف فقط وجهد متردد.
٦. ما هي علاقة موجة لجهد بالتيار في دوائر التيار المتردد المكونة من ملف فقط وجهد متردد.
٧. ما هي علاقة موجة لجهد بالتيار في دوائر التيار المتردد المكونة من مقاومة وملف وجهد متردد.
٨. ما هي علاقة موجة لجهد بالتيار في دوائر التيار المتردد المكونة من مقاومة ومكثف وجهد متردد.
٩. مما يتركب المحول؟
١٠. ما هي أنواع المحولات؟
١١. عرف المحول الكهربائي.
١٢. أذا كان التيار المار في الملف الابتدائي يساوى ٢٥٠ مللي أمبير أحسب التيار في الملف الثانوي أذا كان عدد لفات الملف الابتدائي يساوى ٦٠ لفة وعدد لفات الملف الثانوي ٢٤٠ لفة.
١٣. أذا كان مصدر الجهد الموصل بالملف الابتدائي يساوى ٢٢٠ فولت وعدد لفات الملف الابتدائي ٣٠٠ لفة وعدد لفات الملف الثانوي ٧٥ لفة، أحسب قيمة الجهد الخارج.
١٤. أذا كان مصدر الجهد الموصل بالملف الابتدائي يساوى ١٢ فولت وعدد لفات الملف الابتدائي ٥٠ لفة وعدد لفات الملف الثانوي ٣٠٠ لفة، أحسب قيمة الجهد الخارج.
١٥. أذا كان مصدر الجهد الموصل بالملف الابتدائي يساوى ١٢ فولت وعدد لفات الملف الابتدائي ١٥٠ لفة وعدد لفات الملف الثانوي ٢٢٥ لفة، أحسب قيمة الجهد الخارج.
١٦. أوجد قيمة المفاعلة الحثية في دائرة للتيار المتردد قيمة الملف ٣٥ مللي هنري (35 mH) والتردد ٥٠ هرتز (50 Hz)
١٧. أوجد قيمة المفاعلة الحثية في دائرة للتيار المتردد قيمة الملف ١٥ مللي هنري (15 mH) والتردد ١٠٠ هرتز (100 Hz)
١٨. أوجد قيمة المفاعلة السعوية في دائرة للتيار المتردد قيمة المكثف ٢٠ ميكرو فاراد (20 µF) والتردد ٥٠ هرتز (50 Hz)
١٩. أوجد قيمة المفاعلة السعوية في دائرة للتيار المتردد قيمة المكثف ١٨ ميكرو فاراد (18 µF) والتردد ١٠٠ هرتز (100 Hz).

الباب الرابع: أجهزة القياس

مقدمة

نقدم في هذه الوحدة أكثر أجهزة القياس استخداماً وكذلك الأجهزة المستخدمة في المعامل والمختبرات مثل مصدر الجهد ومولد الموجات.

أجهزة القياس

أجهزة تستخدم لقياس الجهد – التيار – المقاومة (ومن الممكن قياس درجة الحرارة، سعة المكثف، فحص الترانزستور)، في هذا الباب سندرس الأجهزة الأكثر شيوعاً. يوجد شركات كثيرة مصنعة ولكن تعددت الأشكال والاستخدام واحد.

شكل رقم ٦٥: أشكال جهاز الملتيميتر (Multimeter) (الأفو)

أهم أجهزة القياس

جهاز قياس فرق الجهد الفولتميتر (Voltmeter)

يستخدم هذا الجهاز لقياس فرق الجهد بين طرفين الحمل الكهربائي أو لقياس مصدر الجهد. ويوصل هذا الجهاز على التوازي مع المصدر أو الحمل الكهربائي مع شرط سريان التيار الكهربائي أي يجب أن تكون الدائرة الكهربائية المراد قياس جهدها مغلقة. ويحتوي هذا الجهاز على مفتاح اختيار لتحديد نوع الجهد المراد قياسه هل هو جهد متردد (AC) أم جهد مستمر (DC).

جهاز قياس شدة التيار – الأميتر (Ammeter)

يستخدم هذا الجهاز لقياس شدة التيار الكهربائي المار في حمل كهربائي أو دائرة كهربية ويوصل هذا الجهاز مع الحمل المراد قياسه على التوالي مع مراعاة أن تكون الدائرة مغلقة ويحتوي هذا الجهاز على مفتاح اختيار لتحديد نوع التيار المراد قياسه هل هو تيار متردد (AC) أو تيار مستمر (DC).

جهاز قياس المقاومة الكهربية - الأوم ميتر (Ohmmeter)

يستخدم هذا الجهاز لقياس مقاومة الأحمال الكهربائية وللتأكد من سلامة هذه الأحمال ويوصل هذا الجهاز مع الأحمال المراد قياس مقاومتها على التوازي مع مراعاة عدم وجود سريان للتيار الكهربائي، أي أن تكون الدائرة مفتوحة.

جهاز قياس القدرة الواط ميتر (Wattmeter)

يستخدم هذا الجهاز لقياس قدرة الأحمال الكهربائية ويحتوي من الداخل على ملفين أحدهما يسمى ملف التيار ويوصل مع الحمل على التوالي، والأخر يسمى ملف الجهد ويوصل مع الحمل على التوازي. يوصل هذا الجهاز مع الحمل مع مراعاة سريان التيار في الدائرة أي أن الدائرة مغلقة.

شكل رقم ٦٦: جهاز قياس القدرة الواط ميتر

جهاز متعدد القياسات الأفوميتر AVO meter- Multimeter

يجمع هذا الجهاز بين أكثر الأجهزة أهمية (الأميتر، الفولتميتر، الأوميتر)، ويحتوي هذا الجهاز على مفتاح اختيار من خلاله يتم اختيار نوع الكمية المراد قياسها والتدريج (Range) المناسب لها، وحديثاً أصبح النوع الرقمي (Digital Multimeter) هو الأكثر استخداماً كما هو موضح بالشكل التالي.

شكل رقم ٦٧: الجهاز الرقمي

ويسمى بمتعدد القياسات لأنه بالتقنية الرقمية أمكن إضافة قياسات كثيرة بتكلفة قليلة ودقة عالية، يوجد عدة أشكال كما ذكرنا ولكن الاستخدام واحد، سنقوم بشرح الأجزاء الرئيسية للجهاز وطريقة استخدامه.

أطراف التوصيل:

شكل رقم ٦٨: أطراف جهاز القياس متعدد الأغراض الرقمي

الطرف الأسود يوصل دائما في طرف (COM) الموجود بالجهاز ويعني أنه الطرف المشترك في كل عمليات القياس، والطرف الأحمر يتم التغيير من خلاله سواء قياس جهد ومقاومة يوصل بالمدخل الأول حيث يكون مطبوع الرمز (VΩ) أما لقياس التيار فيوصل بالمدخل الأخير حيث يكون مطبوع عليه رمز التيار (A).

مفتاح الاختيار:

بالنسبة لمفتاح الاختيار فيكون لها أشكال مختلفة ولكن نفس الرموز موجود في كل المفاتيح، كما هو موضح بالشكل التالي.

شكل رقم ٦٩: مفاتيح الاختيار بالجهاز الرقمي

رموز الاختيار:

الجدول التالي يوضح أهم الرموز المستخدمة لاختيار نوع القياس

الرمز	المعنى
V--	يدل على قياس لفرق الجهد المستمر(DC)
V~	يدل على قياس فرق الجهد المتردد(AC)
A--	يدل على قياس شدة التيار المستمر (DC)
A~	يدل على قياس شدة التيار المتردد (AC)
Ω	لقياس قيمة المقاومة
	فحص التوصيلية
OFF	هذا المفتاح لإطفاء أداة القياس

جدول رقم ٧: رموز القياس

ونلاحظ انه في بعض أنواع المفاتيح يوجد تدرج للقيم المراد قياسها (مثل الشكل السابق على اليسار) ويدعى هذا النوع "يدوي التدرج (Manual Range)"، بينما نجد البعض الأخر لا يوجد به تدريج للقيم المراد قياسها، مثل النوعان الأول والثاني في الشكل السابق، ويدعى تلقائي التدرج (Auto Range).

ينبغي الأخذ في الاعتبار عند استخدام النوع اليدوي في التدريج (Manual Range):

- استخدام التدريج (النطاق "Range") الأقرب للقيمة المراد قياسها يعطي نتيجة قياس أدق.
- القيمة المكتوبة على النطاق المحدد (Range) تعني أنه أقصى قيمة يمكن أن تقاس والمفتاح (Switch) يشير إلى ذلك التدريج (مثلاً: لو تم وضع المفتاح ليشير إلى ٢٠ فولت (DC) فهذا يعني أن ٢٠ فولت هي أكبر قيمة للجهد من الممكن أن تقرأ والمفتاح يشير إلى هذا التدريج).

قياس الجهد:

يقاس الجهد الكهربائي بواسطة أجهزة القياس الرقمية بوضع الجهاز على التوازي مع العنصر المراد قياس الجهد عليه.

شكل رقم ٧٠: قياس الجهد

١. وضع مفتاح الاختيار على أشاره الجهد الكهربائي (مستمر أو متردد).
٢. يوصل الطرف الأحمر في المدخل المناسب لقياس الجهد وهو المدخل الأول (V) والطرف الأسود في (COM).
٣. يوصل الجهاز على التوازي مع العنصر المراد معرفه الجهد علية أو مصدر الجهد المراد قياسه.

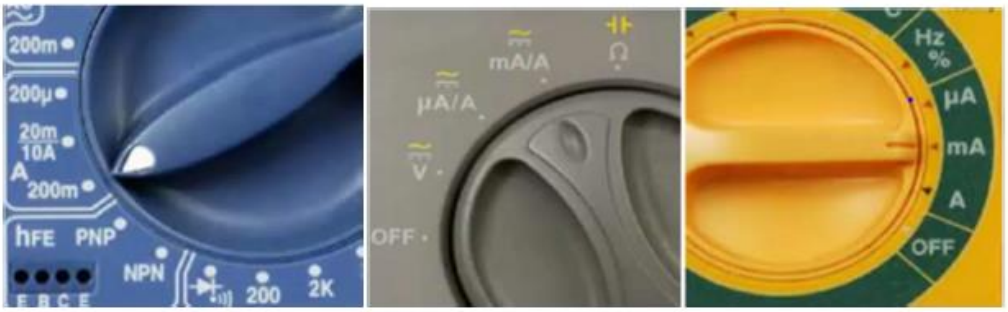
شكل رقم ٧١: أطراف التوصيل لقياس الجهد

قياس التيار:

يقاس التيار الكهربائي بواسطة أجهزة القياس الرقمية بوضعه على التوالي مع العنصر المراد قياس تياره.

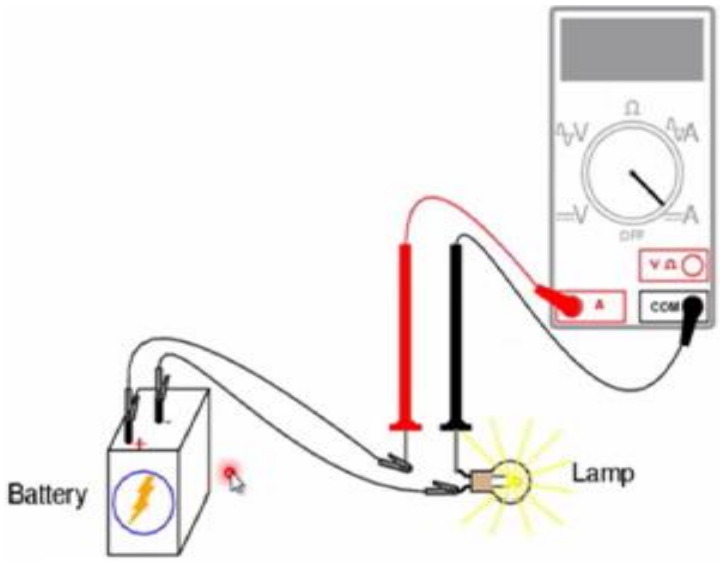
١. وضع مفتاح الاختيار على أشاره التيار الكهربائي (مستمر أو متردد).

٢. يوصل الطرف الأحمر في المدخل المناسب لقياس التيار وهو المدخل الثالث (A) والطرف الأسود في (COM).



شكل رقم ٧٢: قياس التيار

٣. يوصل الجهاز على التوالي مع العنصر المراد معرفه التيار المار به، كما هو موضح بالشكل التالي.



شكل رقم ٧٣: توصيل الأطراف لقياس التيار

قياس المقاومة

١. تقاس المقاومة بواسطة أجهزة القياس الرقمية بوضعه على التوازي مع العنصر المراد قياس مقاومته.

٢. يوصل الطرف الأحمر في المدخل المناسب لقياس المقاومة وهو المدخل الأول (Ω) والطرف الأسود في (COM).

٣. يوصل الجهاز على التوازي مع العنصر المراد معرفه مقاومته.

شكل رقم ٧٤: قياس المقاومة الكهربية

فحص التوصيلية (Continuity Test)

يستخدم لفحص هل يوجد قطع في الموصل أم لا؟ ويستخدم أيضا لفحص خط معين على لوحة كهربية لبيان أن النقطتين متصلين معا من البداية والنهاية لهذا الخط أم لا. أو لفحص القصر (Short Circuit)

١. وضع مفتاح الاختيار على أشاره الصفارة (Buzzer)، كما هو موضح بالشكل التالي

شكل رقم ٧٥: مفاتيح فحص التوصيلية

٢. يوصل الطرف الأحمر في المدخل المناسب وهو المدخل الأول (Ω) والطرف الأسود في (COM)، كما هو مبين بالشكل التالي.

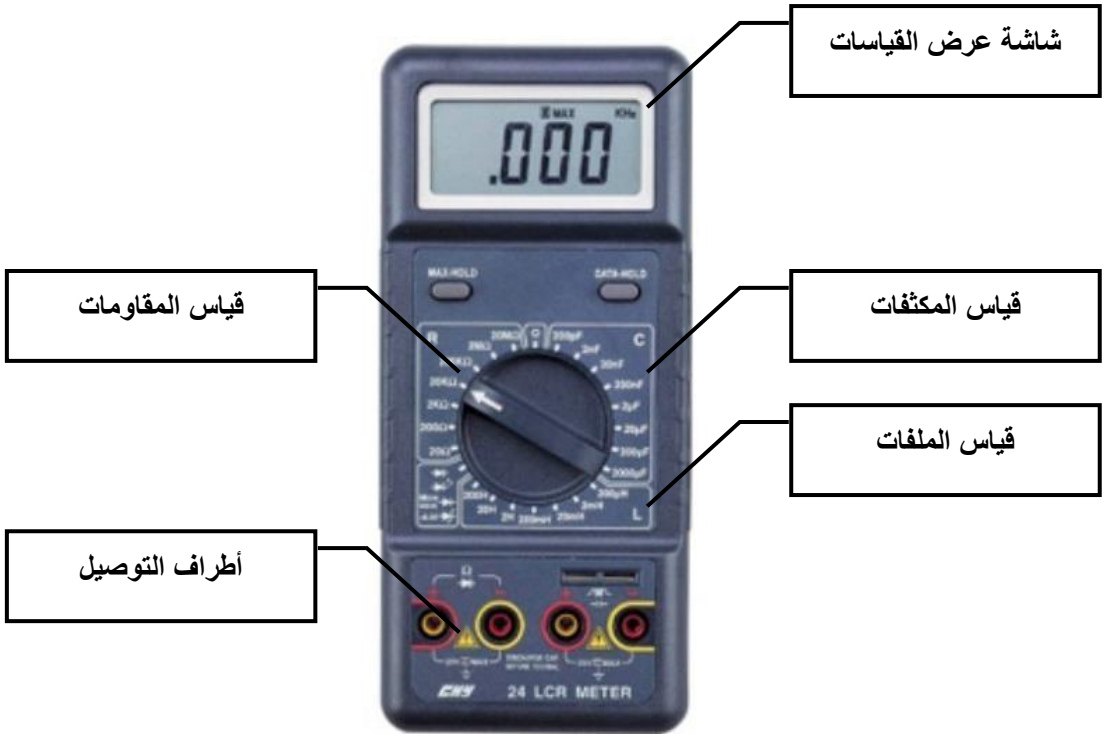
٣. يوصل الجهاز على التوازي مع العنصر المراد معرفه الجهد عليه أو مصدر الجهد المراد قياسه.

شكل رقم ٧٦: أطراف توصيل لفحص التوصيلية

جهاز قياس متعدد الأغراض LCR

مقياس (LCR) هو نوع من معدات الاختبار الإلكترونية المستخدمة لقياس المحاثة (L)، السعة (C)، والمقاومة (R). وهو جهاز يشبه جهاز الأفو (AVO)، و يتم توصيل الأطراف حسب المكون المطلوب

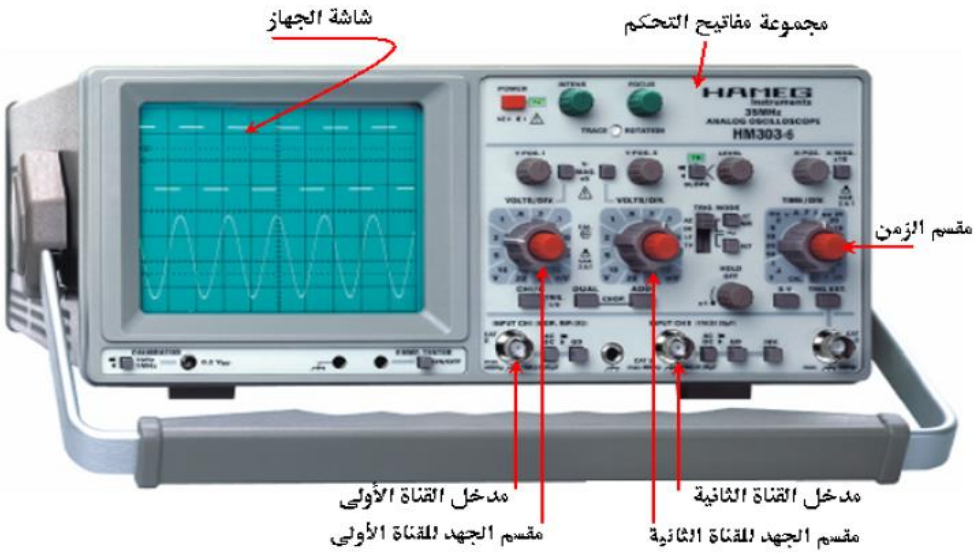
قياسه (R,L,C) ثم نقوم بضبط النطاق بحيث يكون أقرب للقيمة المراد قياسها للأكبر (أعلى)، كما هو موضح بالشكل التالي.



شكل رقم ٧٧: جهاز LCR

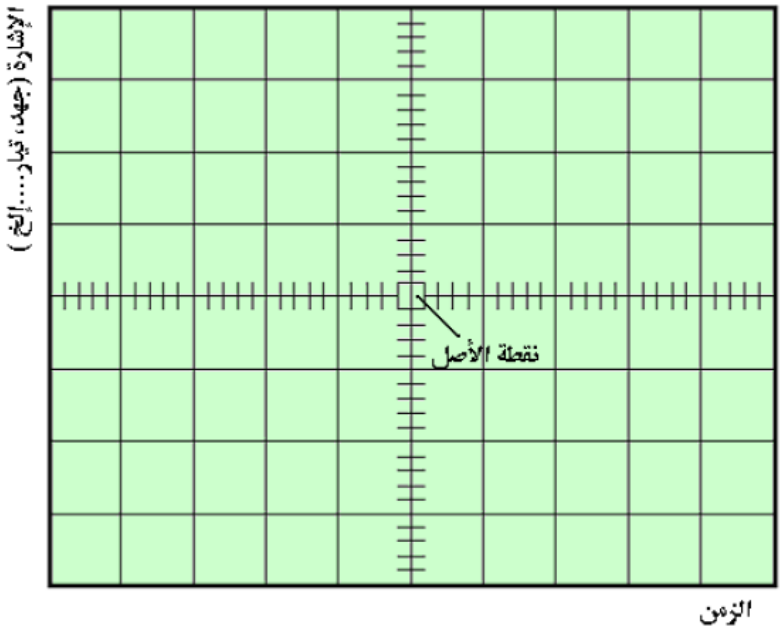
جهاز راسم الموجات الأوسيلوسكوب Oscilloscope

جهاز راسم الموجات هو جهاز إليكترونى صمم خصيصا لرسم الإشارات الكهربائية على شكل نقطة مضيئة تتحرك من يسار إلى يمين الشاشة بسرعة معينة يتحكم فيها بمفتاح قاعدة الزمن (Time Base). والشكل التالى يبين جهاز راسم الموجات الذى يتكون من قناتين (2 Channels) ولكل قناة منهم مفاتيحها التى تتحكم فيها ويكون طرف الأرضى (GND) مشترك لجميع القنوات متصل داخليا للجهاز.



شكل رقم ٧٨: جهاز راسم الذبذبات الأوسيلوسكوب

تقسم شاشة الجهاز إلى مربعات رأسية وأفقية (بالسنتيمتر) وتمثل المربعات الرأسية قيمة الإشارة بينما تمثل المربعات الأفقية (الزمن). وباستخدام المفاتيح المختلفة للجهاز يمكن تحديد الوضع المناسب للقياس حسب الإشارة المقاسة والذي يعطى دقة عالية في القياس، ويوضح الشكل التالي مثالاً لشاشة الجهاز مقسمة أفقياً إلى ١٠ أقسام بينما رأسياً إلى ٨ أقسام.



شكل رقم ٧٩: تقسيم شاشة جهاز راسم الموجات

أسئلة الباب الرابع

أولا: أختر الإجابة الصحيحة فيما يلي:

١. يستخدم جهاز الأفوميتر لقياس.
   أ. التيار.
   ب. الجهد.
   ج. المقاومة.
   د. جميع ما سبق.

٢. لقياس الجهد نوصل أطراف الأفوميتر على:
   أ. التوازي مع العنصر المراد قياس الجهد عنده.
   ب. التوالي مع العنصر المراد قياس الجهد عنده.
   ج. جميع ما ذكر.
   د. كل الإجابات خاطئة.

٣. لقياس التيار نوصل أطراف الأفوميتر على:
   أ. التوازي مع العنصر المراد قياس الجهد عنده.
   ب. التوالي مع العنصر المراد قياس الجهد عنده.
   ج. جميع ما ذكر.
   د. كل الإجابات خاطئة.

ثانيا: أكمل ما يأتي:

١. يعد جهاز راسم الموجات من أهم الأجهزة المستخدمة في ..... ومتابعة أشكال ..... وصيانة وضبط .....

٢. من أقسام مفاتيح جهاز راسم الإشارات الرئيسية ..... و ..... و .....

ثالثا: ضع علامة (صح) أمام العبارة الصحيحة وعلامة (خطأ) أمام العبارة الخاطئة فيما يلي:

١. المحور العمودي لشاشة الأوسيلوسكوب مقسم إلى عشرة أقسام بينما المحور العمودي مقسم إلى ثمانية أقسام. ( )

٢. يمكن بواسطة الأوسيلوسكوب التعرف على نوع وشكل الإشارة. ( )

٣. إن كان النطاق المضبوط على مقياس الجهد في جهاز القياس متعدد الأغراض هو ٢٠ فولت، فهذا يعني أن أقل قيمة يمكن قياسها هي ٢٠ فولت. ( )

قائمة المصطلحات العلمية

المصطلح باللغة العربية	المصطلح باللغة الإنجليزية
دوائر التيار المتردد	AC Circuits
قدرة فعلية	Active power
تيار متردد	Alternating current
أمبير – وحدة قياس شدة التيار	Ampere
قيمة قمة الموجة	Amplitude
سرعة زاوية	Angular Velocity
جهاز قياس متعدد الأغراض لقياس (التيار والجهد و المقاومة)	AVO meter (Ampere, Volt, Ohm)
لوحة اختبار	Bread Board
مكثف كهربائي	Capacitor
المفاعلة السعوية	Capacitive reactance
قناة	Channel
شحنة	Charge
عملية الشحن	Charging
ملف كهربائي	Coil
ترميز الألوان	Color Code
مكثف كهربائي	Condenser -Capacitor
لوح نحاسي للدوائر	Cupper Board
التيار الكهربائي	Current
مجزئ التيار	Current Divider
دوائر التيار المستمر	DC Circuits
تفريغ الشحنة	Discharge
القيمة الفعالة	Effective value
مقاومة كهربائية	Electric resistance
طاقة	Energy
فاراد (وحدة قياس المكثفات)	Farad

المصطلح باللغة العربية	المصطلح باللغة الإنجليزية
تردد	Frequency
مولد الموجات الكهربائية	Function Generator
مصهر (فيوز)	Fuse
هنري	Henry
هرتز – وحدة قياس التردد	Hertz
ملف كهربائي	Inductor
المفاعلة الحثية	Inductive Reactance
كليو واط	Kilowatt
مصباح	Lamp
جهاز قياس متعدد الأغراض لقياس (الملفات، المكثفات، المقاومات)	LCR meter: L (Coil) C (Capacitor), R (Resistor) meter
مقاومة تعتمد على شدة الضوء	LDR: Light Dependent Resistor
مواد مغناطيسية	Magnetic materials
كثافة الفيض المغناطيسي	Magnetic flux density
المجال المغناطيسي	Magnetic field
مقاومة حرارية ذات معامل سلبي	NTC R: Negative Temperature Coefficient Resistor
أوم	Ohm
قانون أوم	Ohm's law
المقاومة الأومية	Ohmic resistance
جهاز راسم الموجات	Oscilloscope
توازي	Parallel
القيمة العظمى للجهد المتغير	Peak value of alternating current
فرق الطور	Phase shift
القدرة	Power
معامل القدرة	Power factor
إبتدائي (أولي)	Primary

المصطلح باللغة العربية	المصطلح باللغة الإنجليزية
مقاومة	Resistor
الحث الذاتي	Self-induction
توالي	Series
ثانوي	Secondary
جيبي	Sin
التيار الجيبي	Sinusoidal current
مربع	Square
موجة مربعه	Square Wave
مفتاح	Switch
الحرارة	Temperature
محول	Transformer
مثلث	Triangle
موجة مثلثيه	Triangular Wave
مقاومة متغيرة	Variable Resistance
سرعة	Velocity
فولت (وحدة قياس الجهد)	Volt
فرق الجهد	Voltage difference
انخفاض الجهد	Voltage drop
مجزئ الجهد	Voltage Divider
واط	Watt
جهاز قياس الواط	Wattmeter
ويبر – وحدة قياس الفيض المغناطيسي	Weber

قائمة المراجع

1. BIRD, J. (2013) Electrical Circuit Theory and Technology. Routledge.
2. HUGHES, E., HILEY, J., BROWN, K. and MCKENZIE-SMITH, I. (2012) *Electrical and Electronic Technology*.
3. Giorgio Rizzoni. (2014) Principles and Applications of Electrical Engineering.