جَامعة المَنارة
MANARA UNIVERSITY

الدارات الكهربائية
المحاضرة الأولى

أ.د. فادي غصنه

مفاهيم أساسية في الدارات الكهربائية

الكهرباء : قوة غير مرئية، يمكنها إنتاج حرارة، وضوء، وحركة، تجاذب أو تنافر، إضافة إلى العديد من التأثيرات الطبيعية الأخرى، ويمكن تفسير معظم الظواهر المرتبطة بالكهرباء، باستخدام مدلولات الشحنة الكهربائية، والتيار والجهد، والوحدات الكهربية المرتبطة بها، وهي على الترتيب الكولون، والأمبير، والفولت.

الكميات الكهربائية الأساسية

الكميات الكهربائية الأساسية هي : التيار، الشحنة، التوتر، و أخيرا المقاومة الكهربائية. ولفهم هذه الكميات الأساسية، يجب معرفة تكوين المادة والتي تعرف بأنها كل شيء له وزن وحجم، حيث تتكون المادة من أجزاء صغيرة تسمى الذرات. وتحتوي الذرات على ثلاثة جسيمات هي الإلكترونات Electons (سالبة الشحنة)، البروتونات Protons (موجبة الشحنة) والنيترونات Neutrons (متعادلة الشحنة).

الشحنة

يرمز للشحنة الكهربائية بالرمز Q أو q، والشحنة نوعان سالبة ممثلة بالإلكترون وموجبة وتمثل بالبروتون، حيث إن هذه الشحنات متساوية في المقدار ومتعاكسة في الإشارة. فالشحنات المتشابهة تتنافر، بينما الشحنات المختلفة تتجاذب. يمكن ملاحظة ذلك من خلال تحريك قطعة بلاستيك على قطعة صوف ومن ثم وضعها بالقرب من قطع ورق صغيرة، سنجد أن قطعة البلاستيك ستجذب قطع الورق الصغيرة وذلك بسبب اختلاف الشحنة عليهما. هذا ما اكتشفه العالم تشارلز كولون والذي سميت باسمه وحدة قياس الشحنة Coulomb والتي يرمز لها بالرمز C. و شحنة الإلكترون تساوي $1.602\times10^{-19}C$ وبالتالي عدد الإلكترونات في واحدة الشحنات تساوي $\frac{1}{1.602\times10^{-19}} = 6.24\times10^{18} electrons$.

التيار

يعتبر التيار الكهربائي من الكميات الأساسية ويرمز له بالرمز I أو i للقيم اللحظية، ويعتمد في حركته على حركة الشحنات الموجبة التي تتحرك بعكس حركة الالكترونات ذات الشحنة السالبة.

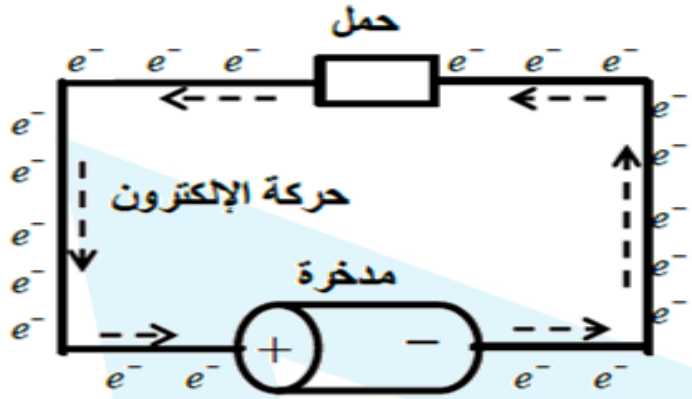
كافة المواد تحتوي على مجموعة من الشحنات الحرة و هي تختلف كماً و نوعاً من مادة إلى أخرى. ففي المعادن، تكون الشحنات هي الالكترونات، وفي العوازل الشحنات تكون عبارة عن الالكترونات و الايونات.

التيار

بتطبيق حقل كهربائي على المادة، حركة الشحنات تنتظم بعد أن كانت حركة عشوائية. فالشحنات الموجبة تتحرك باتجاه الحقل الكهربائي المطبق و الشحنات السالبة تتحرك بعكس اتجاه الحقل. إذاً حركة الشحنات الكهربائية تشكل التيار، و بما هناك حقل كهربائي مطبق فهناك تيار كهربائي. في علوم الهندسة الكهربائية يمكن أن قول إن للتيار الكهربائي أنواعاً مختلفة تختلف باختلاف شكل المصدر كما يلي:

التيار

- التيار المستمر Direct Current DC: حيث اتجاه الحقل الكهربائي المطبق لا يتغير بالنسبة للزمن قيمة و اتجاهاً.

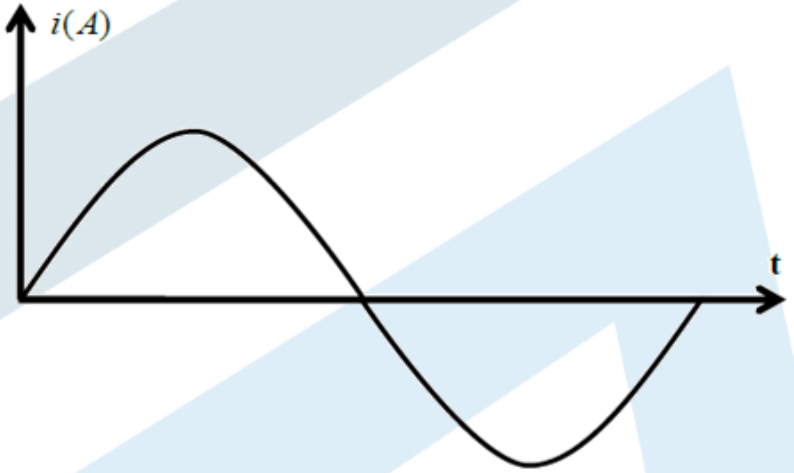


الشكل 1 – 1 : التيار المستمر

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

التيار

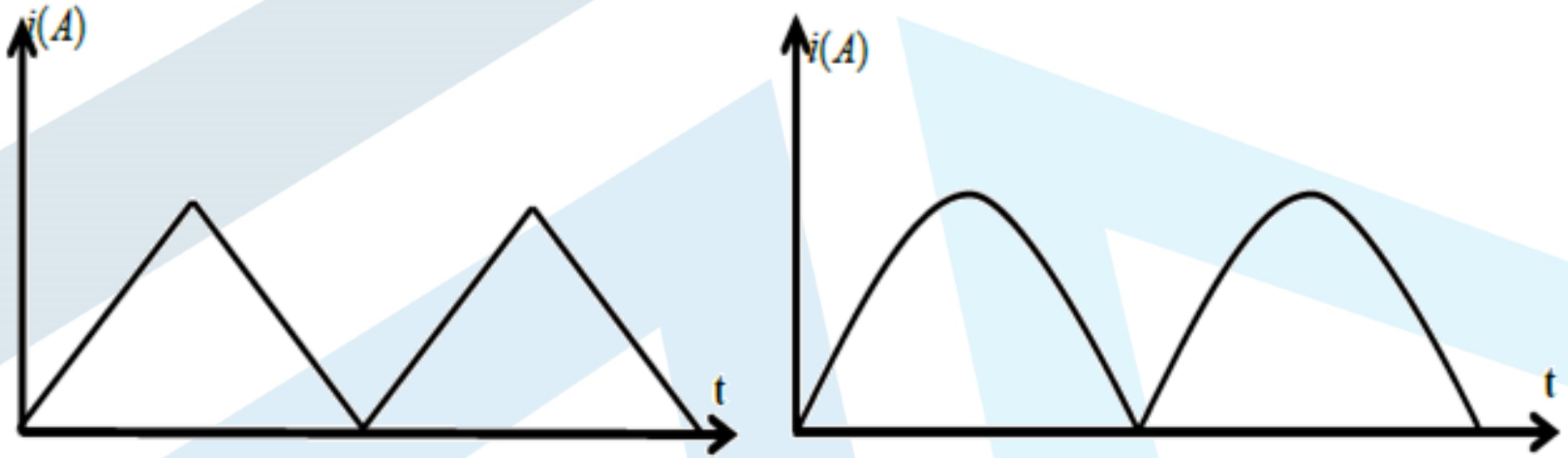
- التيار المتناوب Alternative Current AC: حيث اتجاه الحقل الكهربائي يتغير بشكل دوري مع الزمن وكذلك القيمة. مثل التيار الجيبي الذي يعتبر شكل من أشكال التيار المتناوب (المتردد).



الشكل 2 – 1 : التيار المتناوب

التيار

- التيار الموضعي (النبضي) Pulsating Current: وهو تيار مستمر تتغير قيمته دورياً ولا يغير اتجاهه، كما هو مبين بالشكل $(3-1)$.



الشكل 1 – 3 : التيار النبضي

مثال (١)

من أجل ناقل نحاسي قطره $1cm$ و يحمل تياراً كهربائياً شدته $I = 200A$ فأن كثافة التيار تحسب كما يلي:

$$J = \frac{I}{S} = \frac{200}{\frac{1}{4}.\pi.(0.01)^2} = 2.54 \times 10^6 \left[\mathrm{A/m^2}\right]$$

من أجل نفس المادة فأن عدد الالكترونات في واحدة الحجوم تساوي $n = 8.5 \times 10^{28} \left[\mathrm{e/m^3}\right]$ بالتالي السرعة الوسطية تعطى من خلال العلاقة التالية:

$$V = \frac{J}{n.e} = \frac{2.54.10^6}{8.5.10^{28} \times 1.6.10^{-19}} = 1.9 \times 10^{-4} \left[\mathrm{m/sec}\right]$$

مثال (٢)

احسب مقدار التيار الكهربائي في ناقل إذا علم مقدار الشحنة الكهربائية المارة في الناقل خلال ثمان ثوان تساوي $16C$.

الحـــل:

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{16}{8} = 2\,[\mathrm{A}]$$

الجهد

يعرف الجهد بأنه العمل المبذول اللازم لنقل وحدة الشحنات من نقطة لأخرى، ويقاس بالفولت $Volt$ والذي يكافئ جول لكل كولون : $V = \frac{J}{C}$ و أن $V = \frac{dW}{dQ}$ حيث أن :

V :التوتر (الجهد) ويقاس بالفولت V.

W :العمل المبذول ويقاس بالجول J.

Q :الشحنة وتقاس بالكولون C

ويمكن تعريف الجهد عند نقطة بأنه العمل اللازم للإحضار وحدة شحنة اختبار من اللانهاية إلى تلك النقطة ويجب التأكيد أننا عندما نتحدث عن جهد نقطة ما فإنما نقصد فرق الجهد بين هذه النقطة ونقطة مرجعية موجودة في اللانهاية جهدها يساوي صفراً.

الجهد

نستطيع أن نحسب فرق الجهد بين أية نقطتين في دارة كهربائية مهما كانت معقدة وذلك بحساب المجموع الجبري للتغيرات في الجهد عبر عناصر أي مسار ناقل path Conducting يربط بين هاتين النقطتين آخذين بعين الاعتبار القاعدتين التاليتين:

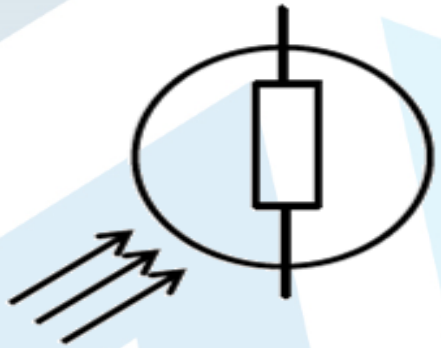
1. عند اجتياز المقاومة باتجاه التيار فإنه يحدث هبوط في الجهد قدره $(-I.R)$
2. عند اجتياز المقاومة باتجاه عكس التيار فإنه يحدث ارتفاع في الجهد قدره $(I.R)$
3. عند اجتياز القوة المحركة الكهربائية من قطبها السالب إلى قطبها(الموجب) أي بنفس اتجاه القوة المحركة الكهربائية فإنه يحدث ارتفاع في الجهد قدره $(+E)$
4. عند اجتياز القوة المحركة الكهربائية من قطبها الموجب إلى قطبها (السالب) أي بعكس اتجاه القوة الدافعة الكهربائية فإنه يحدث انخفاض في الجهد قدره $(-E)$.

المقاومة الكهربائية

تعتبر المقاومة من العناصر الرئيسية المكونة للدارة الكهربائية، و التيار الكهربائي يعتمد على قيمة المقاومة من أجل توتر ثابت. تمثل المقاومة النسبة بين التوتر والتيار. وتعرف المقاومة بأنها المقاومة التي يبديها الناقل عند مرور التيار فيه وتقاس بالأوم. و سنتطرق إلى دراسة المقاومة بشكل أوسع عند دراسة العناصر الكهربائية غير الفعالة لاحقاً.

المقاومة الضوئية

المقاومة الضوئية واحدة من أقدم العناصر الكهروضوئية، و هذه المقاومة تتناقص قيمتها بازدياد شدة الضوء الساقط عليها. تصنع المقاومة الكهروضوئية من مواد حساسة للضوء مثل سلفيد الكاديوم Cds أو سيلتيد الكاديوم $Cdse$. و يرمز لها بالرمز المبين بالشكل $(1-6)$.

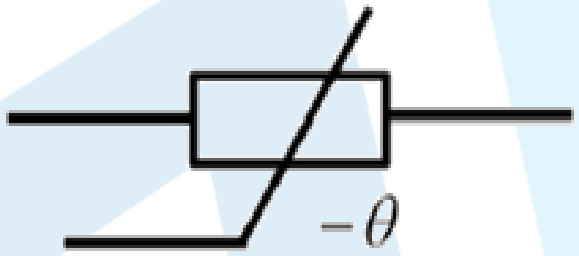


الشكل $(1-6)$: المقاومة الضوئية

إن معظم المقاومات الضوئية تستطيع أن تتحمل توتراً يتراوح ما بين $100V,\ 200V,$ و $300V$.والاستطاعة العظمى لهذه العناصر تتراوح ما بين $30-300mW$.

مقاومات ذات المعامل الحراري السالب NTC

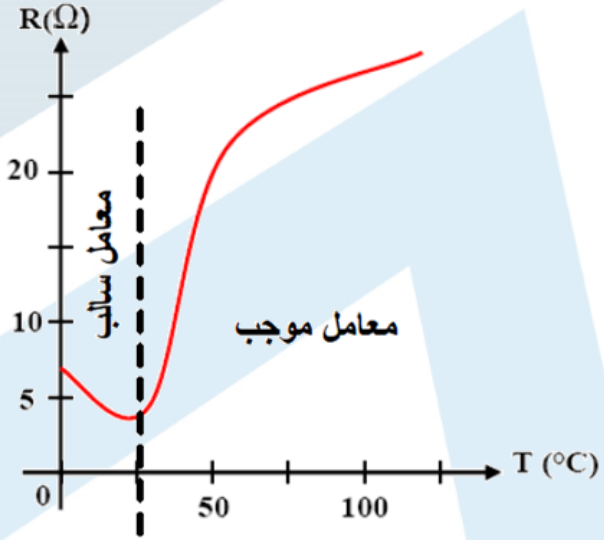
هي ثنائيات قطب تنقص مقاومتها بازدياد درجة حرارتها، وتستخدم للحد من دخول تيار مفاجئ لتشغيل بعض الأجهزة ويمكن استخدامها كمجس حراري. و يرمز لها في دارة كهربائية بالرمز:



الشكل (1-7) : رمز المقاومة NTC

مقاومات ذات المعامل الحراري الموجب PTC

عبارة عن ثنائي قطب خطي تتزايد مقاومته بزيادة درجة الحرارة في مجال كبير لدرجات الحرارة. وتستخدم عندما نريد وصول الجهد لمرحلة معينة في بداية التشغيل فقط كما هو الحال في ملفات إزالة المغنطة في التلفزيون و يمكن استخدامها كمجس حراري و يمكن تمثيل ذلك بالبيان التالي:



مقاومات ذات المعامل الحراري الموجب VDR

تقل قيمة هذه المقاومة بزيادة الجهد على طرفيها وتستخدم لوقاية المعدات الكهربائية من ارتفاع الجهد لأي جهاز وهي توصل على التفرع مع الجهاز المراد حمايته وتقل قيمتها لحظة ارتفاع الجهد وتكون مناسبة للاستخدام في حال وجود تشويشات كهربائية لحظية.

الاستطاعة الكهربائية

من الملاحظ أن السبب الرئيسي لتدفق التيار الكهربائي خلال ناقل ما، هو وجود مصدر للقوة الكهربائية بين طرفيه حيث تتحول الطاقة الكيميائية المختزنة في المدخرة مثلا باستمرار إلى طاقة حركية تكتسبها ناقلات الشحنة.

وسريعاً ما تختفي هذه الطاقة بفعل التصادمات المتكررة مع ذرات الناقل لتظهر على شكل ارتفاع في درجة حرارة الناقل وبذلك فإن الطاقة الكيميائية المختزنة في المدخرة تتحول باستمرار إلى طاقة حرارية.

فالطاقة اللحظية تعطى من خلال العلاقة التالية :

$$P = \lim_{\Delta t \to 0}\left(\frac{\Delta U}{\Delta t}\right) = \lim_{\Delta t \to 0}\left(\frac{V.\Delta q}{\Delta t}\right) = V.I \qquad (6-1)$$

حيث يمثل I التيار الكهربائي المار في الدارة أما الشحنة فتكتب مقدار الطاقة هذا عند مرورها عبر البطارية أي $P = V.I = I^2.R = \frac{V^2}{R}$

وكما نعلم فإن وحدة الطاقة هي (الواط) وتسمى الطاقة المستنفذة كحرارة في ناقل ما مقاومته R .

و في حالت تغير الاستطاعة مع الزمن فتدعى عندئذ بالاستطاعة اللحظية.الاستطاعة المنتجة أو الاستطاعة المستهلكة للعنصر هي عبارة عن جداء التوتر الهاط على ذلك العنصر بقيمة التيار المار فيه. و يمكن أن تاخذ الاستطاعة إشارة موجبة في حالة تقديم الاستطاعة إلى العنصر و يمكن أن تأخذ إشارة سالبة إذا كانت مزودة من قبل ذلك العنصر. فاتجاه التيار المار في ذلك العنصر و قطبية الجهد على طرفيه تحدد إشارة الأستطاعة.

1-1-2-1 واحدات القياس

تتكون واحدات القياس الدولية من ست كميات أساسية يتم بشكل عام استخدامها عند التعامل مع الهندسة الكهربائية وهي موضحة في الجدول التالي (1-1):

الكمية Quantity	وحدة القياس Unit	الرمز Symbol
الطول Length	متر Meter	m
الكتلة Mass	كيلوغرام Kilogram	kg
التيار Curent	أمبير Ampere	A
الزمن Time	ثانية Second	s
الحرارة Temperature	كيلفن Kelvin	K
شدة الإضاءة Luminous Intensity	شمعة Candle	cd

الجدول 1-1 : واحدات القياس الدولية الأساسية

عامل الضرب Power of ten	الرمز Symbol	محدد وحدة القياس Prefixes to the UNITS
$\times 10^{-18}$	a	أتو Atto
$\times 10^{-15}$	f	فيمتو Femto
$\times 10^{-12}$	p	بيكو Pico
$\times 10^{-9}$	n	نانو Nano
$\times 10^{-6}$	μ	ميكرو Micro
$\times 10^{-3}$	m	ميللي Milli
$\times 10^{-2}$	c	سنتي Centi
$\times 10^{-1}$	d	ديسي Deci
$\times 10^{1}$	da	ديكا Deka
$\times 10^{2}$	h	هيكتو Hecto
$\times 10^{3}$	k	كيلو Kilo
$\times 10^{6}$	M	ميجا Mega
10^{9}	G	جيغا Giga
$\times 10^{12}$	T	تيرا Tira
$\times 10^{15}$	P	بيتا Peta
$\times 10^{18}$	E	إيكسا exa

الجدول 1 – 2 : وحدات قوى العشرة المرادفة لوحدات القياس

تشتق من هذه الواحدات الأساسية العديد من الواحدات الفرعية التي تستخدم عند دراسة تحليل الدارات الكهربائية والمفاهيم الهندسة المختلفة والمرتبطة بالهندسة الكهربائية.

مثلاً واحد قياس القوة Force والتي تقاس بالنيوتن N التي تستنتج من علاقة الوزن مع الزمن وفق العلاقة $N = \frac{Kg}{s^2}$. وكذلك الاستطاعة الكهربائية Electric Power المقاسة بالوات Watte يرمز لها بالرمز W وتتكون من نيوتن متر لكل ثانية $W = \frac{N.m}{s}$. وهناك أيضاً الطاقة الكهربائية Electric Energy التي تقاس بالجول Joule ويرمز له بالرمز J ويتكون من النيوتن متر $J = N.m$. هناك الكثير من الواحدات الفرعية.