الفصل الثالث

الكهرباء المتحركة

اقتصرنا في الفصلين السابقين على دراسة الشحنات الساكنة أو ما يسمى بالكهرباء الساكنة, في هذا الفصل سنضيف حالة الشحنات المتحركة و هو ما يسمى بالكهرباء المتحركة.

I.التيار الكهربائي و المقاومات

1.التيار الكهربائي

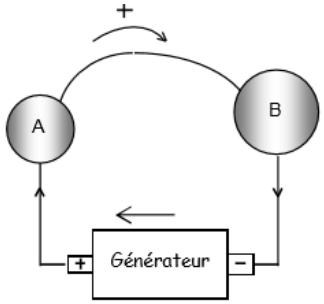
1.1.تعريف

لدينا الناقلان A و B في حالة توازن كهروساكن يحملان الشحنتان Q_A و Q_B و كمونهما على الترتيب V_A و V_B حيث على سبيل المثال $V_A > V_B$.

عند توصيل هذين الناقلين بسلك ناقل, يكون في البداية بينهما فرق في الكمون, يولد حقلا كهربائيا محدثا انتقالا للشحنات من الناقل A إلى الناقل B , فيظهر تيار كهربائي مؤقت ينتهي بمجرد وصول الناقلين إلى حالة التوازن الكهروساكن (تساوي الكمونيين) يسمى بالتيار اللحظي.

شكل 1

يمكن إطالة الحالة السابقة للتيار, أي الحصول على تيار مستمر بفضل استخدام مولد الجهد و هو جهاز يحافظ على فرق كمون ثابت بين طرفيه (يفرض حالة عدم توازن دائمة).



مولد الجهد لا يخلق الشحنات بل يقوم بنقلها من A إلىB مثل: البطاريات, المولدات الكهربائية.

ومنه يمكن تعريف التيار الكهربائي :

التيار الكهربائي هو انتقال جماعي و منظم لحاملات الشحنة (إلكترونات أو شوارد). قد يحدث هذا السيل من الشحنات في الفراغ (حزمة إلكترونات في أنبوب مهبطي....) أو في المادة الناقلة (الإلكترونات في المعادن أو الشوارد في المحاليل المائية...). يظهر تيار كهربائي في الناقل عندما يوجد فرق في الكمون بين طرفي هذا الأخير.

2.1. شدة التيار الكهربائي

1.2.1.الشدة المتوسطة

الشدة المتوسطة للتيار الكهربائي هي كمية الكهرباء (الشحنة) التي تجتاز مقطعا من الناقل خلال واحدة الزمن

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

2.2.1.الشدة اللحظية

هي مشتق الشحنة الكهربائية بالنسبة للزمن

$$i = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{dQ}{dt}$$

وحدة التيار في النظام الدولي هي أمبير (Ampère A) : $A = C/s$

الأمبير (1A) هي شدة التيار المكافئة لشحنة قدرها 1 كولوم تمر خلال سطح في 1 ثانية

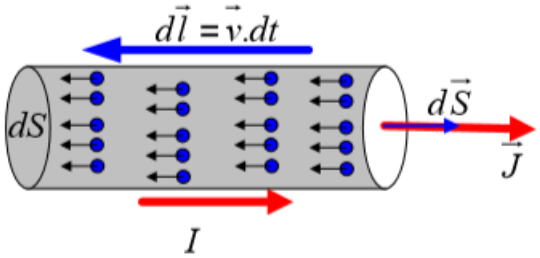
3.1.إتجاه التيار الكهربائي

هناك العديد من الظواهر الفيزيائية التي تثبت مرور التيار الكهربائي مثل فعل جول الحراري, انحراف الإبرة الممغنطة.

برهنت معظم هذه التجارب على أن للتيار الكهربائي اتجاها, و قد اصطلح على أنه نتيجة لحركة الشحنات الموجبة من القطب السالب إلى القطب الموجب داخل المولد, و من القطب الموجب إلى القطب السالب خارج المولد.

4.1. كثافة التيار الكهربائي

نعتبر ناقلا مقطعه $\overrightarrow{ds}$, ليكن n عدد الشحنات q المتحركة و المحصورة داخل واحدة الحجم و تتحرك بسرعة ثابتة $\vec{v}$



تتقدم الشحنات خلال المدة الوجيزة dt بمسافة: $\overrightarrow{dl} = \vec{v}dt$

خلال نفس المدة dt , الشحنة dQ المحصورة داخل حجم عنصري dV من الناقل هي:

$$dQ = n.q.dV$$

و بما أن : $$dV = \overrightarrow{dl}.\overrightarrow{dS}$$

فإن: $$dQ = n.q.\vec{v}.dt.\overrightarrow{dS}$$

و منه: كثافة التيار الكهربائي هي المقدار الشعاعي $\vec{J}$ المساوي للشحنة المارة خلال واحدة الزمن عبر واحدة السطح

$$\vec{J} = n.q.\vec{v}$$

و ثمة فإن: $$dQ = \vec{J}.dt.\overrightarrow{dS}$$

إذا كان $\vec{S}$ يمثل شعاع السطح للمقطع العرضي للناقل, و المنطبق على الشعاع $\vec{J}$ فإن شدة التيار الكهربائي هي المقدار السلمي

$$I = \frac{dQ}{dt} = \int_S \vec{J}.\overrightarrow{dS}$$

$$I = \vec{J}.\vec{S} \qquad \Rightarrow I = n.q.v.S$$

<u>مثال</u>

مادة من الفضة كتلتها الحجمية تساوي $10.5\ g/Cm^3$ الكتلة المولية الجزيئية لها تساوي $107.9\ g/mol$, ذات مقطع دائري منتظم نصف قطره $0.05\ cm$ فإذا كانت هذه المادة يجتازها تيارا منتظما قدره $1\ A$.

أحسب كثافة التيار الكهربائي و سرعة الشحنات المتحركة داخل الموصل مع افتراض أن ذرة الفضة تعطي إلكترونا واحدا طليقا (حرا).

<u>حل</u>

كثافة التيار :

$$J = \frac{I}{S} = \frac{I}{\pi r^2} = \frac{1}{\pi(0.05)^2} = 127.4\ A/cm^2 = 1.274\ 10^6\ A/m^2$$

لدينا: $$V = \frac{M}{\rho_a}$$

عدد الذرات في وحدة الحجم هي:

$$n = \frac{N}{V} = \frac{N.\rho_a}{M}$$

حيث : ρ_a الكتلة الحجمية للفضة, M الكتلة المولية الجزيئة و N عدد أفوقادرو

$$n = \frac{6.03\ 10^{23} \times 10.5}{107.9} = 5.86 \times 10^{22}$$

و حيث إن كل ذرة تعطي إلكترونا حرا واحدا فإن عدد الالكترونات لوحدة الحجوم تساوي:

$$n = 5.86 \times 10^{22}\ electrons/cm^3 = 5.86 \times 10^{28}\ electrons/m^3$$

سرعة تحرك الالكترونات :

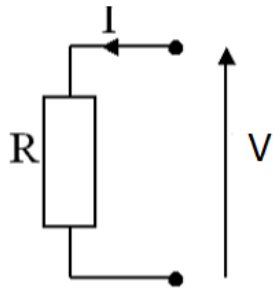
$$J = n.q.v \ \Rightarrow\ v = \frac{J}{n.q} = \frac{1.274 \times\ 10^6}{5.86 \times 10^{28} \times 1.602\ \times 10^{-19}} = 1{,}357 \times 10^{-4}\ m/s$$

2.قانون أوم

السهولة التي تتدفق بها الشحنات بين قطبين تتعلق بالطريقة التي يربط بها هذين القطبين. إذا وصلناهما بسلك توصيل, فإن الشحنات لا تواجه أي صعوبات تذكر للانتقال, أما إذا وصلناهما بعازل, فإن كل انتقال للشحنات يصبح صعبا جدا, إن لم يكن مستحيلا هذه الخاصية التي تميز المادة, بالسماح أو بمنع الشحنات الكهربائية من المرور, تسمى ب مقاومة المادة المذكورة. تقاس المقاومة ب الأوم (Ω).

في حين تكون مقاومة المعادن ضعيفة, فإن مقاومة العوازل كبيرة جدا و لا متناهية. توجد عناصر صغيرة تسمى مقاومات يمكن لمقاومتها أن تتراوح بين بضع أومات إلى ملايين الأومات.

بالنسبة لناقل معدني, تحت درجة حرارة ثابتة, فإن النسبة بين فرق الكمون (التوتر) بين طرفيه, و شدة التيار الكهربائي I الذي يجتازه, ثابتة و تساوي مقاومة الناقل



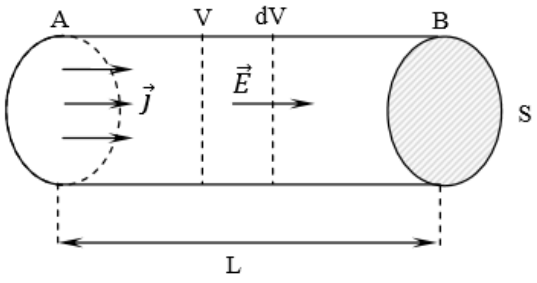
$$R = \frac{V}{I} = Cte$$

هذه العبارة بين شدة التيار و التوتر و المقاومة تعرف ب قانون أوم.

قانون أوم يظهر أنه من أجل فرق في الكمون محدد, يمكن وضع عدد من المقاومات في

الدارة و هذا للحد من شدة التيار الكهربائي الذي يعبر الجهاز المغذي كهربائيا.

نأخذ على سبيل المثال ناقل معدني أسطواني طوله $L =$ و مساحة مقطعه S موضوع في حقل كهربائي $\vec{E}$



يعطى فرق الكمون الكهربائي بين نقطتين:

$$V = V_A - V_B = \int_A^B \vec{E}.\overrightarrow{dl}$$

بما أن الناقل سلكا مقطعه S , فإن الحقل الكهربائي منتظم على طول السلك, أي:

$$V = E.L; \qquad I = J.S$$

فيكون لدينا: $V = R.I = E.L \quad \Rightarrow R.J.S = E.L$

نحصل على عبارة جديدة لكثافة التيار بدلالة الحقل الكهربائي:

$$J = \left[\frac{L}{R.S}\right] E = \sigma.E$$

$$\vec{J} = \sigma.\vec{E}$$

و هي طريقة ثانية لكتابة قانون أوم, حيث: $\sigma = \frac{L}{R.S}$

و هكذا يمكن كتابة عبارة مقاومة ناقل على الشكل:

$$R = \frac{L}{\sigma.S} = \rho\frac{L}{S}$$

يدعى الثابت σ بالناقلية الكهربائية. وحدته في النظام الدولي $\Omega^{-1}m^{-1}$, و نميز الوسط عادة بالمقاومية, ويرمز لها بρ , و هي مقلوب الناقلية: $\rho = \frac{1}{\sigma}$

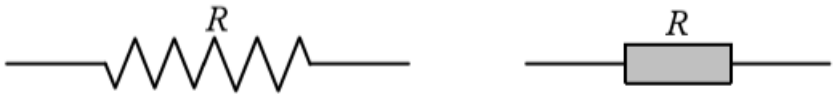
وحدة المقاومية في النظام الدولي:Ωm. تمتلك كل المواد الأومية مقاومة تعتمد على خواص المادة و درجة الحرارة.

نطبق علاقة أوم لحساب مقاومة ناقل أومي متجانس:

$$J = \sigma.E = \frac{E}{\rho} = \frac{I}{S} \Rightarrow I = \frac{E.S}{\rho}; \qquad R = \frac{V}{I} = \frac{\rho.V}{E.S}$$

3. ربط النواقل الأومية (المقاومات)

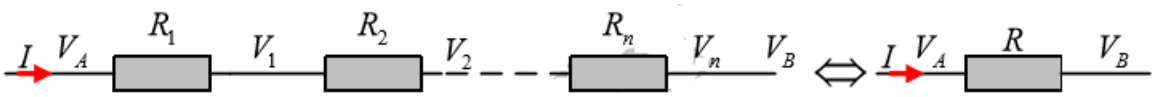
نمثل المقاومة بأحد الرسمين:



نميز حالتين لربط المقاومات:

1.3. الربط على التسلسل

يسري في المقاومات التيار نفسه و فرق الكمون هو مجموع فروق الكمونات



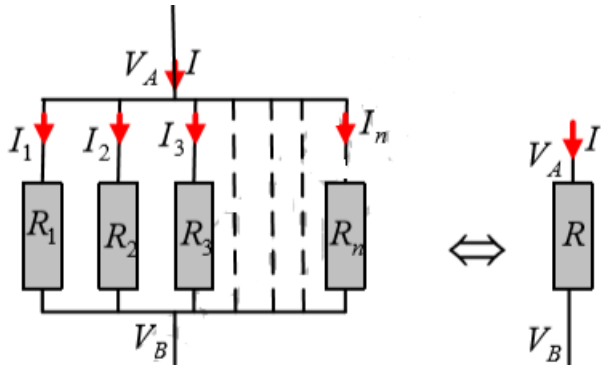
$$V_A - V_B = V_1 + V_2 + \cdots V_n = R_1 I + R_2 I + \cdots R_n I = R_{éq} I$$

/المقاومة المكافئة:

$$R_{éq} = \sum_{i=1}^{n} R_i$$

1.3. الربط على التفرع

كل المقاومات لها فرق الكمون نفسه: $V = V_A - V_B$



المقاومة المكافئة تحمل تيارا:

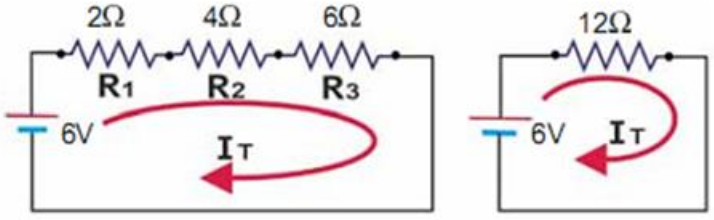
$$I = I_1 + I_2 + \cdots + I_n = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \cdots + \frac{V}{R_n} = V \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{R_i} = \frac{V}{R_{éq}}$$

المقاومة المكافئة:

$$\frac{1}{R_{éq}} = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{R_i}$$

مثال

وصلت ثلاث مقاومات على التوالي بين قطبي بطارية جهدها $V = 6V$
أحسب مقاومة المقاومة المكافئة و التيار الكلي؟



الحل

مقاومة المقاومة

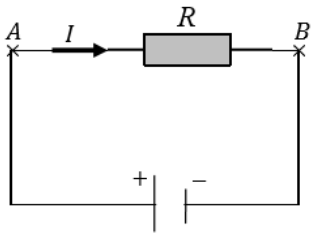
$$R_{éq} = 2 + 4 + 6 = 12\Omega$$

التيار الكلي

$$I = \frac{V}{R_{éq}} = \frac{6}{12} = 0.5A$$

4. فعل جول

ليكن تيار كهربائي I يعبر مقاومة موصولة تحت فرق كمون ثابت, عندما يسري هذا التيار لمدة زمنية t , فإن مقدار $q = I.t$ من الشحنة يكون قد تجول عبر هذه الدارة من خلال المولد,



و يرافق ذلك تجول طاقة بين A و B (عمل منجز من قبل الشحنة).

$$W = q.V = q(V_A - V_B) = I.t(V_A - V_B)$$

لدينا بين A وB ناقل مقاومته فيكون:

$$V_A - V_B = R\,I \quad \Rightarrow \quad W = R\,I^2 t$$

يوافق استطاعة (عمل منجز خلال واحدة الزمن):

$$P = \frac{dW}{dt} = RI^2 \quad (Watt \text{ واط})$$

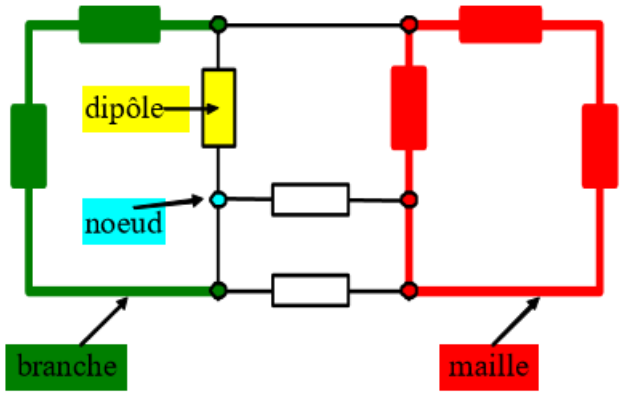
تبين التجربة أن هذه الطاقة تظهر على شكل حرارة ضائعة في المادة الناقلة إلى الخارج و يدعى هذا الإصدار بفعل جول.

تبدد الطاقة على شكل حرارة يوحي لنا بتماثل بين المقاومة الكهربائية و قوى الاحتكاك الميكانيكي. كل احتكاك يؤدي إلى ضياع في الطاقة الميكانيكية الذي نجده على شكل حرارة (طاقة حرارية), بينما في المقاومة الكهربائية, احتكاك الالكترونات داخل المادة يؤدي بالمثل إلى تبدد الطاقة الكهربائية على شكل طاقة حرارية. هنا تتجلى لنا فائدة النواقل الفائقة الناقلية, أي المواد ذات المقاومة المعدومة التي تسمح لنا بنقل التيار الكهربائي بدون أي ضياع للطاقة.

II.الشبكات الكهربائية

1.عناصر الدارة الكهربائية

تتكون الدارة الكهربائية من مجموعة عناصر تسمى ثنائيات القطب موصلة فيما بينها بأسلاك ناقلة فتشكل بنية مغلقة.



- العقدة (nœud) هي نقطة من الدارة حيث تصل ثلاث أسلاك أو أكثر
- الفرع (branche) هو جزء من الدارة محصور بين عقدتين
- العروة (maille) هي مجموعة فروع تشكل حلقة مغلقة
- ثنائي القطب (dipôle) ينحصر في دارة كهربائية بواسطة قطبين يدخل التيار من أحدهما و يخرج من الثاني, يتميز ثنائي القطب بالاستجابة لفرق الكمون بين طرفيه.
- ثنائي القطب الخامل (dipôle passif) يستهلك الطاقة الكهربائية
- ثنائي القطب النشط (dipôle actif) ينتج تيارا كهربائيا
- أسلاك التوصيل (Fils de jonction) نهمل مقاوماتها أمام مقاومات ثنائيات القطب أخرى
- الشبكة (Réseau) هي مجموعة من الدارات الكهربائية

ملاحظة

في الدراسة العملية لثنائيات القطب يستعمل مصطلحين:

مصطلح المولد: التوتر و التيار الكهربائي موجهان إيجابا و في نفس الجهة

مصطلح الآخذة (عنصر استقبال): التوتر و التيار الكهربائي موجهان إيجابا و في اتجاهين متعاكسين

2. دور المولد: القوة المحركة الكهربائية

يجب على المولد أن يكون قادرا على بذل عمل كهربائي على الشحنات لتمريرها من خلاله من القطب ذي الكمون المنخفض إلى القطب ذي الكمون العالي.

يمكن تعريف القوة المحركة الكهربائية هي فرق الكمون المعطى من طرف المولد (وحدتها فولط) سنرمز لها في الشبكات ب e لأن القوة المحركة الكهربائية لمنبع كهربائي هي العمل المبذول على واحدة الشحنة لنقلها خلال دارة مغلقة فإذا كان dW هو العمل المبذول لتمرير شحنة مقدارها dq خلال الفترة الزمنية الصغيرة dt في الدارة فإن القوة المحركة الكهربائية e يكون:

$$e = \frac{dW}{dq}$$

بما أن الاستطاعة هي العمل المبذول خلال واحدة الزمن فإن:

$$P = \frac{dW}{dt} \Rightarrow P = e.\frac{dq}{dt} = e.I$$

نعرف من جهة أخرى أن

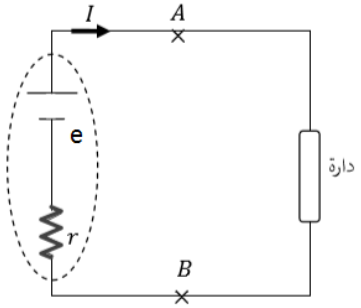
$$V = V_A - V_B = \int_A^B \vec{E}.\overrightarrow{dl} = e$$

في حالة دارة مغلقة, الاستطاعة الكلية المقدمة بين A و A من قبل قوة كولوم تساوي

$$P = V.I = I\int_A^B \vec{E}.\overrightarrow{dl} = I(V_A - V_B) = 0$$

و هذا يعني أن الحقل الكهروساكن لا يضمن استمراريه تيار كهربائي في دارة مغلقة إذن يجب على قوة أخرى غير القوة الكهروساكنة من تمكين حاملات الشحنة صعود الكمون و التغلب عليه. للحصول على تيار كهربائي متواصل في دارة مغلقة لا بد من تغذية الدارة بطاقة تنتجها المولدات الكهربائية.

يمثل المولد بدارة مكافئة تتكون من قوة محركة كهربائية e موصلة على التسلسل مع مقاومة r تسمى المقاومة الداخلية للمولد.



عندما نوصل بين طرفي هذا المولد دارة خارجية , فإن تيارا يمر في الدارة. يمكن التعبير عن التعبير عن موازنة الطاقة بمفهوم الاستطاعة :e

- الاستطاعة المقدمة من طرف المولد: $P = e.I$
- الاستطاعة المستهلكة في الدارة الخارجية : $P = (V_A - V_B).I$
- الاستطاعة المستهلكة في المولد : $P = r.I^2$

إذن : $e.I = I(V_A - V_B) + r.I^2$

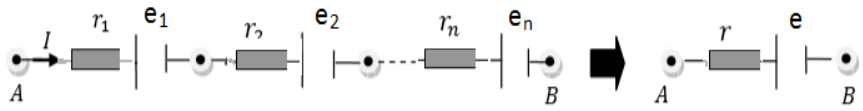
الجهد (الكمون) المستعمل من طرفي المولد: $V_A - V_B = e - rI$

نعرف مردود المولد على أنه النسبة بين الاستطاعة المستعملة في الدارة الخارجية و الاستطاعة الكهربائية المقدمة من طرف المولد, أي:

$$Rendement = \frac{(V_A - V_B)I}{e.I} = \frac{(V_A - V_B)}{e} \leq 1$$

ملاحظات

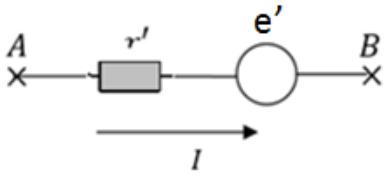
- يكون المولد أكثر فعالية (المردود يقترب من 1) عندما يكون فرق الكمون بين طرفي مقاومته الداخلية صغيرا جدا أو مهملة أمام قوته المحركة الكهربائية
- نقول عن مولدين أنهما على التسلسل إذا مر فيهما التيار نفسه و كان القطب الموجب لأحدهما موصولا بالقطب للأخر



$$e = \sum_{i=1}^{n} e_i \quad ; \quad r = \sum_{i=1}^{n} r_i$$

3. القوة المحركة الكهربائية العكسية

عنصر الاستقبال هو جهاز هدفه تحويل الطاقة الكهربائية إلى شكل آخر للطاقة مثل المحركات. يمثل عنصر الاستقبال بدارة مكافئة, تتكون من قوة مضادة للقوة المحركة الكهربائية وحدتها الفولط, نرمز لها ب e' موصولة على التسلسل مع مقاومته الداخلية r'



- الاستطاعة المستقبلة في عنصر الاستقبال على شكل كهربائي: $P = I(\ _A - V_B)$
- الاستطاعة المحولة: $P = e'.I$
- الاستطاعة المستهلكة على شكل حراري: $P = r'.I^2$

باستعمال موازنة الاستطاعة:

$$(V_A - V_B)I = e'I + r'I^2$$

$$(V_A - V_B) = e' + r'I$$

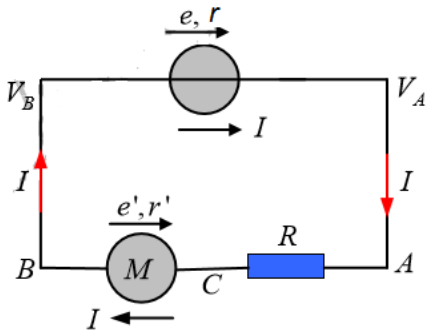
مردود جهاز الاستقبال يساوي النسبة بين الاستطاعة المستعملة التي يقدمها عنصر الاستقبال إلى الاستطاعة المستهلكة من طرفه:

$$Rendement = \frac{e'.I}{(V_A - V_B)I} = \frac{e'}{(V_A - V_B)} \leq 1$$

III.القوانين المسيرة للدارات الكهربائية

1.معادلة الدارة الكهربائية

لتكن الدارة الممثلة على الشكل التالي المتكونة من مولد قوته المحركة الكهربائية e و مقاومته الداخلية r , مقاومة خارجية R , و محرك قوته المحركة الكهربائية العكسية e' و مقاومته الداخلية r' (عنصر استقبال هدفه تحويل الطاقة الكهربائية إلى شكل آخر للطاقة الميكانيكية).



المولد ينتج استطاعة كهربائية: $P = e.I$

المقاومة الخارجية يحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية مقدارها: RI^2

المقاومة الداخلية للمولد هي بدورها تستهلك استطاعة مقداره: rI^2

المحرك $(e' < e)$ يستهلك استطاعة $e'I$ التي يحولها إلى طاقة ميكانيكية و مقاومته الداخلية تستهلك استطاعة تساوي $r'I^2$

حسب قانون إنحفاظ الطاقة فإن الطاقة المنتجة تساوي الطاقة المستهلكة:

$$eI = e'I + RI^2 + rI^2 + r'I^2$$

إذن شدة التيار الذي يجتاز الدارة:

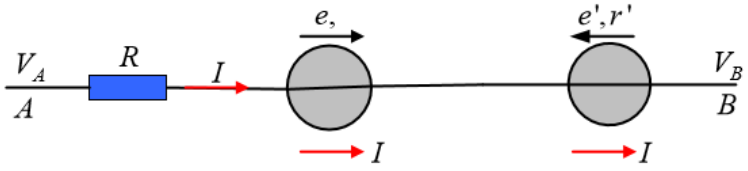
$$I = \frac{e - e'}{R + r + r'}$$

في الحالة العامة إذا رمزنا ب r للمقاومات الداخلية و ب R للمقاومات الخارجية فإن شدة التيار الكهربائي في دارة كهربائية تساوي المجموع الجبري للقوى المحركة الكهربائية مقسومة على مجموع المقاومات, تسمى هذه العلاقة بمعادلة الدارة الكهربائية:

$$I = \frac{\sum e}{\sum r + \sum R}$$

2. فرق الكمون بين نقطتين من دارة (قانون أوم المعمم)

يمثل الشكل جزءا من دارة كهربائية يجتازها تيار شدته I , يزود هذا الجزء AB باستطاعة $P = V.I$, حيث V فرق الكمون بين النقطتين A و B .



نرمز إلى المقاومة الكلية للجزء (نواقل أومية, مقاومات داخلية للمولدات أو آخذات....) ب: $R = \sum R_i$

نرمز إلى المجموع الجبري لكل القوى المحركة الكهربائية و القوى المحركة الكهربائية العكسية ب: $e = \sum e_i$

حسب قانون إنحفاظ الطاقة فإن الاستطاعة المنتجة تساوي الاستطاعة المستهلكة:

$$V.I + \left(\sum e_i\right) I = \left(\sum R_i\right) I^2$$

في الأخير نحصل على ما يسمى بالقانون أوم المعمم:

$$V = (V_A - V_B) = \left(\sum R_i\right) I - \sum e_i$$

ملاحظة

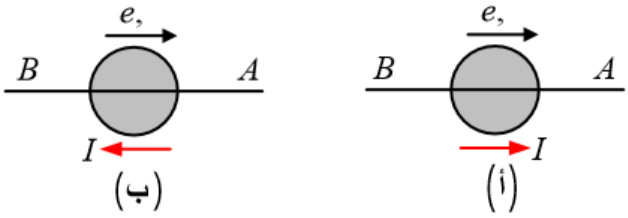
إذا كانت النقطة A منطبقة على النقطة B (دارة مغلقة) فإن:

$$\left(\sum R_i\right) I - \sum e_i = 0$$

3. فرق الكمون بين طرفي مولد التوتر

يمثل الشكل التالي مولدا للتوتر باحتمالين:

أ. اتجاه التيار باتجاه القوة المحركة الكهربائية, أي أن التيار يخرج من القطب الموجب للمولد
ب. اتجاه التيار بعكس اتجاه القوة المحركة الكهربائية, أي أن التيار يخرج من القطب السالب للمولد



نستخدم على الجزء من الدارة العلاقة العامة:

$$V_{AB} = \sum R_i I - \sum e_i$$

فرضا نختار الاتجاه موجب من نحو B

الشكل (أ : e و I معاكستان للاتجاه المختار, إذن هما سالبتان

$$V_{AB} = \sum R_i I - \sum e_i = -rI - (-e)$$

هذه العبارة تمثل فرق الكمون بين طرفي المولد: $V_{AB} = e - rI$

الشكل (ب): e تعاكس الاتجاه الموجب المختار, إذن هي سالبة بينما يوافق الاتجاه الموجب المختار فهو موجب

$$V_{AB} = \sum R_i I - \sum e_i = rI - (-e)$$

$$V_{AB} = e + rI$$

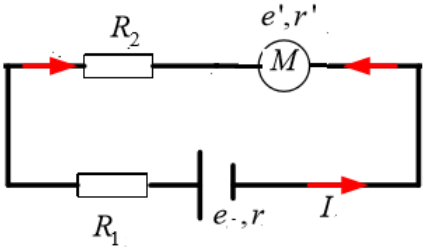
هذه العبارة الاخيرة تناسب أيضا فرق الكمون بين طرفي عنصر استقبال (آخذة) حيث e هي قوتها المحركة الكهربائية العكسية لأن المولد الذي يدخل من قطبه الموجب يسلك سلوك آخذة.

مثال

دارة كهربائية مكونة من الاجهزة التالية المربوطة مع بعضها على التسلسل:

- مولد قوته المحركة الكهربائية $e = 250$ و مقاومته الداخلية $r = 1\Omega$.
- محرك قوته المحركة الكهربائية العكسية $e' = 50V$ و مقاومته الداخلية $r' = 4\Omega$.
- مقاومتان $R_1 = 15\Omega$ و $R_2 = 10\Omega$

1. ما هي الشدة التي يجريها المولد؟



الحل

بتطبيق أوم على الدارة لدينا:

$$\left(\sum R_i + \sum r_i\right) I - \sum e_i = 0$$

$$I = \frac{\sum e}{\sum r + \sum R} = \frac{e - e'}{r + r' + R_1 + R_2} = \frac{200}{30} = 6.66A$$

4. قانون كيرشوف

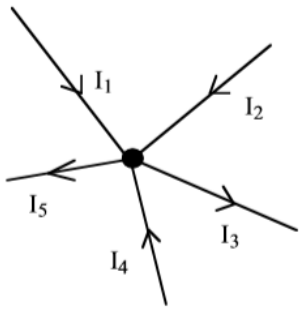
1.4. قانون كيرشوف الاول (قانون العقد)

و هو يمثل قانون انحفاظ الشحنة الكهربائية في العقدة حيث أن في عقدة من دارة كهربائية مجموع شدات التيارات الداخلة يساوي مجموع شدات التيارات الخارجة:

$$\sum I_{entrants} = \sum I_{sortants}$$

مثال

$$I_1 + I_2 + I_4 = I_3 + I_5$$



هذا يعني أن الشحنات لا تتراكم, و تتسرب عند عقدة من الشبكة أي ،أنها تخضع لقانون إنحفاظ الشحنة.

2.4. قانون كيرشوف الثاني (قانون العروات)

و هو يمثل قانون انحفاظ الطاقة, حيث أن التغيير الكلي للكمون على مسار عروة يساوي الصفر أي في عروة k من دارة كهربائية, المجموع الجبري لحاصل جداء المقاومة في التيار يساوي المجموع الجبري للقوى المحركة الكهربائية:

$$\sum_{k=1}^{n} e_k = \sum_{k=1}^{n} R_k I_k$$

هذا القانون مطابق لقانون فرق الكمون بين نقطتين من دارة إذا كانت منطبقة على النقطة فإن:

$$\left(\sum R\right) I - \sum e = 0$$

- نطبق قانون كيرشوف الاول (قانون العقد), إذا كان لدينا n عقدة سنحصل على $(n-1)$ معادلة
- نطبق قانون كيرشوف الثاني (قانون العروات) إذا كان لدينا b فرعا فإن عدد معادلات العروات $m = b - (n-1)$
- أفصل الشبكة إلى مكوناتها من العروات المستقلة, أي لها على الأقل فرع غير مشترك مع عروة أخرى, و أطبق قانون الثاني لكيرشوف.