الفصل الرابع

الكهرباء المتحركة وتوليد الطاقة الكهربائية

محتويات الفصل

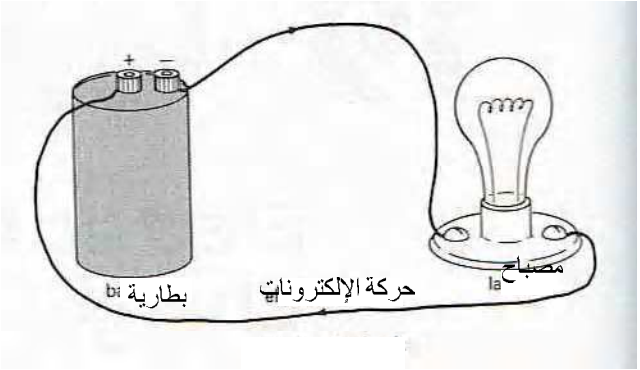
مقدمة
التيار الكهربائي
البطارية التجارية والبطارية الجافة
جمع البطاريات
مقاومة الناقل
قانون أوم
القدرة الكهربائية المنتجة والمستهلكة
نقل الطاقة الكهربائية
الدارات الكهربائية
الدارات المتسلسلة
الدارات المتوازية
طرق الحماية والصيانة الكهربائية في الأبنية العامة والمنازل.
ملخص الفصل
أسئلة

4-1 مقدمة

تعمل الأجهزة الكهربائية التي نستخدمها في حياتنا اليومية ومصانعنا نتيجة حركة الشحنات في المواد الناقلة، وهذا مانسميه التيار الكهربائي. وسندرس في هذه الوحدة كيفية حركة الشحنات ومقاومة المواد لهذه الحركة والطاقة الكهربائية المصاحبة لها. كما سندرس بعض الدارات الكهربائية البسيطة ومخاطر الأجهزة الكهربائية وسبل الوقاية من مخاطرها وصيانتها.

4-2 التيار الكهربائي

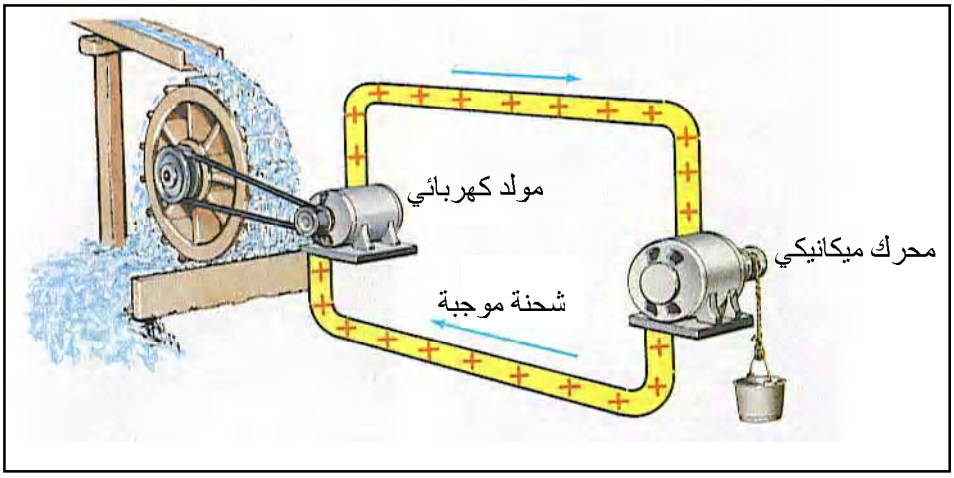
ذكرنا في تعريف النواقل، كالمعادن، أنها تحوي شحنات حرة وتسمح لها بالحركة، أي أن الإلكترونات في ذرات المادة غير مقيدة تماما بل تستطيع الحركة من مكان لآخر داخل المعدن. إلا أن حركة الإلكترونات الكلية عشوائية بحيث تكون نتيجة انتقالاتها معدومة. وهذا مايحدث في المواد المعدنية العادية التي تتوفر في حياتنا اليومية. أما إذا كانت هناك محصلة لانسياب الإلكترونات داخل المادة عندئذ يظهر التيار الكهربائي وهذا لايتحقق إلا إذا وجد سبب لذلك هو توفر فرق جهد كاف يدفع الشحنات من مواضع الجهد العالي للجهد المنخفض كالبطارية التي نشتريها من السوق أو نقطة الكهرباء الموجودة في الغرفة وهكذا، كما هو موضح بالشكل (4-1).



الشكل (4–1): بطارية تجارية تزود فرق جهد لإضاءة المصباح الكهربائي الصغير

وينتج التيار الكهربائي من حركة الشحنات السالبة (الإلكترونات) في بعض المواد، بينما ينتج من حركة الشحنات الموجبة في مواد أخرى. لكننا سنفترض في هذا الكتاب أن اتجاه التيار الكهربائي هو نفس اتجاه حركة الشحنات الموجبة، الذي يطلق عليه اسم **التيار التقليدي** (conventional current) .

ويتم توليد التيار الكهربائي عادة باستخدام مصادر طبيعية لتحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية، كما في الشكل (4–2) حيث تتحول طاقة الوضع الميكانيكية للماء الساقط من الشلال إلى طاقة حركية تدير المولد الكهربائي (الدينامو) الذي ينتج تيارا كهربائيا يشغل المحرك الميكانيكي. وهذا مشابه تماما لعملية توليد التيار الكهربائي في الدراجة الهوائية العادية، حيث يؤدي تلامس الدينامو مع إطار الدراجة وهو يدور لتوليد تيار كهربائي يشغل مصباح الدراجة.



الشكل (4–2): تحويل الطاقة الميكانيكية لطاقة كهربائية وبالعكس

ونعرف التيار الكهربائي المار في ناقل ما بمعدل الشحنة المارة من نقطة معينة بواحدة الزمن. فإذا افترضنا أن هناك ناقلا (سلكا معدنيا) بين طرفيه فرق جهد (ناتج عن بطارية مثلا)، عندئذ تتحرك الشحنات الموجبة من الجهد العالي للجهد المنخفض ويعطى التيار بالعلاقة:

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \qquad (1-4)$$

وتعطى وحدة التيار الكهربائي بالأمبير (A) (الذي يساوي 1 كولوم/ثانية). وتقدر التيارات الضعيفة بالميللي أمبير ($mA=10^{-3}$ A) أو بالمايكروأمبير ($\mu A=10^{-6}$ A).

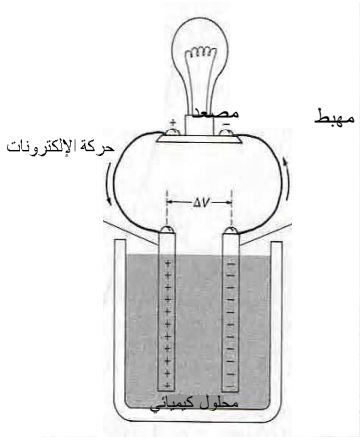
4-3 البطارية التجارية

ماهو تركيب البطارية التجارية وكيف تعمل لتشغيل المصباح اليدوي وغيره من الأجهزة الكهربائية؟

تحول البطارية التجارية الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية، وتتألف عادة من عدة خلايا كيميائية (cells) ولو أننا نطلق عادة اسم بطارية على خلية واحدة. وقد صمم الفيزيائي الإيطالي أليساندرو فولتا أول بطارية عملية وسميت وحدة القوة الكهربائية الدافعة الناتجة عن البطارية (فرق الجهد بين طرفيها) بالفولت نسبة له.

بعض أنواع البطاريات التجارية

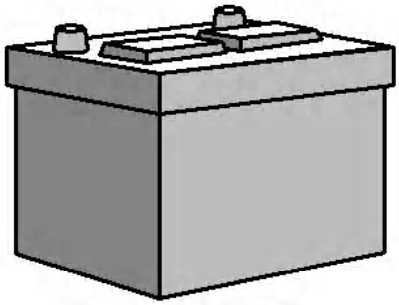
وتتكون البطارية الكيميائية أساسا من لوحين مغمورين في محلول كيميائي مناسب، كما في الشكل (4-3).



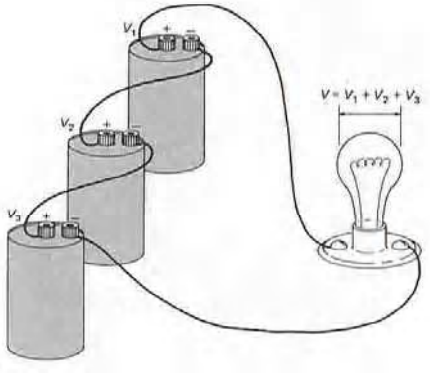
الشكل (4–3): بطارية كيميائية

وقد استخدم فولتا لوحين من الزنك والنحاس في محلول من أسيد الكبريت فتؤدي التفاعلات الكيميائية في الخلية لجعل أحد اللوحين سالب الشحنة، ويطلق عليه اسم **مهبط**، بينما يصير الثاني موجب الشحنة ويدعى **مصعد** ممايؤدي لتشكل فرق جهد بينهما. وعندما توصل البطارية بدارة كهربائية يسري تيار كهربائي من اللبوس الموجب للبوس السالب طالما بقي المحلول الكيميائي يتحلل. وتفقد البطارية قوتها تدريجيا عندما تنضب المادة الكيميائية فيها.

أما بطارية السيارة التي يطلق عليها اسم بطارية تخزين (storage battery) فتتألف من عدة خلايا كيميائية، ويمكن إعادة شحنها بواسطة إضافة المحلول الكيميائي بداخلها. وتتألف بطارية سيارة قوتها 12 فولت، كما في الشكل (4–4) مثلا، من ست خلايا قوة الواحدة 2 فولت مربوطة على التوالي بحيث يوصل القطب الموجب لواحدة بالقطب السالب للتي تليها وهكذا، ويقال في هذه الحالة أن الخلايا مربوطة على التسلسل أو التوالي بحيث تصير القوة الكهربائية الكلية للبطارية مساوية لمجموع قوى البطاريات الفردية المشكلة لها، كما في الشكل (4–6).



الشكل (4–4): بطارية سيارة



الشكل (4–5): جمع بطاريات على التوالي

4–4 المقاومة الكهربائية

لايمكن للشحنات الكهربائية أن تتحرك في ناقل ما دون مواجهة إعاقة ومقاومة لحركتها ناتجة عن طبيعة وتركيب الجسم المعني، تماما مثلما يواجه سائلا مقاومة (لزوجة) عند حركته في انبوب ما. فذرات المعادن تسمح، كما ذكرنا، للشحنات بالحركة فيها والانسياب بسهولة، بينما لايسمح الخشب أو الشمع مثلا بذلك. كما تختلف المعادن فيما بينها بسهولة سماحها لحركة الشحنات بداخلها، وهذا مانسميه **مقاومة كهربائية**. وعموما فإن مقاومة النواقل أقل بكثير من العوازل وأشباه النواقل.

مقاومات كهربائية مختلفة

وتعتمد المقاومة الكهربائية لناقل على نوعه، إذ تختلف مقاومة المعادن والمواد عن بعضها. كما تتغير المقاومة حسب الشكل الهندسي للجسم فتزداد مع طوله وتتناقص مع مساحة مقطعه، كما تزداد بارتفاع درجة حرارته. ويرمز للمقاومة الكهربائية بـــ R ووحدتها **الأوم** (Ω)، نسبة للفيزيائي الألماني جورج أوم الذي درس العلاقة بين التيار والمقاومة وفرق الجهد. وتعطى مقاومة سلك طوله L ومساحة مقطعه A بالعلاقة:

$$R = \rho \frac{L}{A} \qquad (2-4)$$

حيث تدل ρ على المقاومة النوعية للمادة وتعتمد على نوعها طبعا، كما هو موضح في الجدول 4–1. وتعطى وحدة المقاومة النوعية بـــ $\Omega.m$.

الجدول 4–1: المقاومة النوعية لبعض المواد

metals	ρ (nΩ·m)	nonmetals	ρ (Ω·m)
ألمنيوم	26.5	أوكسيد الألمنيوم (14 °C)	1×10^{14}
نحاس أصفر	64	أوكسيد الألمنيوم (300 °C)	3×10^{11}
كروم	126	أوكسيد الألمنيوم (800 °C)	4×10^{6}
نحاس عادي	17.1	كربون (ألماس)	2.7
ذهب	22.1	كربون (فحم)	650×10^{-9}
حديد	96.1	جرمانيوم	0.46
رصاص	208	بايركس 7740	40,000
زئبق	941	كوارتز	75×10^{16}
بلاتين	105	سيليكون	640
بلوتونيوم	1414	أوكسيد السيليكون (20 °C)	1×10^{13}
فضة	15.9	أوكسيد السيليكون (600 °C)	70,000
فولاذ	180	أوكسيد السيليكون (1300 °C)	0.004
فولاذ منظف	720	ماء (0 °C)	861,900
تنغستين	52.8	ماء (25 °C)	181,800
يورانيوم (0 °C)	280	ماء (100 °C)	12,740

4–5 قانون أوم

ذكرنا في تعريف التيار أننا نحتاج لفرق جهد لتحريك الشحنات ويتناسب التيار الكهربائي الناتج مع فرق الجهد المطبق بحسب العلاقة:

$$I \propto V$$

كما يتناسب عكسا مع مقاومة الناقل المار فيه، أي أن:

$$I \propto \frac{1}{R}$$

ومن ثم نكتب العلاقة بين التيار وفرق الجهد والمقاومة على النحو:

$$I = \frac{V}{R} \qquad (3-4)$$

تدعى العلاقة (3–8) **قانون أوم** ونستطيع بواسطتها حساب مقدار التيار الكهربائي المار في الدارات الكهربائية. وعادة ماتكتب المعادلة (3–8) بالشكل:

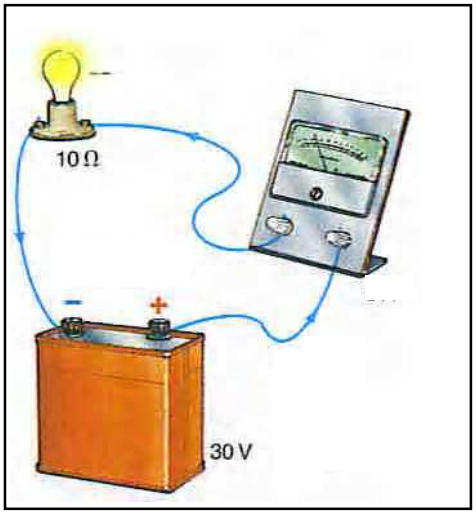
$$V = IR \qquad (4-4)$$

تسمى المقاومات التي تخضع للعلاقة السابقة **مقاومات أومية** (ohmic resistors)، أي أن التيار المار فيها يتناسب طرديا مع فرق الجهد بين طرفيها. ولو رسمنا العلاقة بين التيار وفرق الجهد لنتج خط مستقيم.

ويتم عادة قياس المقاومة في المختبر بربطها بمصدر فرق جهد يمكن تغييره بواسطة مقاومة متغيرة، ثم يقاس التيار المار فيها من أجل عدة قيم لفرق الجهد. وترسم العلاقة بين التيار وفرق الجهد وتقرب لأفضل خط مستقيم. وبحسب قانون أوم فإن ميل الخط المستقيم الناتج هو قيمة المقاومة المطلوبة.

مثال 4–1:

تشكل دارة كهربائية من مصباح مقاومته 10 Ω وبطارية قوتها 30 V و مقياس تيار، كما في الشكل (4–6). ماقراءة مقياس التيار؟



الشكل (4–6)

الحل:

نستخدم قانون أوم مباشرة ونكتب:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{30\,\text{V}}{10\,\Omega} = 3\,\text{A}$$

4–6 القدرة الكهربائية المنتجة والمستهلكة

عندما يتحرك تيار كهربائي في دارة مغلقة، فإن الشحنات تتحرك من الجهد المرتفع إلى الجهد المنخفض وبالتالي فإن هناك شغل مبذول عليها. وبحسب ماعرفنا في الوحدة السابعة فإن هذا الشغل يساوي تغير طاقة الوضع للشحنة عندما تنتقل بين نقطتين فرق الجهد بينهما V والذي يعطى بالعلاقة:

$$W = \Delta U = qV \qquad (5\text{–}4)$$

وبما أن القدرة المبذولة تساوي الشغل الناتج مقسوما على الزمن اللازم لشغله، لذا تصير القدرة الكهربائية المصاحبة لسريان شحنات q متتالية خلال زمن t معطاة بالعلاقة:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{qV}{t} = IV \qquad (6-4)$$

وتعطى وحدة القدرة الكهربائية بـــ J/s=watt .

فإذا سرى تيار I في مقاومة R فإن ***القدرة الكهربائية المستهلكة*** فيها، أي الطاقة الكهربائية المستهلكة بواحدة الزمن، هي:

$$P = IV = I^2R = \frac{V}{R^2} \qquad (7-4)$$

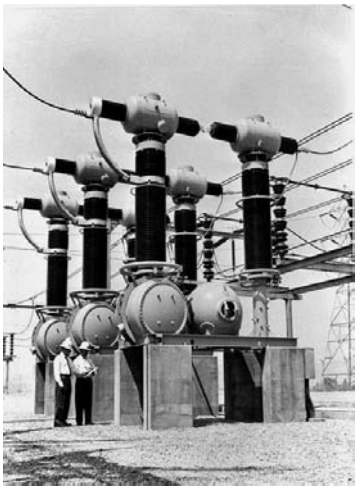
أما ***القدرة الكهربائية المنتجة*** من بطارية قوتها V تصدر تيارا I فيساوي:

$$P = IV \qquad (8-4)$$

وتعطى الطاقة الكهربائية المنتجة أو المستهلكة خلال زمن ما t بالعلاقة:

$$W = Pt = I^2Rt = IVt \qquad (9-4)$$

وتتحول الطاقة الكهربائية المستهلكة في مقاومة خلال زمن معين لطاقة حرارية، لذلك تسخن المقاومة وترتفع درجة حرارتها.



محطة توليد طاقة

مثال 4–2

يشغل مصباح كهربائي قدرته 60 W بواسطة فرق جهد 220 V. ماالتيار المار في المصباح وكمية الطاقة المستهلكة في أربع ساعات؟ ما مقاومة المصباح؟

الحل:

بما أن قدرة المصباح 60 W ويعمل بفرق جهد 220 V لذا نستخدم العلاقة (4–8) ونكتب:

$$P = IV \Rightarrow I = \frac{P}{V} = \frac{60\,\mathrm{W}}{220\,\mathrm{V}} = 0.27\,\mathrm{A}$$

أما كمية الطاقة المستهلكة في أربع ساعات فتعطى بالعلاقة (4–9) ونكتب:

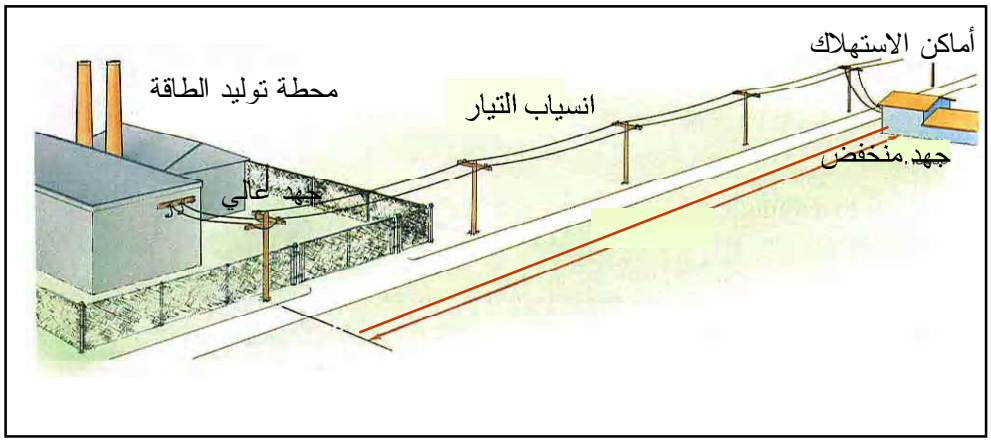
$$W = Pt = (60\,\mathrm{W}) \times (4 \times 3600\,\mathrm{s}) = 216\,\mathrm{kJ}$$

ونجد مقاومة المصباح من قانون أوم:

$$I = \frac{V}{R} \Rightarrow R = \frac{V}{I} = \frac{220\,\mathrm{V}}{0.27\,\mathrm{A}} = 806.7\,\Omega$$

4-7 نقل الطاقة الكهربائية

يتم توليد الطاقة الكهربائية بعدة وسائل كالشلالات المائية والطاقة النووية والبترول وغيرها. وحتى يستفاد من هذه الطاقة يجب نقلها من محطات التوليد البعيدة إلى المدن والقرى وهذه المسافة قد تكون كبيرة جدا في بعض الأحيان، كما في الشكل (4-7). لكن الأسلاك الكهربائية المستخدمة لنقل الطاقة لها مقاومة معينة (ولو أنها صغيرة تصل لحوالي 0.2 W/km) مما يعني أن الطاقة الكهربائية المستهلكة أسلاك النقل الطويلة ستكون كبيرة مالم يتم نقلها بطريقة اقتصادية وعملية.



الشكل (4-7): نقل الطاقة من محطات التوليد لأماكن الاستهلاك

ويتم عادة تقليل الطاقة الكهربائية الضائعة في أسلاك النقل (I^2R) بجعل التيار المار فيها أصغر مايمكن. وبما أن القدرة الناتجة عن المولد ($P=IV$) ثابتة لذا يرفع فرق الجهد عند موقع التوليد أكبر مايمكن بحيث يصل أحيانا لربع مليون فولت مما يؤدي لخفض التيار في أسلاك النقل بشكل كبير. ويستخدم محول مناسب عند مواقع الاستهلاك لخفض الجهد وزيادة التيار.

مثال 4-3

ماالقدرة المستهلكة (الضائعة) في سلك نقل طوله 3.5 كم إذا علمت أن مقاومته 0.2 Ω/km وأن التيار المار فيه يساوي 41 A ؟

الحل:

نحسب المقاومة الكلية للسلك:

$$R = (0.2\Omega/\text{km})(3.5\text{km}) = 0.7\Omega$$

ونجد القدرة الضائعة من العلاقة:

$$P = I^2R = (41\text{A})^2(0.7\Omega) = 1200\,\text{W}$$

وهذه كمية كبيرة من الطاقة الضائعة في كل ثانية مالم يتم خفض التيار بشكل كبير.

4-8 الكيلو وات – ساعة (kW- h)

تقوم شركات توليد وبيع الكهرباء بحساب الطاقة التي يستهلكها منزل أو محل بواسطة حساب عدد ساعات الاستهلاك وضرب ذلك بقدرة كل جهاز كهربائي مستخدم (الطاقة المستهلكة بواحدة الزمن). وحيث أن الطاقة تعطى بالجول حيث:

$$1\text{J}=1\text{W-s}$$

وهذه كمية صغيرة من الطاقة، لذا تحسب شركات الكهرباء كمية الاستهلاك بالكيلو وات – ساعة الذي يساوي:

$$1\text{kW-h}=(1000\,\text{J})\times(3600\text{s})=3.6\times10^6\,\text{J}$$

ويتم بيع الطاقة بالكيلو وات – ساعة.
ويعطي الجدول 4–2 القدرة المستهلكة والتيارات الضرورية في بعض الأجهزة المنزلية.

الجدول 4–2: القدرة المستلكة في بعض الأجهزة الكهربائية المنزلية

الجهاز المستخدم	القدرة الكهربائية (W)	التيار اللازم (A) $I=P/V$, V=240 V
مكيف	1500	6.25
خلاط	180	0.75
سخان قهوة	1625	7.75
غسالة	1200	5
مكواة	1100	4.5
ثلاجة	400	2.1
فرن	6000	25
تلفزيون ملون	100	0.42

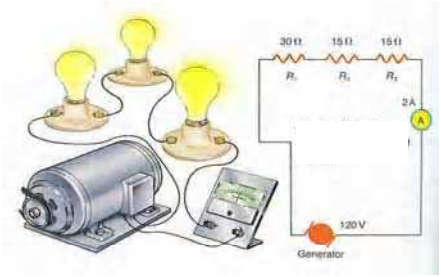
4–9 الدارات الكهربائية

تتألف أي دارة كهربائية بسيطة من مولد لفرق الجهد (كالبطارية التجارية أو مفتاح الكهرباء المنزلي أو دينامو الدراجة الهوائية) متصلة بواسطة أسلاك

كهربائية بجهاز (أو أجهزة)، له مقاومة كهربائية معينة. ويحسب التيار المار في الدارة بواسطة قانون أوم.
ويتم وصل الأجهزة الكهربائية (أي المقاومات) عادة بإحدى وسيلتين: على التسلسل (أو التوالي) (series) أو على التوازي (parallel).

4-9 أ الدارات المتسلسلة

تتألف الدارة المتسلسلة من عدة أجهزة كهربائية (مقاومات) مربوطة ببعضها على التوالي بينما يوصل طرف أولاها وطرف آخر واحدة منها بمولد تيار مستمر بحيث يمر **نفس التيار** في كل جهاز، كما هو موضح في الشكل (4-8).



الشكل (4-8): دارة متسلسلة

ولمعرفة التيار المار في الدارة نلاحظ أن فرق الجهد الكلي يساوي مجموع فروق الجهد بين طرفي كل مقاومة، أي أن:

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

ولكن بحسب قانون أوم فإن فرق الجهد بين طرفي مقاومة يعطى بالعلاقة (4-4)، لذا نكتب العلاقة السابقة بالشكل:

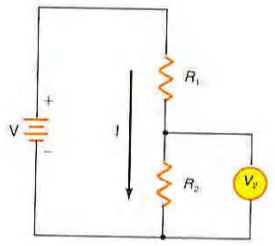
$$V = (IR_1 + IR_2 + IR_3) = IR_T$$

حيث تكون المقاومة الكلية البديلة للمقاومات المربوطة مساوية إلى:

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 \qquad (10-4)$$

مثال 4-4

تشكل دارة متسلسلة من مقاومتين R_1=5 Ω و R_2=10 Ω مربوطتان ببطارية قوتها 45 V، كما في الشكل (8-9). ماالتيار المار في الدارة ومافرق الجهد بين طرفي R_2؟



الشكل (4-9)

الحل:

نحسب المقاومة الكلية للدارة من العلاقة (4-10) فنجد:

$$R_T = R_1 + R_2 = 5 + 10 = 15\ \Omega$$

ثم نحسب التيار من العلاقة:

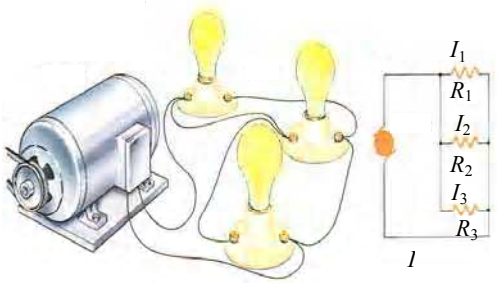
$$I = \frac{V_T}{R_T} = \frac{45\,\text{V}}{15\,\Omega} = 3\,\text{A}$$

أخيرا نجد فرق الجهد بين طرفي المقاومة R_2 من قانون أوم:

$$V_2 = IR_2 = (3\,\text{A})(10\,\Omega) = 30\,\text{V}$$

4-9 ب **الدارات المتوازية**

يتفرع التيار في الدرات المتوازية في عدة فروع، كما في الشكل (4-10)، لكن فرق الجهد بين طرفي كل مقاومة يبقى نفسه.



الشكل (4-10): دارة متوازية

لذلك يمكن حساب التيار في كل فرع بسهولة من العلاقة:

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

لكن التيار الكلي الناتج عن المولد هو مجموع التيارات الفرعية، أي ان:

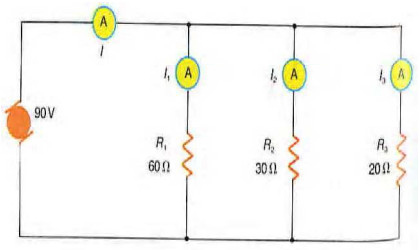
$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3} = \frac{V}{R_T}$$

أي أن المقاومة الكلية R_T تعطى بالعلاقة:

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \qquad (11\text{-}4)$$

مثال 4-5

تتألف دارة متوازية من ثلاثة مصابيح مربوطة بمولد فرق جهد، كما في الشكل (4-11). ما التيار الكلي في الدار وما التيار المار في كل مصباح ؟



الشكل (4-11)

الحل:

نحسب المقاومة الكلية في الدارة:

$$\frac{1}{R_T}=\frac{1}{20}+\frac{1}{30}+\frac{1}{60}=\frac{6}{60}\Rightarrow R_T=\frac{60}{6}=10\Omega$$

ونجد التيار الكلي في الدارة بكتابة:

$$I=\frac{V_T}{R_T}=\frac{90\,\mathrm{V}}{10\Omega}=9\,\mathrm{A}$$

كما نجد التيار في كل مقاومة من العلاقة:

$$I_1 = \frac{V_T}{R_1} = \frac{90\,\text{V}}{20\,\Omega} = 4.5\,\text{A}$$
$$I_2 = \frac{V_T}{R_2} = \frac{90\,\text{V}}{30\,\Omega} = 3.0\,\text{A}$$
$$I_3 = \frac{V_T}{R_3} = \frac{90\,\text{V}}{60\,\Omega} = 1.5\,\text{A}$$

سؤال: هل توصل المصابيح في أسلاك الزينة الطويلة على التوالي أم التوازي؟

الإجابة: توصل المصابيح على التوالي حتى يمر فيها نفس التيار وتحوي المصابيح الحديثة مقاومة إضافية تدعى ***موزعة*** (shunt) بحيث أنه إذا احترق المصباح يمر التيار في الموزعة ولاينقطع عن بقية المصابيح التي تبقى مضاءة. في الماضي لم تكن هذه الموزعة متوفرة لذلك كانت المصابيح كلها تنطفئ في حال احتراق أحدها ووجب عندئذ البحث عن المصباح المعطل لاستبداله.

4-10 طرق الحماية والصيانة الكهربائية في الأبنية العامة والمنازل

تعتبر الكهرباء والأجهزة الكهربائية جزءا أساسا في حياتنا الومية ومصدرا للحرارة والضوء والقدرة الكهربائية الضرورية لتشغيل الأجهزة الكهربائية في البيوت والمصانع. إلا أنه يجب التعامل مع الكهرباء بحذر وحيطة لأن سوء استعمالها يؤدي لعواقب وخيمة قد تكون مميتة أحيانا. وبشكل عام فإن فرق جهد يتجاوز 50 فولت يعتبر خطرا جسيما على الإنسان، كما أن سريان تيارات أكبر من 50 ميللي أمبير في الجسم يؤدي للموت المباشر بالتكهرب. ومن المهم أن نتذكر أن نجعل جسمنا جزءا من دارة كهربائية

مغلقة، لأن للجسم مقاومة $R_{جسم}$ وإذا اتصل بمصدر لفرق جهد V يمر فيه تيار $I=V/R_{جسم}$. فعندما يكون الجسم جافا تكون مقاومته عالية مما يجعل التيار المار فيه صغيرا فتكون الصدمة الكهربائية خفيفة لاتعدو كونها رجفة مزعجة تضرب الجسم على حين غرة. أما لو كان الجسم رطبا، نتيجة التعرق مثلا، عندذئ تنخفض مقاومته بشكل كبير ليرتفع التيار مسببا إصابات بليغة وربما تكون مميتة.

ويعطي الجدول 7–3 قيم التيارات التي يمكن أن تؤدي لإصابات في الإنسان.

الجدول 4–3 : تأثير التيار الكهربائي على الإنسان.

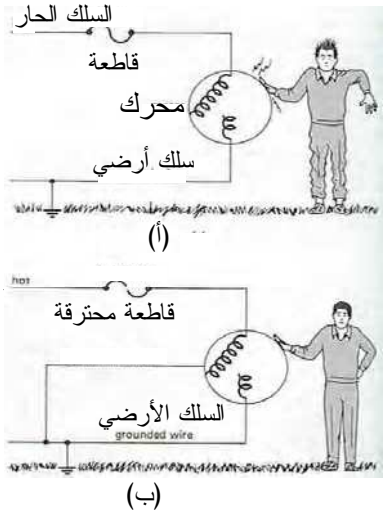
التيار (*m*A)	التأثير
1	غير ملموس
10-5	صدمة خفيفة
15-10	من الصعب الإفلات
25-15	تجمد العضلات ولايمكن الإفلات
50-25	صعوبة في التنفس
100-50	احتمال توقف التنفس مع رعش في ضربات القلب
>100	الموت

وتحدث الصعقة الكهربائية عند لمس جزء مكشوف من جهاز كهربائي متصل بالكهرباء بحيث ينتقل التيار من الجسم للأرض. وتعتمد شدة الإصابة على عدة عوامل كناقلية الجسم وهي صغيرة عادة إلا أنها تزيد بشكل كبير إذا كان الجسم أو الملابس رطبة، كما ذكرنا أعلاه. كما ترتفع نسبة الإصابة الخطيرة بحسب التيار وفرق الجهد ومدة التماس مع الجهاز. ويؤدي مرور التيار الكهربائي في قلب الإنسان للموت المباشر بالتكهرب، كأن تكون

إحدى القدمين ملامسة لأرض مبلولة عندما تلمس اليد (أو أي جزء من الجسم) جهازا أو سلكا كهربائيا. ويكون الخطر أكبر إذا مر التيار عبر الجسم من طرف لآخر كأن تلمس القدم اليمنى مثلا الأرض واليد اليسرى مصدر الكهرباء مما يؤدي لسريان التيار عبر القلب. ويولد سريان التيار عبر الجسم حرارة تحرق الخلايا وتقتلها. من جهة أخرى تؤدي الحرارة الناتجة عن تماس كهربائي لانصهار الأسلاك ونشوب حريق في موقع الحادثة والأماكن المحيطة بها.

وتستخدم القاطعة (fuse) في الأجهزة الكهربائية للحماية من ارتفاع قيمة التيار بشكل مفاجئ. وتتألف اساسا من سلك صغير لايتحمل حرارة عالية فينصهر عند مرور تيار كبير فيه. وتصنع القواطع بحيث تتحمل تيارا محددا وتكتب قيمة هذا التيار عليها. فهناك قاطعة A 15 و A 20 وهكذا.

وعلى الرغم من أهمية استخدام القاطعات في الدارات الكهربائية المنزلية إلا أنها غير كافية أحيانا للحماية من الصدمات الكهربائية. فكما هو مبين في الشكل (4–12 أ و ب) يمكن أن يلمس السلك الحار (الموجب) لمولد الغطاء المعدني له مما يسبب صدمة كهربائية لشخص يلمسه، على الرغم من وجود قاطعة كهربائية، لأنه يكمل إغلاق الدارة الكهربائية بجسمه (الشكل (4–21أ). ولمنع مثل هذه الحوادث يربط غطاء المولد بسلك أرضي (بارد) فلا يمر التيار في هذه الحالة من خلال جسم الشخص لأن السلك الأرضي يجعل الدارة مغلقة بذلك الاتجاه، كما في الشكل (4–12ب).



الشكل (4-12)

وهناك قواعد عامة تضعها السلطات المختصة للحماية من الحوادث الكهربائية منها:

1- التأكد من أن أجهزة إنذار الحرائق المنزلية موزعة في كل أرجاء المنزل وتعمل بشكل صحيح.
2- الانتباه لأي مشكلة كهربائية وتقصي سببها كانخفاض الإنارة أو احتراق القاطعة بشكل متكرر.
3- مراجعة كهربائي متخصص لمتابعة كافة التوصيلات والأعطال الكهربائية.
4- عدم استخدام الوصلات الكهربائية المتعددة والأسلاك الخارجية الطويلة إلا في حالات الضرورة القصوى.
5- استخدام مصابيح متوافقة مع فرق الجهد المستخدم لأن المصابيح ذات القدرة العالية تتسبب في تآكل الأسلاك مع الزمن.

ملخص الفصل

التيار الكهربائي: حركة الشحنات الكهربائية من جهد مرتفع لجهد منخفض ووحدته الأمبير (كولوم/ثانية).

مولد فرق جهد (بطارية)**:** مصدر لتحريك الشحنات من الجهد المنخفض للجهد المرتفع وتعطى قوته بالفولت V.

المقاومة الكهربائية: مقدار مقاومة الأجسام لحركة الشحنات فيها ووحدتها الأوم Ω.

قانون أوم: العلاقة التي تربط بين التيار المار في مقاومة وفرق الجهد بين طرفيها ومقاومتها: $I = \frac{V}{R}$

القدرة الكهربائية: معدل الطاقة الكهربائية المنتجة أو المستهلكة بواحدة الزمن ووحدتها الوات W وتعطى بالعلاقة: $P=IV$.

جمع المقاومات: على التوالي $R_T = R_1 + R_2 + R_3$ وعلى التوازي $\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$.

يجب اتخاذ اجراءات أساس للحماية من الصدمات الكهربائية كاستخدام القاطعة الكهربائية وربط الأجهزة الكهربائية بالأرض

أسئلة

4–1 هل تكون البطاريات الصغيرة في المصباح اليدوي العادي موصولة على التوالي أم التوازي؟

4–2 ما الذي يسبب الصعقة الكهربائية؟ التيار أم فرق الجهد؟

4–3 يقول بعض الناس أن الأجهزة الكهربائية في المنزل (كالمكيف مثلا) تستهلك الكهرباء. أين يستهلك الجهاز الكهرباء وإلى ماذا تتحول؟

4–4 يقوم بعض الناس باستبدال القاطعة الكهربائية في المنزل بقطعة معدنية صلبة. هل هذا صحيح؟ ما خطورة ذلك؟

4–5 ما أكبر قوة يمكن أن تحصل عليها من ثلاث بطاريات قوة الواحدة 1.5 V ؟

4–6 مقاومة المفتاح الكهربائي في المنزل صغيرة جدا عنما يعمل. ما مقاومته عنما نطفئ الإضاءة؟

4–7 يوصل مصباحان قدرة الأول 75 W والثاني 100 W بفرق جهد واحد. أي من المصباحين سيمر فيه تيار أكبر؟ وأي منهما سيكون فرق الجهد بين طرفيه أكبر؟

4–8 كيف تتغير إجابات المسألة السابقة لو كان المصباحان مربوطين على التوالي بفرق الجهد؟

4–9 يمر تيار 12 A في خلاطة متصلة بمصدر فرق جهد 220 V. ما القدرة الكهربائية المستهلكة فيها؟

4–10 يمر تيار 1.2 A في مصباح كهربائي متصل بفرق جهد 220 V. ما القدرة الكهربائية المستهلكة؟

4–11 توصل بطارية قوتها 30 V بمقاومة 10 Ω. (أ) مالتيار المار في المقاومة؟ (ب) ما القدرة الكهربائية المستهلكة؟ (جـ) ما الطاقة الكهربائية المستهلكة في 24 ساعة؟

4–12 تربط مقاومة 15 Ω ببطارية قوتها 12 V. مالتيار الناتج؟

4–13 توصل بطارية قوتها 12 V بجهاز فيمر فيه تيار 24 mA . ما التيار المار بنفس الجهاز إذا ربط ببطارية قوتها 24 V؟

4–14 تبلغ مقاومة جسم الإنسان (عندما يكون جافا) حوالي 1×10^5 Ω بينما تنخفض إلى 3×10^3 Ω إذا صار رطبا. (أ) ما فرق الجهد اللازم لمرور تيار 1 mA (بالكاد محسوس) في جسم جاف؟ (ب) ما التيار المار لو كان الجسم رطبا؟ (جـ) ما أقل فرق جهد لازم ليصير التيار المار 5 mA (مؤلم) ؟

4–15 يسحب مصباح تيارا مقداره 66 mA عندما يوصل ببطارية قوتها 6.0 V ، بينما يسحب 75mA عندما يوصل ببطارية قوتها 9.0 V .

4–16 يوضح الجدول التالي نتائج تجربة أجريت لتحديد قيمة مقاومة مجهولة بقياس تغيرات التيار المار فيها مع تغير فرق الجهد بين طرفيها.

التيار (A)	فرق الجهد (V)
0.014	2.0
0.027	4.0
0.40	6.0
0.52	8.0

ارسم العلاقة بين التيار وفرق الجهد وقرب النقاط لأفضل خط مستقيم واستخدم ميله لإيجاد المقاومة المجهولة.

4–17 يستخدم عادة ملف معدني (coil) لتسخين الماء في الأوعية الصغيرة في المكاتب مثلا. بفرض أن مقاومة الملف 4 Ω ويعمل بفرق جهد 220 V .

(أ) ما التيار المار فيه؟

(ب) مالطاقة الكهربائية التي يستهلكها في خمس دقائق؟

(جـــ) كم تكلفة استعمال هذا السخان إذا كان سعر الكيلوات – ساعي 0.005 دينار؟

4–18 توصل ثلاث مقاومات قيمة الواحدة Ω 15 على التوازي مع بطارية قوتها V 30 .

(أ) ما المقاومة المكافئة للمقاومات الثلاث؟

(ب) ما التيار الكلي في هذه الدارة ؟

(جـــ) ما التيار المار في كل مقاومة ؟

4–19 يتألف سلك زينة من 18 مصباح متصل بفرق جهد V 220 وقدرته W 64 .

(أ) ما المقاومة الكلية للسلك؟

(ب) ما مقاومة كل مصباح؟

(جـــ) ما القدرة الكهربائية المستهلكة في كل مصباح؟

AHMAD AL-HADIDY
JORDAN –ZARQA
TEL – 0777409465
HADIDY_66@YAHOO.COM