

الدارات الكهربائية المحاضرة الرابعة

أ.د. فادي غصنه



العناصر الكهربائية الفعالة

3-4-1 العناصر الكهربائية الفعالة

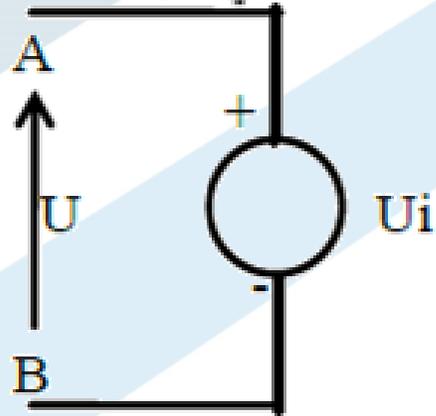
هي العناصر التي تحول الطاقات المختلفة (حركية، حرارية، شمسية، كهروكيميائية...) إلى طاقة كهربائية وتسمى بمولدات (المصادر) القدرة و تصنف إلى مصادر الجهد ومصادر التيار.



العناصر الكهربائية الفعالة

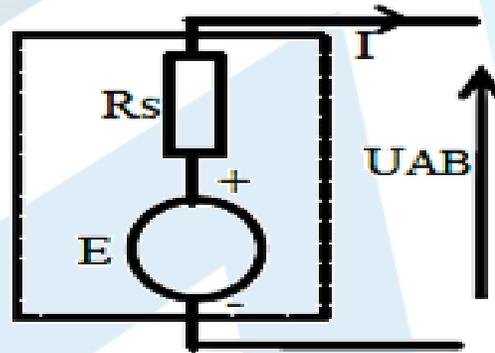
1-3-4-1 منابع الجهد

هي عناصر فعالة ثنائية الأقطاب لا يعتمد الجهد على طرفيها على مقدار التيار المار في الدارة، وتكون هذه المصادر مثالية عندما لا تحتوي على عناصر غير فعالة. أي أن مرور التيار الكهربائي في المنبع لا يؤدي إلى هبوط جهد داخلي و بالتالي فإن الجهد على أطراف المنبع يساوي إلى القوة المحركة الكهربائية.



العناصر الكهربائية الفعالة

أما منبع الجهد الواقعي (العملي) فيختلف عن منبع الجهد المثالي بوجود مقاومة داخلية موصولة على التسلسل $R_S > 0$ ، بالتالي، فإن الجهد على طرفي المنبع ينخفض بمقدار هبوط الجهد على طرفي تلك المقاومة. تمثل هذه الحالة بمنبع جهد مثالي موصول معه على التسلسل مقاومة داخلية R_S كما مبين بالشكل (1-26).



الشكل (1-26) :

التوتر على طرفي المنبع يعطى بالعلاقة التالية: $U_{ab} = E - I.R_S$



العناصر الكهربائية الفعالة

1-4-3-2 منابع التيار

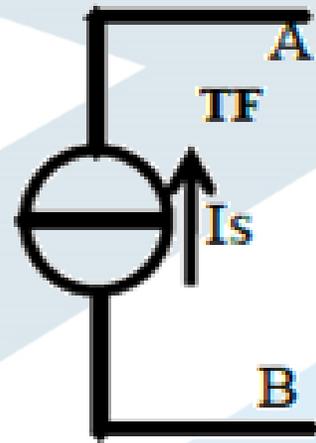
هي من العناصر الفعالة في الدارة الكهربائية، لا يعتمد التيار فيها على قيمة الجهد بين طرفيها. وتصنف أيضاً إلى منابع مثالية و منابع تيار واقعية (عملية).

في منابع التيار المثالية، المقاومة الداخلية لمنبع التيار تكون كبيرة جداً (لا نهائية) $R_s \rightarrow \infty$. أما في حالة منابع التيار الحقيقية، فإنه توجد مقاومة تفرعية على طرفية المنبع تؤخذ بعين الاعتبار في هذه الحالة فإن تيار المنبع يعطى من خلال العلاقة التالية:

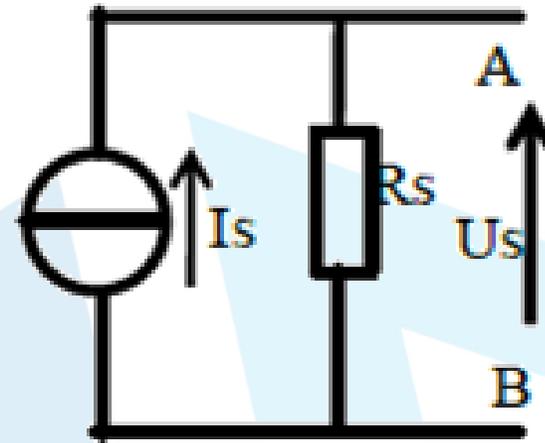
$$I_s = \frac{U_s}{R_s}$$



العناصر الكهربائية الفعالة



منبع مثالي



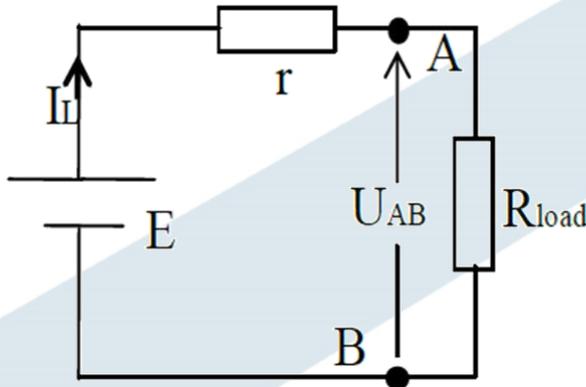
منبع حقيقي



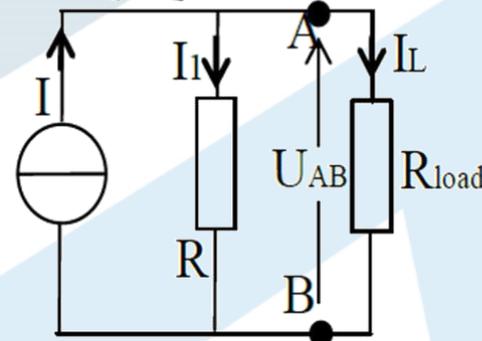
العناصر الكهربائية الفعالة

3-3-4-1 التكافؤ بين منبعي الجهد والتيار

منابع الجهد و منابع التيار متكافئة لأن تيار الدارة الخارجية (تيار دارة الحمل) هو نفسه في كلا الحالتين. يُعتمد إلى استبدال المنبع الثابت للقوة المحركة الكهربائية (منبع الجهد) الموصول على التسلسل مع مقاومة داخلية بمنبع للتيار موصول على التفرع مع مقاومة كما هو مبين بالشكل (1-28).



(a) منبع جهد



(b) منبع تيار

الشكل (1-28)



العناصر الكهربائية الفعالة

حتى يكون المنبعان متكافئين يجب أن تتساوى قيم التوتر U_{AB} على طرفي الحمل R_{Load} في كلا الدارتين. عندما تتساوى قيم التوتر U_{AB} يؤدي إلى تساوي تيار الحمل I_L في كلا الدارتين

من الشكل (a28-1) نحصل على :

$$U_{AB} = E - I_L R$$

(22-1)



العناصر الكهربائية الفعالة

من الشكل (1-28b) يمكن أن نكتب ما يلي:

$$U_{AB} = I_1 \cdot R = (I - I_L)R \quad (1-23)$$

$$U_{AB} = I \cdot R - I_L R \quad (1-24)$$

حتى يكون المنبعان متكافئين يجب أن تتساوى قيم التوتر U_{AB} على طرفي الحمل R_{Load} في كلا الدائرتين. بالمقارنة بين العلاقتين (1-24)، (1-22) نحصل على:



العناصر الكهربائية الفعالة

$$I_L.R = I_L.r \Rightarrow R = r \quad (25-1)$$

$$E = I.R = I.r \Rightarrow I = E/r \quad (26-1)$$

من العلاقتين (25-1)، (26-1) نستنتج أنه يمكن استبدال منبع ثابت للجهد E موصول مع مقاومة تسلسلية r بمنبع ثابت للتيار قيمته $I = E/r$ مع مقاومة تفرعية تساوي r .

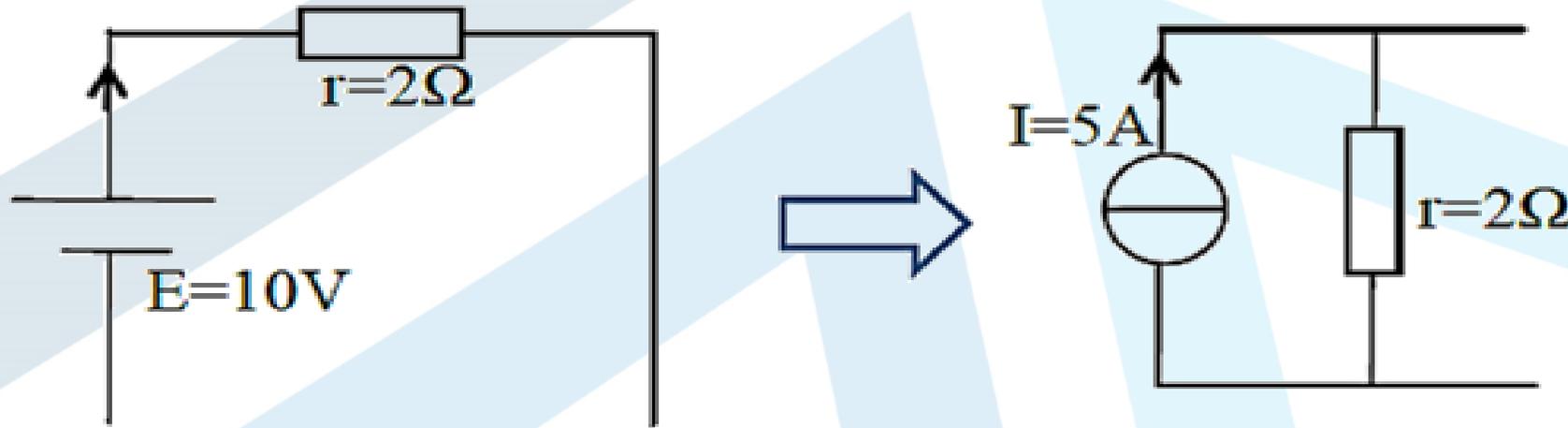
كما يمكن استبدال منبع ثابت للتيار I موصول مع مقاومة تفرعية r بمنبع ثابت للتوتر قيمته تساوي $E = I.R = I.r$ على التسلسل مع مقاومة تساوي المقاومة التفرعية لمنبع التيار $R = r$.



العناصر الكهربائية الفعالة

مثال 1-11

استبدل منبع الجهد قيمة القوة المحركة الكهربائية $E = 10V$ ومقاومته الداخلية $r = 2\Omega$ بمنبع تيار مكافئ



الشكل (1-29)



العناصر الكهربائية الفعالة

5-1 القوانين الأساسية في الدارات الكهربائية

جميع النظم الطبيعية تخضع لقانون الطبيعة واستجابة النظام للقوة التي يتعرض لها تتناسب مباشرة، كما أن القوة التي تؤثر على النظام تلقى مقاومة معاكسة لها.

1-5-1 قانون أوم

ينص قانون أوم إذا طُبق توتر مقداره U على مقاومة كهربائية R فإن تياراً كهربائياً شدته I سوف يمر في تلك المقاومة ويمكن التعبير عن ذلك من خلال القانون التالي :

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

(27-1)



العناصر الكهربائية الفعالة

التيار المار في الدارة يتناسب طردياً مع التوتر المطبق وعكساً مع المقاومة الكهربائية. و يعرف الأوم على أنه مقاومة ناقل إذا طُبِقَ بين طرفيه توتر مقداره $U = 1V$ أدى ذلك إلى مرور تيار كهربائي شدته $I = 1A$.

كما يمكن كتابة قانون أوم بواسطة الناقلية الكهربائية

$$I = U.G \Rightarrow U = \frac{I}{G} \quad (28-1)$$

حيث الناقلية الكهربائية هي مقلوب المقاومة $G = \frac{1}{R}$ و تقاس الناقلية الكهربائية بـ

(mho) أو بالشكل Ω^{-1} .



العناصر الكهربائية الفعالة

مثال 1-12

وصلت مقاومة سلك من الحديد قيمتها 10Ω مع مصدر كهربائي توتره $100V$. احسب التيار المار في المقاومة.

حسب قانون أوم نجد :

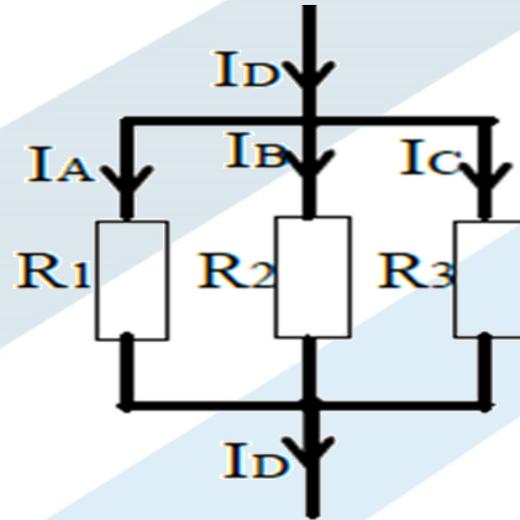
$$I = U.G \Rightarrow I = \frac{U}{R} = \frac{100}{10} = 10A$$



العناصر الكهربائية الفعالة

1-5-2 قانون كيرشوف الأول (قانون التيارات)

ينص قانون كيرشوف الأول على أن مجموع التيارات الكهربائية الداخلة إلى عقدة يساوي إلى مجموع التيارات الخارجة منها. وبتعبير آخر، يمكن القول أن المجموع الجبري للتيارات في عقدة يساوي الصفر.



الشكل (1 - 30) :



العناصر الكهربائية الفعالة

- العقدة (Node) : هي عبارة عن نقطة التقاء أكثر من فرعين كهربائيين في الدارة الكهربائية.

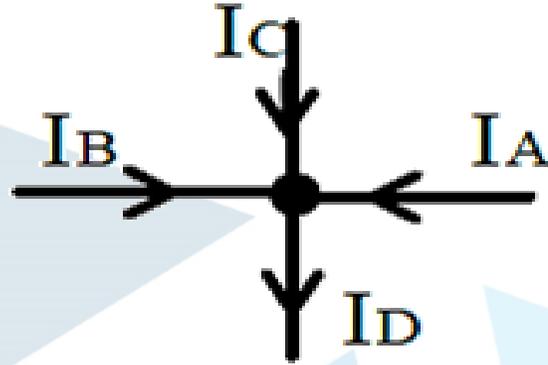
- الفرع (Branch) : هو جزء من الدارة الكهربائية الذي يمكن أن يحوي على عنصر كهربائي أو أكثر و يسري فيه التيار في اتجاه واحد و يصل بين عقدتين.

تجدر الإشارة إلى أنه يجب افتراض أن التيارات الداخلة إلى عقدة ذات إشارة معينة، في حين أن التيارات الخارجة من العقدة تكون ذات إشارة معاكسة. يمكن اختيار إشارة التيارات الداخلة إلى عقدة ما موجبة و إشارة التيارات الخارجة من تلك العقدة سالبة والعكس بالعكس

يمكن كتابة قانون كيرشوف الأول رياضياً كما يلي:



العناصر الكهربائية الفعالة



الشكل (1-31) :

$$\sum I_{in} = \sum I_{out} \Rightarrow I_D = I_A + I_B + I_C \quad (29-1)$$

أو على الشكل التالي : أن المجموع الجبري للتيارات في عقدة ما يساوي الصفر

$$I_A + I_B + I_C - I_D = 0 \quad (30-1)$$



العناصر الكهربائية الفعالة

3-5-1 قانون كيرشوف الثاني (قانون الحلقات أو الجهد)

ينص قانون كيرشوف الثاني : أن المجموع الجبري للقوى المحركة الكهربائية في حلقة (Loop) من دارة كهربائية يجب أن تتوازن مع المجموع الجبري لهبوطات الجهد على عناصر تلك الحلقة.

$$\sum E_i = \sum I_i \cdot R_i \quad (31-1)$$

لتطبيق قانون كيرشوف الثاني في الدارات الكهربائية نتبع الخطوات التالية:



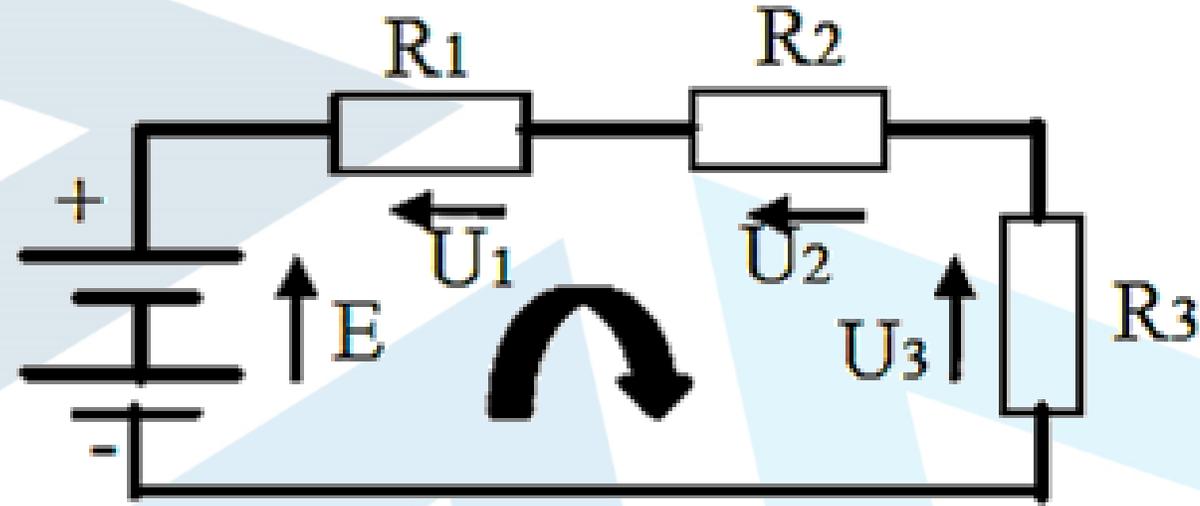
العناصر الكهربائية الفعالة

- نقرض اتجاه موجب للحلقة ابتداءً من نقطة محددة بحيث يمكن الانتقال بمقدار دورة واحدة ضمن الحلقة.
- المنابع التي يتفق اتجاهها مع جهة الدوران (الانتقال) تأخذ الإشارة الموجبة على حين تأخذ المنابع المعاكسة لاتجاه الدورات (الانتقال) بإشارة سالبة. كذلك الأمر بالنسبة لهبوطات الجهد على العناصر الكهربائية في الحلقة.

بتطبيق قانون كيرشوف الثاني نجد : $E - U_1 - U_2 - U_3 = 0$



العناصر الكهربائية الفعالة



الشكل (1-32) :



العناصر الكهربائية الفعالة

- ✓ اتجاه الدوران في الحلقة إما مع عقارب الساعة أو بعكس دورات عقارب الساعة و نعتبر الاتجاه المفروض هو الاتجاه الموجب.
- ✓ بالنسبة لإشارة القوى المحركة الكهربائية : إذا كان السهم يدخل مصدر القوة المحركة الكهربائية من القطب السالب و يخرج من القطب الموجب لمنبع القوة المحركة الكهربائية، عندئذ تكون إشارة القوة المحركة الكهربائية موجبة.
- ✓ أما بالنسبة للحد $I_1 \cdot R_1$ يأخذ الإشارة الموجبة عندما يكون الاتجاه المختار للدوران متفقاً مع اتجاه مرور التيار الكهربائي عبر المقاومة الكهربائية.

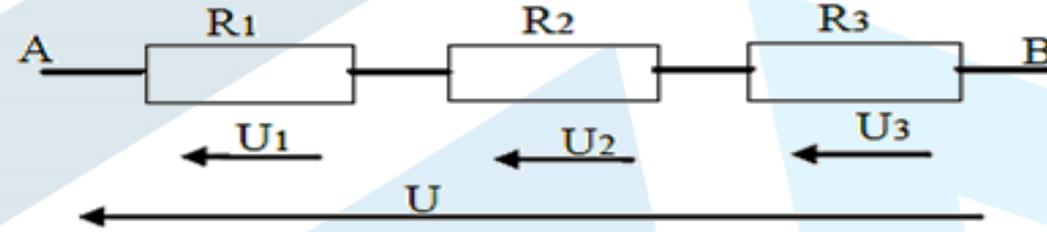


العناصر الكهربائية الفعالة

6-1 ربط المقاومات في الدارة الكهربائية

يوجد ثلاث طرق لربط المقاومات مع بعضها البعض في الدارات الكهربائية

1-6-1 الربط التسلسلي للمقاومات



الشكل (1-33) :

من الدارة السابقة الموضحة بالشكل (1-33) يمكن أن نكتب لمجموعة المقاومات المربوطة على التسلسل

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

(1-32)



العناصر الكهربائية الفعالة

وباستخدام قانون أوم في علم الهندسة الكهربائية تصبح العلاقة السابقة على الشكل التالي

$$U = I.R_1 + I.R_2 + I.R_3 = I(R_1 + R_2 + R_3)$$

$$U = I.R_{eq} \Rightarrow \frac{U}{I} = (R_1 + R_2 + R_3) \Rightarrow$$

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3$$

وبشكل عام المقاومة المكافئة لمجموعة المقاومات المربوطة على التسلسل تساوي إلى المجموع الجبري لهذه المقاومات المربوطة على التسلسل. و يتم عن ذلك رياضياً من خلال العلاقة التالية:

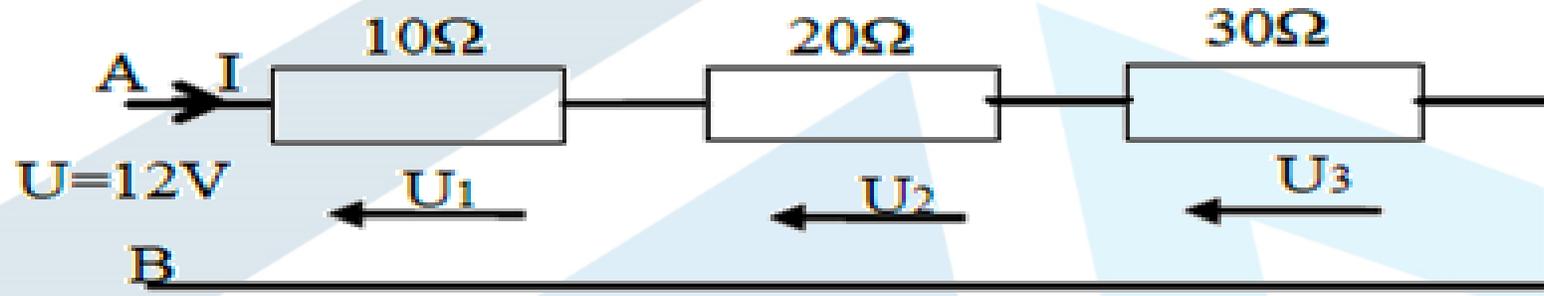
$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n = \sum_{i=1}^n R_i \quad (33-1)$$



العناصر الكهربائية الفعالة

مثال 1-13

احسب شدة التيار المار في الدارة التالية



الشكل (1-34) :

من قانون أوم نكتب العلاقة التالية : $I = \frac{U}{R_{eq}} = \frac{12}{10 + 20 + 30} = \frac{12}{60} = 0.2A$



العناصر الكهربائية الفعالة

2-6-1 الربط التفرعي للمقاومات

نحصل على المقاومة المكافئة لمجموعة المقاومات المربوطة على التفرع باستخدام قانون كيرشوف الأول في العقدة A من خلال الدارة التالية الموضحة بالشكل (1-35).



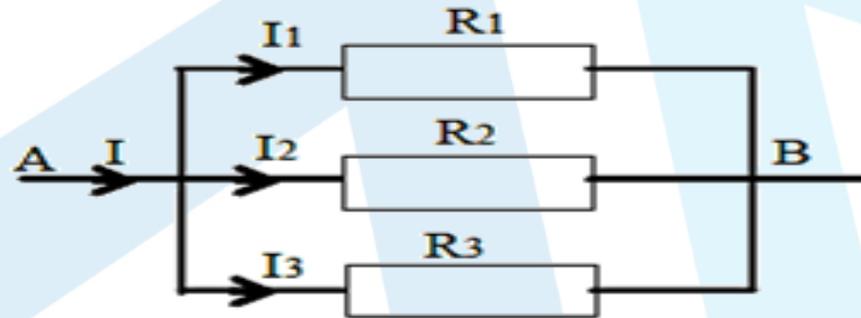
العناصر الكهربائية الفعالة

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$\frac{U}{R_{eq}} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3} \Rightarrow$$

$$I = U \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \Rightarrow I = \frac{U}{R_{eq}}$$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$



الشكل (1-35) :



العناصر الكهربائية الفعالة

من الشكل (1-35)، يمكن أن نكتب العلاقة الرياضية التي تسمح بإيجاد المقاومة المكافئة لمجموعة المقاومات المربوطة على التفرع على الشكل التالي:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n R_i} \quad (1-34)$$

المقاومة المكافئة قيمتها تكون أصغر من أي أصغر مقاومة الموجودة ضمن مجموعة المقاومات المربوطة على التفرع.



العناصر الكهربائية الفعالة

يمكن أيضاً كتابة العلاقة السابقة بدلالة الناقلية الكهربائية فتصبح على الشكل التالي:

$$G_{eq} = G_1 + G_2 + G_3 + \dots + G_n = \sum_{i=1}^n G_i \quad (35-1)$$

في حال ربط مقاومتين على التفرع فإن حاصلتهما تكون:

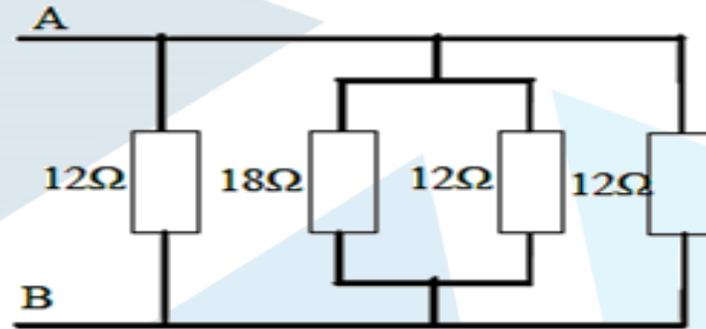
$$R_{eq} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \quad (36-1)$$



العناصر الكهربائية الفعالة

مثال 1-14

أوجد المقاومة المكافئة للدائرة التالية :



الشكل (1-36) :

بتطبيق العلاقة السابقة نحسب المقاومة المكافئة للدائرة الكهربائية المعطاة بالشكل

:(1-36)

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{12} + \frac{1}{18} + \frac{1}{12} + \frac{1}{12} = \frac{3+2+3+3}{36} = \frac{11}{36} \Rightarrow R_{eq} = \frac{36}{11} = 3.27\Omega$$



العناصر الكهربائية الفعالة

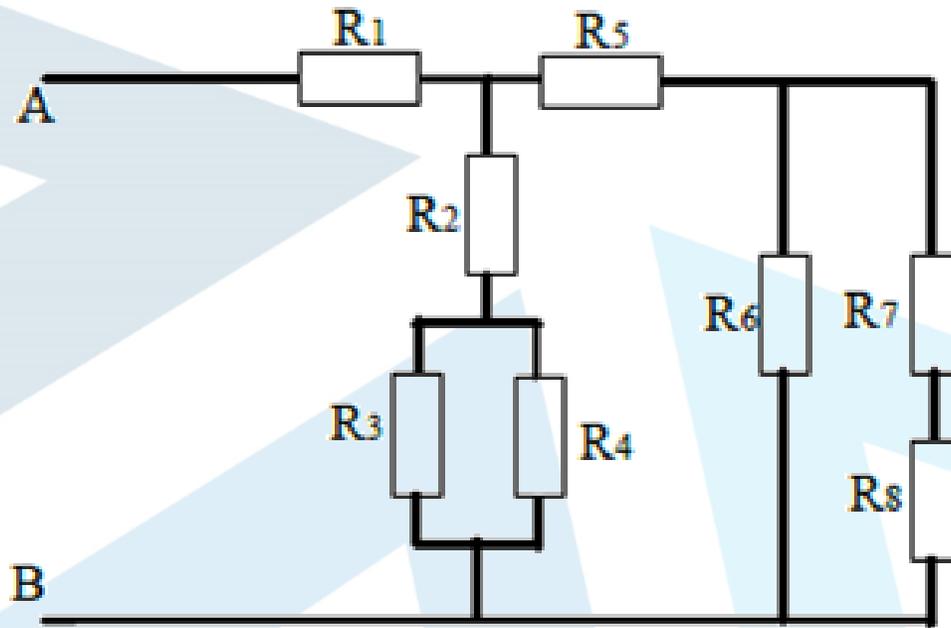
3-6-1 الربط المختلط للمقاومات

يسمى الربط المختلط للمقاومات في دائرة كهربائية عندما توجد مجموعة من المقاومات مربوطة على التسلسل ومجموعة أخرى مربوطة على التفرع. ولحساب المقاومة المكافئة في هذه الحالة، نقوم بتحصيل المقاومات التسلسلية لنحصل على مقاومة واحدة، وكذلك نحصل المقاومات المربوطة على التفرع لنحصل أيضاً على مقاومة واحدة. بحيث نحصل في النهاية إما على ربط تسلسلي فقط أو ربط تفرعي فقط، ومن ثم نوجد المقاومة المكافئة للدائرة الكهربائية المعطاة.

من خلال المثال التالي الشكل (1-37) نوضح خطوات الحل



العناصر الكهربائية الفعالة



الشكل (1-37)



العناصر الكهربائية الفعالة

حيث أن المقاومة R_{7-8} هي محصلة المقاومتين التسلسليتين R_7, R_8 وكذلك الأمر بالنسبة للمقاومة R_{3-4} التي هي محصلة المقاومتين R_3, R_4 الموصولتين على التفرع.

$$R_{3-4} = R_3 // R_4 = \frac{R_3 \cdot R_4}{R_3 + R_4}$$

$$R_{7-8} = R_7 + R_8$$

من الشكل (1-38b) المقاومة R^* هي محصلة المقاومتين R_6, R_{7-8} الموصولتين على التفرع،



العناصر الكهربائية الفعالة

وكذلك الأمر بالنسبة للمقاومة R^{**} التي هي محصلة للمقاومتين R_2 ، R_{3-4} المتوصلتين على التسلسل.

$$R^* = R_{7-8} // R_6 = \frac{R_{7-8} \cdot R_6}{R_{7-8} + R_6}$$

$$R^{**} = R_{3-4} + R_2$$

من الشكل (1-38c) نلاحظ أن المقاومة R^{***} هي محصلة للمقاومة R^{**} المتوصولة على التفرع مع المقاومة المكافئة للمقاومتين R_5 ، R^* المتربوطين على التسلسل.

$$R^{***} = (R_5 + R^*) // R^{**} = \frac{(R_5 + R^*) R^{**}}{(R_5 + R^*) + R^{**}}$$



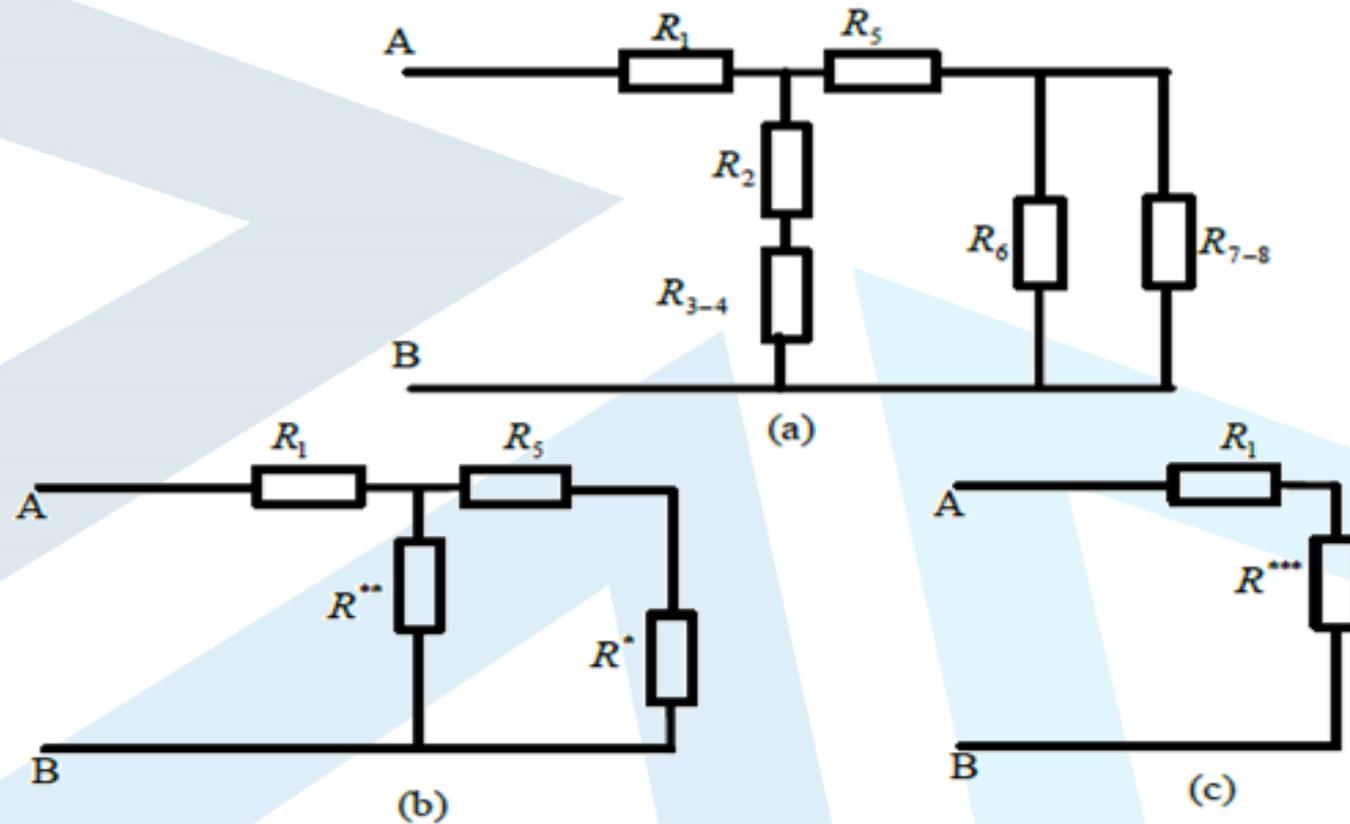
العناصر الكهربية الفعالة

بالنهاية نحصل على الربط التسلسلي فقط للمقاومتين R_1 , R^{***} ومحصلتها هي المقاومة المكافئة المنظور لها ما بين النقطتين A, B وتحسب كما يلي:

$$R_{AB} = R_{eq} = R_1 + R^{***}$$

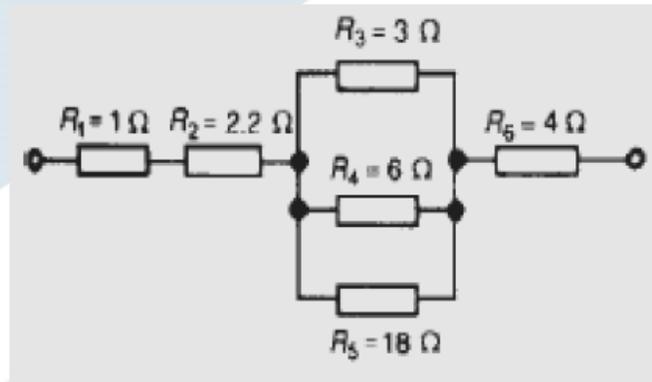


العناصر الكهربائية الفعالة



العناصر الكهربائية الفعالة

Problem. Find the equivalent resistance for the circuit shown in Fig.



العناصر الكهربائية الفعالة

R_3 , R_4 and R_5 are connected in parallel and their equivalent resistance R_{eq1} is given by:

$$\frac{1}{R_{eq1}} = \frac{1}{3} + \frac{1}{6} + \frac{1}{18} = \frac{6+3+1}{18} = \frac{10}{18}$$

$$\Rightarrow R_{eq1} = \frac{18}{10} = 1.8 [\Omega]$$

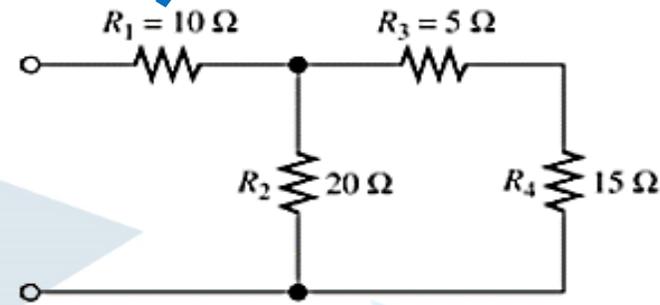
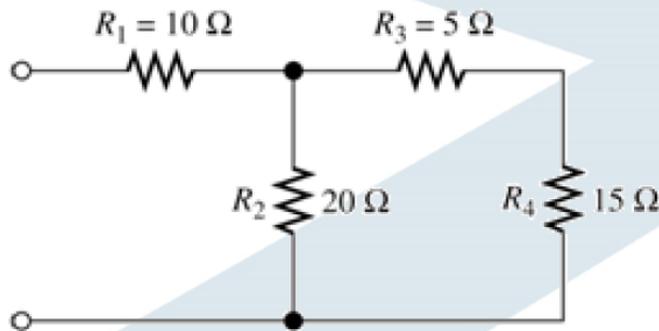
The circuit is now equivalent to four resistors in series and the equivalent circuit resistance R_{eq} is given by:

$$R_{eq} = 1 + 2.2 + 1.8 + 4 = 9 [\Omega]$$

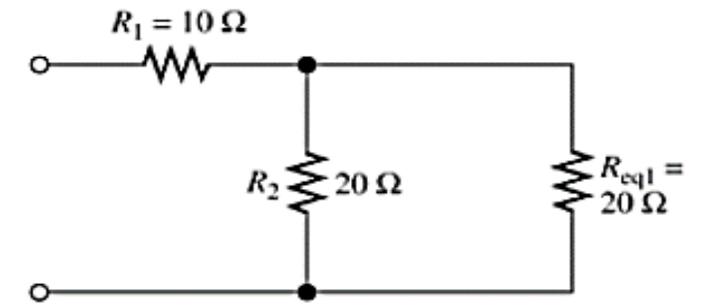


العناصر الكهربائية الفعالة

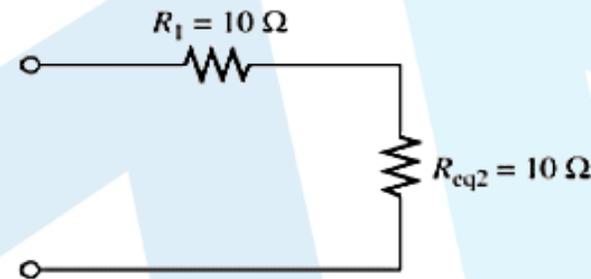
Find R_{eq} for the circuit shown in fig.



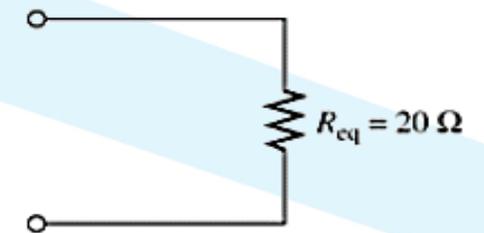
(a) Original network



(b) Network after replacing R_3 and R_4 by their equivalent resistance



(c) Network after replacing R_2 and R_{eq1} by their equivalent

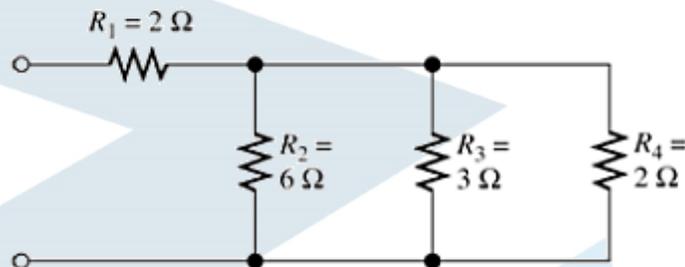


(d) Combining R_1 and R_{eq2} in series yields the equivalent resistance of the entire network

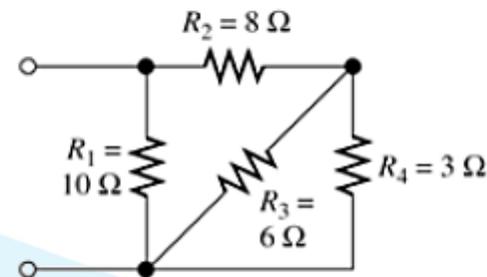


العناصر الكهربائية الفعالة

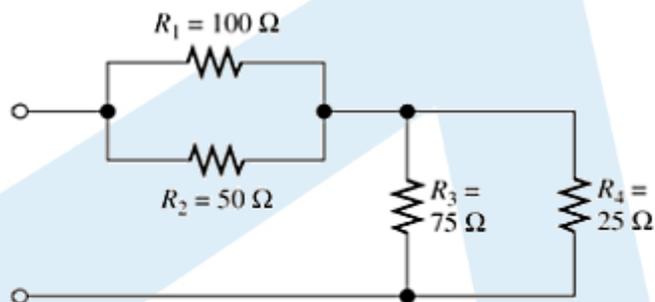
Find Req for the circuits shown in figs.



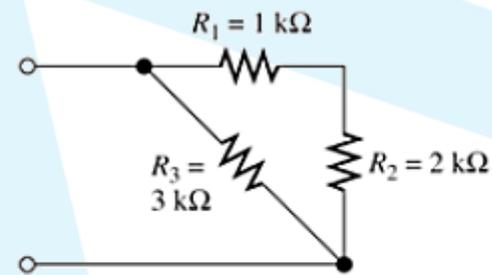
(a)



(b)



(c)



(d)



Problem 5. A coil has a current of 50 mA flowing through it when the applied voltage is 12 V. What is the resistance of the coil?

$$\begin{aligned}\text{Resistance, } R &= \frac{V}{I} = \frac{12}{50 \times 10^{-3}} \\ &= \frac{12 \times 10^3}{50} = \frac{12\,000}{50} = 240 \, \Omega\end{aligned}$$

Problem 6. A 100 V battery is connected across a resistor and causes a current of 5 mA to flow. Determine the resistance of the resistor. If the voltage is now reduced to 25 V, what will be the new value of the current flowing?

$$\begin{aligned}\text{Resistance } R &= \frac{V}{I} = \frac{100}{5 \times 10^{-3}} = \frac{100 \times 10^3}{5} \\ &= 20 \times 10^3 = 20 \, \text{k}\Omega\end{aligned}$$

Current when voltage is reduced to 25 V,

$$I = \frac{V}{R} = \frac{25}{20 \times 10^3} = \frac{25}{20} \times 10^{-3} = 1.25 \, \text{mA}$$



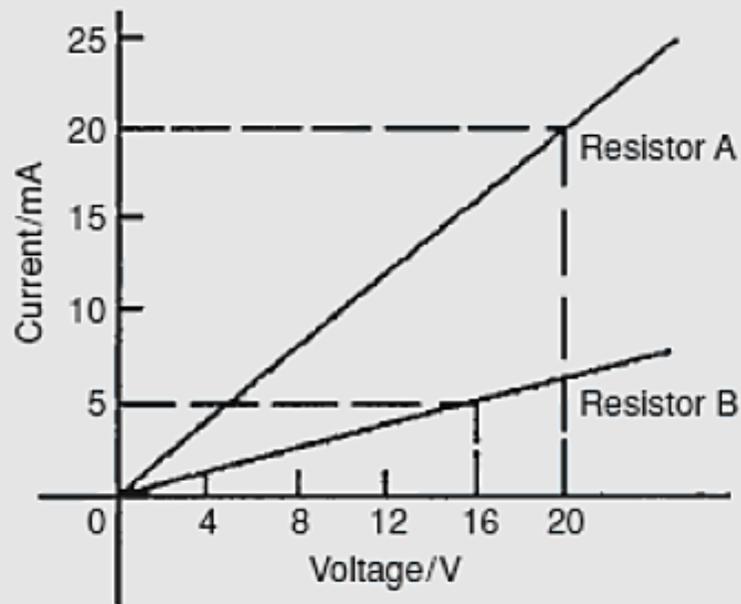
Problem 7. What is the resistance of a coil which draws a current of (a) 50 mA and (b) 200 μ A from a 120 V supply?

$$\begin{aligned} \text{(a) Resistance } R &= \frac{V}{I} = \frac{120}{50 \times 10^{-3}} \\ &= \frac{120}{0.05} = \frac{12\,000}{5} \\ &= 2400 \, \Omega \text{ or } 2.4 \, \text{k}\Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(b) Resistance } R &= \frac{120}{200 \times 10^{-6}} = \frac{120}{0.0002} \\ &= \frac{1\,200\,000}{2} = 600\,000 \, \Omega \\ &\text{or } 600 \, \text{k}\Omega \text{ or } 0.6 \, \text{M}\Omega \end{aligned}$$



Problem 8. The current/voltage relationship for two resistors A and B is as shown in Fig. 2.8 Determine the value of the resistance of each resistor.



For resistor A,

$$R = \frac{V}{I} = \frac{20 \text{ V}}{20 \text{ mA}} = \frac{20}{0.02} = \frac{2000}{2} \\ = 1000 \Omega \text{ or } 1 \text{ k}\Omega$$

For resistor B,

$$R = \frac{V}{I} = \frac{16 \text{ V}}{5 \text{ mA}} = \frac{16}{0.005} = \frac{16000}{5} \\ = 3200 \Omega \text{ or } 3.2 \text{ k}\Omega$$

