

# الدوائر الكهربائية – ١

## تحليل الدوائر الكهربائية

**الجدارة:** معرفة وفهم مجموعة من القوانين و النظريات والطرق من حيث تطبيقها في تحليل الدوائر الكهربائية.

### الأهداف:

عند اتمام دراسة هذه الوحدة يكون لدى المتدرب بإذن الله سبحانه القدرة على معرفة وفهم :

- (١). كيفية تحديد تيارات الفروع التي تتكون منها الدائرة.
- (٢). كيفية حساب الجهود عبر عناصر كل فرع.
- (٣). كيفية استخدام قانوني كيرشوف عند كل عقدة من عقد الدائرة و لكل حلقة من الحلقات التي تتكون منها الدائرة.
- (٤). معرفة الدوائر الكهربائية وتحليلها و مسارات التيار داخلها.
- (٥). طرق مبسطة لتحليل دوائر التيار المستمر.

**مستوى الأداء المطلوب:** أن يصل المتدرب إلى إتقان هذه الوحدة بنسبة ٨٠ % .

**الوقت المتوقع للتدريب:** ٨ ساعات

## تحليل الدوائر الكهربائية

### مقدمة:

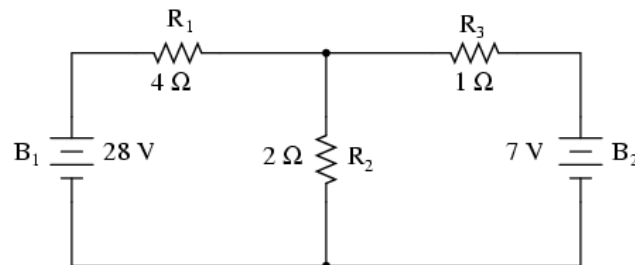
من المعتاد أن تحتوي الدائرة الكهربائية على عدد كبير من العناصر الكهربائية من مقاومات و مكثفات و ملفات و مصادر للفولتية و التيار و عناصر الكهربائية أخرى يمكن تمثيلها بالعناصر الأساس و يمكن تحليل هذه الدائرة بالاعتماد على قانون أوم و قانوني كيرشوف إلا أن الاختصار على هذه القوانين وحدها قد يؤدي إلى خطوات حل مطولة ، وهناك نظريات و أساليب مستمدة من القوانين الأساسية يمكن استخدامها لتسهيل التحليل واختصاره. و سنعرض عدداً من هذه النظريات و الأساليب الرئيسة بإيجاز ، و نعتد على طائفة من الأمثلة البسيطة لتوضيحها.

إن الأسلوب المعتمد في تحليل الدائرة الكهربائية يعتمد على تحديد تيارات الفروع التي تتكون منها الدائرة ، و حساب الجهود عبر عناصر كل فرع ، و من ثم استخدام قانوني كيرشوف عند كل عقدة من عقد الدائرة و لكل حلقة من الحلقات التي تتكون منها الدائرة فتتكون عدد من المعادلات الجبرية بعدد العقد و عدد الحلقات التي يمكن من خلال حلها إيجاد المجاهيل.

### طريقة تيار المسار المغلق ( التحليل الحلقي )

#### مثال (٨ - ١):

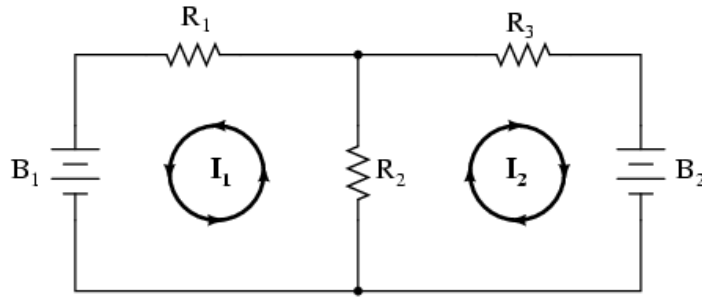
احسب التيارات الحلقية  $I_1$  و  $I_2$  و التيارات الفرعية عبر المقاومات  $R_1$  و  $R_2$  و  $R_3$  للدائرة الموضحة في الشكل



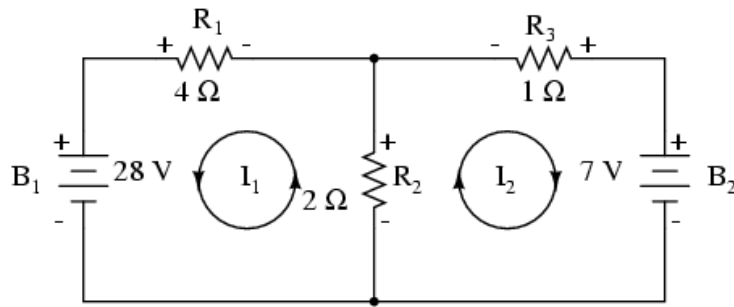
(٨ - ١).

الشكل (٨ - ١)

إن أسلوب التحليل الحلقي يعتمد على قانون كيرشوف للجهد فبدلاً من افتراض وجود تيارات فرعية فإننا نفترض وجود تيارات حلقة في كل حلقة كما يتضح في الشكل (٨ - ١)، فنأخذ التيارات  $I_1$  و  $I_2$  في الحلقتين و نعدّها باتجاه عشوائي الشكل (٨ - ٢).



الشكل (٨ - ٢)



الشكل (٨ - ٣)

فيما يخص الحلقة الأولى و حسب قانون كيرشوف للجهد يكون مجموع الجهود صفراً أي أننا إذاً سرنا باتجاه عكس عقارب الساعة الشكل (٨ - ٣) نحصل على المعادلة التالية:

$$- 28 + 2(I_1 + I_2) + 4I_1 = 0$$

$$- 28 + 2I_1 + 2I_2 + 4I_1 = 0$$

$$- 28 + 6I_1 + 2I_2 = 0$$

بتطبيق قانون كيرشوف للجهد في الحلقة الثانية الشكل (٨ - ٣) نحصل على المعادلة التالية:

$$- 2(I_1 + I_2) + 7 - 1I_2 = 0$$

$$- 2I_1 - 3I_2 + 7 = 0$$

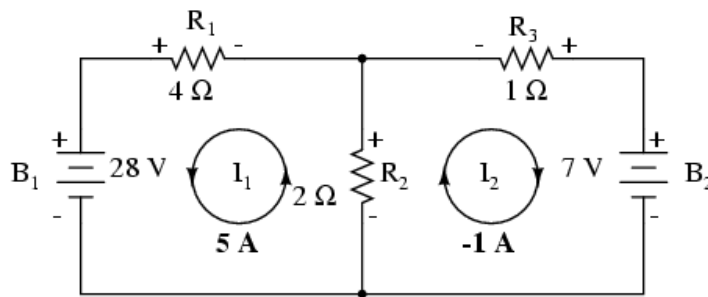
$$-28 + 6I_1 + 2I_2 = 0 \quad 6I_1 + 2I_2 = 28$$

$$-2I_1 - 3I_2 + 7 = 0 \quad -2I_1 - 3I_2 = -7$$

ومن المعادلتين المبينتين أعلاه يمكن إيجاد تيارات الحلقتين الشكل (٨ - ٤):

$$I_1 = 5 \text{ A}$$

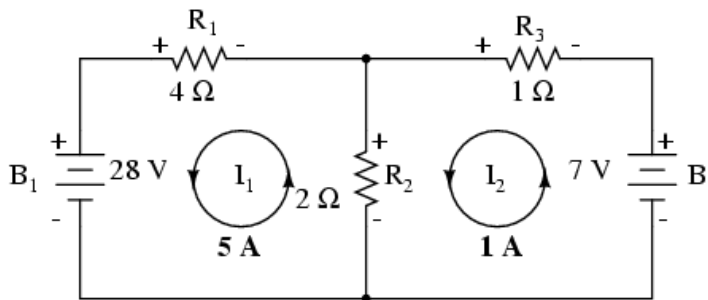
$$I_2 = -1 \text{ A}$$



الشكل (٨ - ٤)

هذا يعني أن الاتجاه المفترض سابقاً غير صحيح و الصواب هو اتجاه عكس عقارب الساعة

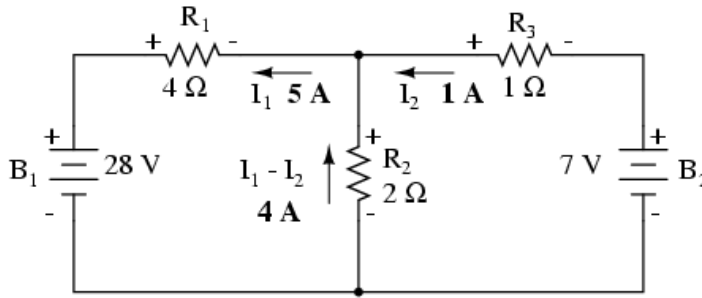
$$I_2 = -1 \text{ A} \text{ الشكل (٨ - ٥).}$$



الشكل (٨ - ٥)

و بحل المعادلات المبينة في أعلاه يمكننا إيجاد التيار

$$I_1 - I_2 \text{ في المقاومة } 2 \Omega \text{ أوم الشكل (٨ - ٦).}$$



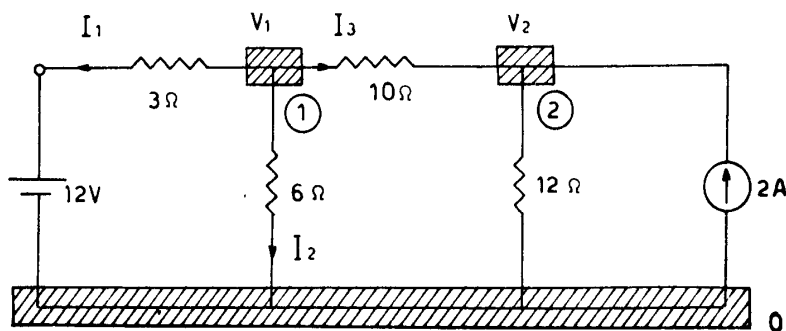
الشكل (٨ - ٦)

### التحليل العقدي:

#### مثال (٨ - ٢)

يعتمد التحليل العقدي على قانون كيرشوف للتيار فإذا نظرنا إلى الدائرة الشكل (٨ - ٧) وجدنا فيها ثلاث عقد هي العقدة 1 و العقدة 2 ونشير إلى العقدة الثالثة التي يلتقي عندها أكبر عدد من الفروع بالعقدة 0 فإذا افترضنا أن جهد العقدة 1 هو  $V_1$  بالنسبة للعقدة 0 وجهد العقدة 2 هو  $V_2$  بالنسبة للعقدة 0 وأن  $V_1$  و  $V_2$  أعلى من العقدة 0 فإنه وبالاستناد إلى الشكل تكون التيارات المتفرعة من العقد بحسب قانون كيرشوف كالآتي:

للعقدة 1



الشكل (٨ - ٧)

$$[(V_1 - 12)/3] + [(V_1 - 0)/6] + [(V_1 - V_2)/10] = 0$$

ذلك أن كل كمية تمثل الجهد مقسوماً على المقاومة لكل فرع من الفروع أي أنها تيار الفرع و للعقدة 2:

$$[(V_2 - V_1)/10 + [(V_2 - 0)/12] - 2 = 0$$

و بحل هاتين المعادلتين يمكن إيجاد  $V_1$  و  $V_2$  و من ثم إيجاد تيار المقاومة ٦ أوم حيث يساوي:

$$I_2 = (V_1 - 0)/6$$

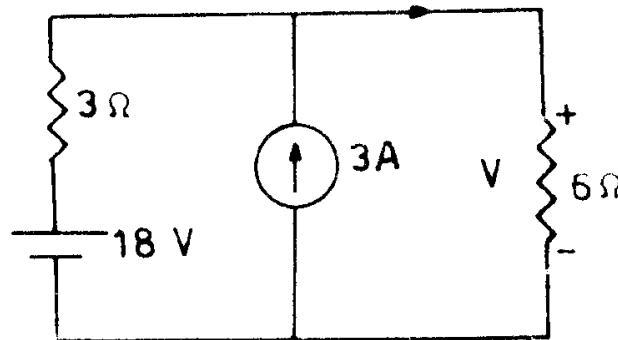
لقد حاولنا من خلال حل أمثلة بسيطة لتوضيح أسلوب التحليل الحلقي و التحليل العقدي إلا أن المزايا الفعلية للطريقتين لاتظهر إلا عند التعامل مع دوائر معقدة بعض الشيء.

### نظرية التراكب:

تنص هذه النظرية على أنه في حالة تعدد المصادر في دائرة، فإن التيار في أي عنصر في الدائرة أو الفولتية عبره يساوي المجموع الجبري للتيارات و الفولتيات الناجمة عن كل مصدر على حدة.

### مثال (٨ - ٣):

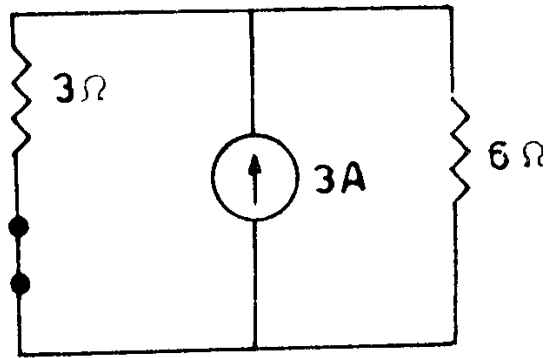
احسب التيار و الفولتية عبر المقاومة ٦ أوم في الدائرة الموضحة في الشكل (٨ - ٨) باستخدام نظرية التراكب.



الشكل (٨ - ٨)

### الحل:

نأخذ كل مصدر على حده و عندئذ نستعيز عن المصادر غير المستخدمة بمقاومتها الداخلية وفي الحالات المثالية، عندما لا يكون هنالك ذكر للمقاومات الداخلية تعد مصادر الفولتية دائرة قصيرة و مصادر التيار دائرة مفتوحة. لنأخذ مصدر التيار أولاً و نهمل مصدر الفولتية. فتصبح الدائرة كما في الشكل (٨ - ٨٨).



شكل (٨ - ٨٨)

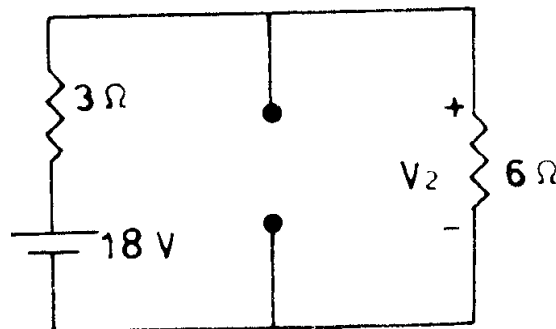
يتوزع تيار المصدر 3 أمبير بين المقاومتين 6 أوم و 3 أوم . و على هذا فإن تيار المقاومة 6 أوم هو:

$$I = 3 [(1/6)] / [(1/6) + (1/3)] = 1 \text{ A}$$

و تكون الفولتية عبر المقاومة:

$$V_1 = 6 \times 1 = 6 \text{ V}$$

و عند إهمال مصدر التيار و أخذ مصدر الفولتية بنظر الاعتبار تصبح الدائرة كما هي في الشكل (٨ - ٨٨ ب) عندئذ يمكن حساب التيار  $I_2$  في المقاومة 6 أوم .



الشكل (٨ - ٨٨ ب)

$$I_2 = 18 / (3 + 6) = 2 \text{ A}$$

و أن الفولتية عبر المقاومة هي :

$$V_2 = 2 \times 6 = 12 \text{ V}$$



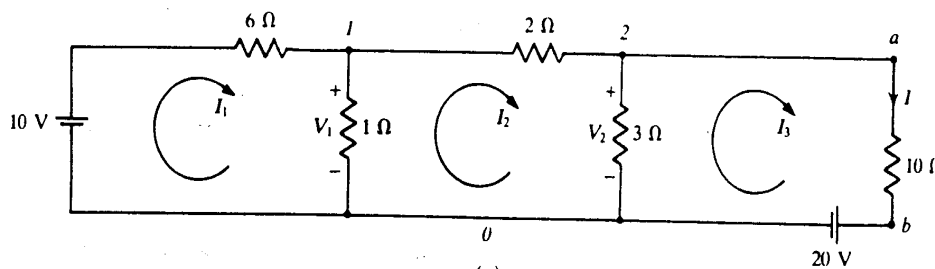
وهكذا فإن تأثير المصدرين في تيار وفولتية المقاومة 6 أوم يكون :

$$I = I_1 + I_2 = 1 + 2 = 3 \text{ A}$$

$$V = 6 + 12 = 18 \text{ V}$$

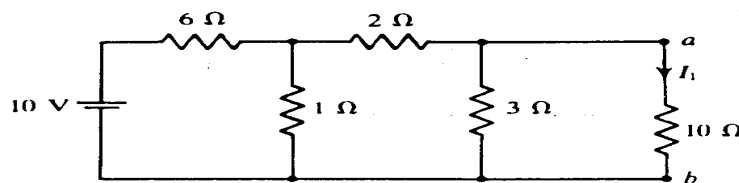
مثال (٨ - ٤):

حل الدائرة (٨ - ٩) للحصول على التيار  $I$  باستخدام نظرية التراكب.



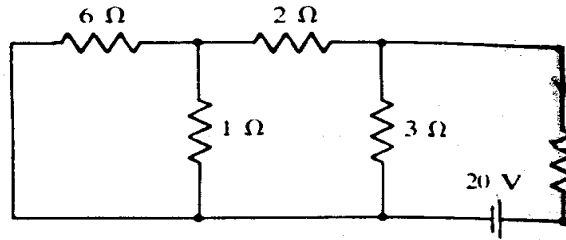
الشكل (٨ - ٩)

وبالرجوع لنظرية التراكب فإننا نوجد التيار الناشئ عن كل منبع على حدة ( و ذلك مع عدم وجود المنابع الأخرى أي تقصر كل المنابع الأخرى ) ، و يكون التيار المطلوب مجموع هذه التيارات. و لحساب التيار الناشئ عن المصدر 10 فولت نحذف المصدر 20 فولت و ذلك باستبداله بدائرة قصيرة. و في هذه الحالة فإن الدائرة تأخذ الشكل ( ٨ - ٩ ب). و بتجميع المقاومات، نجد أن التيار  $I_1$  قيمته 0,0636 أمبير.



الشكل (٨ - ٩ ب)

و بعد ذلك نحذف المنبع 10 فولت ، لنحصل على الدائرة الشكل (٨ - ٩ ج). و منها على التيار  $I_2$  ،



الشكل (٨ - ٩ ج)

$$I_1 = 0.0636 \text{ A}$$

$$I_2 = 1.744 \text{ A}$$

و لذلك

$$I = I_1 + I_2 = 0.0636 - 1.744 = -1.68 \text{ A}$$

مثال (٨ - ٥):

أوجد التيار  $I$  في الشكل (٨ - ٩ أ) باستخدام طريقة تحليل العقد.

الحل:

يمكن إعادة رسم الشكل (٧ - ٨) ، بحيث تتحد العقدتين الرئيسيتين المرموز لهما بالرمز O. و باختيار هذه العقدة كمرجع للجهد نحصل على المعادلات التالية:

$$[(10 - V_1)/6] - (V_1/1) - [(V_1 - V_2)/2] = 0$$

$$[(V_1 - V_2)/2] - (V_2/3) - [(V_2 - 20)/10] = 0$$

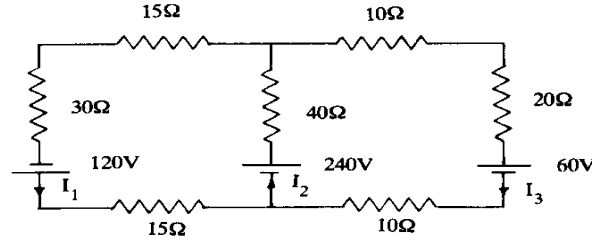
و منها نجد أن  $V_2$  تساوي 3.2 فولت و بالتالي فإنه:

$$I = (V_2 - 20)/10 = -1.68 \text{ A}$$

هناك طرق مختلفة لتحليل الشبكات و إنما طريقة تحليل العقد هي الطريقة التي تحتاج إلى أقل مجهود ممكن.

مثال (٨ - ٦):

أوجد التيار الذي يمر في كل بطارية من البطاريات الموجودة في الشكل (٨ - ١٠) باستعمال طريقة التراكب.

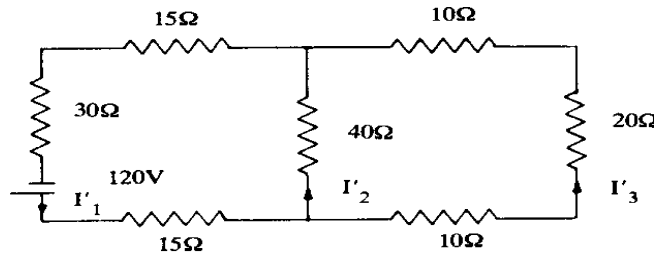


الشكل (٨ - ١٠)

الحل:

لحل هذه المسألة بطريقة التراكب نفرض وجود مصدر كهربائي واحد و نحذف المصدرين الآخرين و نحسب التيارات في الفروع المختلفة. و بعد تكرار هذه العملية لكل مصدر نقوم بجمع التيارات الناتجة في كل فرع للحصول على التيارات المطلوبة:

أ - المصدر الكهربائي ( 120V ) كما في الشكل (أ).



« أ »

لحساب  $I'1$  نحسب المقاومة الكلية للدائرة

$$R' = 10 + 20 + 10 = 40 \Omega$$

و هذه المقاومة متصلة مع المقاومة الأخرى

$$\frac{1}{R_{ab}} = \frac{1}{40} + \frac{1}{40}$$

$$R_{ab} = 20 \Omega$$

و تكون المقاومة الكلية هي:

$$R = 20 + 15 + 15 + 30 = 80 \Omega$$

$$I_1' = 120/80 = 1.5 \text{ A}$$

و لحساب  $I_2'$  ، نحسب فرق الجهد بين الطرفين a ، b .

$$V_{ab} = I_1' \times R_{ab} = 1.5 \times 20 = 30 \text{ V}$$

$$I_2' = 30/40 = 0.75 \text{ A}$$

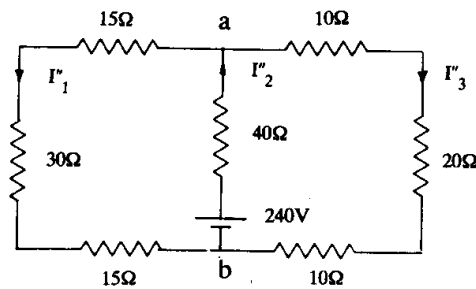
$$I_3' = 30/40 = 0.75 \text{ A}$$

ب- المصدر الكهربائي ( 14 V ) في الشكل ( ب ) باتباع الطريقة السابقة نفسها نحصل على:

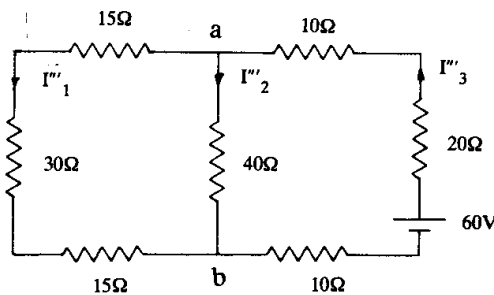
$$I_1'' = 1.5 \text{ A}, I_2'' = 3.75 \text{ A}, I_3'' = 2.25 \text{ A}$$

ج- المصدر الكهربائي ( 60 V ) كما في الشكل ( ج ) باتباع الطريقة نفسها نحصل على:

$$I_1''' = 0.375 \text{ A}, I_2''' = 0.562 \text{ A}, I_3''' = 0.937 \text{ A}$$



« ب »



« ج »

وللحصول على التيارات في الفروع الثلاثة يجب جمع التيارات الجزئية الثلاثة في كل فرع جمعاً جبرياً.

$$I_1 = I_1' + I_1'' + I_1''' = 1.5 + 1.5 + 0.375 = 3.375 \text{ A}$$

$$I_2 = I_2' + I_2'' + I_2''' = 0.75 + 3.75 - 0.562 = 3.938 \text{ A}$$

يلاحظ أن  $I_2'''$  اعتبر سالباً لأنه في عكس اتجاه التيارين  $I_2'$  و  $I_2''$  اللذين اعتبرنا موجبين، كما أن التيار الكلي  $I_2$  في اتجاه التيارين  $I_2'$  و  $I_2''$

$$I_3 = I_3' + I_3'' + I_3''' = 0.75 - 2.25 + 0.937 = -0.563 \text{ A}$$

ولما كانت القيمة التي حصل عليها للتيار  $I_3$  سالبة ، كان معنى هذا أنه في اتجاه الجزء الذي اعتبر سالباً وهو  $I_3''$  .