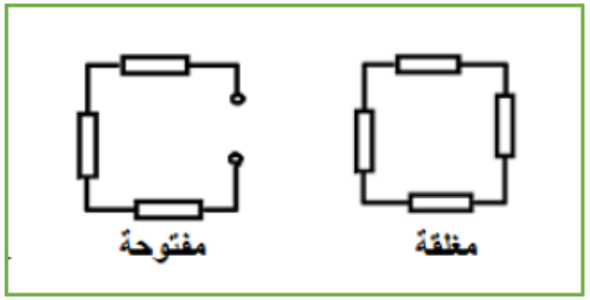
الفصل 6

الشبكات الكهربائية

الشبكات الكهربائية:

عناصر الدارة الكهربائية

تتكون الدارة الكهربائية من مجموعة عناصر تسمى ثنائيات القطب موصلة فيما بينها بطريقة ما، بأسلاك ناقلة فتشكل بنية مغلقة او مفتوحة.



العقدة: هي نقطة من الدارة بحيث تتصل بها ثلاثة أسلاك أو أكثر.

الفرع: هو جزء من الدارة محصور بين عقدتين.

العروة: هي مجموعة فروع تشكل حلقة مغلقة.

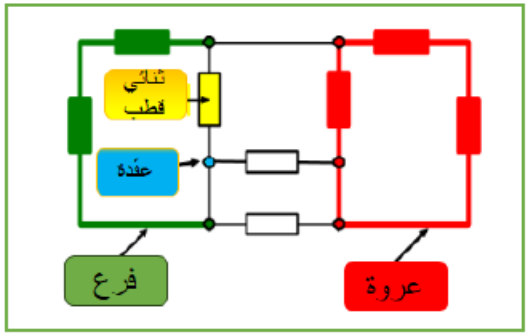
الشبكة: مجموعة من الدارات الكهربائية المتصلة مع بعضها البعض.

ثنائي القطب: ينحصر في دارة كهربائية بواسطة قطبين يدخل التيار من أحدهما ويخرج من الثاني.

ثنائي القطب الخامل : يستهلك الطاقة الكهربائية.

ثنائي القطب النشط: ينتج تيارا كهربائيا.

اسلاك التوصيل: تهمل مقاوماتها أمام مقاومات ثنائيات القطب الأخرى.

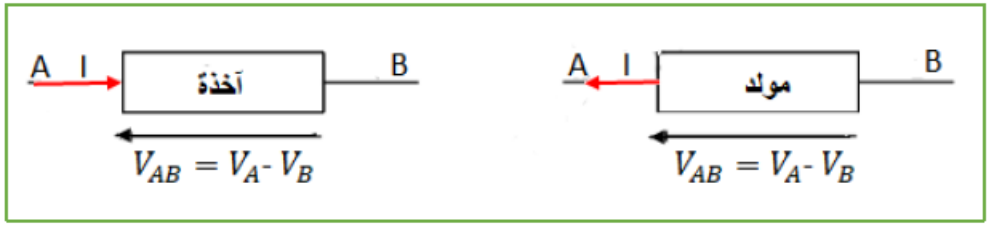


اصطلاح:

يستعمل مصطلحين في الدراسة العملية لثنائيات القطب و هما:

- **المولد:** فرق الكمون والتيار الكهربائي يوجهان في الاتجاه الموجب وفي نفس الجهة.

- **الآخذة:** فرق الكمون والتيار الكهربائي يوجهان في الاتجاه الموجب وفي اتجاهين متعاكسين.



الشكل (17.4)

المولدات الكهربائية:

المولد الكهربائي هو جهاز، يوضع في دارة كهربائية، قادر على الإبقاء والمحافظة على مجال كهربائي. هذا الأخير، ومن خلال تحريكه للشحنات الكهربائية من القطب ذو الكمون المنخفض الى القطب ذو الكمون المرتفع، يضمن مرور تيار كهربائي وبالتالي نقل الطاقة عبر الدارة.

مولد الجهد او مولد التوتر: هو جهاز قادر على الحفاظ على فرق كمون ثابت بين طرفيه، مهما كانت الدارة الخارجية.

مولد التيار: هو جهاز يوفر تيارا ثابتا عمليا، بغض النظر عن الدائرة الخارجية.

في كل ما يتبع سنتناول فقط مولدات الجهد المستمر.

- مولد الجهد او مولد التوتر:

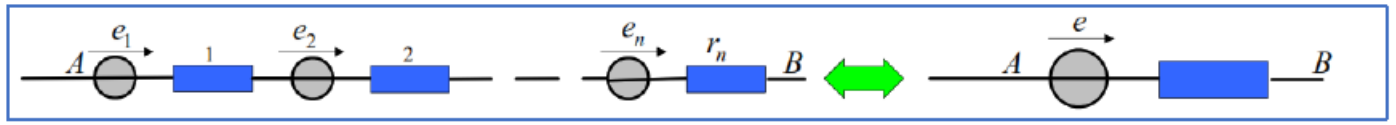
تتميز هذه المولدات بما يسمى القوة المحركة الكهربائية وهي فرق الكمون بين طرفي المولد عندما لا يعطي أي تيار. سنرمز لها في الشبكات بالرمز (e) ووحدتها في جملة الوحدات الدولية هي الفولط وكذلك بمقاومة داخلية ضعيفة رمزها (r). القوة المحركة الكهربائية لمنبع كهربائي هي العمل المبذول على وحدة الشحنة لنقلها خلال دارة مغلقة.

جمع المولدات:

يمكن لدارة كهربائية ان تضم أكثر من مولد. يتميز كل مولد بقوته المحركة الكهربائية ومقاومته الداخلية.

الجمع على التسلسل:

نقول عن مولدين أنهما على التسلسل إذا مر فيهما التيار نفسه، وكان القطب الموجب لأحدهما موصولا بالقطب السالب للمولد الذي يسبقه او الذي يليه. الشكل ادناه يمثل n مولد موصولة على التسلسل.



الشكل (18.4): n مولد موصولة على التسلسل

في هذه الحالة القوة المحركة الكهربائية للمولد المكافئ تساوي المجموع الجبري للقوى المحركة الكهربائية للمولدات الموصولة على التسلسل، ومقاومته الداخلية تساوي المجموع الحسابي للمقاومات الداخلية للمولدات الموصولة على التسلسل.

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

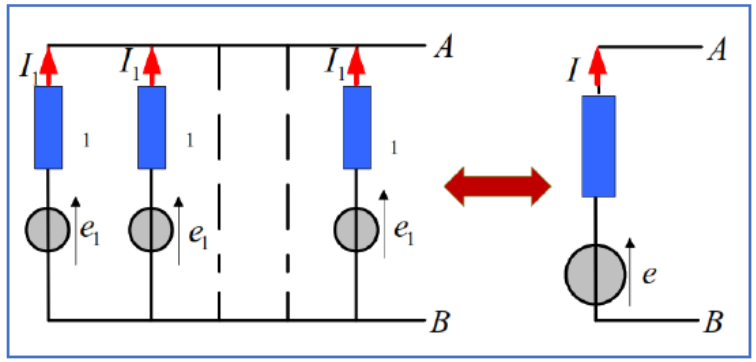
الجمع على التفرع:

في هذه الحالة يجب ان تكون المولدات متماثلة.

في هذه الحالة القوة المحركة الكهربائية للمولد المكافئ تساوي القوى المحركة الكهربائية لمولد واحد، ومقلوب مقاومته الداخلية تساوي مجموع المقالب للمقاومات الداخلية للمولدات الموصولة على التفرع.

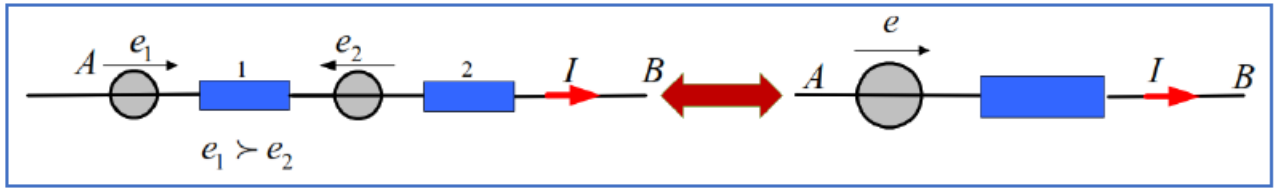
$$e_1 = e\ ;\quad I = nI_1\ ;\ \frac{1}{r} = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{r_i} = \frac{n}{r_1}$$

الشكل ادناه يمثل n مولد موصولة على التفرع.



الجمع على التضاد:

نقول عن مولدين أنهما على التضاد إذا مر فيهما التيار نفسه، وكان القطب الموجب لأحدهما موصولا بالقطب الموجب للمولد الآخر. الشكل ادناه يمثل مولدين موصولين على التضاد.



الشكل (20.4): يمثل مولدين موصولين على التضاد

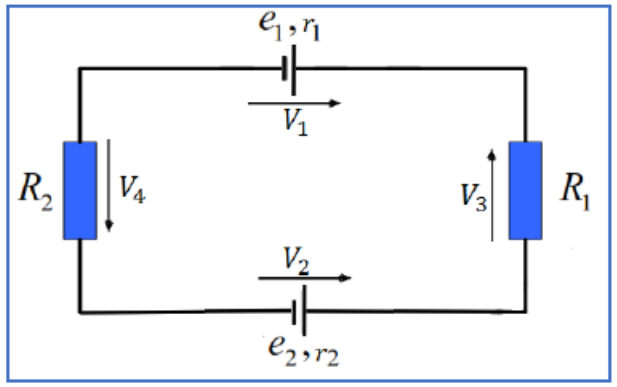
المولد ذو القوة المحركة الأكبر يقوم بدور المولد في حين ان المولد ذو القوة المحركة الأصغر يقوم بدور الآخذة.

في الشكل (19.4) يكون لدينا:

$$e_1 > e_2 \Rightarrow e = e_1 - e_2 \; ; r = r_1 + r_2$$

تطبيق:

لتكن الدارة المبينة في الشكل المقابل:



حيث:

$$R_2 = 2.3\Omega \; ; \; R_1 = 1.4\,\Omega \; ; \; e_1 = 12V \; ; \; e_2 = 6V$$

$$r_1 = 0.2\Omega \; ; \; r_2 = 0.1\Omega$$

1- أوجد اتجاه وشدة التيار في الدارة الكهربائية؟

2- اوجد فرق الكمون الكهربائي بين طرفي المقاومة R_1 و e_2؟

الحل:

1- اتجاه التيار :

بما أن $e_1 > e_2$، فان التيار يكون في اتجاه عقارب الساعة. أي من المولد 1 بينما المولد 2 يقوم بدور آخذة.

شدة التيار:

نستعمل قانون الحلقات ونعتبر التيار في اتجاه عقارب الساعة ومنه:

$$V_1 - V_2 - V_3 - V_4 = 0$$

V_1 : فرق الكمون بين طرفي المولد 1. حسب قانون اوم يكون لدينا:

$$V_1 = e_1 - r_1 I$$

V_2 : فرق الكمون بين طرفي المولد 2، والذي كما رأينا يقوم بدور آخذة وبالتالي وبحسب قانون اوم يكون لدينا:

$$V_2 = e_2 + r_2 I$$

V_3, V_4 : فرق الكمون بين طرفي المقاومة 1 و2، وبحسب قانون اوم يكون لدينا:

$$V_3 = R_1 I \ ; \ V_4 = R_2 I$$

وبالتالي نكتب:

$$(e_1 - r_1 I) - (e_2 + r_2 I) - R_1 I - R_2 I = 0 \Rightarrow e_1 - e_2 = (r_1 + r_2 + R_1 + R_2) I$$

$$I = \frac{e_1 - e_2}{(r_1 + r_2 + R_1 + R_2)} = \frac{12 - 6}{0.1 + 0.2 + 1.4 + 2.3} = \frac{6}{4} = 1.5A$$

2. فرق الكمون الكهربائي بين طرفي المقاومة R_1 و e_2

يمكن حسابه بطريقين وليكن V_5:

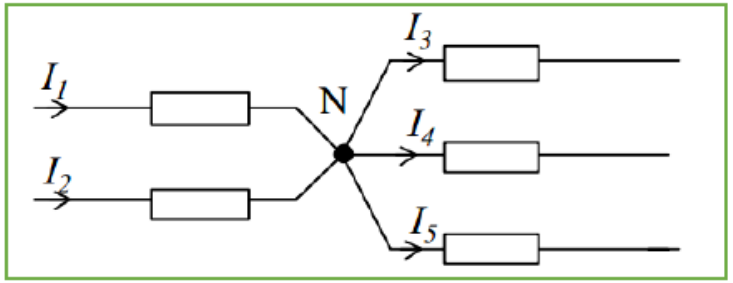
الطريق الأول: $V_5 = V_1 - V_4 = e_1 - r_1 I - R_2 I = 12 - 0.3 - 3.45 = 8.25\ V$

الطريق الثاني: $V_5 = V_2 + V_4 = e_2 + r_2 I + R_1 I = 6 + 0.15 + 2.1 = 8.25\ V$

قانونا كيرشوف:

وضعهما الفيزيائي الألماني غوستاف كيرشوف سنة 1845، هذان القانونان يعبران عن انحفاظ الطاقة وكذلك انحفاظ الشحنة الكهربائية في دارة كهربائية.

أ. **القانون الأول (قانون العقد):**



الشكل (21.4)

في الشكل باعتبار التيارات الداخلة للعقدة موجبة والتيارات الخارجة من العقدة سالبة فيكون لدينا:

$$I_1 + I_2 + (-I_3) + (-I_4) + (I_5) = 0$$

ومنه العبارة الأخيرة يمكن ان تكتب كالتالي:

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

من هنا يمكننا أيضا صياغة قانون العقد بتعبير آخر: مجموع شدة التيارات الداخلة للعقدة تساوي مجموع شدة التيارات الخارجة منها.

$$\sum I_{\text{الداخلة}} = \sum I_{\text{الخارجة}}$$

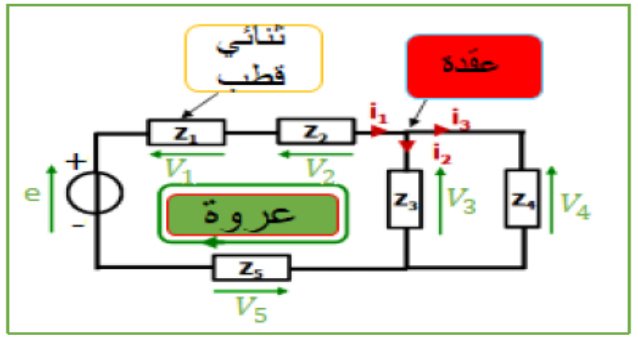
قانون كيرشوف الثاني (قانون العروات): و هو يمثل قانون انحفاظ الطاقة، حيث أن التغير الكلي للكمون على مسار عروة يساوي للصفر.

$\sum_{k=1}^{n} V_k = 0$ / حيث: V_k مقدار جبري

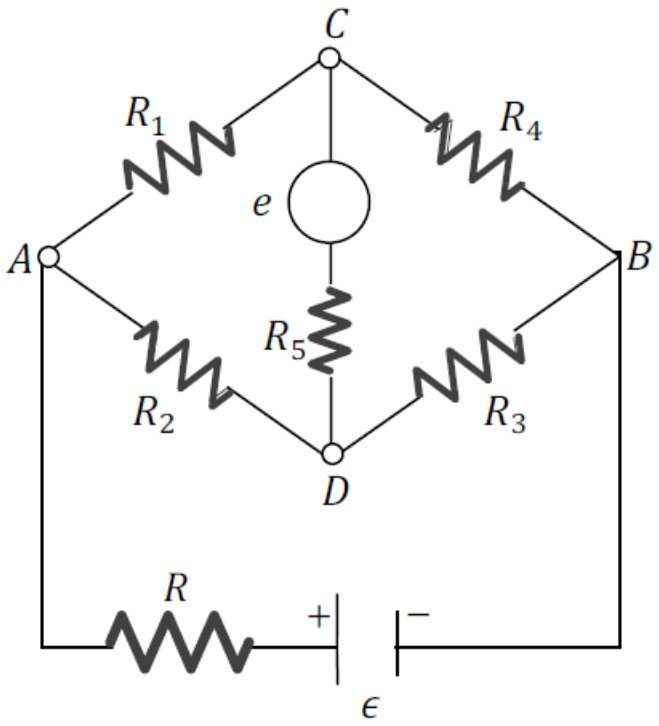
بناء على ذلك نحدد اتجاه اختياري لمرور التيارات في كافة الفروع. نرمز بسهم أمام كل عنصر للدلالة على جهة الكمون الأعلى كما في الشكل: في المولد من قطبه السالب إلى قطبه الموجب، أما في المقاومة فإنه يكون عكس اتجاه التيار الذي يجتازها. ونتفق على أن ما كان منها في الاتجاه المختار للدوران في الحلقة فهو موجب، وغيرها سالب. الشكل ادناه يمثل قانون العروات.

من الشكل لدينا:

$$\sum_{k=1}^{n} V_k = 0 \Rightarrow e - V_1 - V_2 - V_3 - V_5 = 0 \Rightarrow e = V_1 + V_2 + V_3 + V_5$$



Activate Windo
Go to Settings to acti



مثال : تطبيق قانوني كيرشوف على شبكة.

أوجد شدة التيار في كل فرع من الشبكة التالية.

$$R = R_1 = R_2 = R_5 = 20\Omega$$
$$R_3 = 10\Omega; \quad R_4 = 60\Omega$$
$$e = 2V; \quad \epsilon = 48V$$

الحل:

في الشبكة لدينا:

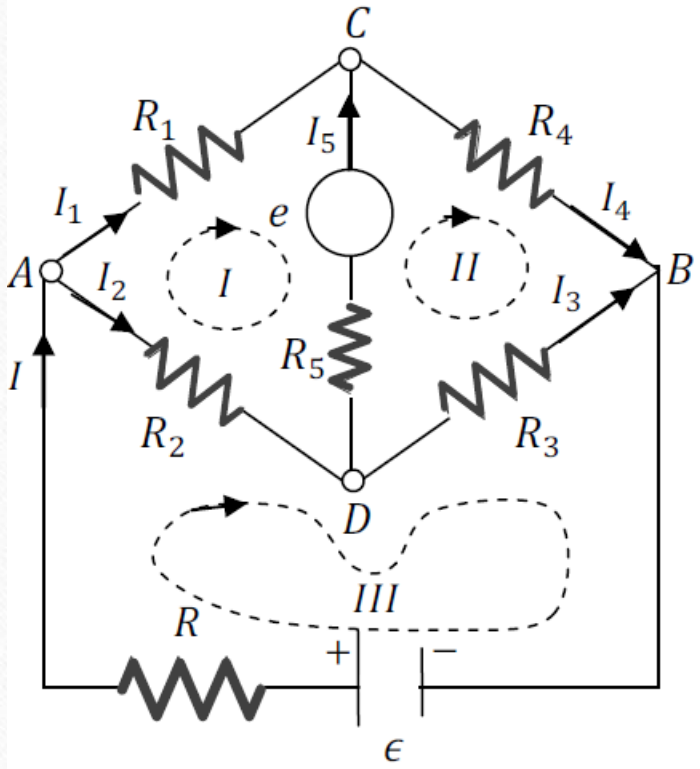
- أربع عقد، أي ثلاث معادلات للتيار.
- ستة فروع، أي ثلاث معادلات للعروات.

قانون كيرشوف الأول يعطي:

العقدة A: $I = I_1 + I_2$ (1)

العقدة C: $I_4 = I_1 + I_5$ (2)

العقدة D: $I_2 = I_3 + I_5$ (3)



قانون كيرشوف الثاني يعطي:

العروة I:

$$R_1 I_1 - e - R_5 I_5 - R_2 I_2 = 0 \longrightarrow R_1 I_1 - R_5 I_5 - R_2 I_2 = e \qquad (4)$$

العروة II:

$$R_5 I_5 + e + R_4 I_4 - R_3 I_3 = 0 \longrightarrow R_5 I_5 + R_4 I_4 - R_3 I_3 = -e \qquad (5)$$

العروة III:

$$\mathrm{R}I - \varepsilon + R_2 I_2 + R_3 I_3 = 0 \longrightarrow \mathrm{R}I + R_2 I_2 + R_3 I_3 = \varepsilon \qquad (6)$$

من المعادلات (1) و (2) و (3) نستخرج قيم I_2 و I_3 و I_5 بدلالة I و I_1 و I_4:

$$I_2 = I - I_1$$
$$I_3 = I - I_4$$
$$I_5 = I_4 - I_1$$

ونعوضهم في المعادلات (4) و (5) و (6) فنحصل على الجملة التالية:

$$\begin{cases} (R_1 + R_2 + R_5)I_1 - R_5 I_4 - R_2 I = e \\ -R_5 I_1 + (R_3 + R_4 + R_5)I_4 - R_3 I = -e \\ -R_2 I_1 - R_3 I_4 - (R_3 + R_2 + R)I = \varepsilon \end{cases}$$

$$\begin{cases} 3I_1 - I_4 - I = 0.1 \\ -2I_1 + 9I_4 - I = -0.2 \\ -2I_1 - 1I_4 - 5I = 4.8 \end{cases}$$

حل هذه الجملة بطريقة كرامر (*Cramer*) يعطى:

$$I_1 = \frac{\begin{vmatrix} 0.1 & -1 & -1 \\ -0.2 & 9 & -1 \\ 4.8 & -1 & -5 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 3 & -1 & -1 \\ -2 & 9 & -1 \\ -2 & -1 & -5 \end{vmatrix}} = 0{,}512 \text{ A}$$

$$I_4 = \frac{\begin{vmatrix} 3 & 0.1 & -1 \\ -2 & -0.2 & -1 \\ -2 & 4.8 & -5 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 3 & -1 & -1 \\ -2 & 9 & -1 \\ -2 & -1 & -5 \end{vmatrix}} = 0{,}226 \text{ A}$$

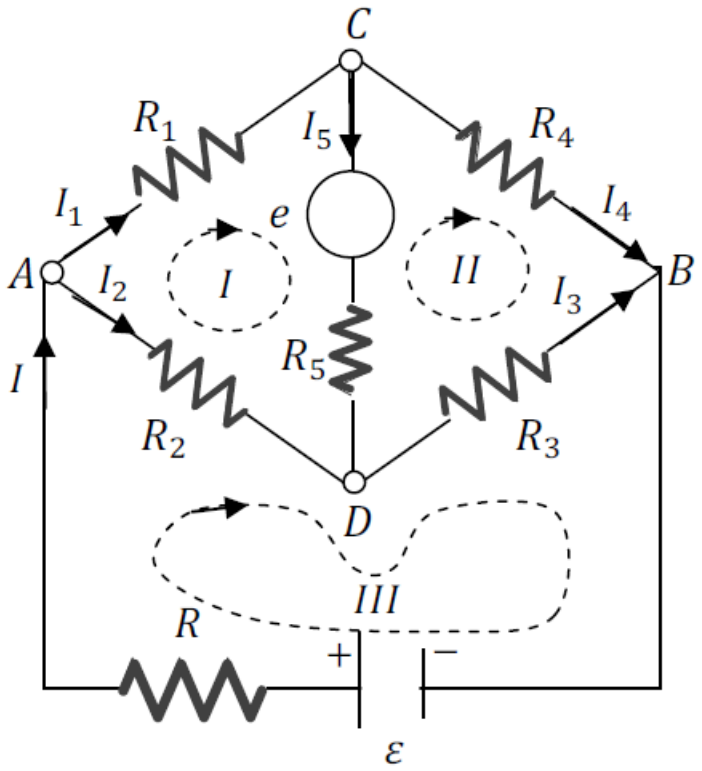
$$I = \frac{\begin{vmatrix} 3 & -1 & 0.1 \\ -2 & 9 & -0.2 \\ -2 & -1 & 4.8 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 3 & -1 & -1 \\ -2 & 9 & -1 \\ -2 & -1 & -5 \end{vmatrix}} = 1{,}21 \text{ A}$$

و:

$$I_2 = I - I_1 = 1{,}21 - 0{,}512 = 0{,}698 \text{ A}$$
$$I_3 = I - I_4 = 1{,}21 - 0{,}226 = 0{,}984 \text{ A}$$
$$I_5 = I_4 - I_1 = 0{,}226 - 0{,}512 = -0{,}286 \text{ A}$$

I_5 سالبة، إذًا الجهة الفعلية لـ I_5 هي عكس الجهة المختارة عشوائيا في الشبكة، و بما التيار يسري في فرع يحتوي عن عنصر استقبال يجب إعادة وضع

I_5 سالبة، إذًا الجهة الفعلية لـ I_5 هي عكس الجهة المختارة عشوائيا في الشبكة، و بما التيار يسري في فرع يحتوي عن عنصر استقبال يجب إعادة وضع المعادلات و نأخذ الاتجاه الصحيح لـ I_5:



قانون كيرشوف الأول يعطي:

العقدة A: $I = I_1 + I_2$

العقدة C: $I_1 = I_4 + I_5$

العقدة D: $I_3 = I_2 + I_5$

قانون كيرشوف الثاني يعطي:

العروة I:

$$R_1 I_1 + e + R_5 I_5 - R_2 I_2 = 0 \longrightarrow R_1 I_1 + R_5 I_5 - R_2 I_2 = -e$$

العروة II:

$$-R_5I_5 - e + R_4I_4 - R_3I_3 = 0 \longrightarrow -R_5I_5 + R_4I_4 - R_3I_3 = e$$

العروة III:

$$\mathrm{R}I - \varepsilon + R_2I_2 + R_3I_3 = 0 \longrightarrow \mathrm{R}I + R_2I_2 + R_3I_3 = \varepsilon$$

من المعادلات (1) و (2) و (3) نستخرج قيم I_2 و I_3 و I_5 بدلالة I و I_1 و I_4:

$$I_2 = I - I_1$$
$$I_3 = I - I_4$$
$$I_5 = I_1 - I_4$$

$$\begin{cases} 3I_1 - I_4 - I = -0{,}1 \\ -2I_1 + 9I_4 - I = 0.2 \\ -2I_1 - I_4 + 5I = 4.8 \end{cases}$$

حل هذه الجملة بطريقة كرامر (*Cramer*) يعطى:

$$I_1 = 0.448\ \text{A}, \quad I_4 = 0.254\ \text{A}, \quad I = 1.19\ \text{A}$$
$$I_2 = 0.742\ \text{A}, \quad I_3 = 0.936\ \text{A}, \quad I_5 = 0.194\ \text{A}$$