Анализ на електрически вериги

Когато анализираме дадена електрическа верига обикновено **разполагаме със следните данни**:

- **Електрическата схема** на веригата;

- **Големините на** токовете/напреженията на **източниците**;

- **Съпротивленията** и/или **мощностите** на консуматорите.

Проблемът, който **трябва да се реши** при анализа на електрическите вериги, **е** да се определят **какви мощности се разсейват** в един или повече от елементите на веригата. Решаването на този проблем се свежда до две основни стъпки:

1. **Определяне на токовете** във веригата;

2. **Определяне на мощностите** във веригата.

В: Защо е важно да знаем какви мощности се разсейват в елементите на електрическите вериги?

О: Всички електрически уреди или отделни техни входове/изходи се характеризират както с някакво вътрешно съпротивление, така и с максимална мощност. Например, ако към тонколона с мощност $100\ W$ се подаде аудио сигнал с по-голяма мощност (например $150\ W$), това неминуемо ще доведе до нейното повреждане.

От друга страна всеки източник също има максимална мощност, която може да отделя. Ако към даден източник свържем товар, който консумира по-голяма мощност от максималната на източника, последният няма да е в състояние да я осигури, което може да доведе до повреждане на източника.

Анализ чрез закона на Ом

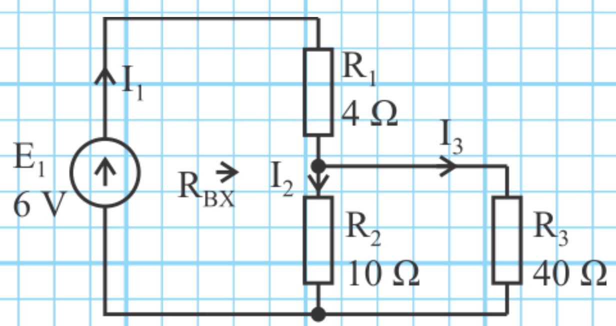
Сравнително прости вериги, съдържащи само един източник, могат да бъдат анализирани използвайки закона на Ом. Анализът по този метод включва следните основни стъпки:

1. Определя се еквивалентното съпротивление на веригата;

2. Създава се еквивалентна заместваща схема и се определя тока през източника;

3. Определят се останалите токовете, напрежения и мощности във веригата.

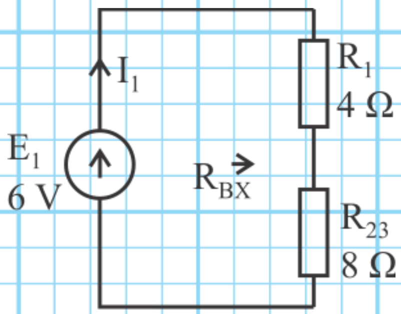
Пример: За дадената схема да се определят токовете във веригата (чрез закона на Ом) и разсейваните мощности в резисторите.



Първо ще определим входното съпротивление R_{BX}, гледано от към източника. В случая R_2 и R_3 са свързани паралелно:

$$R_{23} = \frac{R_2 . R_3}{R_2 + R_3} = \frac{10.40}{10 + 40} = 8\ [\Omega]$$

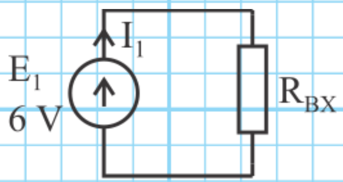
Можем да създадем първата еквивалентна заместваща схема:



От тук вече можем да определим еквивалентното (входното) съпротивление на товара:

$$R_{\text{BX}} = R_1 + R_{23} = 4 + 8 = 12\ [\Omega]$$

След като знаем еквивалентното съпротивление на резисторите, можем да съставим еквивалентна заместваща схема, откъдето да определим токът през източника:



$$I_1 = \frac{E_1}{R_{\text{BX}}} = \frac{6}{12} = 0{,}5\ [A]$$

Вече можем да се върнем към първата заместваща схема. Знаейки, какъв ток тече през еквивалентният резистор R_{23} можем да определим падът на напрежение върху него:

$$U_{R23} = I_1 . R_{23} = 0{,}5.8 = 4\ [V]$$

Тъй като R_2 и R_3 са свързани паралелно, напрежението върху тях е едно и също - $U_{R23} = 4$. Следователно техните токове можем да определим от закона на Ом:

$$I_2 = \frac{U_{R23}}{R_2} = \frac{4}{10} = 0,4\ [A]$$

$$I_3 = \frac{U_{R23}}{R_3} = \frac{4}{40} = 0,1\ [A]$$

Знаейки токовете във веригата можем да определим всички мощности, разсейвани в елементите на веригата:

$$P_{R1} = I_1^2.R_1 = 0,5^2.4 = 1\ [W]$$

$$P_{R2} = I_2^2.R_2 = 0,4^2.10 = 1,6\ [W]$$

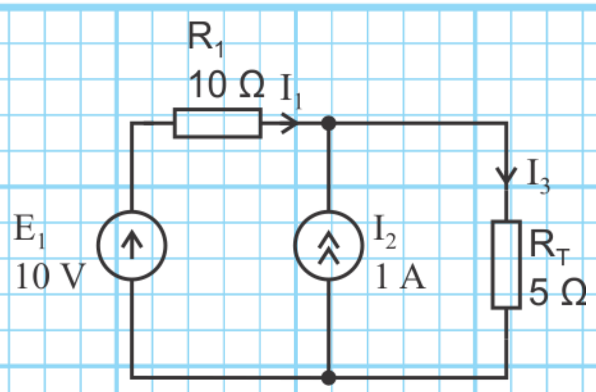
$$P_{R3} = I_3^2.R_3 = 0,1^2.40 = 0,4\ [W]$$

Това също така означава, че общата консумирана мощност е $P_{R1} + P_{R2} + P_{R3} = 2\ [W]$, т.е. източникът трябва да е способен да осигури такава мощност.

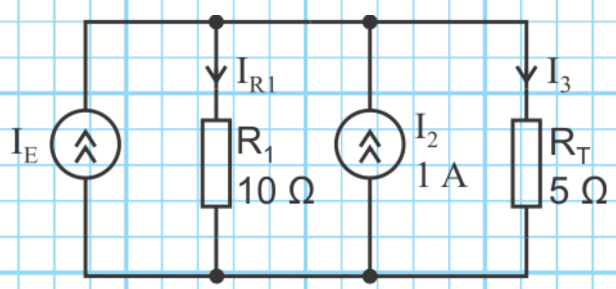
Анализ чрез използване на еквивалентни източници

Съществуват много ситуации, при които схемата може значително да се опрости ако реален източник на ток се замени с еквивалентен реален източник на напрежение или обратното.

Пример: За схемата да се определи мощността на товара R_T.



В случая ще заменим реалния източник на напрежение (съставен от E_1 и R_1) с еквивалентен реален източник на ток (съставен от I_E и R_1):

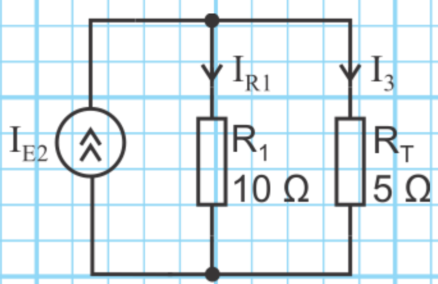


Големината на еквивалентния източник на ток I_E е:

$$I_E = \frac{E_1}{R_1} = \frac{10}{10} = 1\ [A]$$

В горната схема имаме два източника на ток, които са свързани паралелно и съпосочно. Следователно можем да ги обединим в един еквивалентен I_{E2}, чиято големина е:

$$I_{E2} = I_E + I_2 = 1 + 1 = 2\ [A]$$



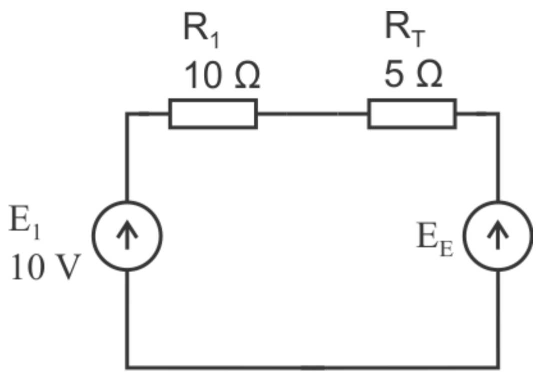
Получената еквивалентна схема се явява делител на ток. Следователно токът през товара е:

$$I_3 = I_{E2}\frac{R_1}{R_1 + R_T} = 2\frac{10}{10+5} = 1{,}33\ [A],$$

а разсейваната в товара мощност е:

$$P_{RT} = I_3^2.R_T = 1{,}33^2.5 = 8{,}88\ [W]$$

В: Нямаше ли да е по-лесно да заменим източникът на ток (съставен от I_2 и R_T) с еквивалентен източник на напрежение? Тогава схемата щеше да бъде едноконтурна!



О: Това би било възможно, ако R_T не ни интересува. Но тъй като **нас ни интересува** именно мощността на $\boldsymbol{R_T}$, **нямаме право** да го включваме **като част от еквивалентен източни**.

Теорема за суперпозицията

Една много важна теорема в електрическите вериги е т.н. теорема за суперпозицията, известна още като **принцип на наслагването**.

Теоремата гласи, че **токовете и напреженията** в една **линейна** електрическа **верига,** съдържаща повече от един източника на ток/напрежение, **се формират** като **алгебрична сума** от **въздействията** на **всеки източник по отделно**.

Тази теорема позволява да се анализират сложни електрически вериги (с повече от един източници) прилагайки следните правила:

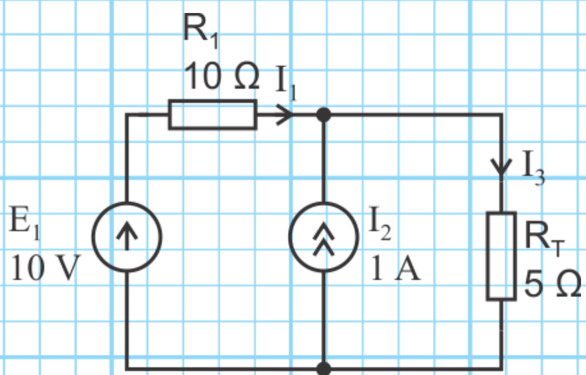
1. Веригата се анализира за всеки източник по отделно, като всички останали източници се премахват:

 - Източниците на напрежение се заменят с късо съединение;

 - Източниците на ток се заменят с прекъсната верига (празен ход).

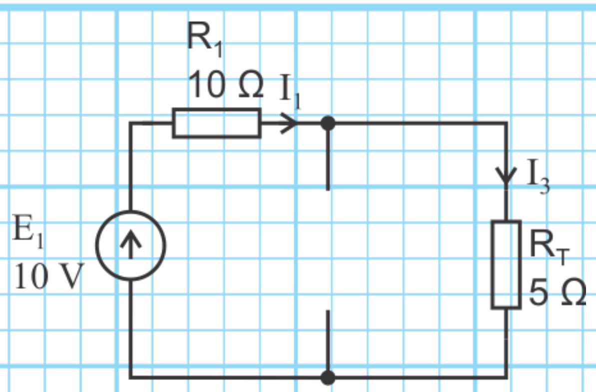
2. Токовете и напреженията във веригата се определят като алгебрична сума от въздействията на отделните източници.

Пример: Да се анализира схемата от предходния пример чрез прилагане на теоремата за суперпозицията и да се определят тока и мощността на товара R_T.



Схемата съдържа два източника, така че ще я анализираме за всеки от тях по отделно.

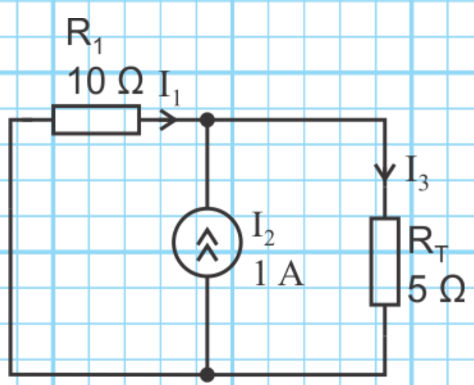
Действа само E_1: заменяме източника на ток с прекъсната верига.



Схемата става едноконтурна, т.е. токът през товара е:

$$I_{3(E1)} = \frac{E_1}{R_1 + R_T} = \frac{10}{10 + 5} = 0{,}667\ [A]$$

Действа само I_2: заменяме източника на напрежение с късо съединение.



Горната схема се явява делител на ток, така че токът през товара е:

$$I_{3(I2)} = I_2 \frac{R_1}{R_1 + R_T} = 1 \frac{10}{10 + 5} = 0{,}667\ [A]$$

Следователно общият ток през товара е:

$$I_3 = I_{3(E1)} + I_{3(I2)} = 0{,}667 + 0{,}667 = 1{,}33\ [A]$$

За мощността отново се получава:

$$P_{RT} = I_3^2 . R_T = 1{,}33^2 . 5 = 8{,}88\ [W]$$

Метод със законите на Кирхоф

Методът със законите на Кирхоф е базиран на директно приложение на законите на Кирхоф. При него целта е да се състави **система уравнения**, в която **неизвестните величини са неизвестните токове** във веригата. Основните правила при този метод са:

1. Броят на уравненията в системата е равен на броя на неизвестните токове във веригата;

2. Ако клон съдържа източник на ток, неговият ток е известен;

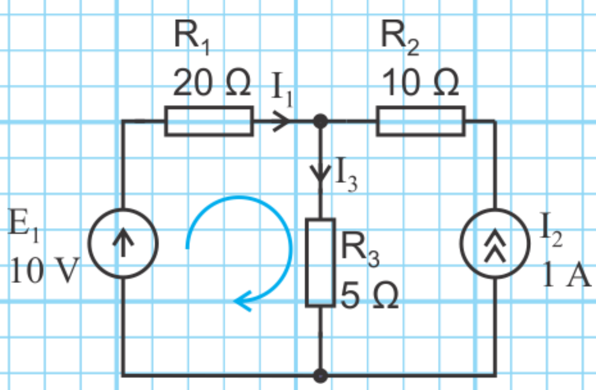
3. Ако N_B е броят на възлите във веригата, записват се $N_\mathrm{B} - 1$ уравнения по ПЗК;

4. Останалите уравнения се записват по ВЗК като посоките на затворените контури се избират случайно;

5. По този метод не може да се затваря контур през източник на ток, тъй като неговото напрежение не е известно;

6. Системата се решава и се определят токовете, напреженията и мощностите във веригата.

Пример: За схемата да се определят токовете и мощностите на резисторите използвайки метода със законите на Кирхоф.



Схемата съдържа един източник на ток, т.е. има два неизвестни тока (I_1 и I_3) и ни е нужна система с две уравнения.

В схемата има два възела, т.е. можем да запишем само едно уравнение по ПЗК:

$$I_1 + I_2 = I_3$$

Второто уравнение следва да запишем по ВЗК. Тъй като не можем да затворим контура през източника на ток, има само едно място от където той може да мине:

$$\mathrm{E}_1 = I_1.R_1 + I_3.R_3$$

В края на краищата нашата система е:

$$\begin{vmatrix} I_1 + I_2 = I_3 \\ E_1 = I_1.R_1 + I_3.R_3 \end{vmatrix} \quad => \quad \begin{vmatrix} 1 = -I_1 + I_3 \\ 10 = 20I_1 + 5I_3 \end{vmatrix}$$

Записваме системата в матрична форма:

$$\begin{vmatrix} I_1 \\ I_3 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} -1 & 1 \\ 20 & 5 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 \\ 10 \end{vmatrix}$$

Детерминантите са:

$$\Delta = Det \begin{vmatrix} -1 & 1 \\ 20 & 5 \end{vmatrix} = -1.5 - 1.20 = -25$$

$$\Delta_1 = Det \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 10 & 5 \end{vmatrix} = 1.10 - 1.5 = 5$$

$$\Delta_3 = Det \begin{vmatrix} -1 & 1 \\ 20 & 10 \end{vmatrix} = -1.10 - 1.20 = -30$$

Следователно неизвестните токове във веригата са:

$$I_1 = \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{5}{-25} = -0,2\ [A]$$

$$I_3 = \frac{\Delta_3}{\Delta} = \frac{-30}{-25} = 1,2\ [A]$$

Забележете, че токът I_1 е отрицателен, т.е. той тече в посока противоположна на случайно избраната от нас.

Мощностите разсейвани от резисторите са:

$$P_{R1} = I_1^2 . R_1 = (-0,2)^2 . 20 = 0,8\ [W]$$

$$P_{R2} = I_2^2 . R_2 = 1^2 . 10 = 10\ [W]$$

$$P_{R3} = I_3^2 . R_3 = 1,2^2 . 5 = 7,2\ [W]$$

Метод с възловите потенциали

Методът с възловите потенциали е базиран на ПЗК. При него **целта е** да се състави **система уравнения**, в която **неизвестните величини са възловите потенциали** във веригата. Основните правила при този метод са:

1. Единият от възлите във веригата се заземява: Това означава, че се свързва към маса, т.е. неговият потенциал е известен и е равен на $0\ [V]$;

2. Ако $N_{\text{В}}$ е броят на възлите във веригата, записват се $N_{\text{В}} - 1$ уравнения по ПЗК;

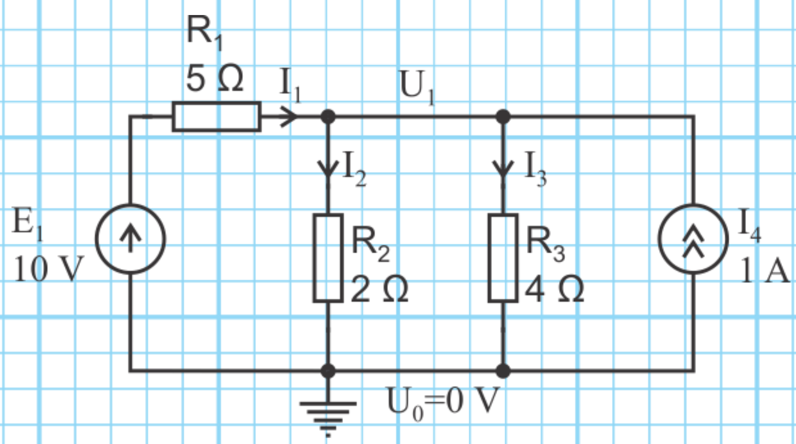
3. Изразяваме всеки от токовете чрез закона на Ом, използвайки възловите потенциали (напрежения) и ги заместваме в записаните уравнения по ПЗК;

4. Ако някой от клоновете съдържа източник на ток, в него тече ток с големина равна на източника на ток;

5. Решаваме системата и определяме възловите потенциали;

6. Определяме токовете във веригата чрез закона на Ом, а от там напреженията и мощностите във веригата.

Пример: За схемата да се определят токовете и мощностите на резисторите използвайки метода с възловите потенциали.



Дадената верига съдържа два възела. Избираме да заземим възел 0, т.е. $U_0 = 0\ [V]$. Следователно имаме едно единствено неизвестно – възловият потенциал U_1.

В: Не разбирам защо казвате, че възлите във веригата са два. Аз виждам четири възела!

О: Между горните два „възела“ няма никакви елементи, т.е. двата възела имат един и същ потенциал. Аналогично долните два „възела“ също имат един и същ потенциал. Затова казваме, че в схемата има само два възела.

Записваме едно уравнение по ПЗК:

$$I_1 + I_4 = I_2 + I_3 \quad \rightarrow \quad I_1 + 1 = I_2 + I_3$$

Изразяваме трите неизвестни тока:

$$I_1 = \frac{U_0 - U_1 + E_1}{R_1} = \frac{0 - U_1 + 10}{5} = 2 - 0{,}2U_1$$

$$I_2 = \frac{U_1 - U_0}{R_2} = \frac{U_1 - 0}{2} = 0{,}5U_1$$

$$I_3 = \frac{U_1 - U_0}{R_3} = \frac{U_1 - 0}{4} = 0{,}25U_1$$

Заместваме изразените токове в уравнението по ПЗК:

$$I_1 + 1 = I_2 + I_3 \quad \rightarrow \quad 2 - 0{,}2U_1 + 1 = 0{,}5U_1 + 0{,}25U_1$$

и определяме потенциала на възел 1:

$$3 = 0{,}95U_1 \quad \rightarrow \quad U_1 = 3{,}16\ [V]$$

Определяме неизвестните токове, като заместим получения потенциал в уравненията по закона на Ом:

$$I_1 = 2 - 0{,}2U_1 = 2 - 0{,}2.3{,}16 = 1{,}37\ [A]$$

$$I_2 = 0{,}5U_1 = 1{,}58\ [A]$$

$$I_3 = 0{,}25U_1 = 0{,}79\ [A]$$

Следователно разсейваните мощности във веригата са:

$$P_{R1} = I_1^2.R_1 = 1{,}37^2.5 = 9{,}39\ [W]$$

$$P_{R2} = I_2^2.R_2 = 1{,}58^2.2 = 4{,}99\ [W]$$

$$P_{R3} = I_3^2.R_3 = 0{,}79^2.4 = 2{,}50\ [W]$$

Метод с контурните токове

Методът с контурните токове е базиран на ВЗК. При него **целта е** да се състави **система уравнения**, в която **неизвестните величини са контурните токове** във веригата. Основните правила при този метод са:

1. Избират се достатъчно на брой затворени контури, така че да се обходят всички елементи във веригата. Прието е всички контури да се въртят по часовниковата стрелка;

2. По всеки затворен контур тече контурен ток I_n^k;

3. Ако някой от контурните токове минава през източник на ток, неговата големина е равна на тази на източника на ток;

Забележка: Един контурен ток не може да минава през повече от един източник на ток.

4. За всеки от неизвестните контурни токове се записва уравнение по ВЗК, като от падовете на напрежение, дължащи се на контурен ток I_n^k, се изваждат падовете на напрежение, дължащи се на други контурни токове минаващи през същите резистори;

5. Решава се системата и се определят контурните токове I_m^k;

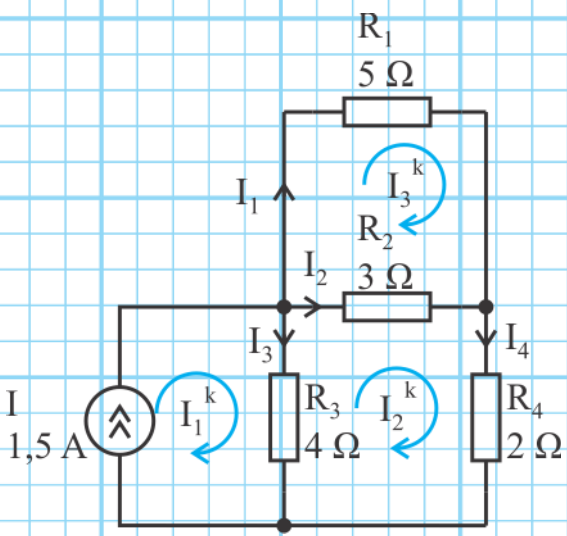
6. Клоновите токове се изразяват като алгебрична сума от минаващите през тях контурни токове:

$$I_n = \sum I_m^k$$

7. Определят се клоновите токове I_n и разсейваните във веригата мощности.

Ограничения: Този метод е приложим единствено в линейни електрически вериги.

Пример: За схемата да се определят токовете и мощностите на резисторите използвайки метода с контурните токове.



Елементите на веригата могат да се обходят с три контурни тока. Единият от тях минава през източник на ток, така че неговата големина е известна:

$$I_1^k = 1{,}5\ [A]$$

За неизвестните контурни токове записваме уравнения по ВЗК:

$$\begin{vmatrix} 0 = I_3^k(R_1 + R_2) - I_2^k.R_2 \\ 0 = I_2^k(R_2 + R_3 + R_4) - I_1^k.R_3 - I_3^k.R_2 \end{vmatrix}$$

В: Съвсем се обърках. От къде се взеха съставките „$-I_2^k.R_2$“ и „$-I_1^k.R_3 - I_3^k.R_2$“.

О: Контурният ток I_3^k минава през R_1 и R_2, но през R_2 също така минава контурен ток I_2^k с противоположна на I_3^k посока. Аналогично втория контур I_2^k минава през R_2, R_3 и R_4, но през R_3 също така минава контурен ток I_1^k, а през R_2 също така минава контурен ток I_3^k, и двата с противоположна на I_2^k

посока. Тъй като всички контури се въртят в една и съща посока (по часовниковата стрелка), допълнителните контурни токове са винаги с посока противоположна на контурния ток, за който записваме уравнението по ВЗК. Затова участват със знак минус (-).

Записваме системата в матрична форма:

$$\left| \begin{array}{l} 0 = 8I_3^k - 3I_2^k \\ 0 = 9I_2^k - 4.1,5 - 3I_3^k \end{array} \right. \rightarrow \begin{vmatrix} I_2^k \\ I_3^k \end{vmatrix} \begin{vmatrix} -3 & 8 \\ 9 & -3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0 \\ 6 \end{vmatrix}$$

Детерминантите са:

$$\Delta = Det \begin{vmatrix} -3 & 8 \\ 9 & -3 \end{vmatrix} = 9 - 72 = -63$$

$$\Delta_2 = Det \begin{vmatrix} 0 & 8 \\ 6 & -3 \end{vmatrix} = -48$$

$$\Delta_3 = Det \begin{vmatrix} -3 & 0 \\ 9 & 6 \end{vmatrix} = -18$$

Следователно контурните токове във веригата са:

$$I_2^k = \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{-48}{-63} = 0,76\ [A]$$

$$I_3^k = \frac{\Delta_3}{\Delta} = \frac{-18}{-63} = 0,29\ [A]$$

Изразяваме клоновите токове чрез контурните:

$$I_1 = I_3^k = 0,29\ [A]$$

$$I_2 = I_2^k - I_3^k = 0,76 - 0,29 = 0,47\ [A]$$

$$I_3 = I_1^k - I_2^k = 1,5 - 0,76 = 0,74\ [A]$$

$$I_4 = I_2^k = 0{,}76\ [A]$$

Следователно разсейваните в резисторите мощности са:

$$P_{R1} = I_1^2 . R_1 = 0{,}29^2 . 5 = 0{,}42\ [W]$$

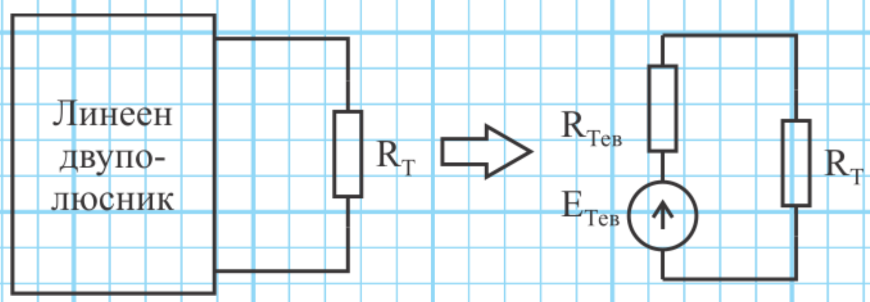
$$P_{R2} = I_2^2 . R_2 = 0{,}47^2 . 3 = 0{,}66\ [W]$$

$$P_{R3} = I_3^2 . R_3 = 0{,}74^2 . 4 = 2{,}20\ [W]$$

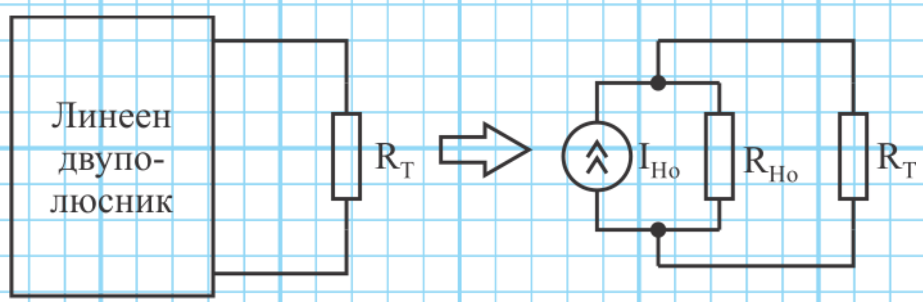
$$P_{R4} = I_4^2 . R_4 = 0{,}76^2 . 2 = 1{,}16\ [W]$$

Теореми на Тевенен и Нортън

Теоремата на Тевенен гласи, че **всеки линеен активен двуполюсник**, захранващ товар R_T, **може да бъде заменен с еквивалентен реален източник на напрежение** (често наричан еквивалентен източник на Тевенен), с големина $E_{\text{Тев}}$ и съпротивление $R_{\text{Тев}}$.



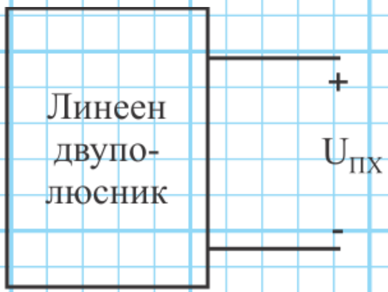
Аналогична е **теоремата на Нортън**, която гласи че **всеки линеен активен двуполюсник**, захранващ товар R_T **може да бъде заменен с еквивалентен реален източник на ток**, с големина $I_{\text{Но}}$ и съпротивление $R_{\text{Но}}$.



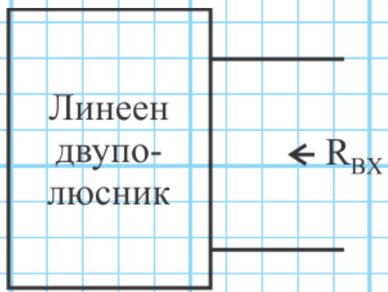
Тези две теореми често се наричат обобщено като **Теорема за активния двуполюсник (източник)**.

Определяне параметрите на еквивалентен източник на напрежение:

1. Товара R_T се заменя с прекъсната верига (празен ход) и се определя напрежението на празен ход $U_{\text{ПХ}}$;



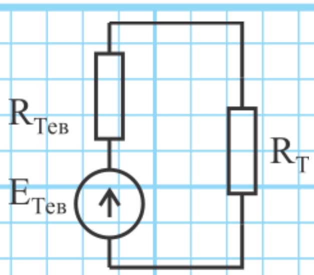
2. Активният двуполюсник се пасивира (източниците на ЕДН се заменят с късо съединение, а източниците на ток – с прекъсната верига) и се определя неговото входно съпротивление $R_{\text{ВХ}}$;



3. Активният двуполюсник се заменя с еквивалентен източник на Тевенен с параметри:

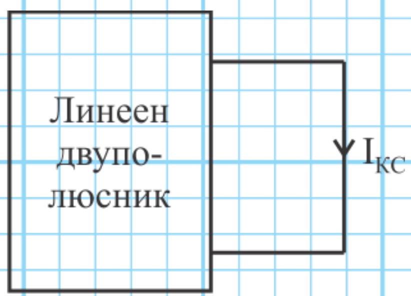
$$E_{\text{Тев}} = U_{\text{ПХ}}$$

$$R_{\text{Тев}} = R_{\text{ВХ}}$$

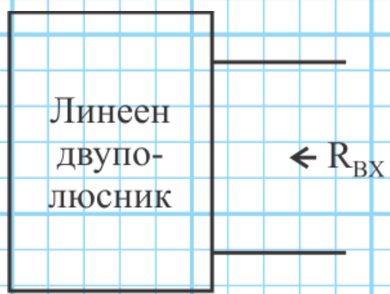


Определяне параметрите на еквивалентен източник на ток:

1. Товарът R_T се заменя с късо съединение и се определя токът на късото съединение $I_{\text{КС}}$;



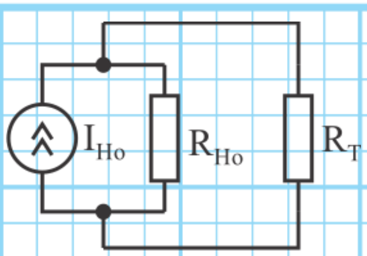
2. Активният двуполюсник се пасивира и се определя неговото входно съпротивление $R_{\text{ВХ}}$;



3. Активния двуполюсник се заменя с еквивалентен източник на Нортън с параметри:

$$I_{\text{Но}} = I_{\text{КС}}$$

$$R_{\text{Но}} = R_{\text{ВХ}}$$



Хибридно определяне параметрите на еквивалентен източник

1. Товара R_T се заменя с прекъсната верига (празен ход) и се определя напрежението на празен ход $U_{\text{ПХ}}$;

2. Товарът R_T се заменя с късо съединение и се определя токът на късото съединение $I_{\text{КС}}$;

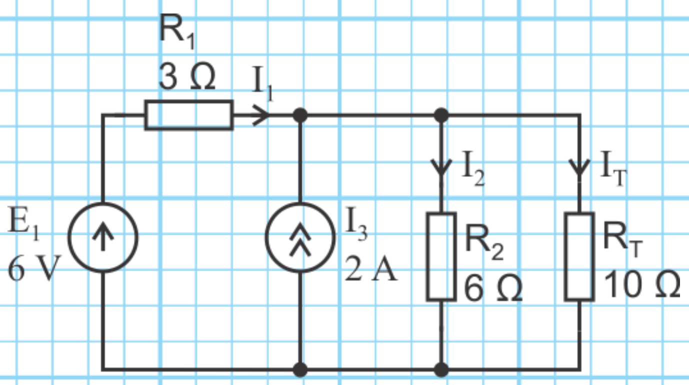
3. Активния двуполюсник се заменя с еквивалентен източник на Тевенен или Нортън, чието съпротивление се определя с:

$$R_{\text{Тев}} = R_{\text{Но}} = \frac{U_{\text{ПХ}}}{I_{\text{КС}}}$$

В: От това което казахте излиза, че за да заменим един активен двуполюсник с еквивалентен източник е достатъчно да определим кои да е 2 (от общо 3) параметъра на двуполюсника:
1. Напрежението на празен ход $U_{\text{ПХ}}$;
2. Тока на късо съединение $I_{\text{КС}}$;
3. Входното напрежение $R_{\text{ВХ}}$.

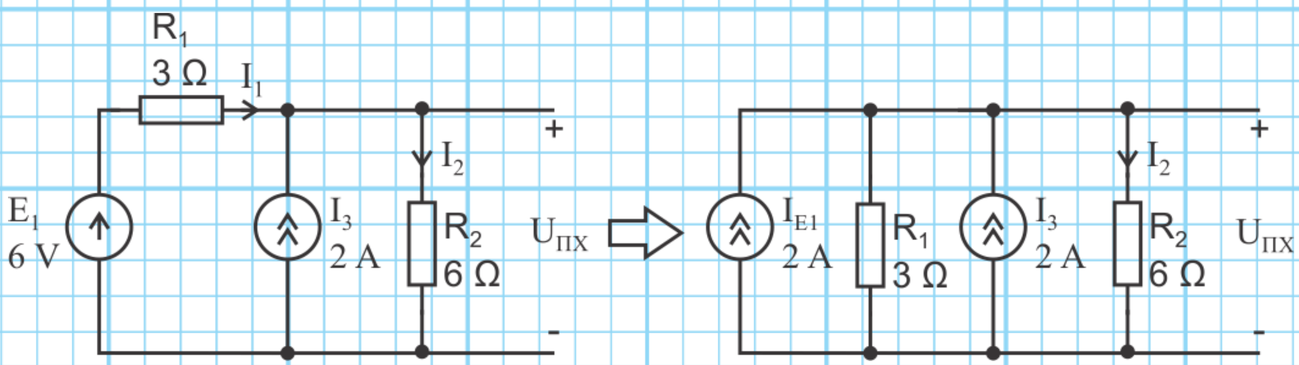
О: Правилно. Тъй като трите параметъра са свързани ($R_{\text{ВХ}} = \frac{U_{\text{ПХ}}}{I_{\text{КС}}}$) е достатъчно да знаем само два от тях. Затова обикновено се избират тези два параметъра, които могат да се определят по-лесно.

Пример: За дадената схема да се определи токът и мощността на товара R_T.



Решение чрез еквивалентна схема на Тевенен

Ще решим горната задача използвайки теоремата на Тевенен. Първо ще определим напрежението на празен ход на двуполюсника, като премахнем товара:



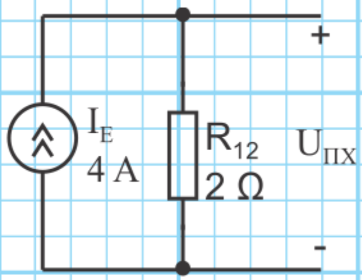
За анализ на тази верига можем да използваме кой да е от изучените методи, но в случая ще се възползваме от това, че можем да опростим веригата като заменим източника на напрежение (E_1, R_1) с еквивалентен източник на ток (I_{E1}, R_1):

$$I_{E1} = \frac{E_1}{R_1} = \frac{6}{3} = 2\ [A]$$

В еквивалентната схема имаме паралелно свързани източници на ток и резистори, които можем да обединим съответно с:

$$I_E = I_{E1} + I_3 = 2 + 2 = 4\ [A]$$

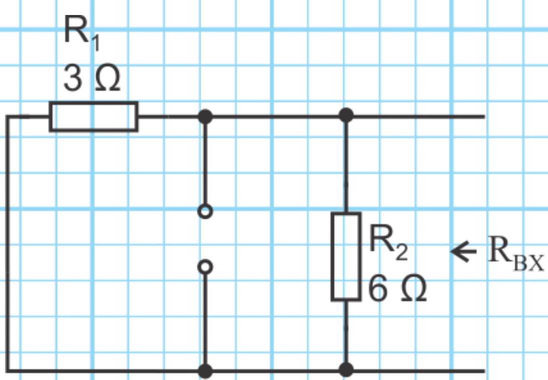
$$R_{12} = \frac{R_1 . R_2}{R_1 + R_2} = \frac{3.6}{3 + 6} = 2\ [\Omega]$$



Тъй като напрежението $U_{\text{ПХ}}$ е равно на напрежението на резистора R_{12}, можем да запишем:

$$U_{\text{ПХ}} = I_E . R_{12} = 4 * 2 = 8\ [V]$$

Следващата стъпка е да определим входното съпротивление на пасивния двуполюсник, като предварително сме премахнали двата източника:

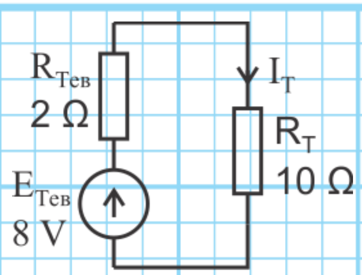


$$R_{\text{ВХ}} = \frac{R_2 . R_1}{R_2 + R_1} = \frac{6.3}{6 + 3} = 2\ [\Omega]$$

Последната стъпка е да заменим активния двуполюсник с еквивалентен източник на Тевенен с параметри:

$$E_{\text{Тев}} = U_{\text{ПХ}} = 8\ [V]$$

$$R_{\text{Тев}} = R_{\text{ВХ}} = 2\ [\Omega]$$



Следователно токът и мощността на товара са:

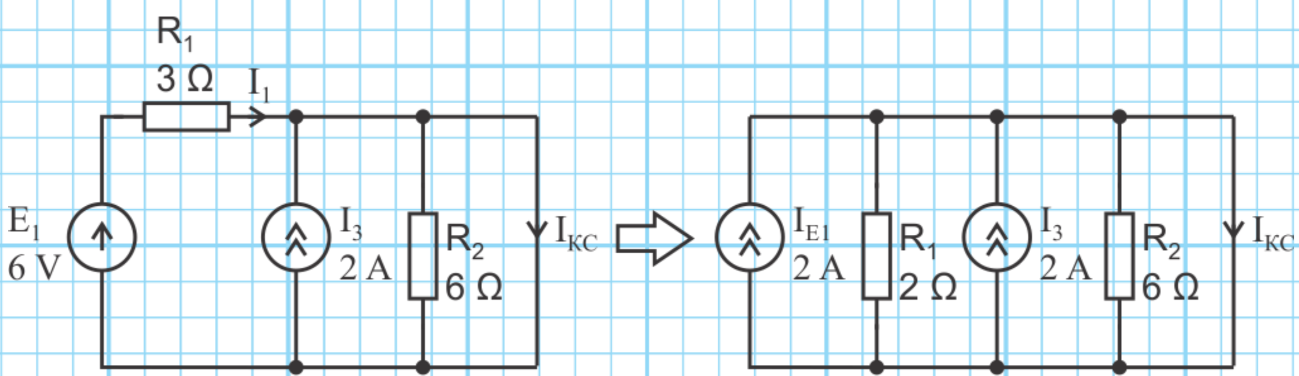
$$I_T = \frac{E_{\text{Тев}}}{R_{\text{Тев}} + R_{\text{Т}}} = \frac{8}{2+10} = 0{,}667\ [A]$$

$$P_{RT} = I_T^2 . R_T = 0{,}67^2 . 10 = 4{,}44\ [W]$$

Решение чрез еквивалентна схема на Нортън

В случая целта е да се определи тока на късо съединение на мястото на товара. Ще опростим веригата като заменим реалният източник на напрежение (E_1 и R_1) с еквивалентен източник на ток (I_{E1}, R_1):

$$I_{E1} = \frac{E_1}{R_1} = \frac{6}{3} = 2\ [A]$$

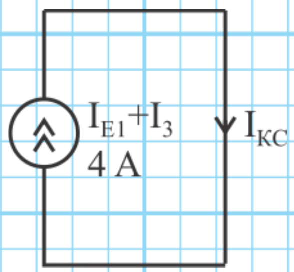


В получената схема можем да извършим две опростявания:

1. Двата източника на ток са свързани паралелно, т.е. можем да ги заменим с еквивалентен източник, чиято големина е сумата от големините на двата източника;

2. Двата резистора R_1 и R_2 са свързани паралелно на късото съединение, т.е. те биват шунтирани от него. Това означава, че можем да ги изключим от схемата.

В такъв случай схемата се свежда до:



а токът на късо съединение е:

$$I_{\text{КС}} = 4\ [A]$$

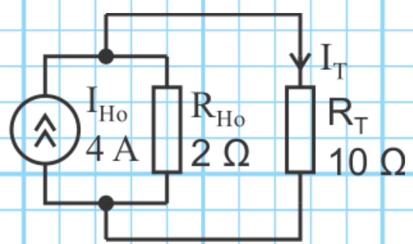
Входното съпротивление на активния двуполюсник е същото, като при еквивалентния източник на напрежение:

$$R_{\text{ВХ}} = 2\ [\Omega]$$

Следователно еквивалентният източник на ток ще има следните параметри:

$$I_{\text{Но}} = I_{\text{КС}} = 4\ [A]$$

$$R_{\text{Но}} = R_{\text{ВХ}} = 2\ [\Omega]$$



Еквивалентната схема се явява делител на ток, т.е. големината на тока през товара е:

$$I_T = I_{\text{Но}} \frac{R_{\text{Но}}}{R_{\text{Но}} + R_{\text{Т}}} = 4 \frac{2}{2 + 10} = 0{,}667\ [A]$$

Хибридно решение

Хибридното решение на горната задача включва определяне на $U_{\text{ПХ}}$ и $I_{\text{КС}}$. След това съпротивлението на еквивалентния източник се определя с:

$$R_{\text{Тев}} = R_{\text{Но}} = \frac{U_{\text{ПХ}}}{I_{\text{КС}}} = \frac{8}{4} = 2\ [\Omega]$$

От тук активния двуполюсник се заменя с еквивалентна схема на Тевенен или Нортън.

В: Не разбирам какъв е смисъла от тези теореми след като вместо да анализираме 1 схема, трябва да анализираме цели 3!

О: Теоремата за еквивалентния източник е много важна по няколко причини:

1. На практика всеки реален източник представлява сложен електрически уред (или съвкупност от уреди), но анализът на товарите свързани към него може значително да се опрости чрез използване на еквивалентен източник;

Например една телевизионна антена с вграден усилвател се явява източник за телевизора (товар). В общия случай нас не ни интересува какво е устройството на усилвателя/антената а единствено как те се виждат, гледани от към телевизора, т.е. параметрите на еквивалентния източник.

По аналогичен начин нас не ни интересува какво е устройството на телевизора, а единствено как той се вижда от към източника, т.е. неговото входно съпротивление.

2. Ако източникът е реално устройство, в много от случаите неговите $U_{\text{ПХ}}$ и $I_{\text{КС}}$ могат да бъдат измерени експериментално, а от там може да се определи и $R_{\text{ВХ}}$.