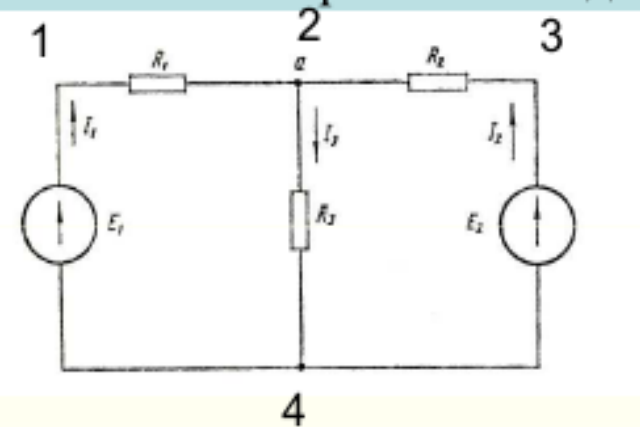


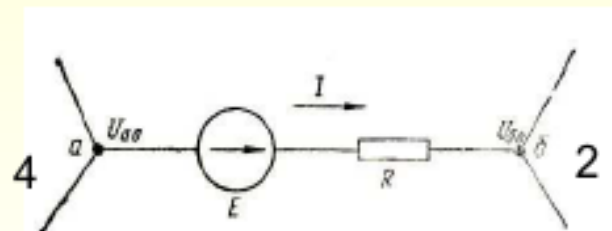
Електрически вериги при постоянен и променлив ток. Основни закони.

5.4 Метод на възловите потенциали (напряжения)

Ако броят на **възловите точки**, за които можем да напишем независими уравнения за токовете, е по-малък от броя на независимите **токови контури** може да се прилага метода на **възловите потенциали**.



(1) Токът във всеки клон се определя от обобщения закон на Ом.



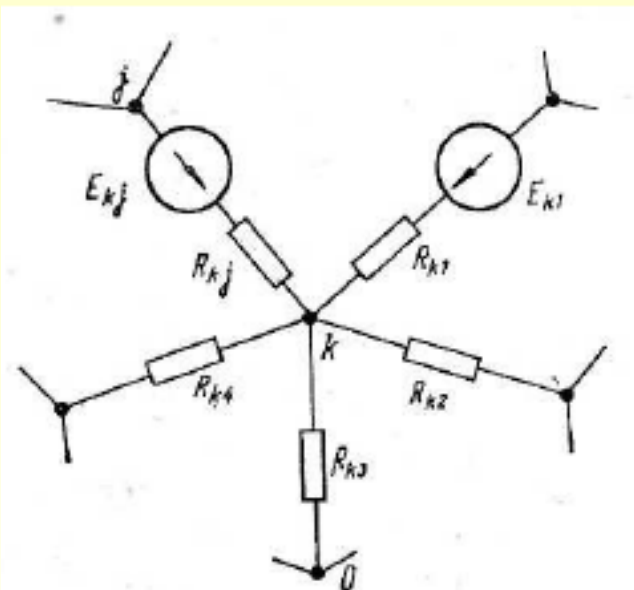
$$I_1 = \frac{E_1 - U_{24}}{R_1} = \frac{E_1 - (U_{20} - U_{40})}{R_1}$$

U_{20} и U_{40} са възловите потенциали във възел 2 и възел 4!

(2) Написват се уравнения за възлите без възела с потенциал 0 (възел 4). Всеки клон с **източник** на напрежение и съпротивление R се записва, като **генератор на ток** с $I_0 = E / R$ и паралелно свързано R .

Електрически вериги при постоянен и променлив ток.

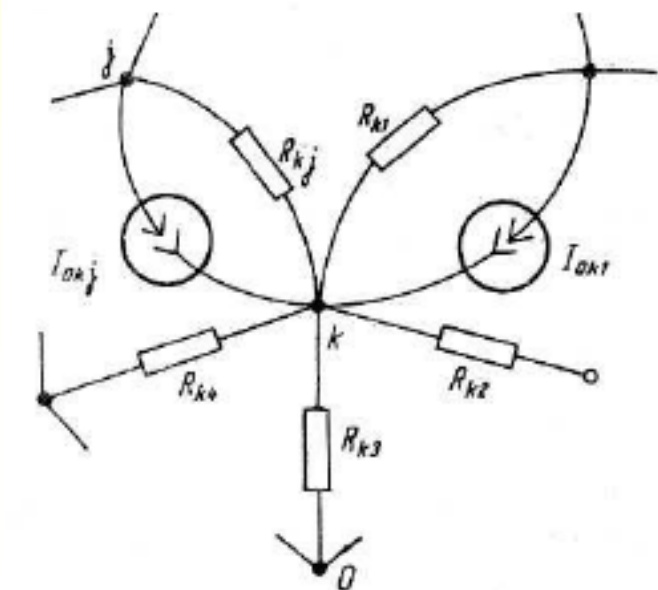
Основни закони.



$$I_{0kj} = \frac{E_{kj}}{R_{kj}} = G_{kj} E_{kj} \quad \text{- за възел } k \text{ токовете от източниците}$$

G_{kj} - взаимна проводимост на j -клон свързан към k -възел

$$I_{kj} = G_{kj} (U_{k0} - U_{j0}) \quad \text{-токовете по клоновете, които имат само съпротивление.}$$



$$\sum_{j=1}^l I_{0kj} - \sum_{j=1}^m I_{kj} = 0 \quad \text{- I-ви закон на Кирхоф за възел } k$$

$$\sum_{j=1}^l G_{kj} E_{kj} = \underbrace{\left(\sum_{j=1}^m G_{kj} \right)}_{\text{собствена проводимост на възела } k} U_{k0} - \sum_{j=1}^m G_{kj} U_{j0}$$

Електрически вериги при постоянен и променлив ток. Основни закони.

Трябва да се състави само **1** уравнение само за възел 2:

$$\frac{E_1}{R_1} + \frac{E_2}{R_2} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)U_{20}, \quad U_{40} = 0 - \text{маса}$$

$$U_{20} = \frac{E_1 / R_1 + E_2 / R_2}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} = \frac{E_1 R_2 R_3 + E_2 R_1 R_3}{R_2 R_3 + R_1 R_3 + R_1 R_2} =$$

$$= R_3 \frac{E_1 R_2 + E_2 R_1}{R_2 R_3 + R_1 R_3 + R_1 R_2} = 100 \frac{5000 + 5200}{170000} = \frac{102}{17} = 6 \text{ V} = U_{20}$$

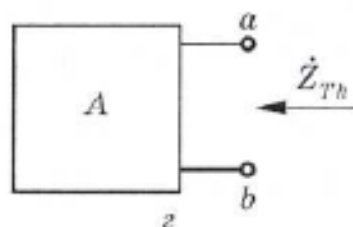
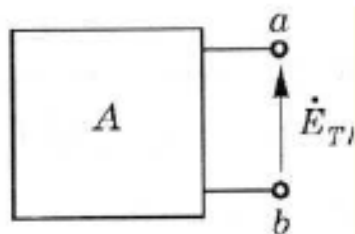
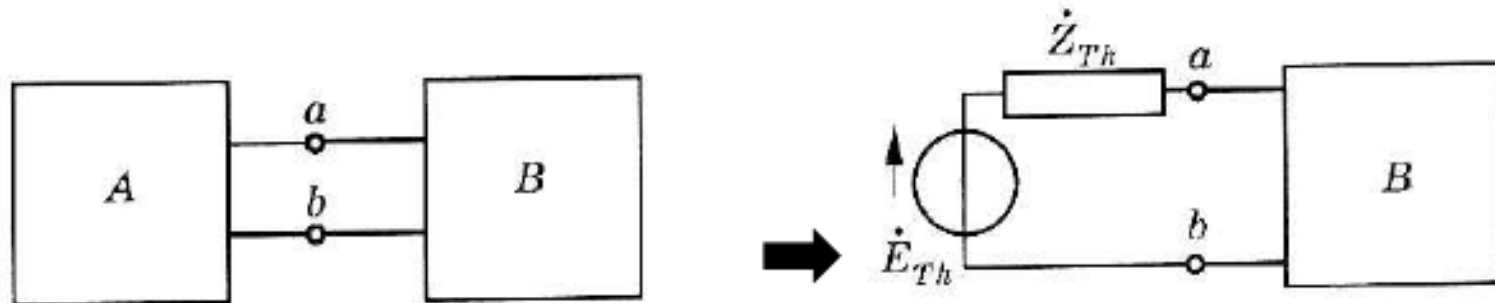
$$I_1 = \frac{E_1 - (U_{20} - U_{40})}{R_1} = \frac{E_1 - U_{20}}{R_1} = \frac{E_1}{R_1} - \frac{R_3}{R_1} \frac{E_1 R_2 + E_2 R_1}{R_2 R_3 + R_1 R_3 + R_1 R_2} = \frac{10 - 6}{200} = 0.02$$

$$I_1 = 0.02 \text{ A} = 20 \text{ mA}, \quad I_2 = \frac{E_2 - U_{20}}{R_2} = \frac{26 - 6}{500}, \quad I_3 = \frac{U_{20}}{R_3} = \frac{6}{100}$$

$$I_2 = 40 \text{ mA} \quad I_3 = 60 \text{ mA}$$

Електрически вериги при постоянен и променлив ток. Основни закони.

5. Теорема на Тевенен за пресмятане на линейни вериги



\dot{Z}_{Th} | при празен ход на изхода на
заместваната част от схемата
и отстранени източници

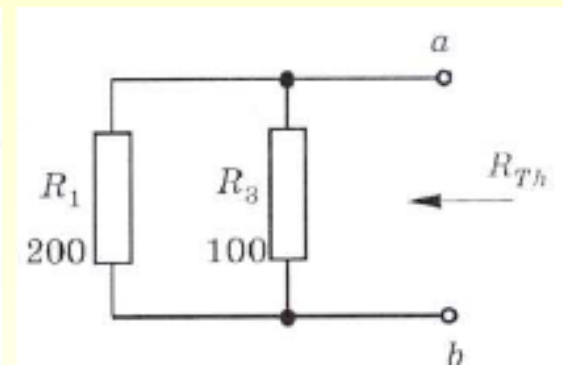
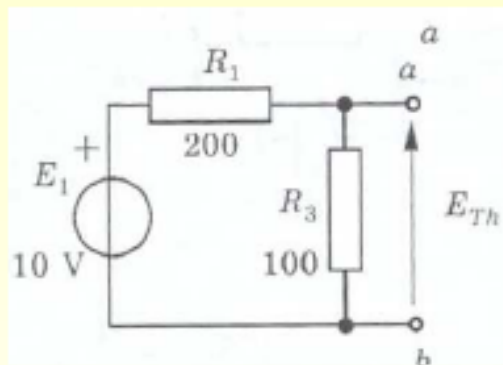
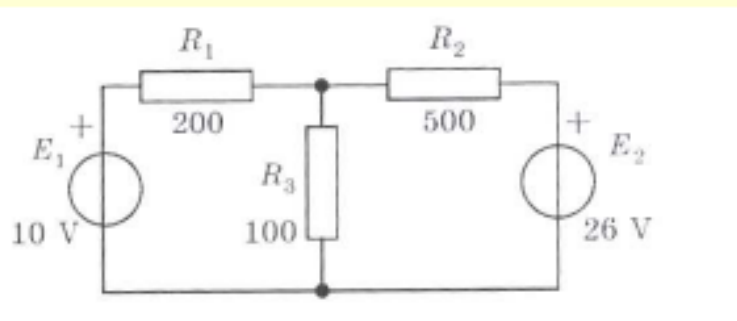
Всека част на сложна електрична верига може да бъде заменен с последователно свързани идеален източник на напрежение \dot{E}_{th} и импеданс \dot{Z}_{th} . Наричат се ЕДН и импеданс на Тевенен и чрез тях сложната верига може да се представи като “еквивалентна схема на Тевенен”.

\dot{E}_{Th} - определя се при **празен ход** на заместваната част от схемата;

\dot{Z}_{Th} – определя се при **празен ход и отстранени източници** на напрежение в заместваната част.

Електрически вериги при постоянен и променлив ток. Основни закони.

Ще представим схемата като еквивалентна схема на Тевенен. Определяме E_{Th} и Z_{Th} .



При постояннотокови вериги вместо Z_{Th} се използва съпротивление на Тевенен $R_{Th} = (R_1 \parallel R_3)$, представляващо делител на напрежение по отношение на E_1 .

$$E_1 = (R_1 + R_3)I_1 \quad I_1 = \frac{E_1}{R_1 + R_3}$$

$$E_{Th} = R_3 \cdot I_1$$

$$E_{th} = \frac{R_3}{R_1 + R_3} E_1 \quad R_{Th} = \frac{R_1 \cdot R_3}{R_1 + R_3}$$

$$E_{th} = \frac{100}{300} 10 = 3.33 \text{ V}$$

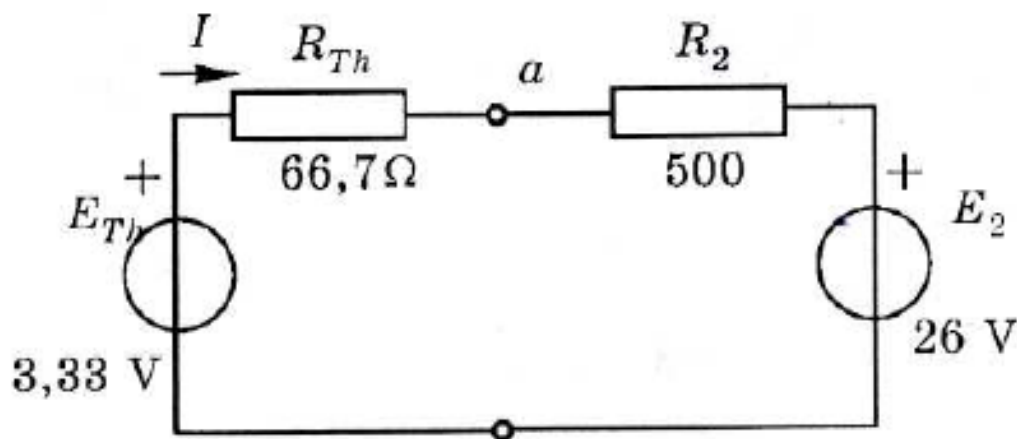
$$R_{Th} = \frac{20000}{300} = 66.7 \text{ } \Omega$$

Електрически вериги при постоянен и променлив ток. Основни закони.

Еквивалентната схема на Тевенен. (Thévenin)

Прилагаме правилата за анализ на сложни електрични вериги:

1. ЕДН = 1 ЕДН + 2 ЕДН;
2. $R = R_{Th} + R_2$
3. $I = E/R$



$$-E_{Th} + I.R_{Th} + IR_2 + E_2 = 0 \Rightarrow I(R_{Th} + R_2) = E_{Th} - E_2$$

$$I = (E_{Th} - E_2) / (R_{Th} + R_2) = \frac{3.33 - 26}{66.7 + 500} = -0.04 = -40 \text{ mA}$$

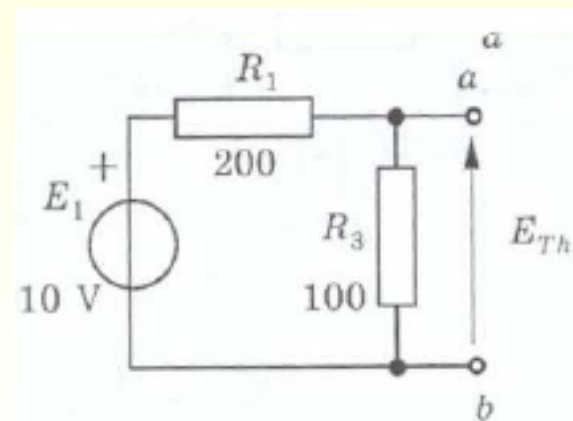
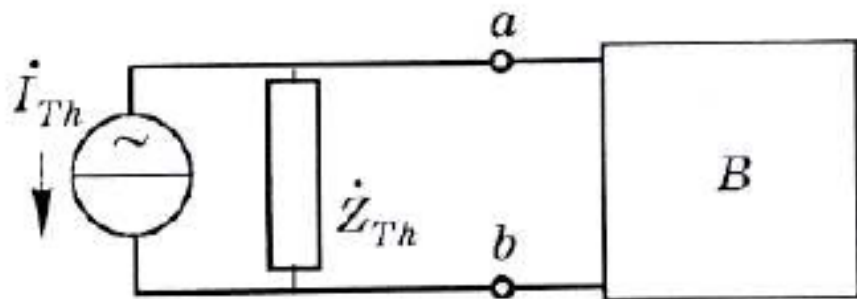
$$U_{ab} = E_2 - I R_2 = 26 - 0.04 \cdot 500 = 6 \text{ V}, \quad I_3 = \frac{U_{ab}}{R_3} = \frac{6}{100} = 60 \text{ mA}$$

Електрически вериги при постоянен и променлив ток. Основни закони.

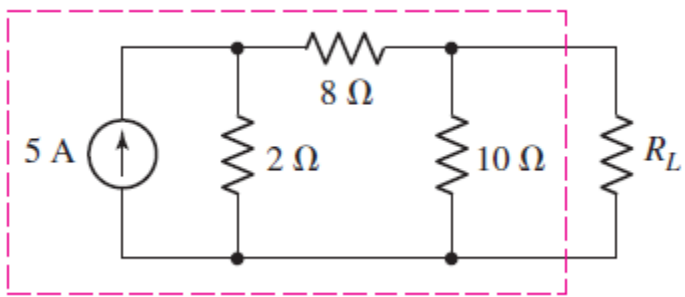
Теоремата на Нортън гласи, че всеки клон от сложна електрична верига може да бъде заменен с паралелно свързани идеален източник на ток \dot{I}_{Th} и импеданс \dot{Z}_{Th} . Схемата получена след заместването на този клон с \dot{I}_{Th} и \dot{Z}_{Th} се нарича еквивалентна схема на Нортън.

\dot{I}_{Th} - определя се при свързване накъсо на точките a и b

\dot{Z}_{th} - определя се при режим на празен ход

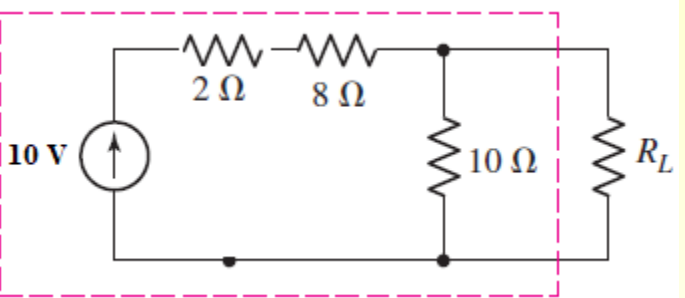


$$I_{Th} = \frac{E_1}{R_1}, \quad R_{Th} = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3}$$

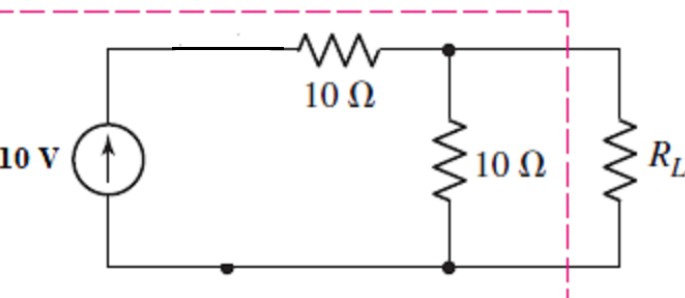


5.5 Using repeated source transformations, determine the Norton equivalent of the highlighted network in the circuit of Fig. 5.26.

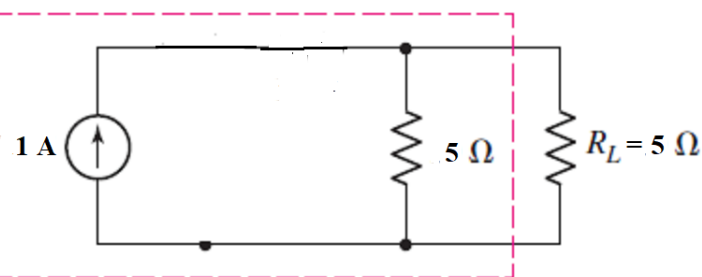
Определете пада върху $R_L = 5 \Omega$?



Представяме източника и паралелно свързаното съпротивлението 2Ω като източник на Тевенен и последователно съпротивление.



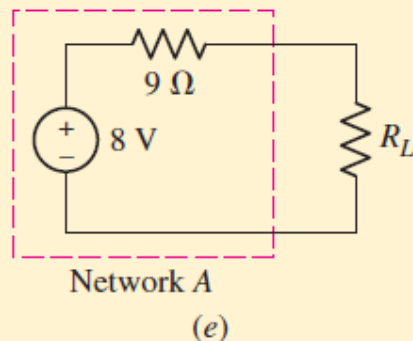
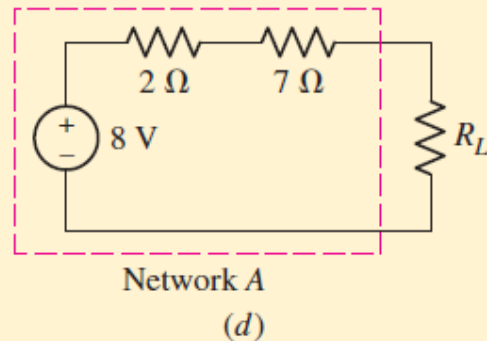
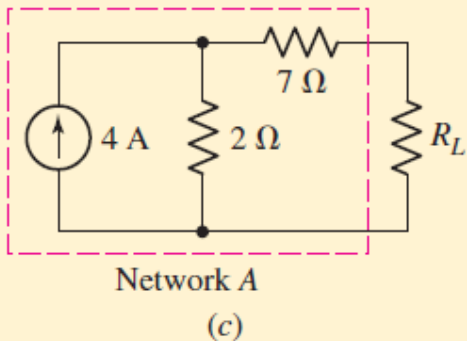
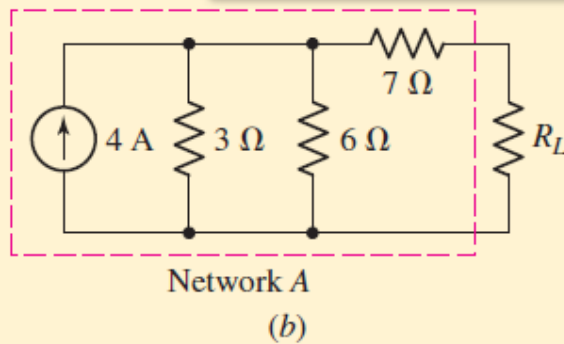
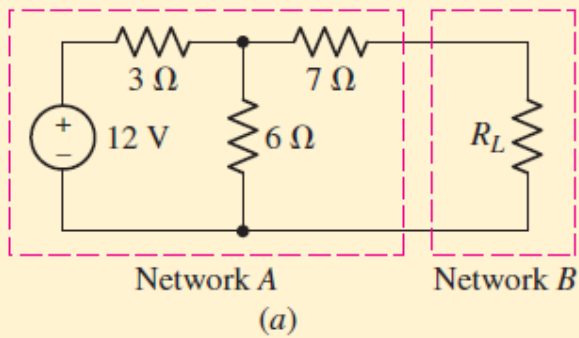
Това ни позволява да опростим схемата, като съберем последователно свързаните резистори. Прилагаме Теоремата на Нортън за новата схема: $1/R_{th} = 1/10 + 1/10 = 2/10$, $R_{Th} = 5 \Omega$, $I_{Th} = 10V/10 \Omega = 1 A$



Получихме еквивалентна схема на Нортън. Това е делител на ток. Токът през R_L е $0.5 A$. Падът е $U_L = (I_{th} / 2) \cdot R_L = 2.5 V$

Опростяване на схемите чрез последователни трансформации чрез теоремите на Тевенен и Нортън

Схемата от фигура (а) да се представи в еквивалентна схема на Тевенен. Колко е тока през $R_L = 7 \Omega$?



Еквивалентна схема на Тевенен