

(Ders 4)
(Devre Teoremleri)

Lineerlik Özelliği = Girdi ve çıktı arasında lineer ilişki tanımlayan bir elemanın özelliğidir. Bu özellik; tündeşlik ve toplamsallık özelliklerinin bir kombinasyonudur.

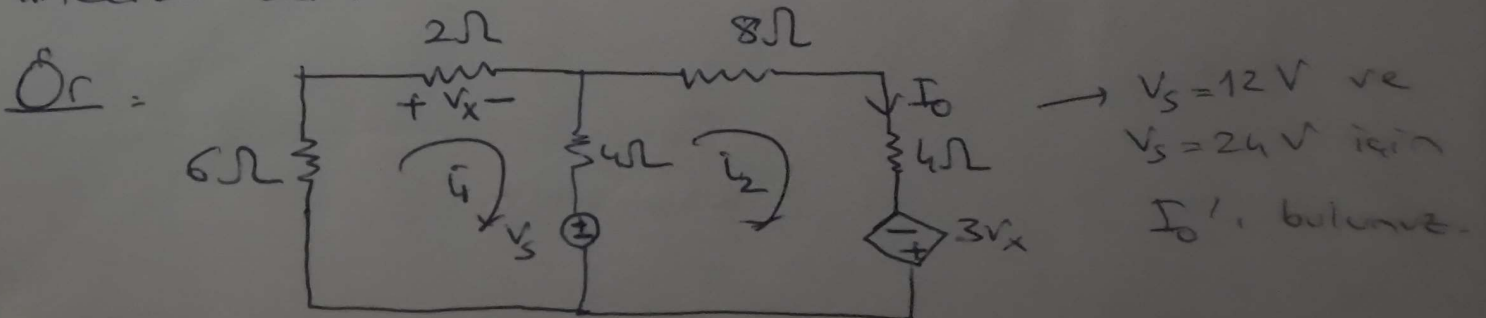
(1) = Tündeşlik: Eğer bir girdi değeri bir sabitle çarpıldığında çıktı değerinin sonuçta aynı sabitle çikfinin çarpımına eşitse tündeşlik (veya homojenlik) özelliği sağlanır.

Yani, $v = iR$ iken, eğer i bir k sabitiyle çarpıldığında; $kv = kiR$ oluyorsa homojenlik vardır.

(2) = Toplamsallık: Eğer, belli sayıda girdilerin toplamına verilen cevap, bu girdilere verilen cevapların ayrı ayrı toplamına eşitse toplamsallık sağlanır.

Yani, $v_1 = i_1R$ ve $v_2 = i_2R$ olsun. Eğer,
 $v = (i_1 + i_2)R = i_1R + i_2R = v_1 + v_2$

NET = Bir devrede verilen bir direnç elemanı homojen ve toplamsal old.'dan, lineerlik özelliğine sahiptir. Eğer, devre homojen ve toplamsalsa lineerdir denir.



\underline{G} = 1. çevrede KVL uygularsak;

$$12i_1 - 4i_2 + v_s = 0 \dots (1)$$

2. çevrede KVL uygularsak;

$$-4i_1 + 16i_2 - 3v_x - v_s = 0 \text{ 'dır. Öte yandan,}$$

$$v_x = 2i_1 \text{ old.'dan;}$$

$$-10i_1 + 16i_2 - v_s = 0 \text{ olur. --- (2)}$$

(1) ve (2) 'den;

$$2i_1 + 12i_2 = 0 \Rightarrow i_1 = -6i_2$$

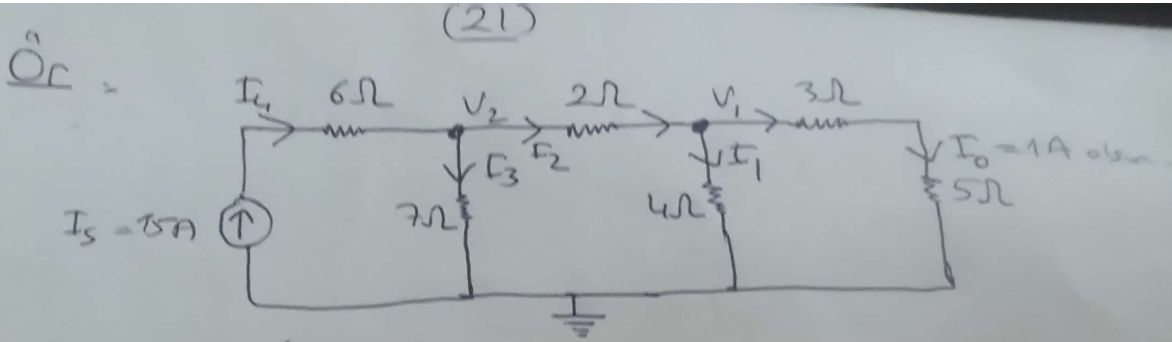
(1)'de yerine koyarsak;

$$-72i_2 - 4i_2 + v_s = 0 \Rightarrow v_s = 76i_2 \Rightarrow i_2 = \frac{v_s}{76}$$

$$I_0 = i_2 \text{ old.'dan; } v_s = 12V \text{ için } \Rightarrow I_0 = \frac{12}{76} A$$

$$v_s = 24V \Rightarrow I_0 = \frac{24}{76} A$$

! voltaj 2 katına çıktığında akımda aynı oranda artıyor.



$I_0 = 1A$ olarak kabul edip lineerlik özelliğini kullanarak I_0 'ın gerçek değerini bulunuz.

$I =$ Eğer, $I_0 = 1A$ ise $i_1 = I_0 = \frac{V_1 - 0}{8} = \frac{V_1}{8} \Rightarrow V_1 = 8V$

$$I_1 = \frac{V_1 - 0}{4} = \frac{8}{4} = 2A.$$

$$I_2 = I_0 + I_1 \text{ (1-düğümde KCL'den)}$$

$$I_2 = 1 + 2 = 3$$

$$\frac{V_2 - V_1}{2} = I_2 = 3 \Rightarrow V_2 - V_1 = 6 \Rightarrow V_2 = 6 + 8 = 14V$$

$$I_3 = \frac{V_2 - 0}{7} = \frac{14}{7} = 2A$$

$$I_4 = I_2 + I_3 \text{ (2-düğümde KCL'den)}$$

$$\Rightarrow I_4 = 5A. \Rightarrow \text{yani, } I_s = 5A \text{ 'dir.}$$

$$I_0 = 1A \text{ iken } I_s = 5A \text{ ise } I_s = 15 \text{ iken } I_0 = 3A$$

Süperpozisyon :

Teorem : Bir lineer devrede herhangi bir eleman

Üzerindeki akım veya voltaj, bu eleman üzerindeki bütün bağımsız kaynaklardan dolayı oluşan akım veya voltajların toplamına eşittir.

Süperpozisyonu uygulamak için aşağıdaki adımları takip etmeliyiz:

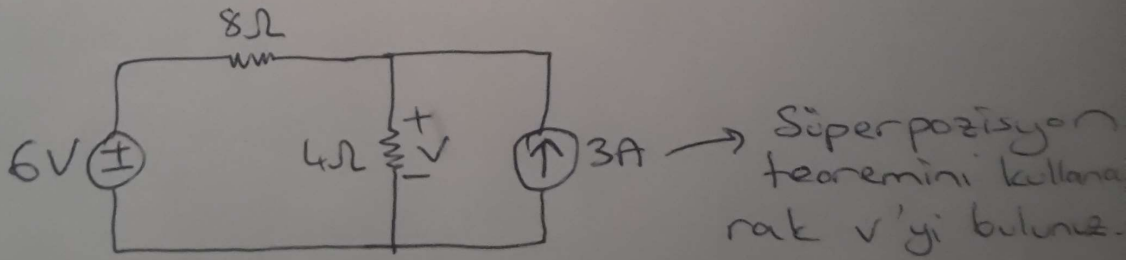
(1) = Bir kaynak hariç diğer bütün bağımsız kaynakları kapat. Yani, herhangi bir anda sadece 1 kaynak aktif oluyor. Bu kaynağın yol açtığı voltajı veya akımı buluruz.

(2) = (1).adımı bütün diğer bağımsız kaynaklara da uyguluyoruz.

(3) = Bütün bağımsız kaynaklardan elde edilen sonuçların toplamını alırız.

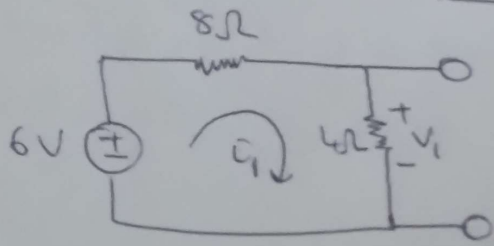
NOT = ~~gerilim~~ voltaj kaynağını kısa devre, akım kaynağını açık devre yaparak bağımsız kaynakları kapatıyoruz.

Ör =



$\underline{Ç}$ = İki bağımsız kaynak vardır. 6V'luk gerilim kaynağı \rightarrow etkisi V_1 olsun ve 3A'lık akım kaynağı \rightarrow etkisi V_2 olsun.

* V_1 'i bulmak için akım kaynağına açık devre yaptırırız. Yani, akım kaynağını $\rightarrow 0$ alırız.



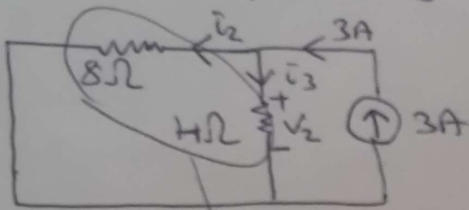
→ KVE uygularsak ;

$$12i_1 - 6 = 0$$

$$i_1 = 0.5A$$

$$\Rightarrow V_1 = 4 \cdot i_1 = 4 \cdot (0.5) = 2V$$

* V_2 'yi bulmak için ; voltaj kaynağına kısa devre yaptırırız. Yani, voltaj kaynağı → 0 alınır.

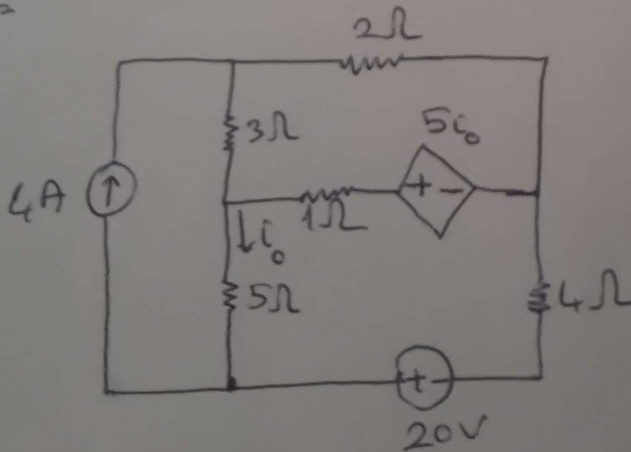


paraleldir. → akım bölmesinden = $i_3 = \frac{8}{4+3} \cdot 3 = 2A$

$$\Rightarrow V_2 = 2 \cdot 4 = 8V$$

Sonuç olarak, $V = V_1 + V_2 = 2 + 8 = 10V$ bulunur.

\uparrow
Or =



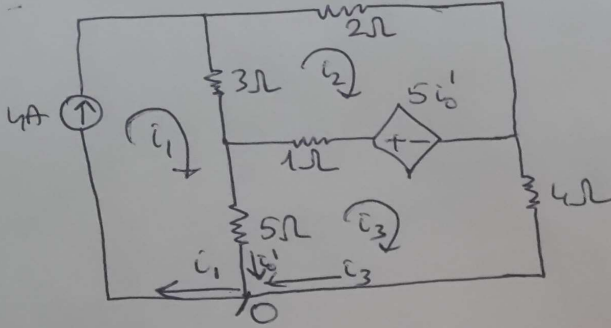
→ Süperpozisyon teoremini kullanarak i_0 'ı bulunuz.

$\mathcal{E} = 1$ bağımlı ve 2 bağımsız kaynak vardır.

4A'lık akım kaynağı 20V'lık gerilim kaynağı

$i_0 = i_0' + i_0''$ olsun. $i_0' \rightarrow 4A$ 'lik kaynağın etkisi
 $i_0'' \rightarrow 20V$ 'luk kaynağın etkisi

* Önce, i_0' 'nü bulalım. Bunun için, $20V$ 'luk kaynağa kısa devre yaptırırız.



1. gerdekte ; $i_1 = 4A$ 'dir. --- (1)

2. gerdekte ; $-3i_1 + 6i_2 - 1i_3 - 5i_0' = 0$ --- (2)

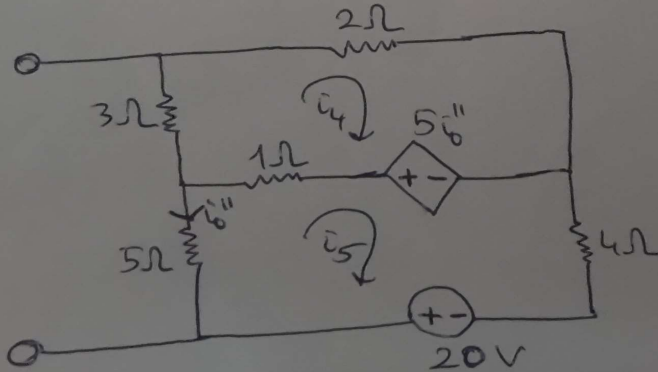
3. gerdekte ; $-5i_1 - 1i_2 + 10i_3 + 5i_0' = 0$

Öte yandan, (0)'da, $i_3 + i_0' = i_1 \Rightarrow i_3 = i_1 - i_0' = 4 - i_0'$

$i_3 = 4 - i_0'$ ve $i_1 = 4A$; (1) ve (2)'de yerine konulursa ;

$$\left. \begin{array}{l} 3i_2 - 2i_0' = 8 \\ i_2 + 5i_0' = 20 \end{array} \right\} \Rightarrow i_0' = \frac{52}{17} A$$

* i_0'' 'nü bulmak için, $4A$ 'lik kaynağa açık devre yaptırırız.



(23)

4-çevrede KVL uygularsak;

$$6i_4 - i_5 - 5i_0'' = 0 \text{ 'dir.}$$

5-çevrede KVL uygularsak;

$$-i_4 + 10i_5 - 20 + 5i_0'' = 0 \text{ 'dir. } i_5 = -i_0'' \text{ old.'dir;}$$

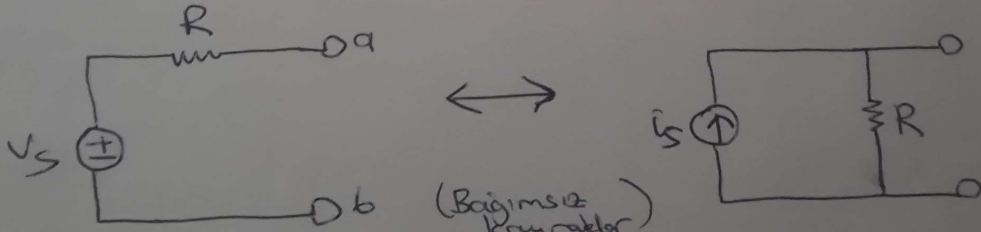
$$\begin{cases} 6i_4 - 4i_0'' = 0 \\ i_4 + 5i_0'' = -20 \end{cases} \Rightarrow i_0'' = \frac{-60}{17} \text{ A}$$

Toplam olarak;

$$i_0 = i_0' + i_0'' = \frac{52}{17} - \frac{60}{17} = \frac{-8}{17} = -0.4706 \text{ A}$$

(Kaynak Dönüşümü) :

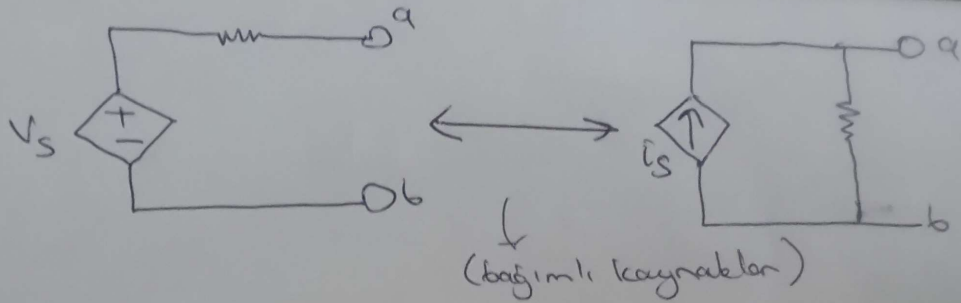
Amaçımız : Bir v_s voltaj kaynağına seri bağlı, bir R direncini bu dirence paralel bağlı bir akım kaynağıyla değiştirmesi veya bir akım kaynağına paralel bağlı, bir direnci bu dirence seri bağlı bir voltaj kaynağına dönüştürmemizi sağlayan dönüşüme kaynak dönüşümü denir.



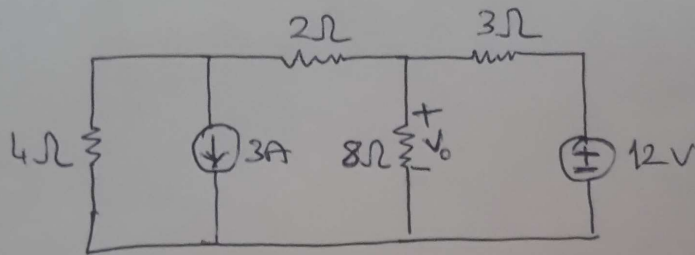
(Bağımsız kaynaştır)

i - v karakteristiğinin konduğuna dikkat edelim.

$$v_s = i_s R \text{ veya } i_s = \frac{v_s}{R} \text{ 'dir.}$$

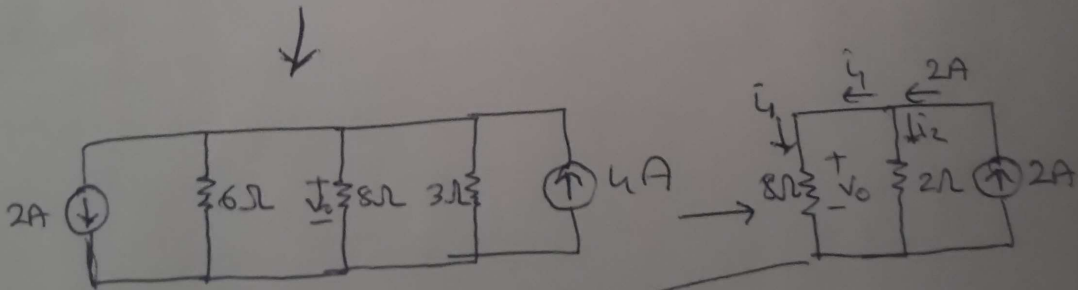
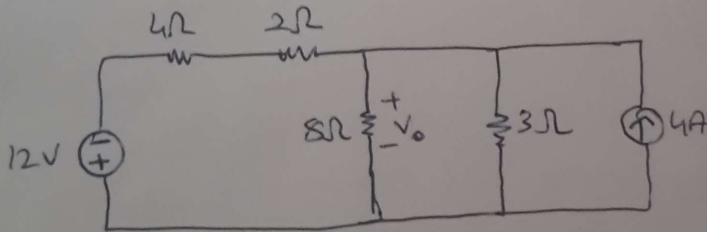


Ör =



→ Kaynak dönüşümü
münü kullanarak
 V_0 'ı bulunuz.

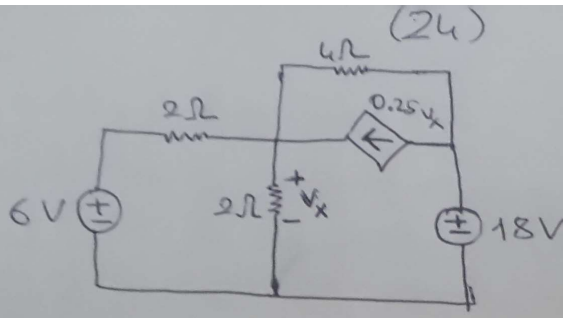
Ç =



$$8i_1 = 2i_2 \Rightarrow i_2 = 4i_1 \Rightarrow 5i_1 = 2A \Rightarrow i_1 = 0.4A$$

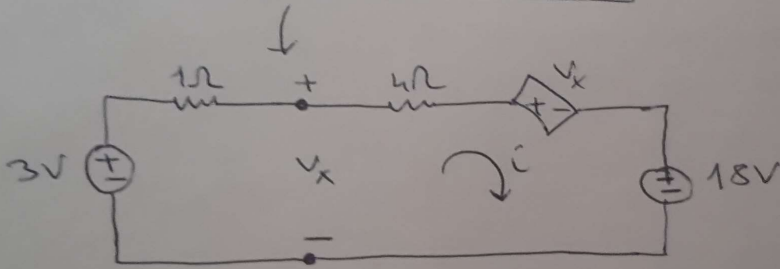
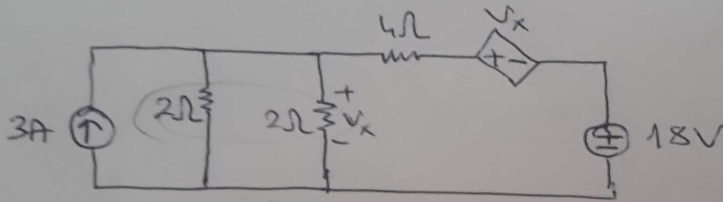
$$\Rightarrow V_0 = i_1 R_1 = (0.4) \cdot 8 = 3.2V \text{ olarak bulunur.}$$

Ör.



Kaynak dönüşümünü kullanarak v_x 'i bulunuz.

Ç:



Bütün çevrede KVL uygularsak;

$$-3 + 5i + v_x + 18 = 0 \quad \dots (1)$$

3V'luk gerilim kaynağını içeren çevrede KVL uygularsak;

$$-3 + i + v_x = 0 \Rightarrow v_x = 3 - i \rightarrow (1) \text{ 'de}$$

yerine koyarsak;

$$-3 + 5i + 3 - i + 18 = 0 \Rightarrow 4i + 18 = 0$$

$$\Rightarrow i = -4.5 \text{ A} \Rightarrow v_x = 3 - i = 3 - (-4.5) = 7.5 \text{ V}$$

Thevenin Teoremi:

V_{Th} , terminaler arasındaki açık devre gerilimi ve R_{Th} , bütün bağımsız kaynaklar kapatıldığında terminallerdeki eşdeğer direnç olmak üzere; iki terminalli bir lineer devre bir V_{Th} voltaj kaynağına seri bağlı bir direnç içeren eşdeğer bir devreye dönüştürülebilir.

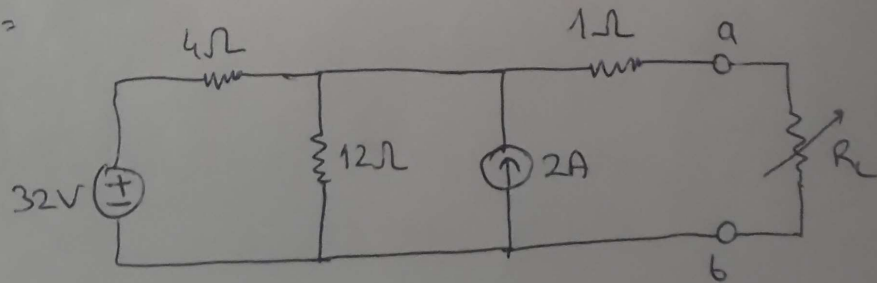
$V_{Th} \rightarrow$ Thevenin voltajı ve $R_{Th} \rightarrow$ Thevenin direncidir.

R_{Th} 'i bulurken iki duruma dikkat etmeliyiz;

(1): Devrede hiç bağımlı kaynak yoksa bütün bağımsız kaynakları kapatırız. $R_{Th} \rightarrow$ a-b arasındaki eşdeğer dirence eşit olur.

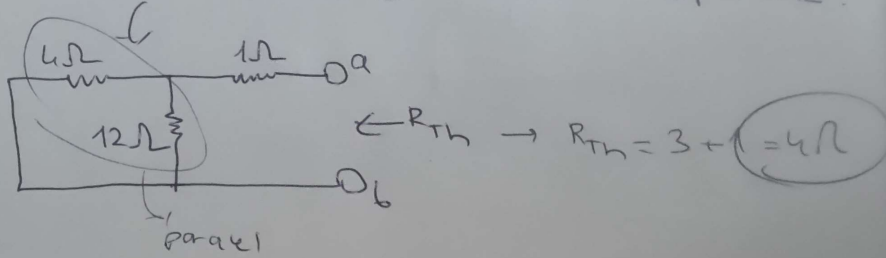
(2): Eğer, devre bağımlı kaynaklara sahipse, yine bütün bağımsız kaynakları kapatırız. a-b arasında bir V_0 gerilimi uygular ve i_0 'i buluruz. Buradan, $R_{Th} = V_0 / i_0$ olur. Ya da, bir i_0 akımı uygular ve V_0 'i buluruz. $R_{Th} = V_0 / i_0$ olur. $V_0 = 1V$ veya $i_0 = 1A$ seçebiliriz.

Ör =

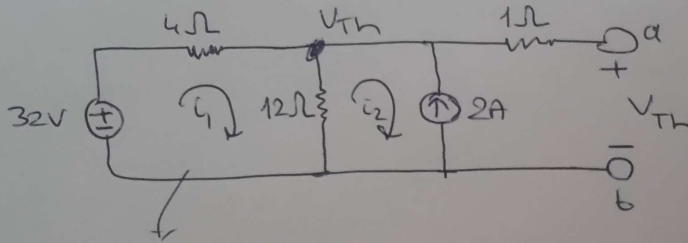


↓
Thevenin kullanarak R_{Th} ve V_{Th} 'i buluruz.
 $R_L = 6, 16$ ve 36Ω olduğunda geçen akımı buluruz.

$G = R_{Th}$ 'i bulmak için, gerilim kaynağına kısa devre ve akım kaynağına açık devre yaptıracağız.



V_{Th} 'i bulalım;



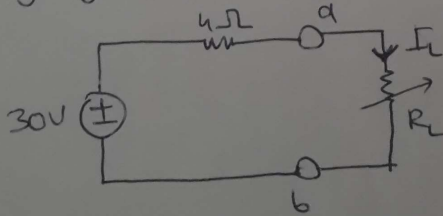
1. çözüme KVL uygularsak;

$$-32 + 4i_1 + 12(i_1 - i_2) = 0 \quad ; \quad i_2 = -2A \text{ old.'den};$$

$$i_1 = 0.5A$$

$$V_{Th} = 12(i_1 - i_2) = 12 \cdot (0.5 - (-2)) = 30V$$

Dolayısıyla, Thevenin eşdeğer devremiz;



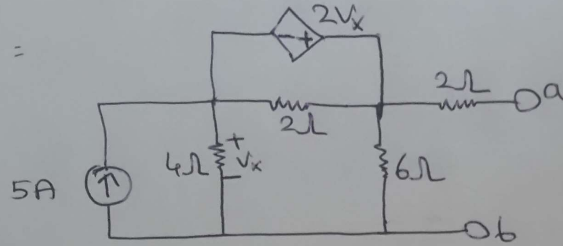
$R_L = 6, 16, 36\Omega$ için akımları bulalım.

$$R_L = 6\Omega \Rightarrow I_L = \frac{V_{Th}}{R_{Th} + R_L} = \frac{30}{4 + 6} = \frac{30}{10} = 3A$$

$$R_L = 16\Omega \Rightarrow I_L = \frac{30}{20} = 1.5A \text{ ve } R_L = 36\Omega$$

$$I_L = \frac{30}{40} = 0.75A$$

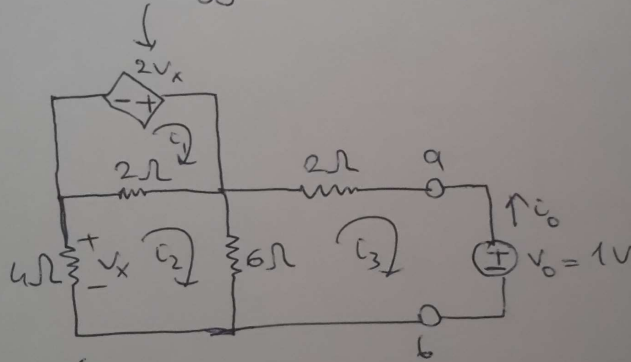
$\underline{O_r} =$



$$\rightarrow R_{Th} = ?$$

$$V_{Th} = ?$$

\underline{C} = Bağımsız akım kaynağını $\rightarrow 0$ ve bağımlı kaynağı dokunmayız. Sisteme $v_0 = 1V$ gerilimi a-b arasında uyguluyoruz.



1. çevrede KVL uygularsak;

$$-2v_x + 2(i_1 - i_2) = 0 \Rightarrow v_x = i_1 - i_2 \text{ olur.}$$

Öte yandan, $v_x = -4i_2 \Rightarrow -4i_2 = i_1 - i_2 \Rightarrow i_1 = -3i_2$

2. ve 3. çevrelerde KVL'den;

$$-4i_2 + 2(i_2 - i_1) + 6(i_2 - i_3) = 0$$

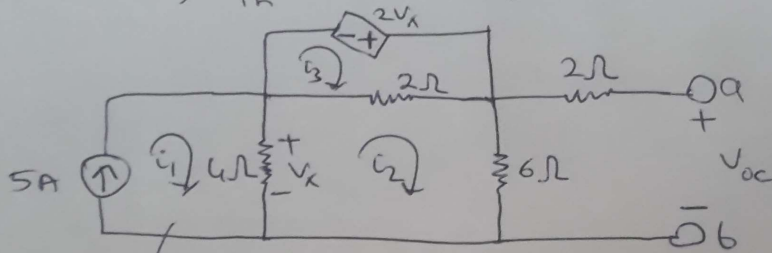
$$6(i_3 - i_2) + 2i_3 + 1 = 0$$

$$\left. \begin{array}{l} 4i_2 - 2i_1 - 6i_3 = 0 \\ 8i_3 - 6i_2 + 1 = 0 \end{array} \right\} \rightarrow \begin{array}{l} 3/10 i_2 - 6i_3 = 0 \\ 5/8 i_3 - 6i_2 = -1 \end{array}$$

(26)

$$\Rightarrow 22 i_3 = -5 \Rightarrow i_3 = -\frac{5}{22} \text{ A}, i_0 = -i_3 = \frac{5}{22} \text{ A}$$
$$\Rightarrow R_{Th} = \frac{V_{Th}}{i_0} = \frac{1}{\frac{5}{22}} = \frac{22}{5} = 4.4 \Omega$$

* Şimdi, V_{Th} 'i bulalım:



$$i_1 = 5 \text{ A}$$

$$-2v_x + 2(i_3 - i_2) = 0 \Rightarrow v_x = i_3 - i_2$$

$$4(i_2 - i_1) + 2(i_2 - i_3) + 6i_2 = 0$$

$$12i_2 - 4i_1 - 2i_3 = 0$$

Öte yandan, $v_x = 4(i_1 - i_2)$

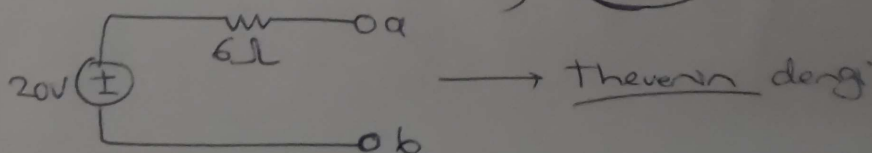
$$4i_1 - 4i_2 = i_3 - i_2 \Rightarrow 4i_1 - i_3 = 3i_2$$

$$i_1 = 5 \text{ A} \Rightarrow 12i_2 - 2i_3 = 20$$

$$2/3i_2 + i_3 = 20$$

$$18i_2 = 60 \Rightarrow i_2 = \frac{60}{18} = \frac{10}{3} \text{ A}$$

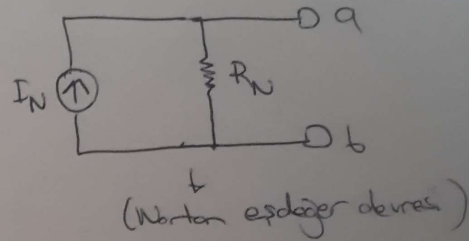
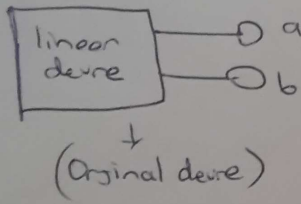
$$V_{Th} = V_{oc} = 6 \cdot i_2 = 6 \cdot \frac{10}{3} = 20 \text{ V}$$



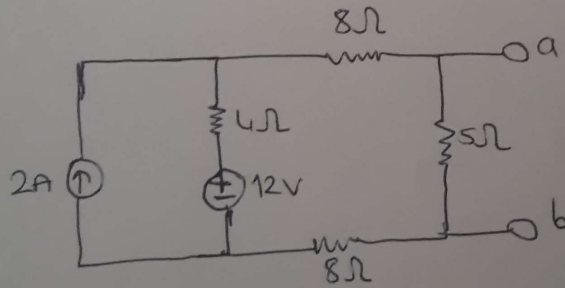
Norton Teoremi :

I_N , terminaler arasındaki açık devre akımı,
 R_N , bütün bağımsız kaynaklar kapatıldığında terminaler
deki eşdeğer direnç olmak üzere; iki terminalli
bir lineer devre bir akım kaynağı ve bu akım
kaynağına paralel olan bir direnci içeren bir
devreyle değiştirilebilir.

$R_N \rightarrow$ Norton direnci ; $I_N \rightarrow$ Norton akımı



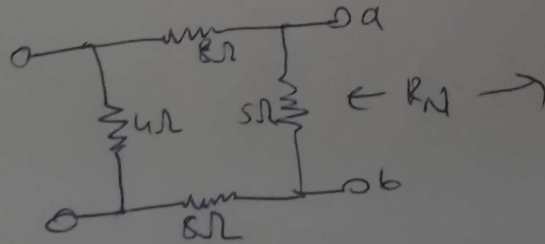
Ör.



\rightarrow a-b terminalleri
arasındaki
Norton eşdeğer
devresini bulunuz.

Ç. R_N ve I_N 'i bulmalıyız.

Bağımsız akım kaynaklarını 0 olarak ayıralım.

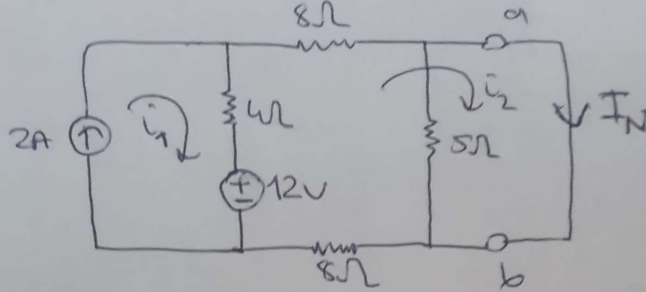


$$R_N = 5 \parallel (8 + 4 + 8)$$

$$= 4 \Omega$$

(27)

* I_N 'i bulalım; a-b arasını kısa devre yapınız

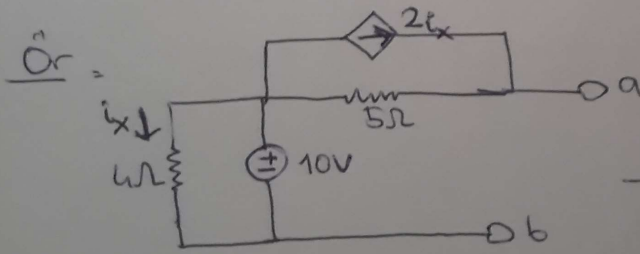
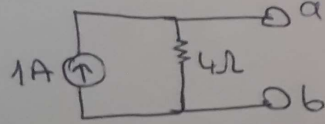


KVL uygularsak;

$$i_1 = 2A, \quad 20i_2 - 4i_1 - 12 = 0$$

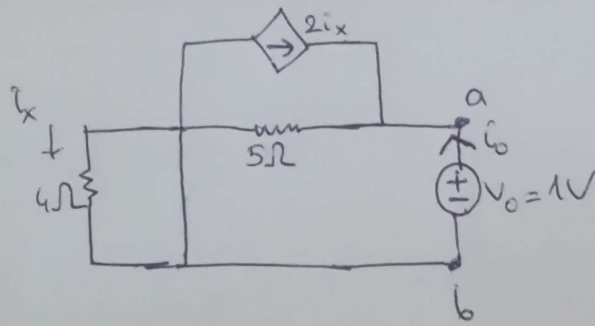
$$i_2 = 1A = I_N$$

0 halde, Norton eşdeğer devresi;



→ a-b arasındaki Norton eşdeğer devresini bulunuz.

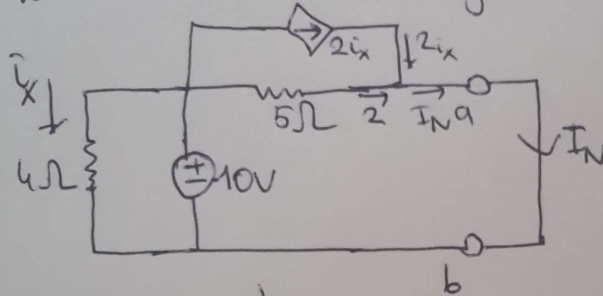
$G = R_N$ 'i bulalım. R_N 'i bulmak için; Voltaj kaynağını → 0 alalım ve bağımlı kaynak aynen bırakılır. $V_0 = 1V$ 'luk gerilim kaynağı ekleriz.



→ 4Ω 'lık direnç kısa devre yapar.
Yani, $i_x = 0$ 'dır.

$$i_0 = \frac{1V}{5\Omega} = 0.2A \Rightarrow R_N = \frac{V_0}{i_0} = \frac{1}{0.2} = \boxed{5\Omega}$$

* I_N 'i bulalım. a-b 'yi kısa devre yapalım.



$$i_x = \frac{10}{4} = \boxed{2.5A}$$

a 'da, KCL uygularsak ;

$$I_N = 2 + 2i_x = 2 + 2 \cdot (2.5) = \boxed{7A}$$

Dolayısıyla, Norton eşdeğer devremiz ;

