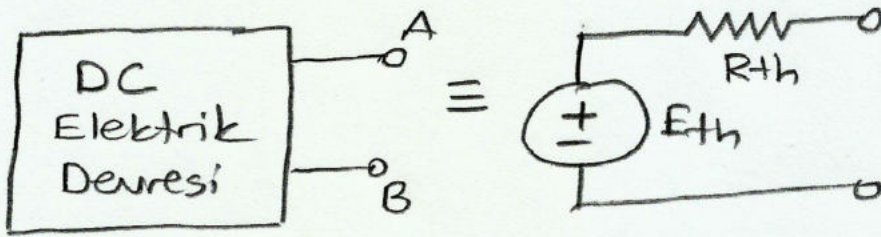


Doç.Dr. Recep YUMURTACI - İTÜ Elektrik Müh.B.
DC ELEKTRİK DEVRELERİNDE TEOREMLER

(Thevenin, Norton, Maksimum Güç ve
Süperpozisyon (Toplamsallık) Teoremleri)

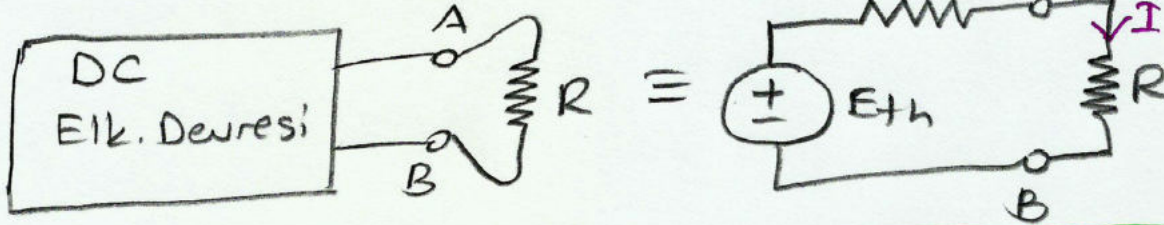
Thevenin Teoremi



Bir devrenin A-B uçlarından görünen eşdeğeri bir gerilim kaynağı (E_{th}) ve buna seri bağlı bir direnç (R_{th}) ile temsil edilebilir, modellenebilir. Bu devreye

Thevenin Eşdeğer Devresi denir.

* Devrede A-B uçları arasına yük direnci (R) bağlanırsa,



$$I = \frac{E_{th}}{R_{th} + R}$$

E_{th} 'in Hesaplanması:

Devrede A-B uçları açık iken, A-B uçları arasındaki açık devre gerilimi V_{AB} hesaplanır veya bir voltmetre ile ölçülür.

$$E_{th} = V_{AB} \text{ olur.}$$

* V_{AB} , açık devre (open circuit) gerilimidir (V_{oc})

$$E_{th} = V_{AB} = V_{oc} \text{ 'dir.}$$

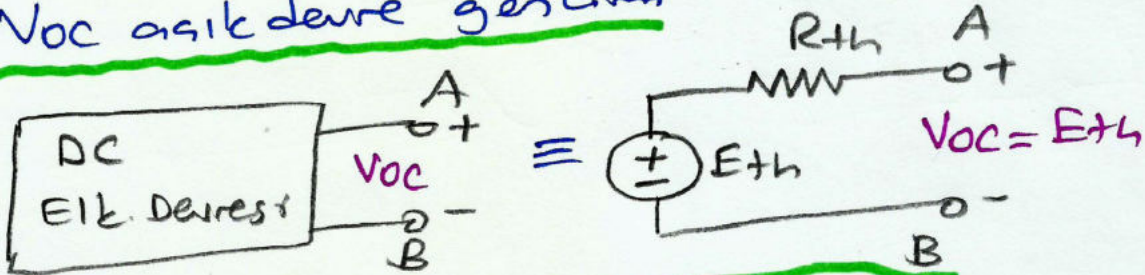
R_{th} 'in Hesaplanması :

R_{th} 'i hesaplamak için devredeki tüm kaynaklar etkisiz hale getirilir. Yani, gerilim kaynağı devreden kaldırılır, devredeki yerleri kısa devre edilir, varsa akım kaynakları açık devre edilir. (Kaynağın iç dirençleri varsa bunlar devrede bırakılır) Bu şartlar altında A-B uçları açık iken devrenin A-B uçları arasında görünen eşdeğer direnci (R_{AB}) hesaplanır. Eşdeğer direnç hesaplanmasında, seri-paralel direnç, yıldız-üçgen ve paralelogram Δ direnç dönüşümleri kullanılır. R_{AB} eşdeğer direnci hesaplanınca

$$\boxed{R_{th} = R_{AB} \text{ olur.}}$$

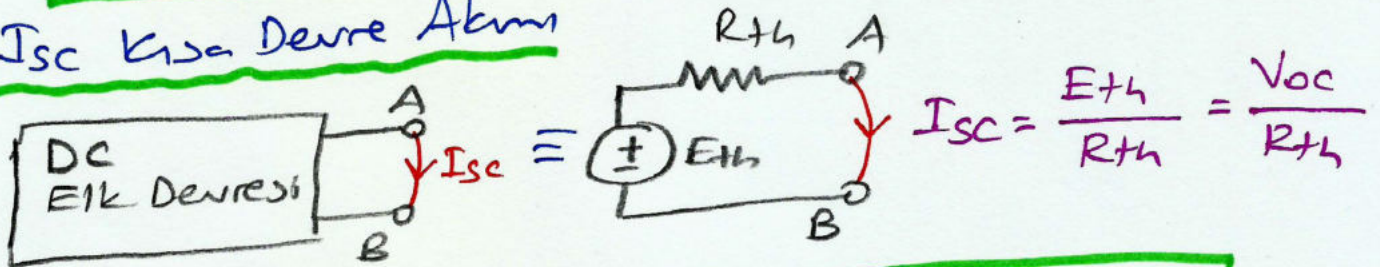
E_{th} ve R_{th} 'in Açık Devre Gerilimi (V_{oc}) ve Kısa Devre Akımı (I_{sc}) Yardımıyla Bulunması,

V_{oc} açık devre gerilimi



$$\boxed{E_{th} = V_{oc} = \text{Açık Devre Gerilimi}}$$

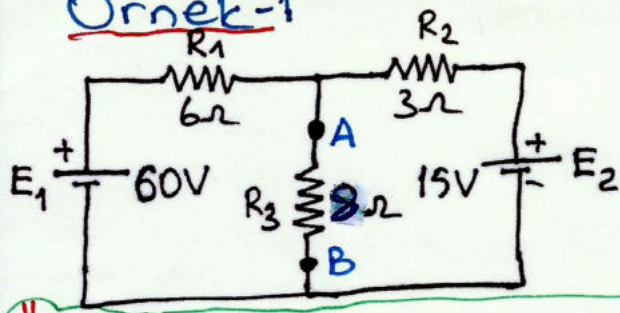
I_{sc} Kısa Devre Akımı



$$\boxed{R_{th} = \frac{\text{Açık Devre Gerilimi}}{\text{Kısa Devre Akımı}}}$$

$$\boxed{R_{th} = \frac{V_{oc}}{I_{sc}}}$$

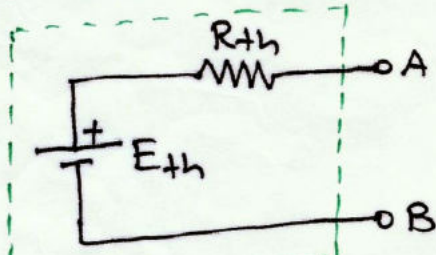
Örnek-1



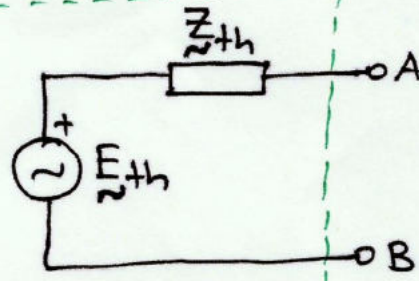
Doç. Dr. Recep YUMURTACI-YTU

Şekildeki devrede 8- Ω 'luk R_3 direncinin akımını ve gücünü Thevenin Teoremi ile hesaplayınız. R_3 direnci 13 Ω olursa akımın bulunuz.

Önemli BİLGİ : Şekildeki devre dc kaynaklar ve dirençlerden oluşan bir devre yani bir doğru akım devresidir. Bu devrede A-B uçlarından görülen Thevenin eşdeğer devresinde E_{th} bir dc gerilim kaynağıdır. Doğru akım devresinde empedans olamayacağı için Z_{th} olmayarak sadece bir direnç olan R_{th} bulunacaktır.



Bir doğru akım (dc) devresinin Thevenin eşdeğer devresi

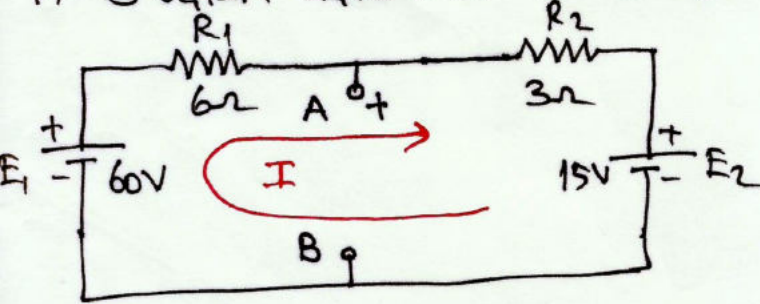


Bir alternatif akım (ac) devresinin Thevenin eşdeğer devresi

Çözüm : Yukarıda açıklandığı gibi devre doğru akım devresi olduğu için E_{th} ve R_{th} hesaplanacaktır. Soruda R_3 direncinin akımı ve gücü Thevenin Teoremi ile istendiği için önce R_3 direnci devreden çıkarılır ve devrenin A-B uçlarına göre Thevenin eşdeğeri bulunur.

E_{th} 'in Bulunması

A-B uçları açık iken A-B uçlarındaki gerilim $V_{AB} = E_{th}$ hesaplanır.



$$V_{AB} = E_{th} = E_1 - R_1 \cdot I \quad \text{veya}$$

$$V_{AB} = E_{th} = R_2 \cdot I + E_2$$

Gevre denklemi :

$$V_{R1} + V_{R2} + E_2 - E_1 = 0$$

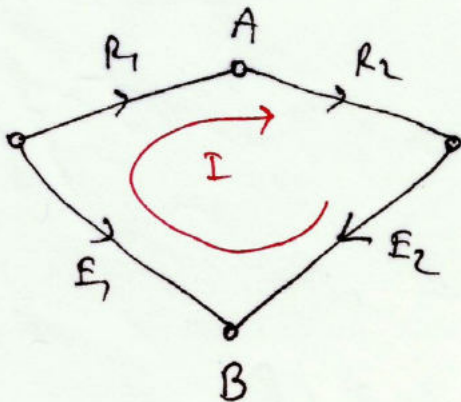
$$(R_1 + R_2) I = E_1 - E_2$$

$$I = \frac{E_1 - E_2}{R_1 + R_2} = \frac{60 - 15}{6 + 3} \Rightarrow \underline{I = 5A}$$

$$E_{th} = E_1 - R_1 \cdot I = (60 - 6 \cdot 5) \Rightarrow \underline{E_{th} = 30V}$$

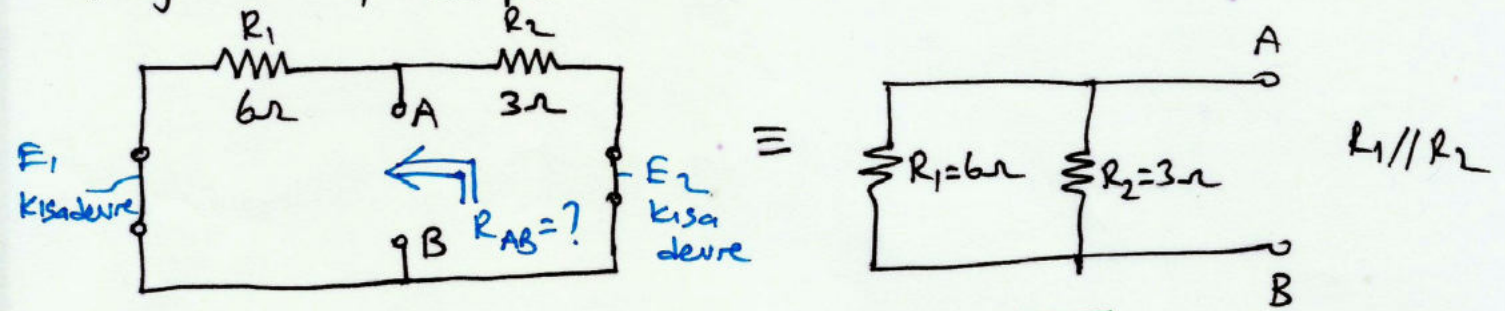
veya

$$E_{th} = R_2 \cdot I + E_2 = 3 \cdot 5 + 15 = 30V \quad 144$$



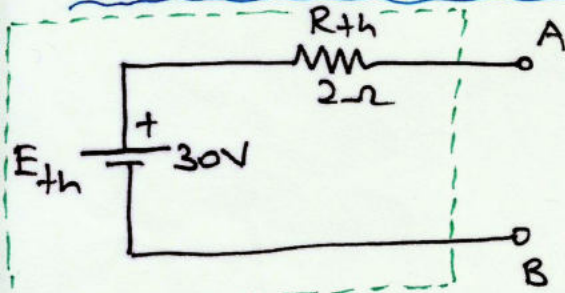
R_{th} 'in Bulunması

R_{th} 'i bulmak için devredeki gerilim kaynakları devreden sıkattılır, yerleri kısa devre edilir. (Devrede akım kaynağı varsa, akım kaynakları sıkattılır yerleri boş (açık devre) bırakılır) Bu durumda A-B uçlarından görülen eşdeğer direnç hesaplanır.

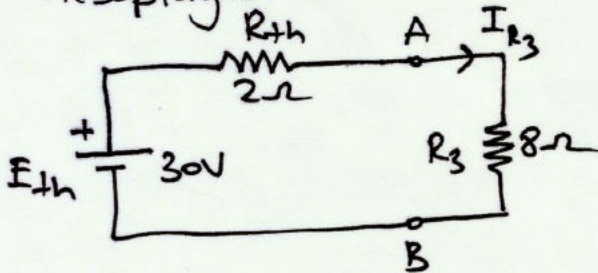


$$R_{th} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{6 \cdot 3}{6 + 3} = 2\Omega$$

$$R_{th} = 2\Omega$$

Devrenin A-B uçlarından görülen Thevenin eşdeğeri

Şimdi artık R_3 direncini A-B uçlarına bağlayıp istenenleri hesaplayabiliriz.



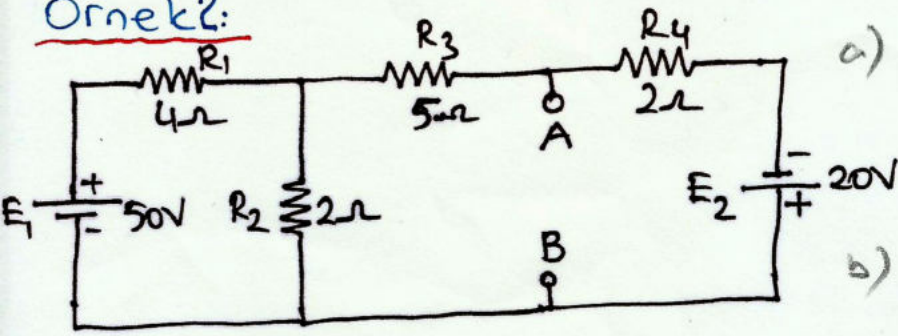
$$I_{R_3} = \frac{E_{th}}{R_{th} + R_3} = \frac{30}{2 + 8} = 3A$$

$$P_{R_3} = I_{R_3}^2 \cdot R_3 = 3^2 \cdot 8 = 72W$$

R_3 direnci değiştirilirse $R_3' = 13\Omega$ ise devreyi yeniden çizmeye gerek yok (Devrenin Thevenin eşdeğeri değişmez)

$$I_{R_3}' = \frac{E_{th}}{R_{th} + R_3'} = \frac{30}{2 + 13} = 2A \text{ olur.}$$

Örnek 2:



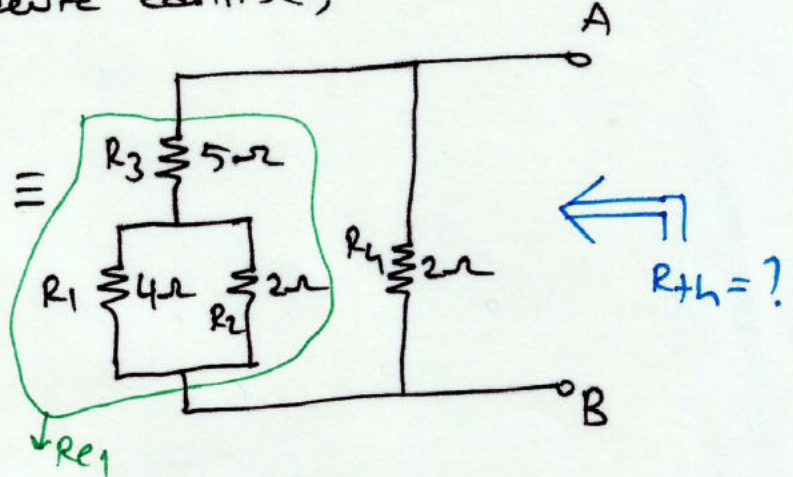
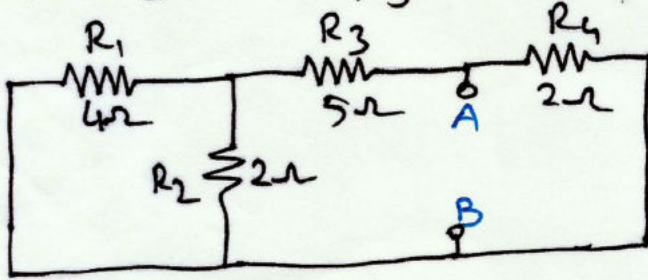
Doç. Dr. Recep YUMURTACI

Şekildeki devrenin A-B uçlarına göre Thevenin eşdeğer devresini çiziniz

a) A-B uçları arasına 10Ω'lık direnç bağlanırsa geçen akımı hesaplayınız
akın yönünü belirtiniz.

R_{th}'in bulunması

E₁ ve E₂ kaldırılır, yerleri kısa devre edilirse,



$$R_{e1} = R_3 + \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

$$R_{e1} = 5 + \frac{4 \cdot 2}{4 + 2} = 6,33 \Omega$$

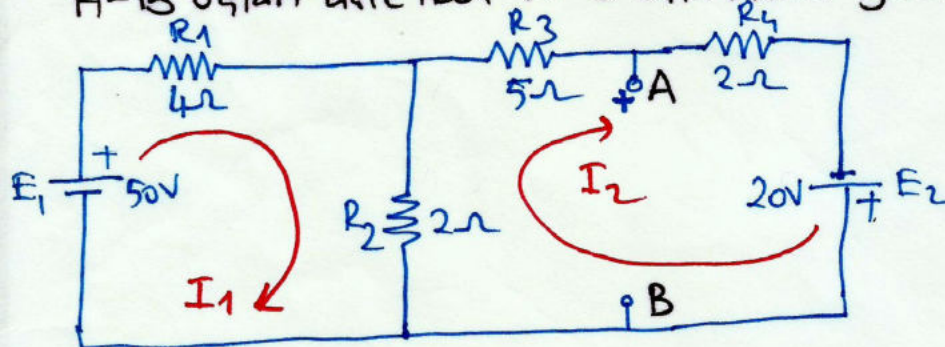
$R_{e1} // R_4$

$$R_{th} = \frac{R_{e1} \cdot R_4}{R_{e1} + R_4} = \frac{6,33 \cdot 2}{6,33 + 2} = 1,52 \Omega \Rightarrow$$

$$R_{th} = 1,52 \Omega$$

E_{th}'in bulunması

A-B uçları açık iken A-B uçlarındaki gerilim $V_{AB} = E_{th}$ hesaplanır.



GAY ile çözüm yapalım

$$\begin{aligned} (R_1 + R_2)I_1 - R_2 I_2 &= E_1 \\ -R_2 I_1 + (R_2 + R_3 + R_4)I_2 &= E_2 \end{aligned}$$

$$6I_1 - 2I_2 = 50$$

$$-2I_1 + 9I_2 = 20$$

$$\begin{bmatrix} 6 & -2 \\ -2 & 9 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 50 \\ 20 \end{bmatrix}$$

$$V_{AB} = E_{th} = V_{R4} - E_2 = R_4 \cdot I_2 - E_2$$

bize $I_2 = ?$ gerekli. Cramer Y. ile I_2 'yi bulalım:

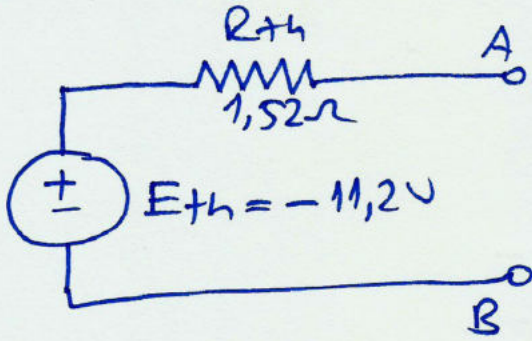
$$I_2 = \frac{\begin{vmatrix} 6 & 50 \\ -2 & 20 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 6 & -2 \\ -2 & 9 \end{vmatrix}} = \frac{6 \cdot 20 - 50 \cdot (-2)}{6 \cdot 9 - (-2) \cdot (-2)} = \frac{220}{50} = 4,4 \text{ A}$$

$$E_{th} = V_{R4} - E_2 = R_4 \cdot I_2 - E_2 = 2 \cdot 4,4 - 20 = -11,2 \text{ V}$$

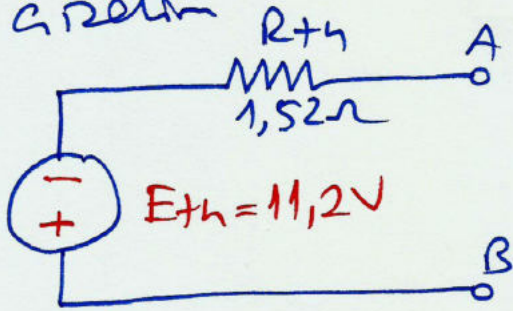
$$E_{th} = -11,2 \text{ V}$$

$R_{th} = 1,52\Omega$ ve $E_{th} = -11,2V$ bulundu.

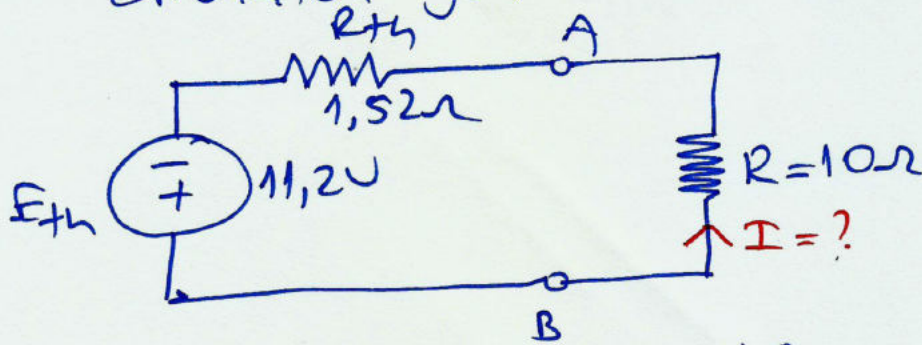
Devrenin A-B uçlarına göre Thevenin Eşdeğer Devresi



E_{th} 'in (-) olması kutupların ters çevrilmesinin gerektiğini gösterir. Buna göre devreyi tekrar çizelim



* Soruda A-B uçları arasına bağlanacak $R = 10\Omega$ 'luk dirençten geçecek akımın değeri sorulmuş.



$$I = \frac{E_{th}}{R_{th} + R} = \frac{11,2}{1,52 + 10} \Rightarrow I = 0,972A$$

NOT: Soruda $E_{th} = -11,2V$ olduğundan E_{th} ters çevrildi ve R dirençten geçen akım yönü

$B \rightarrow A$ yönündedir

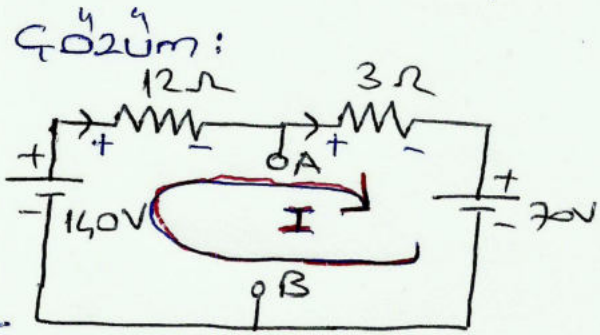
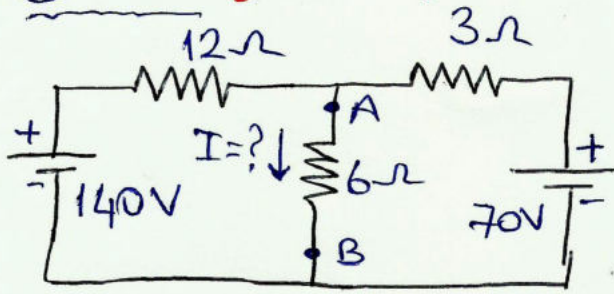
Eğer $E_{th} = +11,2V$ olsaydı E_{th} 'in (+) kutbu üstte olacaktı ve R'nin akım yönü $A \rightarrow B$ olacaktı.

Devre Teorisi

Thevenin Teoremi

Doç. Dr. Recep Yumurtacı

Örnek (DC Devre, Thevenin)



Gevredenklemi:

$$(12+3) \cdot I + 70 - 140 = 0 \Rightarrow I = \frac{140-70}{15} = \frac{70}{15} = \frac{14}{3} A$$

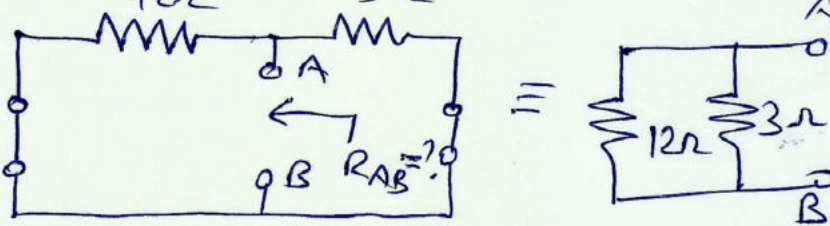
$$E_{th} = V_{AB} = 3 \cdot I + 70 = 3 \cdot \frac{14}{3} + 70 \Rightarrow \boxed{E_{th} = 84V}$$

veya

$$E_{th} = V_{AB} = 140 - 12 \cdot I = 140 - 12 \cdot \frac{14}{3} = 140 - 56 = \underline{84V}$$

$R_{th} = ?$ (140V'lık ve 70V'lık kaynaklar kısa devre/ken

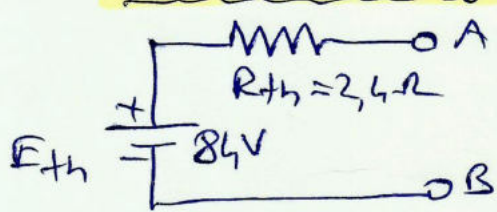
$$R_{AB} = R_{th} \text{ olur}$$



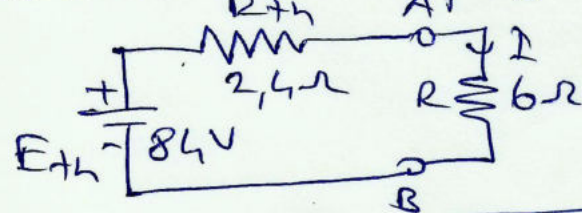
$$R_{AB} = R_{th} = \frac{12 \cdot 3}{12+3}$$

$$\boxed{R_{th} = 2,4\Omega}$$

Thevenin eşdeğer devresi

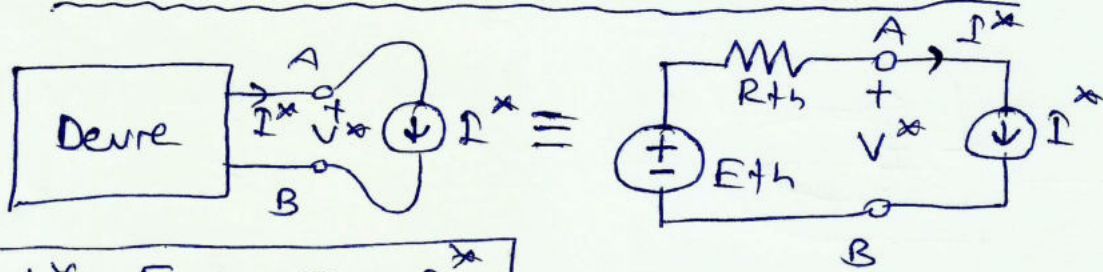


6Ω'lık direnci bağlayalım:



$$I = \frac{E_{th}}{R_{th} + R} = \frac{84}{2,4 + 6} = \frac{84}{8,4} \Rightarrow \boxed{I = 10A}$$

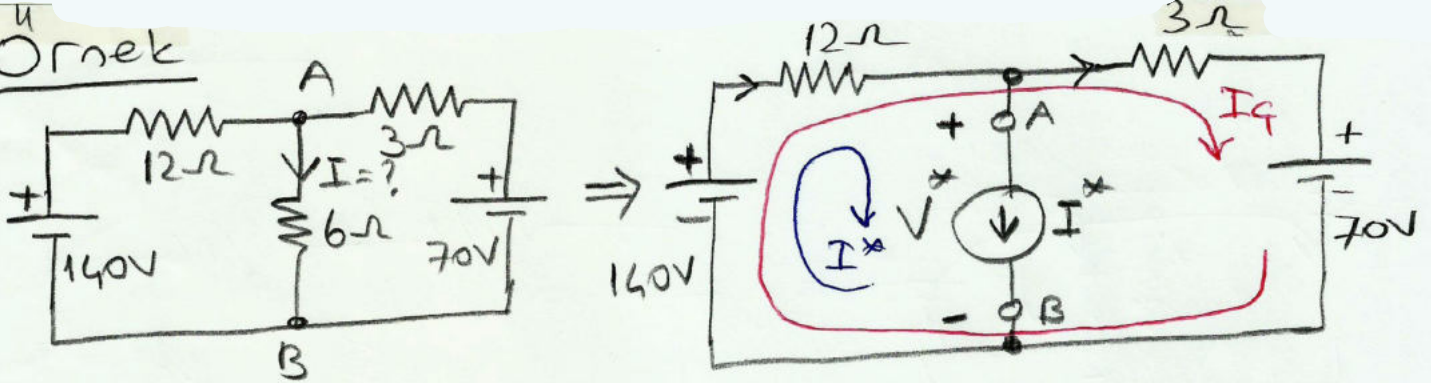
E_{th} ve R_{th} 'in A-B uçları arasına I^* akım kaynağı bağlayarak hesaplanması



$$V^* = E_{th} - R_{th} \cdot I^*$$

Devre gözülür eğer $V^* = k_1 - k_2 \cdot I^*$ bulunursa $E_{th} = k_1$ ve $R_{th} = k_2$ olur. Örneğin $V^* = 12 - 3 \cdot I^*$ bulunmuşsa $E_{th} = 12V$ ve $R_{th} = 3\Omega$ olur.

Örnek



Devre denklemi:

$$-140 + 12(I + I^*) + 3 \cdot I + 70 = 0$$

$$15I + 12I^* = 70 \Rightarrow I = \frac{70}{15} - \frac{12}{15}I^*$$

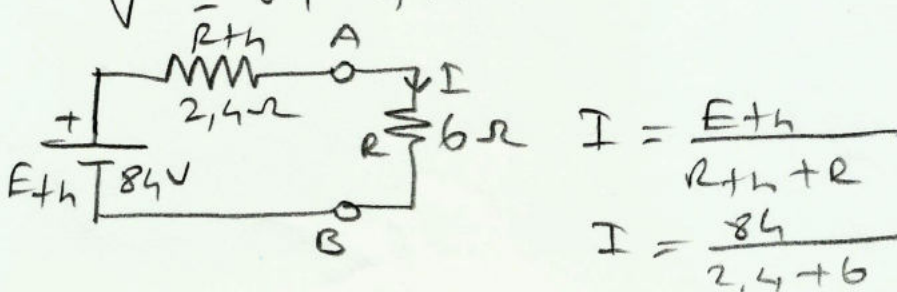
Devrede,

$$V_{AB} = V^* = 3I + 70 = 3 \cdot \left(\frac{70}{15} - \frac{12}{15}I^* \right) + 70$$

$$V^* = \left(\frac{70}{5} + 70 \right) - \frac{12}{5}I^* \Rightarrow V^* = 84 - \frac{12}{5}I^*$$

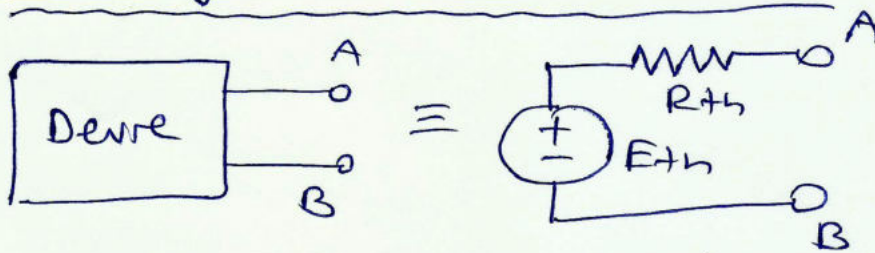
$$V^* = 84 - 2,4I^* = E_{th} - R_{th} \cdot I^* \Rightarrow E_{th} = 84V$$

$$R_{th} = 2,4\Omega$$



$$I = \frac{E_{th}}{R_{th} + R} = \frac{84}{2,4 + 6} \Rightarrow I = 10A$$

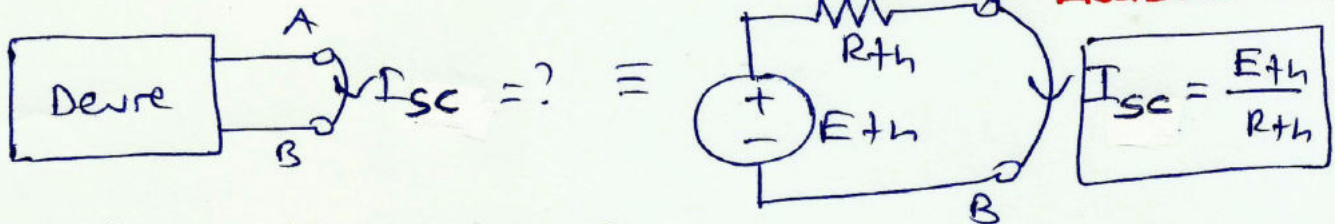
E_{th} ve R_{th} değerlerinin A-B uçları arasındaki açık devre gerilimi (V_{oc}) ve kısa devre akımı (I_{sc}) yardımıyla hesaplanması



Açık Devre Gerilimi:

$$V_{oc} = E_{th}$$

A-B uçları kısa devre edilirse



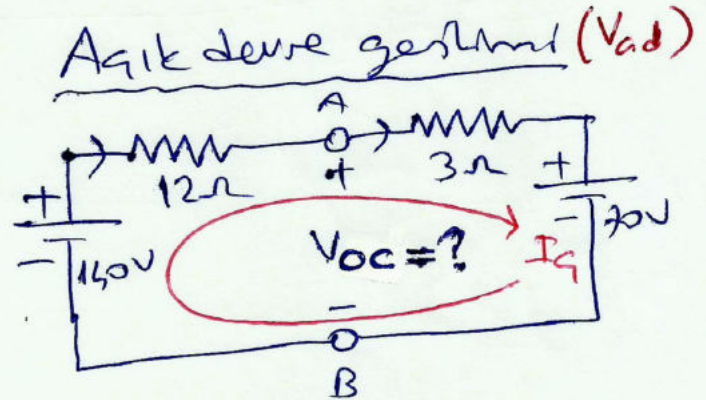
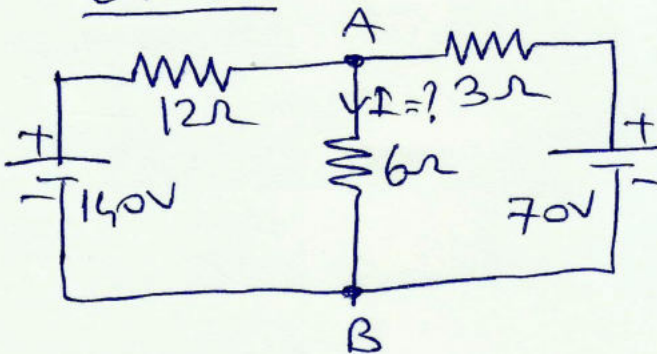
$E_{th} = V_{oc}$ olduğuna göre açık devre gerilimi (V_{oc}) ve kısa devre akımı (I_{sc}) biliniyorsa

$$R_{th} = \frac{V_{oc}}{I_{sc}}$$

ile bulunur.

$$R_{th} = \frac{\text{Açık Devre Gerilimi}}{\text{Kısa Devre Akımı}}$$

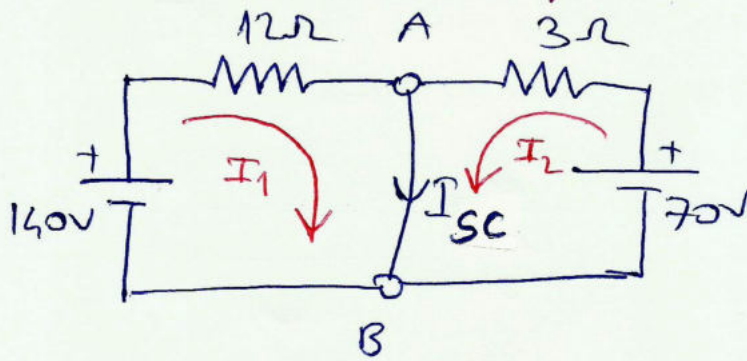
Örnek



$$I_g = \frac{140 - 70}{12 + 3} = \frac{70}{15} = \frac{14}{3} \text{ A} \Rightarrow V_{AB} = V_{oc} = 3I_g + 70$$

$$V_{oc} = 3 \cdot \frac{14}{3} + 70 \Rightarrow \boxed{V_{oc} = E_{th} = 84 \text{ V}}$$

R_{th} 'i bulmak için A-B uçları kısa devre ile geçen kısa devre akımını (I_{sc}) bulalım:



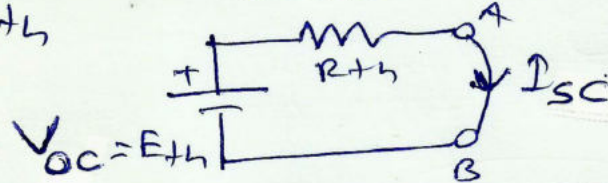
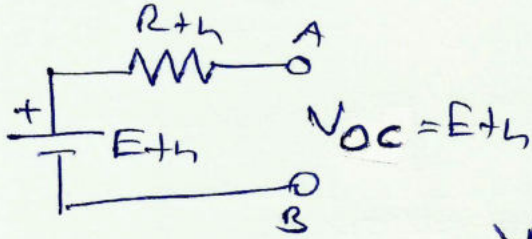
$$I_1 = \frac{140}{12} = \frac{35}{3} \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{70}{3} \text{ A}$$

Kısa devre akımı

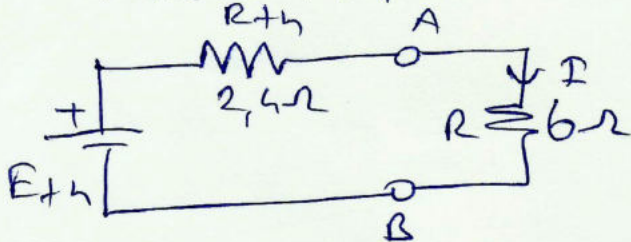
$$I_{sc} = I_1 + I_2 = \frac{35}{3} + \frac{70}{3} = \frac{105}{3} \text{ A}$$

$$I_{sc} = 35 \text{ A}$$



$$R_{th} = \frac{V_{oc}}{I_{sc}} = \frac{84}{35} = 2,4 \Omega \Rightarrow R_{th} = 2,4 \Omega$$

E_{th} ve R_{th} bulunduktan sonra bir 'lık devrenin akımı:



$$I = \frac{E_{th}}{R_{th} + R} = \frac{84}{2,4 + 6} = 10 \text{ A}$$

* Yukarıdaki örneklerde açık devre yönteminin tüm bağımlı kaynak içermeyen, tüm kaynaklar bağımsız olan devrelerde Thevenin Teoreminin uygulanması için kullanılabilir.

* Ancak devrede bağımlı kaynak var ise,

- (A-B) uçları arasına $A \rightarrow B$ yönünde I^* akım kaynağı bağlayıp bu kaynak uçlarındaki $V^* = E_{th} - R_{th} \cdot I^*$ gerilimini bularak

veya

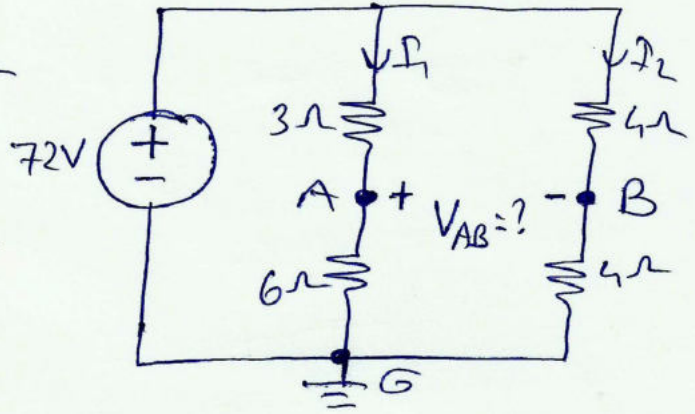
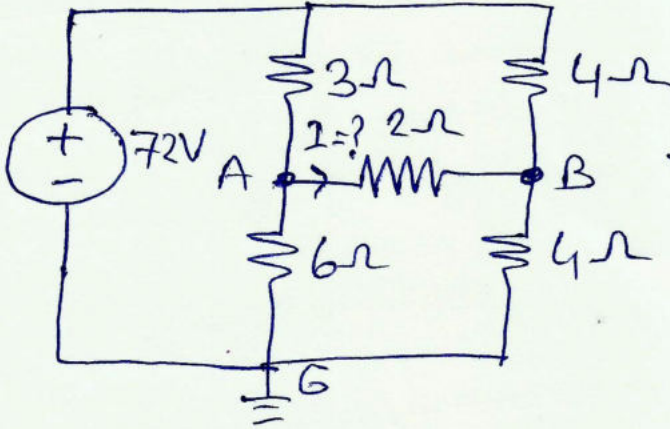
- A-B arasındaki açık devre gerilimini

$$V_{oc} = V_{AB} = E_{th} \text{ ve } A-B \text{ kısa devre akımını}$$

$$(I_{sc}) \text{ hesaplayarak } R_{th} = \frac{V_{oc}}{I_{sc}} \text{ ile } R_{th} \text{ bulunabilir.}$$

Örnek (Thevenin-DC Devre)

$E_{th} = ?$

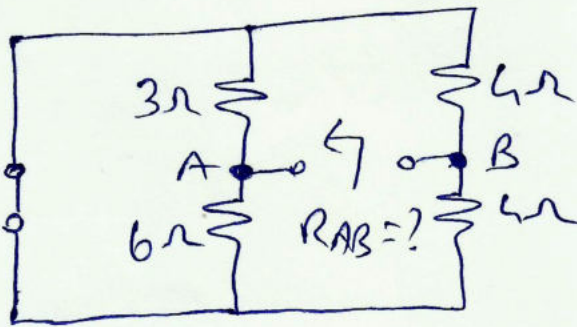


$$I_1 = \frac{72}{3+6} = 8A \Rightarrow V_A = 6I_1 = 6 \cdot 8 = \underline{48V}$$

$$I_2 = \frac{72}{4+4} = 9A \Rightarrow V_B = 4 \cdot I_2 = 4 \cdot 9 = \underline{36V}$$

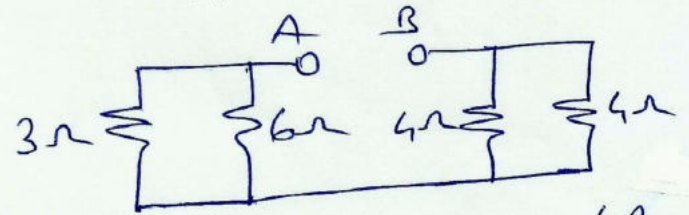
$$E_{th} = V_{AB} = V_A - V_B = 48 - 36 \Rightarrow \boxed{E_{th} = 12V}$$

$R_{th} = ?$ (Gerilim kaynağı kısa devre iken $R_{AB} = ?$)



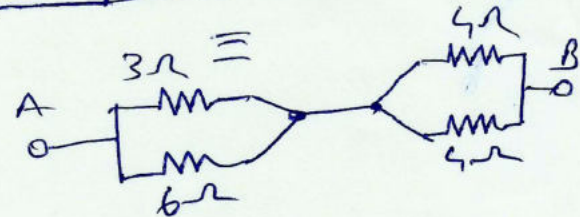
şekilde gerilim kaynağı
kısadevre olurca

$3\Omega // 6\Omega$ ve $4\Omega // 4\Omega$ dur

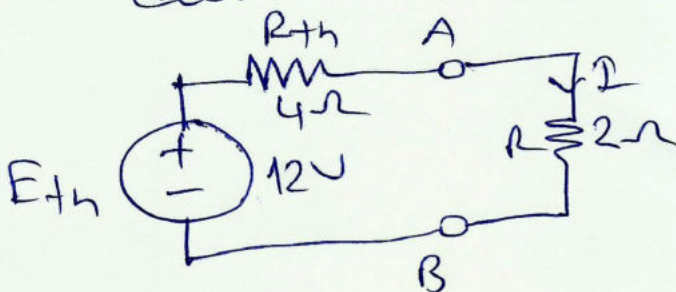


$$R_{th} = R_{AB} = \left(\frac{3 \cdot 6}{3+6} \right) + \left(\frac{4 \cdot 4}{4+4} \right)$$

$$R_{th} = 2 + 2 = 4\Omega \Rightarrow \boxed{R_{th} = 4\Omega}$$



2Ω 'lık direnci Thevenin eğerleri
devresinde A-B uçları arasına bağlayalım:

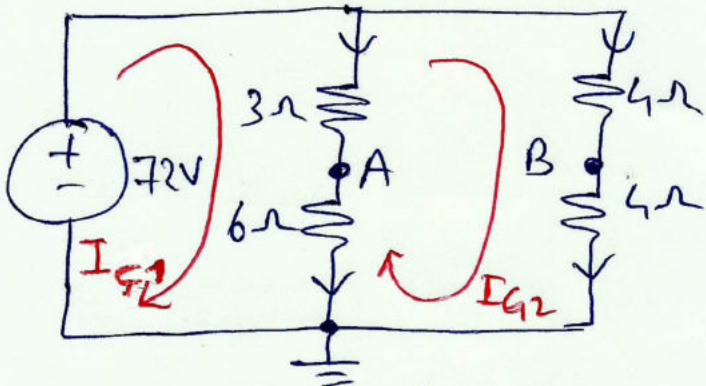


$$I = \frac{E_{th}}{R_{th} + R} = \frac{12}{4+2}$$

$$\boxed{I = 2A}$$

7 Doç. Dr. Recep YUMURTACI - YTÜ
Önceki örnekte E_{th} G.A.Y ve DÜĞY ile de hesaplanabilir.

E_{th} 'in G.A.Y ile hesaplanması



$$\begin{bmatrix} (3+6) & -(3+6) \\ -(3+6) & (3+6+4+4) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{G1} \\ I_{G2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 72 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 9 & -9 \\ -9 & 17 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_{G1} \\ I_{G2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 72 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$I_{G1} = \frac{\begin{vmatrix} 72 & -9 \\ 0 & 17 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 9 & -9 \\ -9 & 17 \end{vmatrix}} = \frac{72 \cdot 17}{9 \cdot (17-9)} \Rightarrow \boxed{I_{G1} = 17A}$$

$$I_{G2} = \frac{\begin{vmatrix} 9 & 72 \\ -9 & 0 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 9 & -9 \\ -9 & 17 \end{vmatrix}} = \frac{-(-9) \cdot 72}{9(17-9)} \Rightarrow \boxed{I_{G2} = 9A}$$

$$V_A = 6 \cdot (I_{G1} - I_{G2}) = 6(17-9) = 48V \Rightarrow \boxed{V_A = 48V}$$

$$V_B = 4 \cdot I_{G2} = 4 \cdot 9 = 36V \Rightarrow \boxed{V_B = 36V}$$

$$E_{th} = V_{AB} = V_A - V_B = 48 - 36 \Rightarrow \boxed{E_{th} = 12V}$$

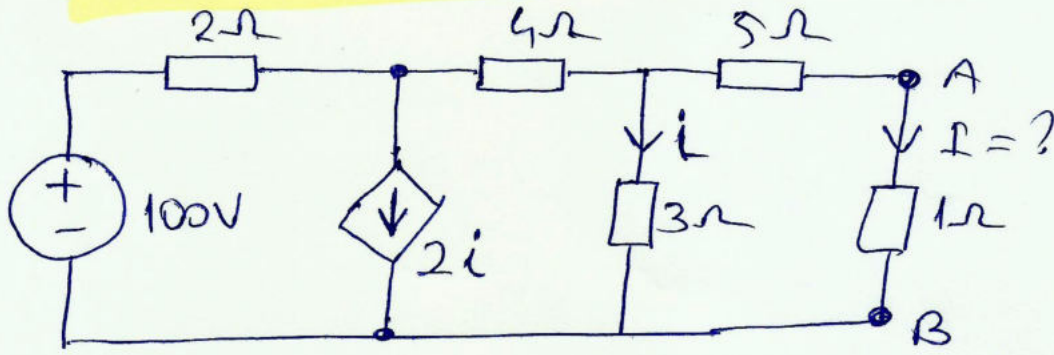
E_{th} 'in DÜĞY ile hesaplanması

(Yukarıdaki şekile göre)

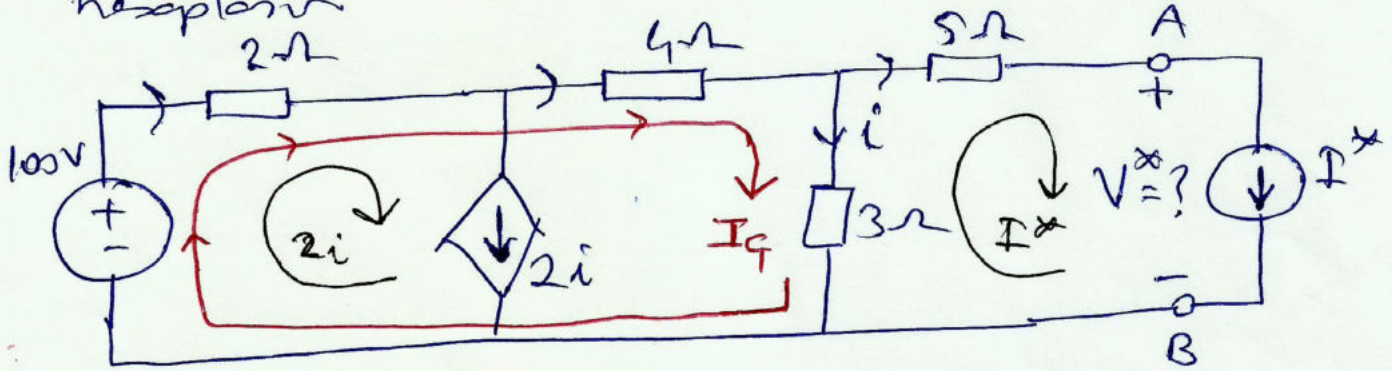
$$\begin{bmatrix} (\frac{1}{3} + \frac{1}{6}) & 0 \\ 0 & (\frac{1}{4} + \frac{1}{4}) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V_A \\ V_B \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -\frac{1}{3} \\ -\frac{1}{4} \end{bmatrix} \cdot 72 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{2} & 0 \\ 0 & \frac{1}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_A \\ V_B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 24 \\ 18 \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{cases} V_A = \frac{24}{\frac{1}{2}} = 48V \\ V_B = \frac{18}{\frac{1}{2}} = 36V \end{cases}$$

$$E_{th} = V_{AB} = V_A - V_B = (48 - 36) = 12V \Rightarrow \boxed{E_{th} = 12V}$$

Örnek C Bağımlı Kaynaklı DC Devre - THEVENINÇözüm

Akımı hesaplanacak 1Ω 'lık direnç devreden kaldırılır. A-B uçları arasına akım yönü $A \rightarrow B$ olacak şekilde I^* akım kaynağı bağlanır ve bu akım kaynağının gerilimi, $V^* = E_{th} - R_{th} \cdot I^*$ hesaplanır

Gerre denklemleri

$$-100 + 2(I_q + 2i) + 4I_q + 3(I_q - I^*) = 0$$

$\downarrow$
 $(I_q - I^*)$

$$-100 + 2I_q + 4(I_q - I^*) + 4I_q + 3I_q - 3I^* = 0$$

$$-100 + 13I_q - 7I^* = 0 \Rightarrow I_q = \frac{100}{13} + \frac{7}{13}I^*$$

$V^* = ?$ (3Ω , 5Ω ve I^* akım kaynağı gerresi için devre denklemleri yazarak V^* bulalım)

$$5I^* + V^* - 3i = 0 \Rightarrow V^* = 3i - 5I^*$$

$$V^* = 3(I_q - I^*) - 5I^* = 3I_q - 8I^*$$

$$I_1 = \frac{100}{13} + \frac{7}{13} I^*$$

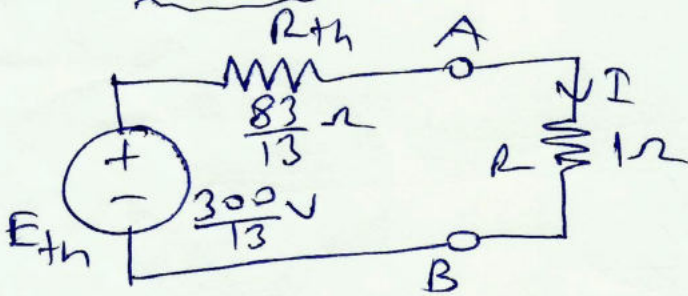
$$V^* = 3I_1 - 8I^* = 3\left(\frac{100}{13} + \frac{7}{13} I^*\right) - 8I^*$$

$$V^* = \frac{300}{13} + \left(\frac{21}{13} - 8\right) I^* \Rightarrow \boxed{V^* = \frac{300}{13} - \frac{83}{13} I^*}$$

$$V^* = \frac{300}{13} - \frac{83}{13} I^* = E_{th} - R_{th} \cdot I^* \Rightarrow \boxed{E_{th} = \frac{300}{13} V}$$

Yük akımı = ?

$$\boxed{R_{th} = \frac{83}{13} \Omega}$$

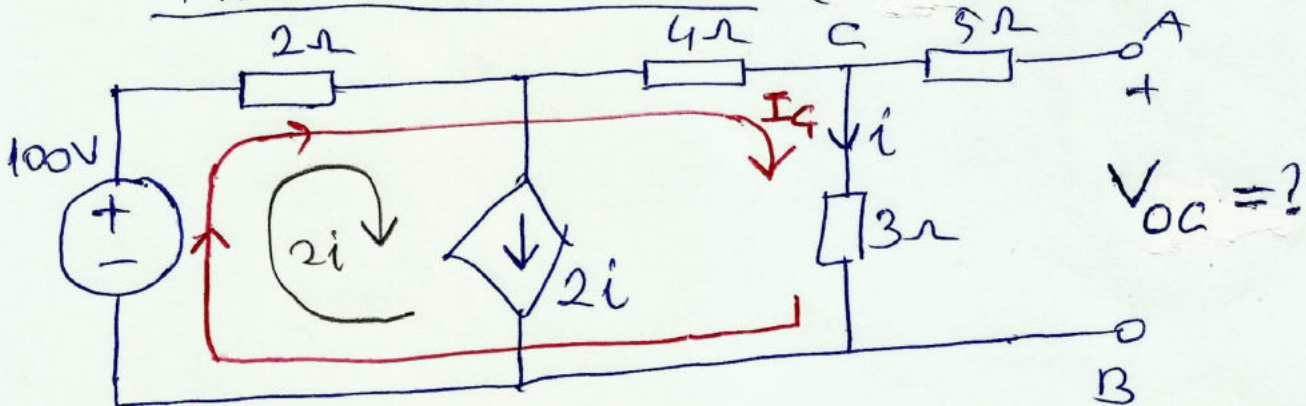


$$I = \frac{E_{th}}{R_{th} + R}$$

$$I = \frac{\frac{300}{13}}{\left(\frac{83}{13} + 1\right)} = \frac{\frac{300}{13}}{\frac{83+13}{13}} \Rightarrow \boxed{I = \frac{300}{96} = 3,125 A}$$

Örnek 2 (Yukarıdaki örnekte aynı devre ve $R=1\Omega$ 'lık yük için E_{th} ve R_{th} 'i, A-B uçlarına ait açık devre gerilimi ($V_{oc} = E_{th}$) ve kısa devre akımı (I_{sc}) yardımıyla bulun. Yük akımını hesaplayınız)

Açık Devre Gerilimi ($V_{oc} = E_{th}$)



Yukarıdaki devrede, A-B uçları açık iken 5Ω 'lık dirensten akım geçmediği için bu direnç üzerinde gerilim düşümü olmaz ve 3Ω 'lık direnç uçlarındaki gerilim A-B arasındaki açık devre gerilimi (V_{ad}) olur. (Yani $V_{CB} = V_{AB} = V_{oc}$)

$$V_{AB} = V_{CB} = V_{oc} = 3 \cdot i = 3(I_q) \text{ olur. } I_q = ?$$

Gevre denklemleri

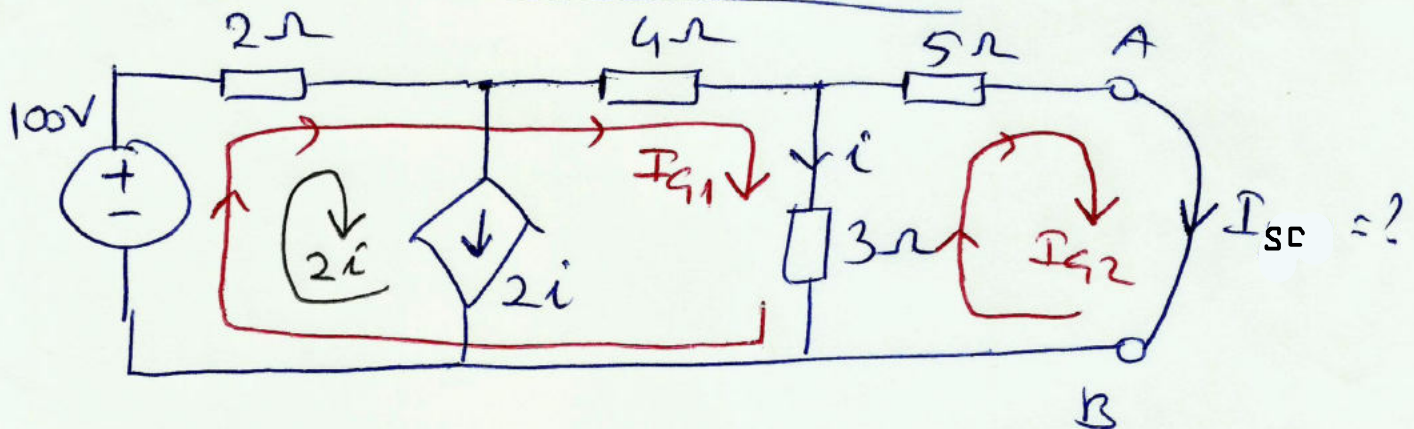
$$-100 + 2(I_q + 2i) + 4I_q + 3i = 0$$

$$-100 + 2I_q + 4i + 4I_q + 3i = 0$$

$$-100 + 6I_q + 7i = 0 \Rightarrow 13I_q = 100 \Rightarrow I_q = \frac{100}{13} \text{ A}$$

$$V = 3i = 3 \cdot I_q = 3 \cdot \frac{100}{13} \Rightarrow V_{oc} = E_{th} = \frac{300}{13} \text{ V}$$

A-B uçları kısa devre akımı



Devreye bakarak GAY ile devre denklemlerini yazalım

$$\begin{bmatrix} (2+4+3) & -3 \\ -3 & (3+5) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{q1} \\ I_{q2} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -1 \\ 0 \end{bmatrix} \cdot 100 + \begin{bmatrix} 2 \\ 0 \end{bmatrix} \cdot 2i = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

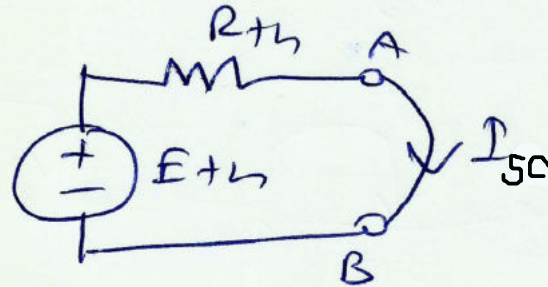
$\downarrow$
($I_{q1} - I_{q2}$)

Denklemin son hali

$$\begin{bmatrix} 13 & -7 \\ -3 & 8 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_{G1} \\ I_{G2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 100 \\ 0 \end{bmatrix} \quad \text{Devrede } I_{SC} = I_{G2}$$

$$I_{G2} = \frac{\begin{vmatrix} 13 & 100 \\ -3 & 0 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 13 & -7 \\ -3 & 8 \end{vmatrix}} = \frac{-(-3) \cdot 100}{(13 \cdot 8 - (-3) \cdot (-7))} = \frac{300}{83} = I_{SC}$$

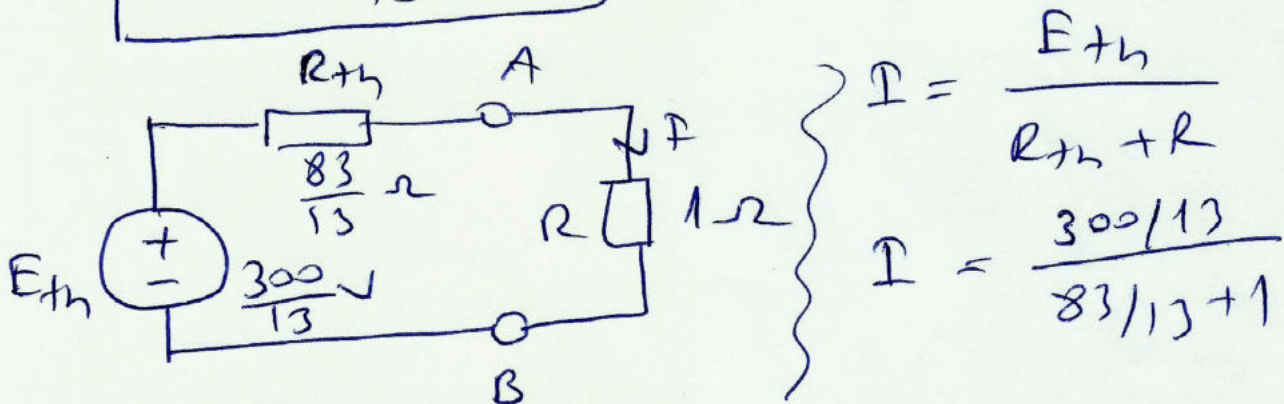
$$I = \frac{300}{83} \text{ A}$$



$$E_{th} = \frac{300}{13} \text{ V bulunur.}$$

$$\text{Thevenin direnci: } R_{th} = \frac{E_{th}}{I} = \frac{\frac{300}{13}}{\frac{300}{83}}$$

$$R_{th} = \frac{83}{13} \Omega$$

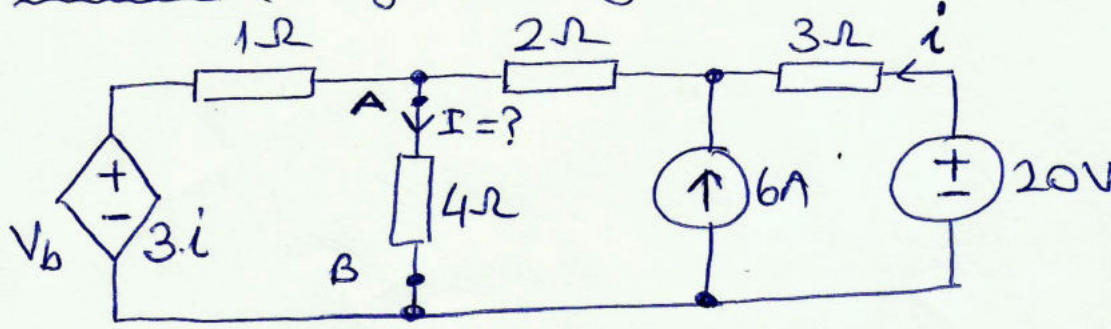


$$I = \frac{300}{96} = 3,125 \text{ A}$$

Yukarıda verilen soru üzerinde G.A.Y ile
Thevenin Teoremini kullanarak çözülür
(Sorumu defterime yazarak için)



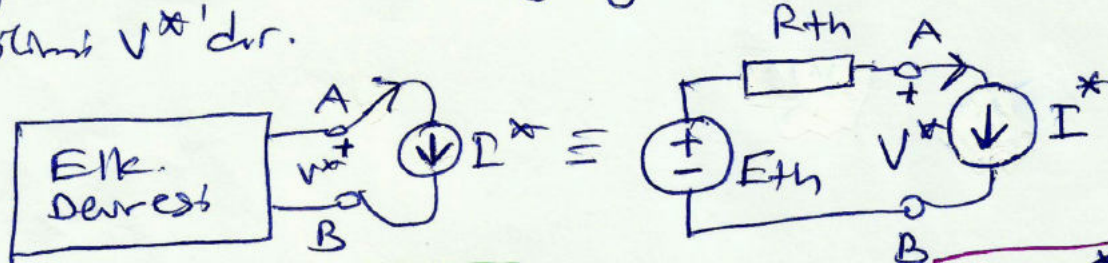
4 ÖRNEK (Bağımlı Kaynaklı DC Devre, THEVENİN)



4Ω'luk direnç
akımın
Thevenin
Teoremiyle
hesaplayınız

Çözüm

Akımı hesaplanacak direnç uçlarına A-B yollar, bu direnç kaldırılır. A-B uçları arasına (akımı hesaplanacak direnç yerine) akımı I^* olan ve akımın yönü A'dan B'ye doğru olan bir akım kaynağı bağlanır. Bu akım kaynağının gerilimi V^* 'dir.

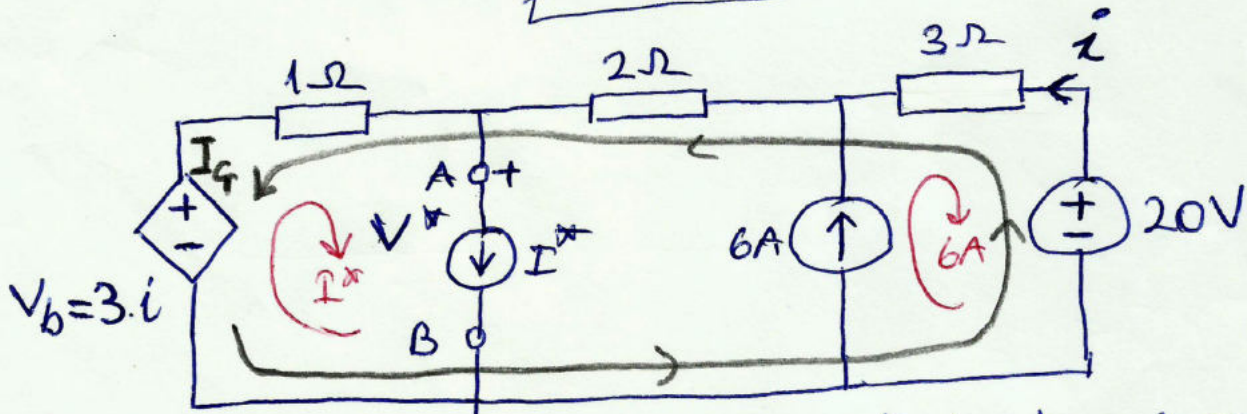


$$V^* = E_{th} - R_{th} I^*$$

Devre <=> olur

$$V_{AB} = V^* = A - B \cdot I^*$$

bulunur. $E_{th} - R_{th} \cdot I^* = A - B \cdot I^* \Rightarrow E_{th} = A$ ve $R_{th} = B$ olur



ÇAY ile I_q hesaplanır ve $V^* = V_{AB}$ hesaplanır.

$$(1+2+3)I_q - 20 + 3i - 1 \cdot I^* - 3 \cdot 6 = 0$$

$(I_q - 6)$

$$6I_q - 20 + 3(I_q - 6) - I^* - 18 = 0$$

$$6I_q - 20 + 3I_q - 18 - I^* - 18 = 0 \Rightarrow 9I_q = 56 + I^*$$

$$I_q = \frac{56}{9} + \frac{1}{9} \cdot I^*$$

I_q bulunduktan sonra I^* akım kaynağının gerilimi (V^*) hesaplanır

$$\rightarrow i = I_q - 6$$

$$V^* = V_{AB} = 1(I_q - I^*) + 3i$$

$$V^* = I_q - I^* + 3(I_q - 6)$$

$$V^* = 4I_q - I^* - 18 \quad \text{ve} \quad (I_q = \frac{56}{9} + \frac{1}{9}I^*)$$

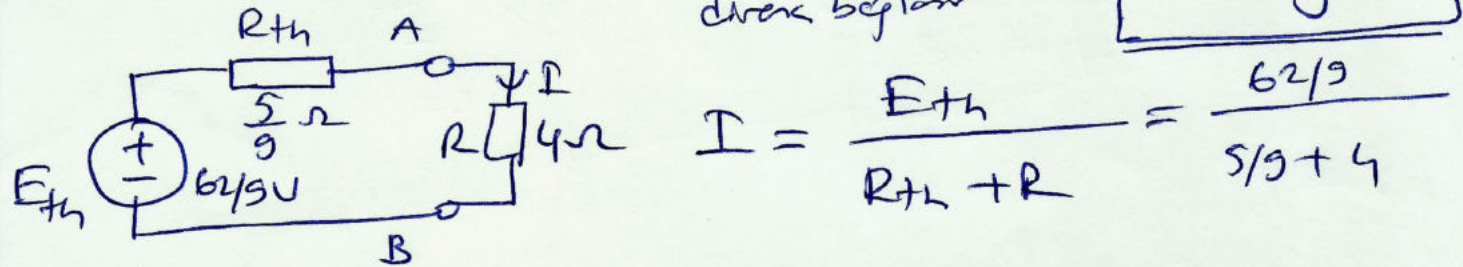
$$V^* = 4\left(\frac{56}{9} + \frac{1}{9}I^*\right) - I^* - 18$$

$$V^* = -\frac{5}{9}I^* + \frac{4}{9} \cdot 56 - 18 \Rightarrow \boxed{V^* = -\frac{5}{9}I^* + \frac{62}{9}} \text{ Volt}$$

$$V^* = -\frac{5}{9}I^* + \frac{62}{9} = -R_{th}I^* + E_{th} \Rightarrow \boxed{E_{th} = \frac{62}{9} \text{ Volt}}$$

Devrenin Thevenin eşdeğerine 4Ω 'lık direnç bağlanır

$$\boxed{R_{th} = \frac{5}{9} \Omega}$$

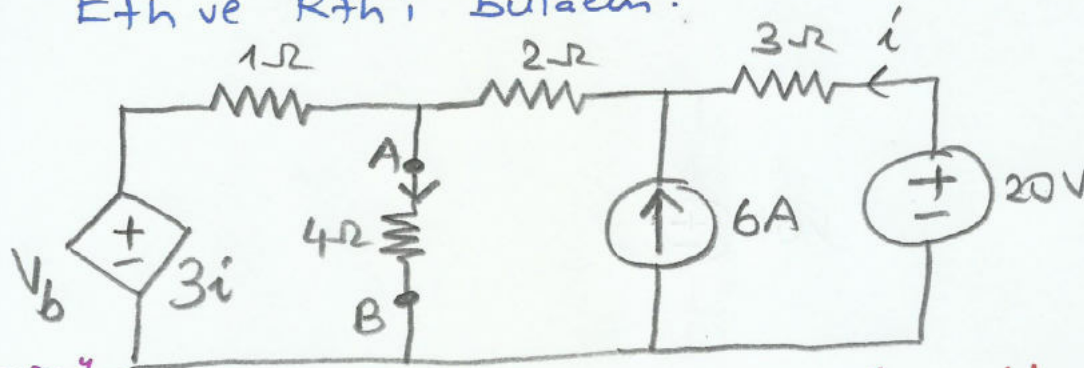


$$I = \frac{E_{th}}{R_{th} + R} = \frac{62/9}{5/9 + 4}$$

$$I = \frac{\frac{62}{9}}{\frac{41}{9}} \Rightarrow \boxed{I = \frac{62}{41} \text{ A}}$$

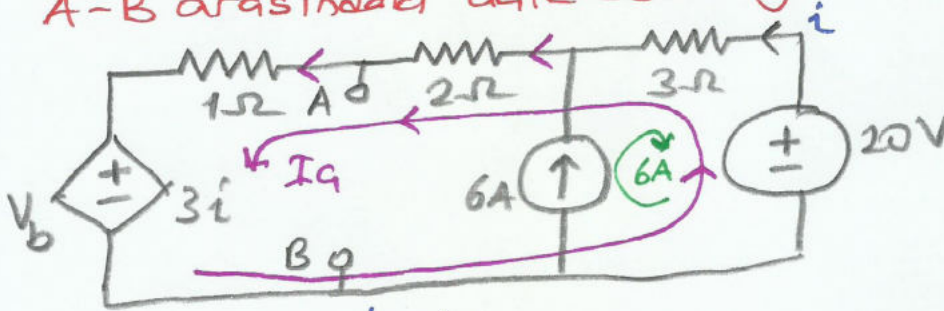
Örnek

Önceki örnekte bağımlı kaynaklı DC devrede E_{th} ve R_{th} 'i bulmak için A-B uçları arasından I^* akım kaynağı ile uyatarak çözüm yapmıştık. Şimdi aynı devrede, I^* akım kaynağı bağlanmadan A-B uçları arasındaki açık devre gerilimi (V_{oc}) ve kısa devre akımı (I_{sc}) yardımıyla E_{th} ve R_{th} 'i bulalım:



Gözüm:

A-B arasındaki açık devre gerilimi $V_{oc} = ?$



Gevre denklemleri:

$$(1+2+3) \cdot I_q + V_b - 20 - 3 \cdot 6 = 0 \quad (V_b = 3i = 3(I_q - 6))$$

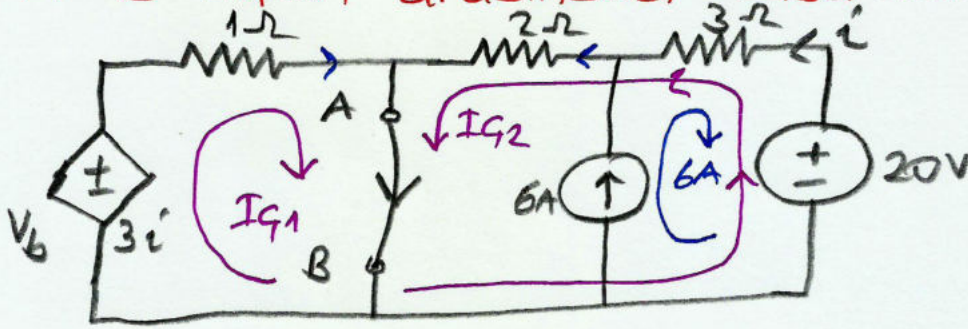
$$6I_q + 3(I_q - 6) = 38 \Rightarrow 9I_q = 56 \Rightarrow \boxed{I_q = \frac{56}{9} \text{ A}}$$

$$V_{oc} = V_{AB} = 1 \cdot I_q + V_b = 1 \cdot I_q + 3i = 1 \cdot I_q + 3(I_q - 6)$$

$$V_{oc} = 4I_q - 18 = 4 \cdot \frac{56}{9} - 18 \Rightarrow \boxed{V_{oc} = \frac{62}{9} \text{ V}}$$

$$\boxed{E_{th} = V_{oc} = \frac{62}{9} \text{ V}}$$

A-B uçları arasındaki kısa devre akımı $I_{sc} = ?$



Gevre denklemleri

I_{G1} gevresi için: $1. I_{G1} - V_b = 0 \Rightarrow I_{G1} = V_b = 3i = 3(I_{G2} - 6)$

$$I_{G1} = 3I_{G2} - 18$$

I_{G2} gevresi için: $(2+3)I_{G2} - 20 - 3 \cdot 6 = 0$

$$5I_{G2} = 38 \Rightarrow I_{G2} = \frac{38}{5} \text{ A}$$

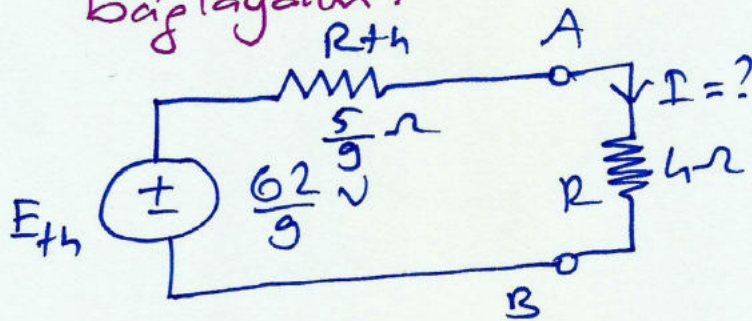
$$I_{G1} = 3I_{G2} - 18 = 3 \cdot \frac{38}{5} - 18 \Rightarrow I_{G1} = \frac{24}{5} \text{ A}$$

Kısa devre akımı: $I_{sc} = I_{G1} + I_{G2} = \frac{24}{5} + \frac{38}{5} \Rightarrow I_{sc} = \frac{62}{5} \text{ A}$

$$R_{th} = \frac{V_{oc}}{I_{sc}} = \frac{(\frac{62}{5})}{(\frac{62}{5})} \Rightarrow R_{th} = \frac{5}{9} \Omega$$

* Akımı Thevenin Teoremi ile hesaplamak $R = 4 \Omega$ 'luk direnci Thevenin Eşdeğer Devresinde A-B uçları arasına

bağlayalım:



$$I = \frac{E_{th}}{R_{th} + R} = \frac{\frac{62}{9}}{\frac{5}{9} + 4}$$

$$I = \frac{\frac{62}{9}}{\frac{41}{9}}$$

$$I = \frac{62}{41} = 1,512 \text{ A}$$