

## KISMİ DEVRE ANALİZİ YÖNTEMLERİ

Devrenin her yerindeki akım-gerilimleri bilmemiz gerekmiyorsa, sadece bir kısmındakileri bulmak için sadeleştirmeler gibi birçok kolaylıktan faydalanılabilir. Ancak bu sadeleştirmeler, akım ve gerilimlerini bilmemiz gereken eleman üzerinde yapılmamalıdır. Aksi halde aranan bilgiyi kaybederiz.

### 1) Kaynak değerine eşit akım ya da gerilim:

a) İdeal gerilim kaynağına doğrudan paralel bağlı eleman ile ilgileniyorsak, gerilimi doğrudan bu kaynağın gerilimidir. Devrenin diğer kısımlarının buna hiçbir etkisi yoktur.

(Kısa devre, sıfır voltluk ideal gerilim kaynağı olduğu için kısa devre edilen elemanın gerilimi sıfır volt olur.)

b) İdeal akım kaynağına doğrudan seri bağlı eleman ile ilgileniyorsak, akımı doğrudan bu kaynağın akımıdır. Devrenin diğer kısımlarının buna hiçbir etkisi yoktur.

(Açık devre, sıfır amperlik ideal akım kaynağı olduğu için açık devre edilen elemanın akımı sıfır amper olur.)

### 2) Etkisiz elemanlar:

Önceki kurala diğer taraftan bakışla:

a) İdeal gerilim kaynağına doğrudan paralel bağlı elemanlar veya bloklar birbirini etkilemez. Bunlardan ilgilenmediğimiz blokları yok sayabiliriz.

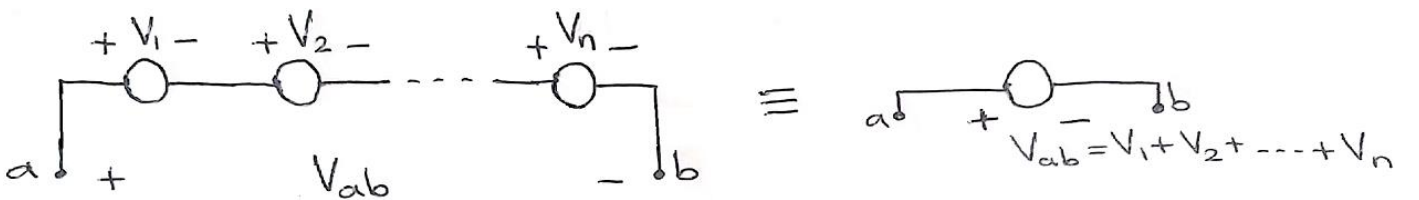
(Paralel eleman veya blokları yok sayarken yerlerini açık devre varsayınız.)

b) İdeal akım kaynağına doğrudan seri bağlı elemanlar veya bloklar birbirini etkilemez. Bunlardan ilgilenmediğimiz blokları yok sayabiliriz.

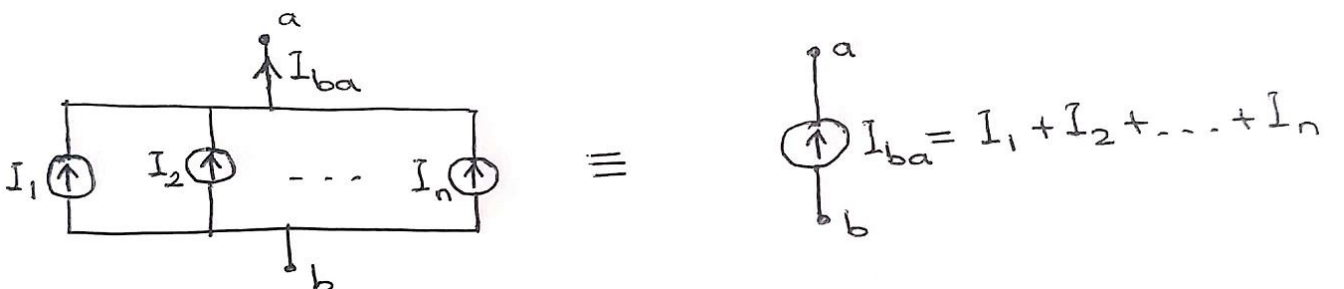
(Seri eleman veya blokları yok sayarken yerlerini kısa devre varsayınız.)

### 3) Seri ya da paralel bağlı aynı tür elemanların eşdeğerleri:

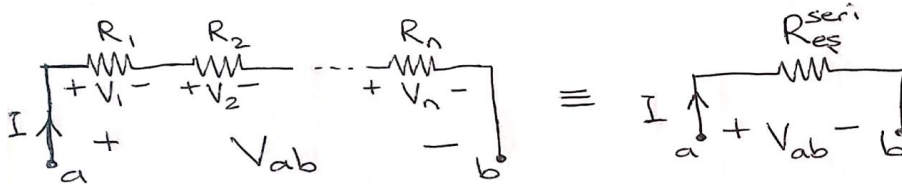
a) *Seri bağlı gerilim kaynakları*, KVL'den açıkça görülebileceği gibi gerilimleri toplanarak (veya zıt yöndekiler çıkartılarak) tek bir gerilim kaynağı ile gösterilebilir (KVL gereğince). Toplam sıfır olursa kısa devre ile gösterilir.



b) *Paralel bağlı akım kaynakları*, KCL'den açıkça görülebileceği gibi akımları toplanarak (veya zıt yöndekiler çıkartılarak) tek bir akım kaynağı ile gösterilebilir. Toplam sıfır olursa açık devre ile gösterilir.



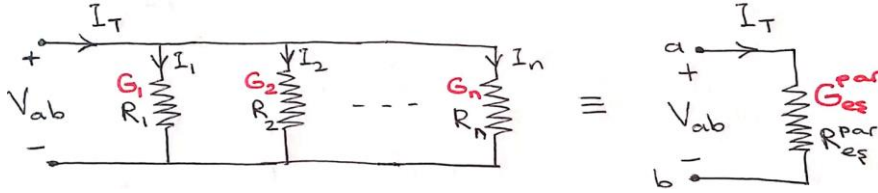
c) *Seri bağlı dirençler* toplanarak tek bir dirençle gösterilebilir:  $R_{eş}^{seri} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$



*İspat:* Seri elemanlarda akım ortak olduğu için,

$$R_{eş}^{seri} = \frac{V_{ab}}{I} = \frac{V_1}{I} + \frac{V_2}{I} + \dots + \frac{V_n}{I} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

d) *Paralel bağlı iletkenlikler* toplanarak tek bir iletkenlikle gösterilebilir:  $G_{eş}^{par} = G_1 + G_2 + \dots + G_n$



*İspat:* Paralel elemanların gerilimleri aynı olduğundan,

$$G_{eş}^{par} = \frac{I_T}{V_{ab}} = \frac{I_1}{V_{ab}} + \frac{I_2}{V_{ab}} + \dots + \frac{I_n}{V_{ab}} = G_1 + G_2 + \dots + G_n$$

*Paralel bağlı dirençlerin eşdeğeri* ise, bunların direnç cinsinden yazıldığı

$$\frac{1}{R_{eş}^{par}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

formülünün tersi alınarak bulunur. Buna göre iki paralel direnç için eşdeğer direnç şöyle olur:

$$R_{eş}^{par} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

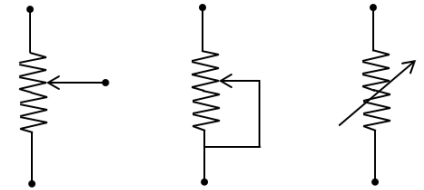
(*Dikkat:* Direnç sayısı daha fazlaysa formül bu kadar basitleşmez.)

#### 4) Gerilim ya da akım bölücü:

a) *Gerilim bölücü:* Seri dirençler üzerindeki toplam gerilim ( $V_{ab}$  diyelim) bilgisinden, dirençlerin birisinin ( $R_1$  diyelim) üzerindeki gerilim

$$V_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2 + \dots + R_n} V_{ab}$$

Gerilim bölücü olarak da kullanılabilen üç uçlu, orta ucuna göre değişken direnç vardır. Bunun büyüklerine *reosta*, küçüklerinin kolayca ayarlananlarına *potansiyometre*, tornavida vb ile nadiren ayar yapılanlarına *trimpot* denir. İki uçlu değişken direnç olarak da kullanılabilir.



a) *Akım bölücü:* Paralel iletkenlikler üzerindeki toplam akım ( $I_T$  diyelim) bilgisinden, iletkenliklerin birisinin ( $G_1$  diyelim) üzerindeki akım

$$I_1 = \frac{G_1}{G_1 + G_2 + \dots + G_n} I_T$$

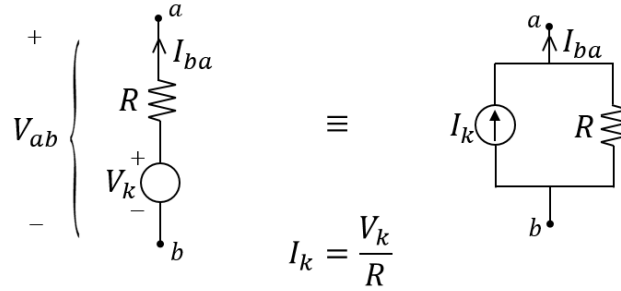
Sadece 2 direnç ( $R_1 = 1/G_1$  ve  $R_2 = 1/G_2$ ) paralel olduğunda  $R_1$  üzerindeki akım:

$$I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I_T$$

(Payın diğer direnç olduğuna dikkat ediniz. Direnç sayısı daha fazlaysa formül bu kadar basitleşmez.)

### 5) Kaynak dönüşümleri:

İki nokta ( $a-b$ ) arasındaki “bir gerilim kaynağı ve ona seri bir direnç” ile “bir akım kaynağı ve ona paralel bir direnç” çiftlerinin, biri diğerine eşdeğer olarak dönüştürülebilir. Bu dönüşümde direnç değeri aynen kalır. Bu direnç değeri kaynağın iç direnci de olabilir, dış bir direnç de olabilir, iç-dış dirençlerin birlikte eşdeğeri de olabilir. Kaynak değerleri arasındaki ilişki de aşağıdaki gibidir (yönlere dikkat ediniz):



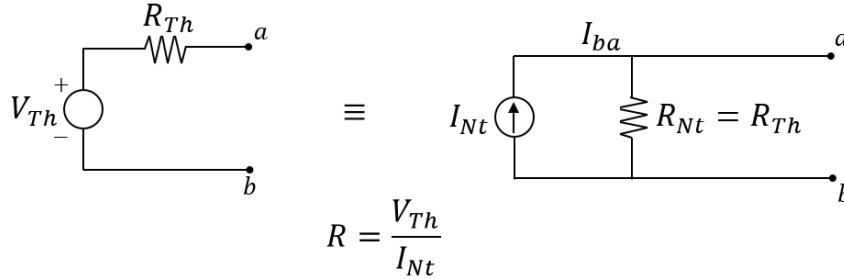
Bu ilişki şöyle ispatlanabilir:  $a-b$  uçlarına göre akım gerilim ilişkisini her iki devre için yazarsak

$$V_{ab} = V_k - RI_{ba} \quad I_{ba} = I_k - \frac{V_{ab}}{R}$$

Bunların özdeşliğinin ancak ve eğer  $V_k = RI_k$  şartıyla sağlandığı açıkça görülmektedir.

### 6) Thevenin ya da Norton eşdeğer devreleri:

Devrenin ilgilendiğimiz kısmı ( $a-b$  uçları arası diyelim) değişken ise ve diğer kısımları yalnız bağımsız akım ve gerilim kaynakları ile direnç gibi elemanlardan oluşuyorsa,  $a-b$  uçlarındaki akım ve gerilim ilişkisi bir doğru denklemi gibidir. Bu ilişki, bir önceki kısımdaki gibi bir gerilim kaynağı (Thevenin eşdeğer gerilimi  $V_{Th}$ ) ve ona seri bir direnç (Thevenin eşdeğer direnci  $R_{Th}$ ) ile gösterilebilir. Buna “Thevenin eşdeğer devresi” denir. Ya da bir akım kaynağı (Norton eşdeğer akımı  $I_{Nt}$ ) ve ona paralel bir direnç (Norton eşdeğer direnci = Thevenin eşdeğer direnci  $R_{Th}$ ) ile gösterilebilir. Buna da “Norton eşdeğer devresi” denir.



Thevenin veya Norton eşdeğer devresi,  $a-b$  uçlarına bağlayacağımız değişken olabilen kısım ayrılarak, yalnızca sadeleştirilecek devre üzerinden bulunur. Sadeleştirmeler diğer yöntemlerle yapılabileceği gibi şu adımlarla da bulunabilir:

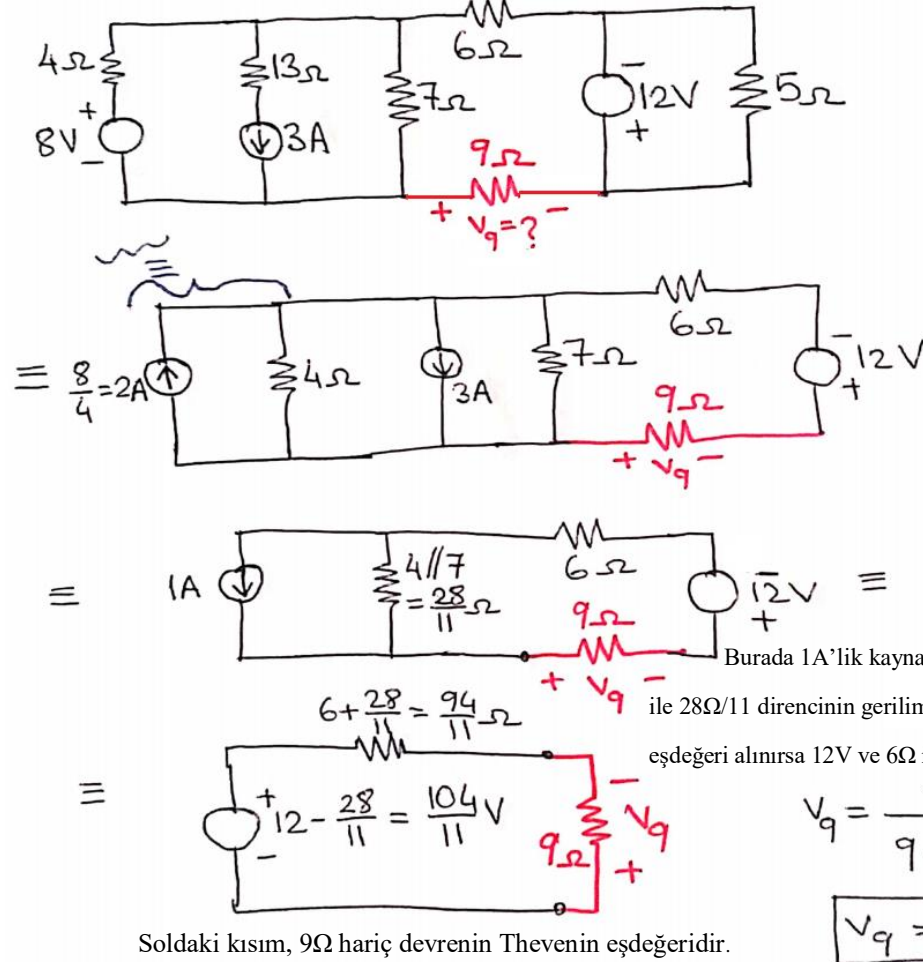
$a-b$  uçları açık devre edilerek bu uçlar arasında bulunan gerilim  $V_{Th}$  'dir.

$a-b$  uçları kısa devre edilerek bu kısa devre üzerinde bulunan akım  $I_{Nt}$  'dir.

$R_{Th} = V_{Th}/I_{Nt}$  formülüyle bulunabilir. Veya sadeleştirilecek kısımdaki tüm bağımsız kaynaklar sönmüldüğünde bulunan  $a-b$  arası eşdeğer direnç  $R_{Th}$  olur.

(Bağımsız gerilim kaynağını sönmülemek, onu kısa devre ile değiştirmektir, bağımsız akım kaynağını sönmülemek, onu açık devre ile değiştirmektir.)

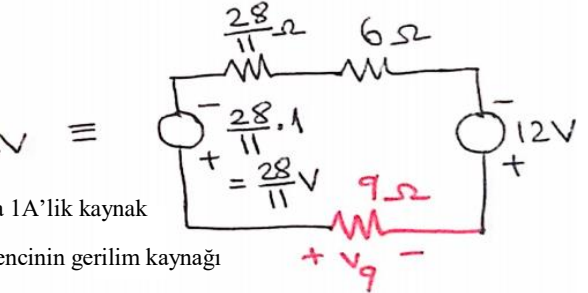
**Örnek:** Aşağıdaki devrede  $9\Omega$ 'luk direnç üzerindeki gerilimi bulalım.



Öncelikle etkisiz elemanları yok edelim. Akım kaynağına doğrudan seri  $13\Omega$  atılıp yeri k.d. edilir. Gerilim kaynağına doğrudan paralel  $5\Omega$  atılıp yeri a.d. edilir.

Soldaki  $8V$ 'luk kaynak ile ona seri  $4\Omega$ 'a akım kaynağı dönüşümü yaparsak,

Hem bu akım kaynağı, hattında yalnız kalan  $3A$  ile, hem de  $4\Omega$  ile  $7\Omega$  paralel eşdeğerle birleştirilebilir.

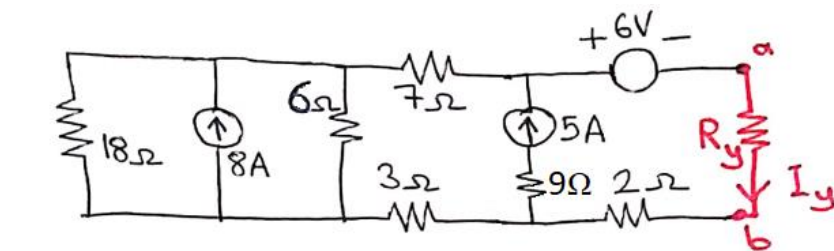


eşdeğeri alınırsa  $12V$  ve  $6\Omega$  ile seri eşdeğerleri alınabilir. Gerilim bölücü hesabıyla

$$V_9 = \frac{-9}{9 + \frac{94}{11}} \cdot \frac{104}{11} V = -\frac{936}{193} V$$

$$V_9 = -4,850V$$

**Örnek:** Aşağıdaki devrede  $R_y$  direnci üzerindeki akımını, iki farklı  $R_y$  değeri için bulalım:



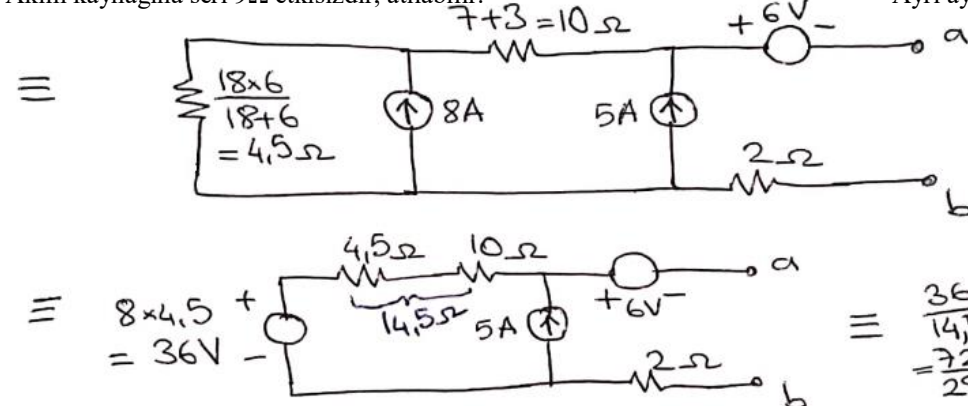
$$R_{y1} = 12\Omega \Rightarrow I_{y1} = ?$$

$$R_{y2} = 20\Omega \Rightarrow I_{y2} = ?$$

Akım kaynağına seri  $9\Omega$  etkisizdir, atılabilir.

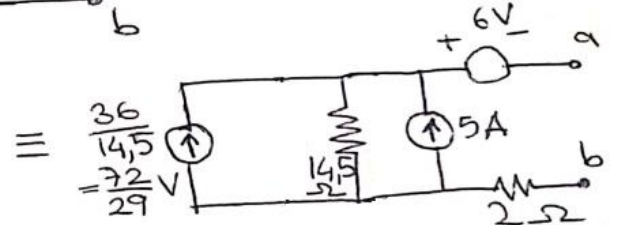
$18\Omega$  ile  $6\Omega$ 'un paraleldir.  $7\Omega$  ile  $3\Omega$ 'un seri olduğunu dikkatli bir bakışla görebiliriz.

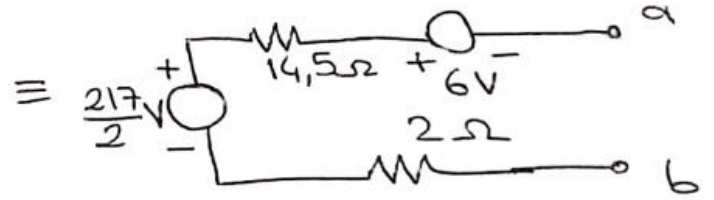
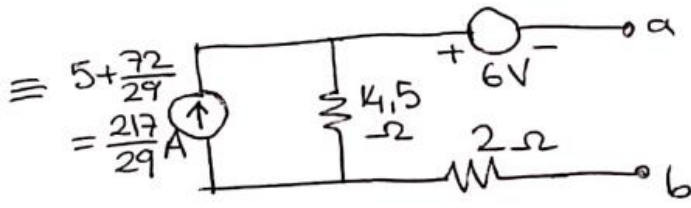
Ayrı ayrı bunların eşdeğerlerini alıyoruz.



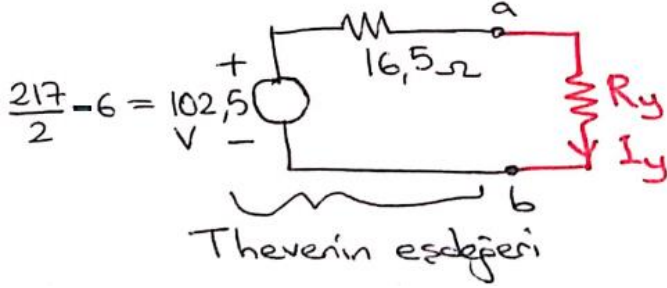
$8A$  ile  $4,5\Omega$ , gerilim kaynağına dönüştürülürse,  $10\Omega$  ile birleştirilebilir.

Sonra da yeniden akım kaynağına dönüştürülürse  $5A$  ile de birleştirilebilir.





Tekrar gerilim kaynağına dönüştürülerek de 6V ve 2Ω ile birleştirilmesi sağlanır:

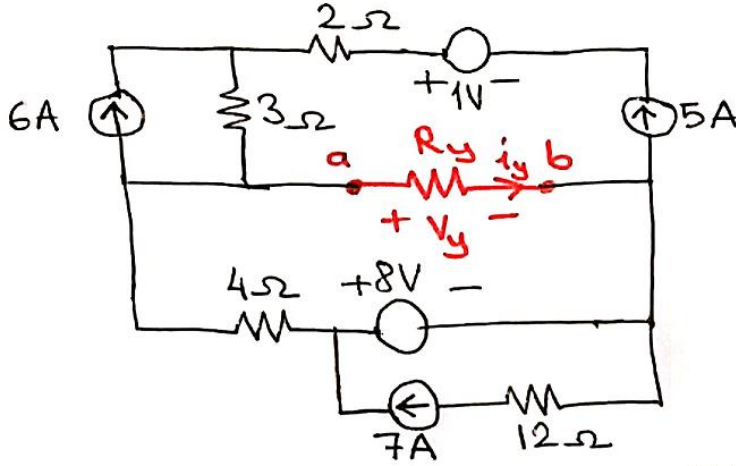


$$I_y = \frac{102,5V}{16,5\Omega + R_y}$$

$$R_{y1} = 12\Omega \Rightarrow I_{y1} = \frac{102,5}{28,5}A = 3,60A$$

$$R_{y2} = 20\Omega \Rightarrow I_{y2} = \frac{102,5}{36,5}A = 2,81A$$

**Örnek:** Aşağıdaki devrede  $R_y$  direnci üzerindeki akım ve gerilimi, iki farklı  $R_y$  değeri için bulalım:

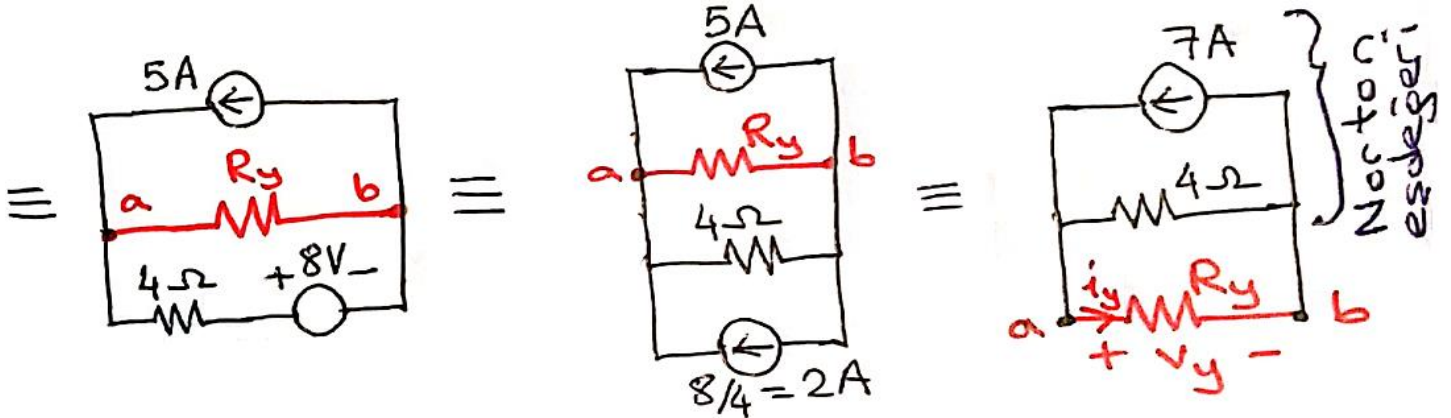


$$R_y = R_{y1} = 10\Omega \Rightarrow v_y = v_{y1} = ? \quad i_y = i_{y1} = ?$$

$$R_y = R_{y2} = 20\Omega \Rightarrow v_y = v_{y2} = ? \quad i_y = i_{y2} = ?$$

Çözüm:

5A'lık kaynağı seri gerilim kaynağı da 2Ω direnci de etkisizdir; atıp yerini k.d. ederiz. 8V'luk kaynağı paralel akım kaynağı da 12Ω direnci de etkisizdir; atıp yerini a.d. ederiz (12Ω direncin akım kaynağına seri olduğu için etkisiz olmasıyla ayrıca uğraşmamıza gerek yok, ikisini birden atıyoruz).



Akım bölücü hesabıyla:

$$i_y = \frac{4\Omega}{4\Omega + R_y} \times 7A = \frac{28V}{4\Omega + R_y} \quad v_y = R_y i_y = \frac{R_y}{4\Omega + R_y} \times 28V$$

$$R_{y1} = 10\Omega \Rightarrow i_{y1} = \frac{28V}{4\Omega + 10\Omega} = 2A, \quad v_{y1} = 20V$$

$$R_{y1} = 20\Omega \Rightarrow i_{y1} = \frac{28V}{4\Omega + 20\Omega} = 1,167A, \quad v_{y2} = 20\Omega \times 1,167A = 23,33V$$

**Dikkat:** Norton eşdeğer direncini,  $R_y$  direncini çıkarıp, kaynakları sönmüleyip (gerilim kaynakları yerine k.d., akım kaynakları yerine a.d. koyarak)  $a-b$  arası eşdeğer dirence bakarak da bulabilirdik, ki bu durumda sadece 4Ω'luk direncin kalacağı açıkça görülebilir.