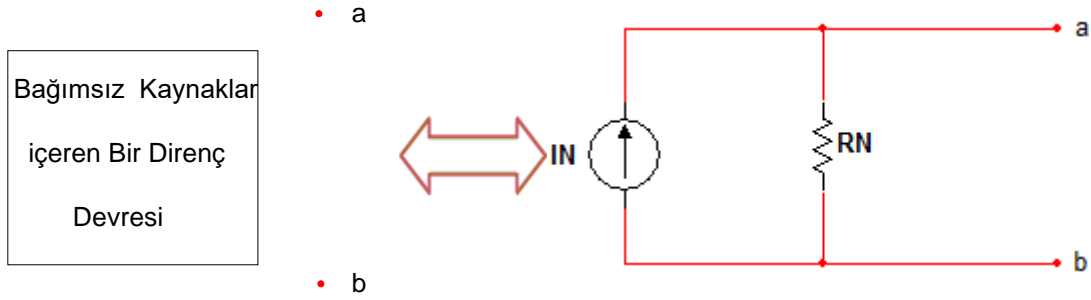


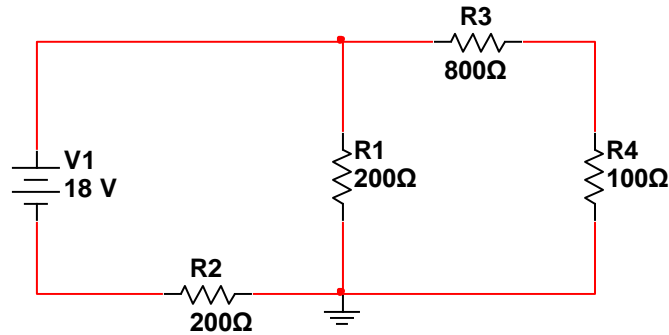
NORTON TEOREMİ

Norton Teoremi, Thevenin teoreminin değişik bir biçimi olup, elektrik devrelerinin çözümlenmesinin kolaylaştırılması için kullanılan yöntemdir. Bu yöntem sayesinde karmaşık elektrik devreler oluşturulan basit eşdeğer devre üzerinden kolayca çözülebilir. Bir Norton eşdeğer devresi, birbirine bağlı birçok kaynağın yerine geçen, bir akım kaynağı I_N ve ona paralel olarak bağlı bir R_N direncidir.



Bir devreyi Norton eşdeğeri ile temsil etmek için Norton akımı I_N ve Norton direnci R_N 'yi belirlemeliyiz. R_N 'yi bulmak için, öncelikle analizi yapılacak kol devreden çıkarılır ve çıkarılan bu noktaya isim verilir. Devredeki gerilim kaynakları kısa devre, akım kaynakları da açık devre yapılır ve çıkarılan kol uçlarından bakarak R_N değeri bulunur. Norton akımı I_N bulmak için, çıkartılmış olan bağımsız kaynaklar tekrar devreye bağlanarak kolun uçlarının kısa devre akımı yani I_N bulunur. Böylece Norton Direnci ile Thevenin Direnci eşdeğerdir.

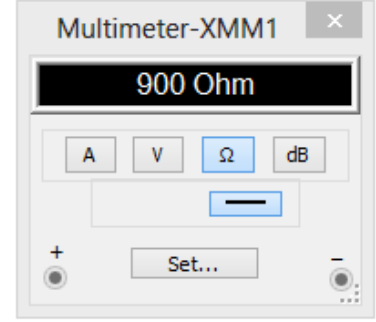
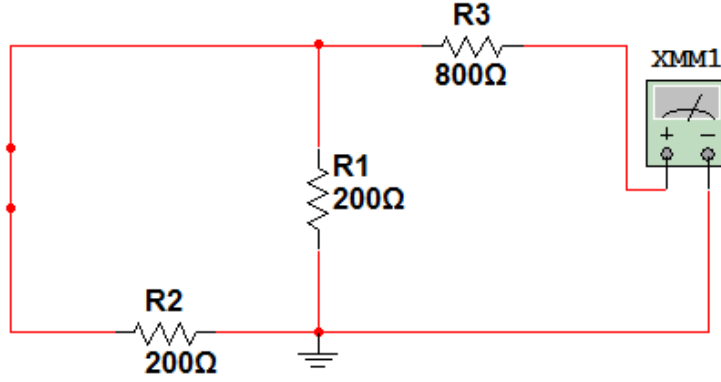
Örnek:



Şekilde verilen devrede 100 Ω üzerinden geçen akımı Norton teoremi ile çözünüz.

Çözüm:

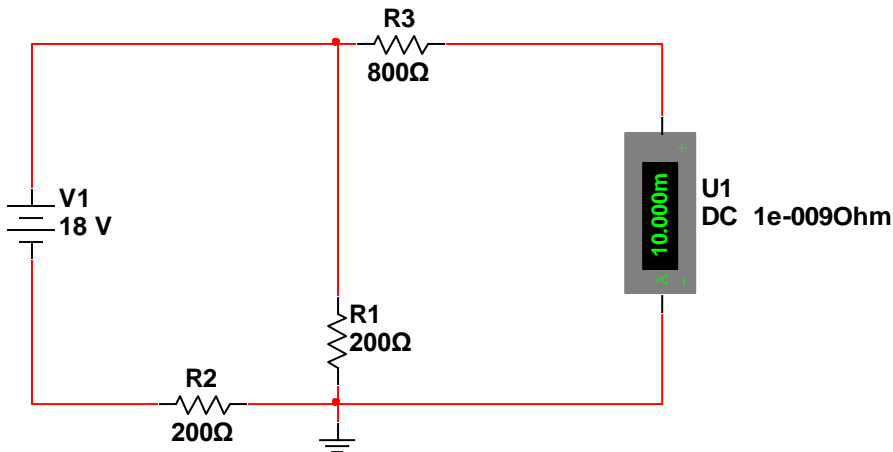
100 Ω 'luk direncin üzerinden geçen akımı bulmak için, devrede bulunan bağımsız kaynaklar (akım ve voltaj kaynakları) ve 100 Ω direnç çıkartılarak, XY uçlarının Norton direnci (R_N) direnci bulunur:



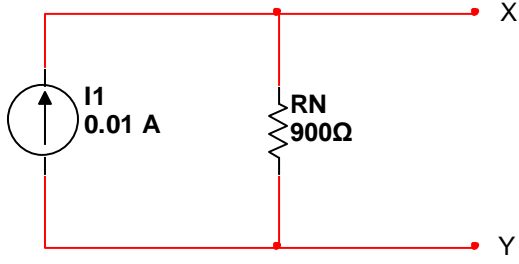
Norton akımını bulmak için, çıkartılan kaynak devreye tekrar bağlanır. XY uçları arasını kısa devre yapılarak, bu kaynağın kısa devre akımı bulunur. Bulunan bu kısa devre akımı, Norton akımına eşittir.

$$I = \frac{V}{R2 + (R1 // R3)} = \frac{18}{200 + \left(\frac{200 \cdot 800}{200 + 800} \right)} = 0.05A$$

$$I_N = (0.05A) \cdot \frac{200}{800 + 200} = 0.01A$$



Devrenin Norton eşdeğeri;

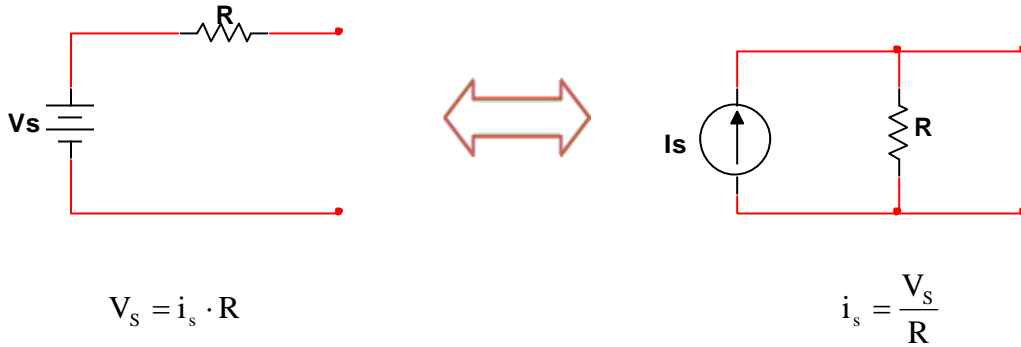


100 Ω 'luk direncin akımı,

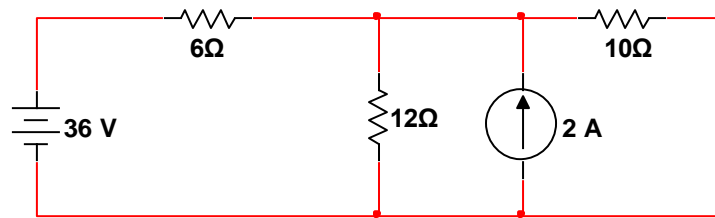
$$I_{100\Omega} = (0.01A) \cdot \frac{900}{900+100} = 0.009A$$

Kaynak Dönüşümü:

Kaynak dönüşümü, bir gerilim kaynağına V_s seri bağlı bir dirençten R oluşan kaynağı, bir akım kaynağı " I_s " ve buna paralel bağlı bir direnç " R " formuna dönüştürme işlemidir. Bu işlem her iki yönlüdür.



Örnek:



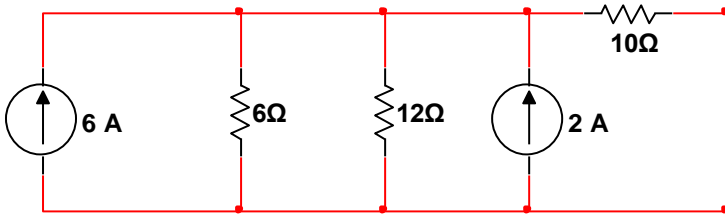
Şekilde verilen devrenin Thevenin ve Norton eş değer devrelerini kaynak dönüşümü kullanarak çıkarınız.

Çözüm:

Soruda verilen devrenin, eş değer devresini bulmak için, öncelikle devrenin başındaki birbirine seri bağlı 36 V'luk voltaj kaynağını ve $R_1=6\Omega$ direncine kaynak dönüşümü uyguluyoruz. Burada yeni oluşacak devre, bir akım kaynağı ve ona paralel bir R direncine sahip devre olacaktır. Yeni devrenin akım kaynağının değeri,

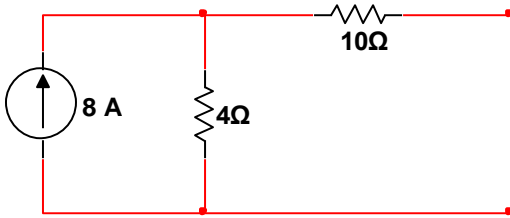
$$i_s = \frac{36}{6} = 6A \text{ olacaktır.}$$

Bu durumda devre aşağıdaki devreye dönüşecektir:

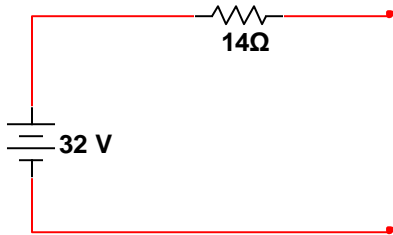


Sonraki adımda paralel ve seri hale gelen dirençlerden, toplam eşdeğer direnç bulunur. Ayrıca, akım kaynakları tek bir akım kaynağı şekline dönüşür:

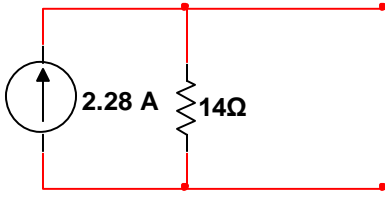
$$R_{12} = (R_1 // R_2) = \frac{6 \cdot 12}{6 + 12} = 4\Omega$$



Kaynak dönüşümü dirençlerin birleştirilmesi ile oluşan Thevenin eşdeğer devresi,



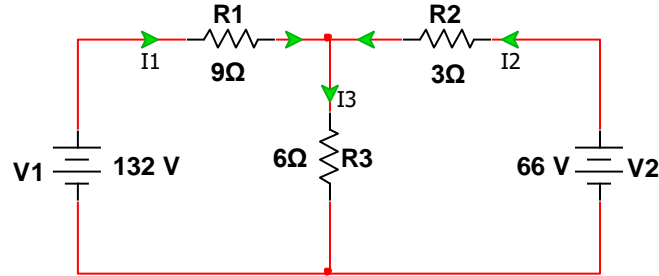
Son olarak, verilen devrenin Norton eşdeğer devresi,



SÜPERPOZİSYON TEOREMİ

Birden fazla kaynak bulunan elektrik devrelerinde kullanılan bu teorem, devre analizini basitleştirmek için kullanılan bir yöntemdir. Gerilim veya akım kaynakları ile beslenen lineer devrelere uygulanır. Devrede kaç aktif kaynak varsa, sıra ile kaynaklardan yalnız bir tanesi devrede bırakılarak diğerleri, gerilim kaynakları ise kısa devre, akım kaynakları ise açık devre yapılır. İki ya da daha fazla kaynaklı devrelerde, herhangi bir devrenin akımı yada gerilimi , her bir kaynağın meydana getirdiği akım yada gerilimlerin toplamıdır.

Örnek:



Şekilde verilen elektrik devresinde I_1 , I_2 ve I_3 akımlarını superpozisyon yöntemi ile bulunuz.

Çözüm:

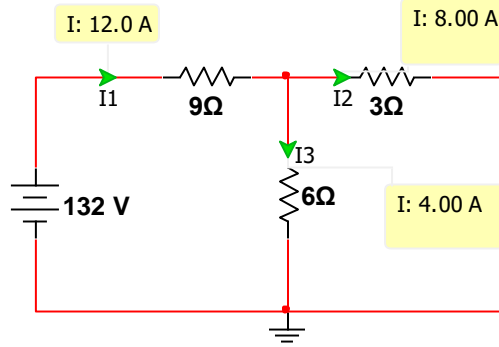
Verilen devre için ilk önce V_2 voltaj kaynağı kapatılarak sadece V_1 voltaj kaynağından dolayı kolları geçen akım hesaplanır.

$$I_1' = I_a = \frac{132}{9 + \frac{6 \cdot 3}{6 + 3}} = \frac{132}{11} = 12A$$

Akım bölme kuralından I_2' ve I_3' kol akımları bulunabilir.

$$I_2' = I_a \cdot \frac{R_3}{R_2 + R_3} = 12 \cdot \frac{6}{6 + 3} = 8A$$

$$I_3' = I_a \cdot \frac{R_2}{R_2 + R_3} = 12 \cdot \frac{3}{6 + 3} = 4A$$



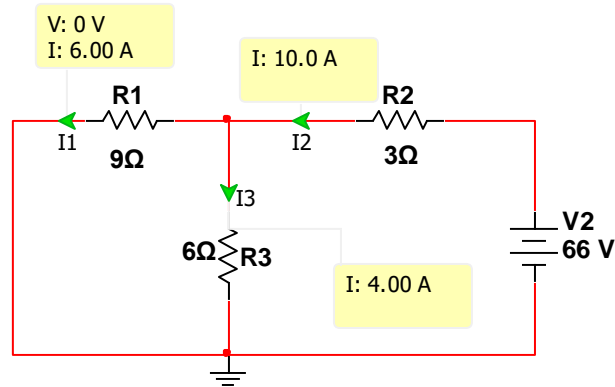
Sonraki adım ise analiz edilen devre için V1 voltaj kaynağı kapatılarak, V2'den dolayı kollarda oluşan akımlar hesaplanır:

$$I_2'' = I_a'' \cdot \frac{66}{3 + \frac{9 \cdot 6}{9 + 6}} = \frac{66}{6.6} = 10A$$

I_1'' ve I_3'' yine akım bölme kuralından bulunabilir:

$$I_1'' = I_a'' \cdot \frac{R_3}{R_2 + R_3} = 10 \cdot \frac{6}{6 + 9} = 4A$$

$$I_3'' = I_a'' \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_3} = 10 \cdot \frac{9}{6 + 9} = 6A$$



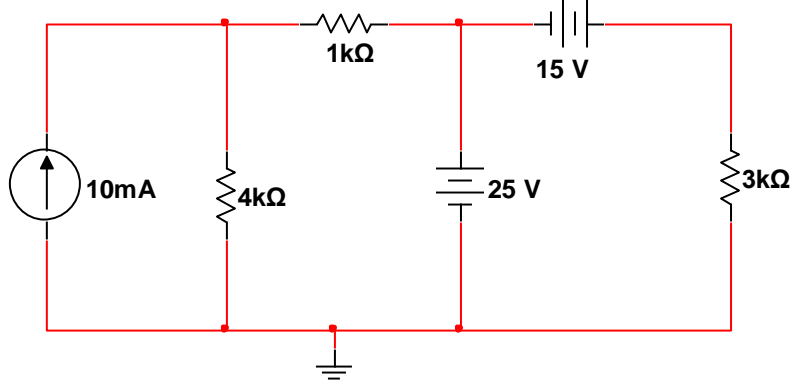
$$I_1 = I_1' - I_1'' = 12 - 4 = 8 A.$$

$$I_2 = I_2'' - I_2' = 10 - 8 = 2 A$$

$$I_3 = I_3' + I_3'' = 4 + 6 = 10 A.$$

Örnek:

Şekilde verilen devrede $1\text{ k}\Omega$ direnç uçlarındaki gerilimi süperpozisyon teoremi ile bulunuz.

**Çözüm:**

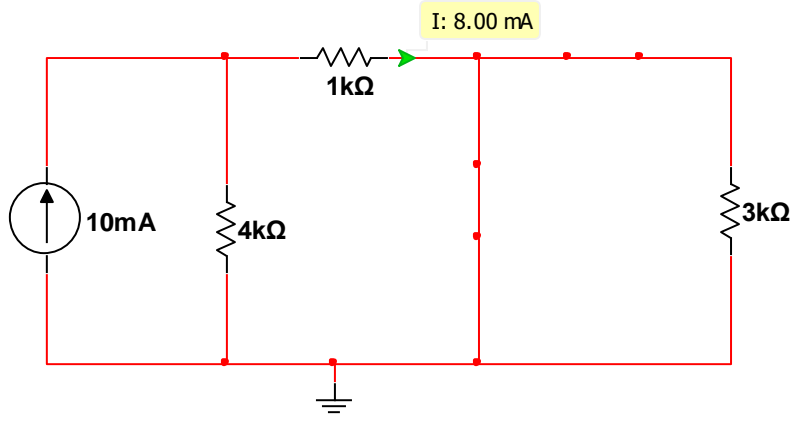
Devrede üç tane aktif kaynak olduğu görülmektedir. Süperpozisyon teoreminde her kaynağın analizi yapılacak elemanın üzerinden geçirdikleri akımlar ayrı ayrı bulunduğuna göre devrede bir kaynak bırakacak şekilde devreyi tekrar çizip devrede bıraktığımız kaynağın $1\text{ k}\Omega$ üzerindeki oluşturduğu gerilimi bulmalıyız.

1.DURUM: 10 mili amperlik akım kaynağı dışındaki tüm voltaj kaynakları kapatılır. Bu durumda, kaynağın oluşturacağı gerilim bulunabilir.

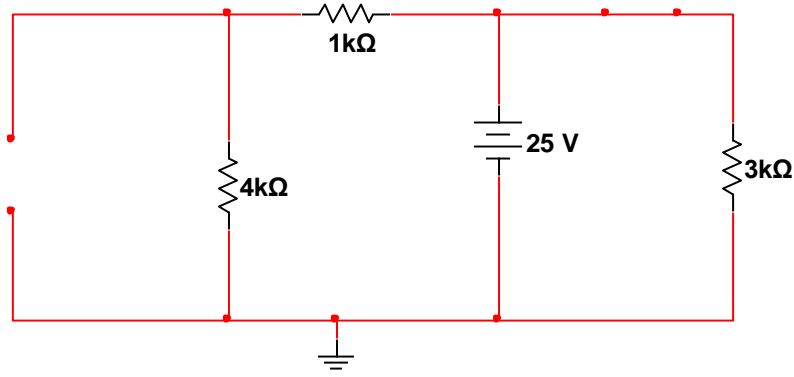
10mA 'lık kaynak $4\text{ k}\Omega$ ve $1\text{ k}\Omega$ 'luk direnç üzerinden akar. Çünkü $3\text{ k}\Omega$ direnç 25V 'luk kaynağın kısa devre edildiğinden dolayı $3\text{ k}\Omega$ üzerinden bu kaynak akım akıtmamaktadır. 10mA 'lık akım kaynağının $1\text{ k}\Omega$ direnç üzerinde oluşturduğu gerilimi bulmak için akım bölme kuralından $1\text{ k}\Omega$ üzerinden geçen akım bulunur ohm kanunundan bu eleman üzerindeki 10mA 'lık kaynağın oluşturduğu gerilim bulunur.

$$I_{1\text{k}\Omega} = \left(\frac{4\text{k}\Omega}{1\text{k}\Omega + 4\text{k}\Omega} \right) \cdot 10\text{mA} = 8\text{mA}$$

$$V_1 = (8\text{mA}) \cdot (1\text{k}\Omega) = 8\text{V}$$



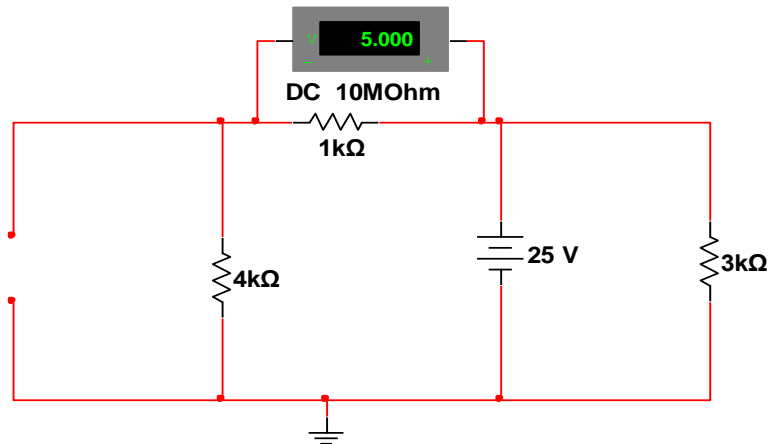
2.DURUM: 10 mA’lık akım kaynağı devreden çıkartılıp 25V’luk kaynak devreye bağlanırsa, yeni oluşacak devre aşağıdaki gibidir:



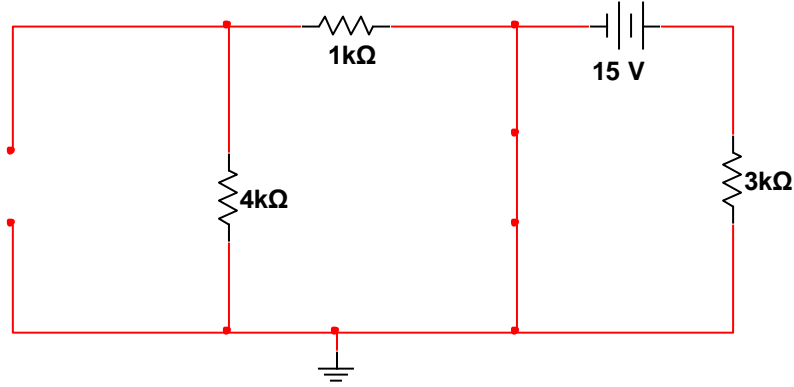
Devrede voltaj bölme kuralından, 1 kΩ’luk direncin üzerindeki gerilim,

$$V_2 = \left(\frac{1k\Omega}{1k\Omega + 4k\Omega} \right) \cdot 25V = 5V$$

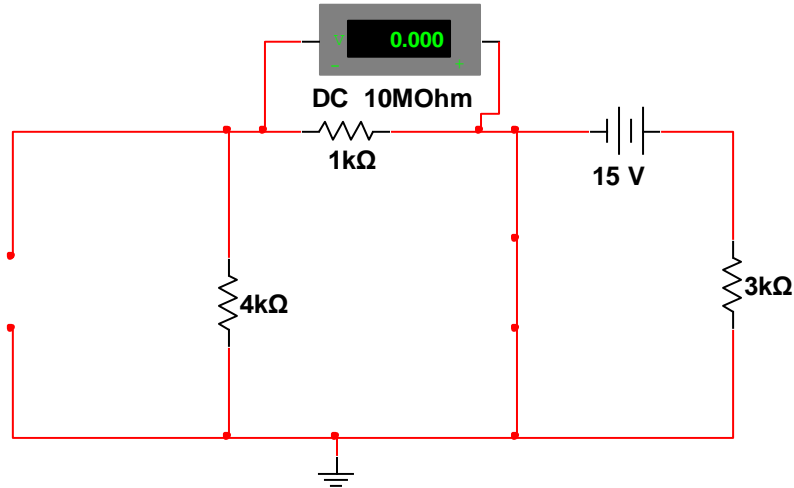
olarak bulunur.



3.DURUM: 15V'luk gerilim kaynağının tek aktif kaynak olarak bağlandığı bir durumdur. Bu kaynak devrede kalacak şekilde diğer aktif kaynakları çıkarıp bu kaynağın $1k\Omega$ üzerinde oluşturduğu gerilim düşümü bulunmalıdır. Tek aktif kaynaklı (15 V) devre aşağıdaki hale dönüşmektedir:



Şekildeki devreye dikkatli bakıldığında $1k\Omega$ üzerinden bu kaynağın akım akıtmadığı görülür. Nedeni ise çıkardığımız 25V'luk kaynağın uçlarındaki kısa devreden dolayıdır. $1k\Omega$ üzerinden akım geçmediği içinde gerilim düşümü; $U_3=0$ olur.



Devredeki aktif kaynakların $1k\Omega$ direnç uçlarındaki oluşturdukları gerilim; ayrı ayrı incelenen 3 durumda bulunan voltajların toplamına eşittir.

$$V_{1k\Omega} = V_1 + V_2 + V_3 = 8V + 5V + 0V = 13V$$

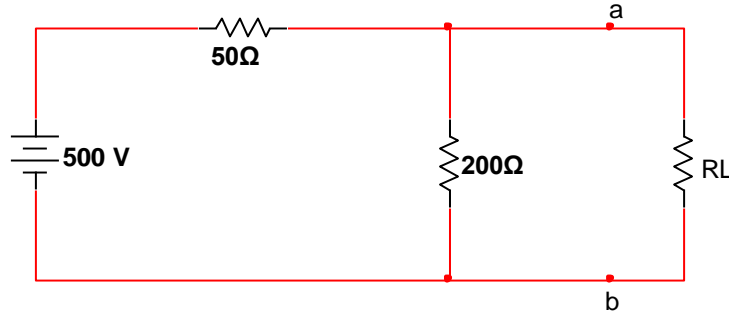
MAKSİMUM GÜÇ AKTARIMI

Elektronik devrelerin bir çoğu için kaynaktan yüke en büyük değerde gücün aktarılması son derece önemlidir. Bu gücün mümkün olduğunca en iyi şekilde aktarılması için, devrede bulunan yüke maksimum güç aktarımını sağlayacak R_L değeri bulunmalıdır. Maksimum güç aktarımı, yük direnci R_{th} Thevenin direncine eşit olduğu zaman gerçekleşir. ($R_L = R_{th}$)

$$R_L \text{ 'ye aktarılan maksimum güç, } P_{\max} = \frac{V_{th}^2 \cdot R_L}{(2R_L)^2}$$

formülü ile bulunur.

Örnek:



Şekilde gösterilen devre için, **a)** R_L 'ye aktarılan gücü maksimum yapan R_L değerini ve **b)** R_L 'ye aktarılabilecek maksimum gücü bulunuz.

Çözüm:

a) a ve b uçlarının solunda kalan devre için Thevenin gerilimi,

$$V_{Th} = \frac{200}{200 + 50} \cdot (500) = 400V$$

bulunur. Thevenin direnci, voltaj kaynağı kapatıldıktan sonra,

$$R_{Th} = R1 // R2 = \frac{200 \cdot 50}{200 + 50} = 40\Omega$$

elde edilir. Bulunan Thevenin Eşdeğer devresi yerleştirildiğinde, maksimum güç aktarımı için R_L 'nin 40Ω olmalıdır.

b) R_L 'ye aktarılabilecek maksimum güç,

$$P_{\max} = \frac{V_{th}^2 \cdot R_L}{(2R_L)^2} = \left(\frac{400}{2 \cdot 40} \right)^2 \cdot 40 = 1000W$$