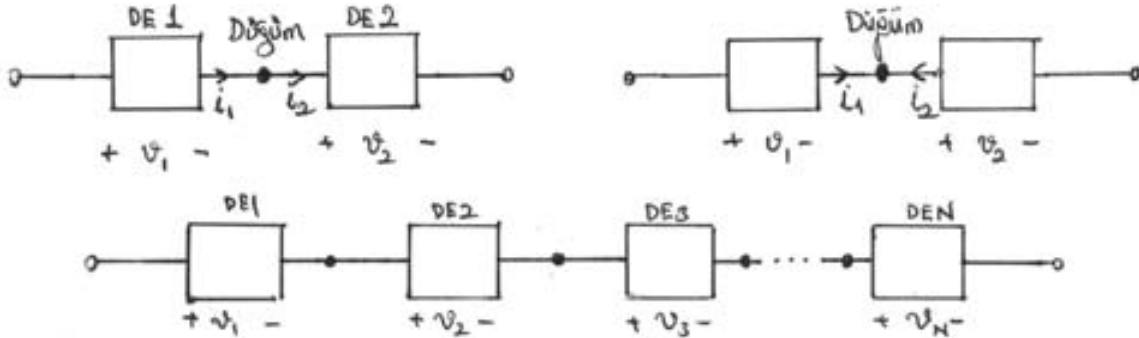


# DC ANALİZ: BASİT DİRENÇ DEVRELERİ

## DEVRE ELEMANLARININ SERİ BAĞLANMASI



Şekil.DC-1. Devre elemanlarının seri bağlanması

Eğer bir düğüme yalnızca iki adet devre elemanı bağlanmış ise bu elemanlara seri bağlanmış denir. Düğüme bağlı olan bu iki eleman üzerinden geçen akımlar Kirchoff'un akım kanununa göre eşittir. Çünkü akımın dağılacağı bir başka bağlantı bulunmamaktadır. Aşağıdaki seri bağlı devre elemanlarının şekillerine bakarak Kirchoff'un akım kanunu yazarsak;

Giren akımların toplamı = Çıkan akımların toplamı

$$\begin{aligned} i_1 &= i_2 & i_1 + i_2 &= 0 \\ i_1 - i_2 &= 0 & i_1 &= -i_2 \end{aligned}$$

Buradan çıkan sonuç seri bağlı kollar üzerinden geçen akımlar birbirine eşittir. Sağ taraftaki eşitlik bunu açıkça göstermiyorsa bu devrede akım yönünü gerçek hayatta olana göre ters alışımızdandır. Bu da  $i_1$  ve  $i_2$ 'den herhangi birinin kabul edilen yöne ters olduğunu dolayısıyla ikisinin de aynı yönde geçtiğini göstermektedir. Bu sonuçlar devre elemanının çeşidinden bağımsız olduğu gibi seri bağlı elemanların sayısının artması elemanlar üzerinden geçen akımların hepsinin eşit olduğunu gösterir.

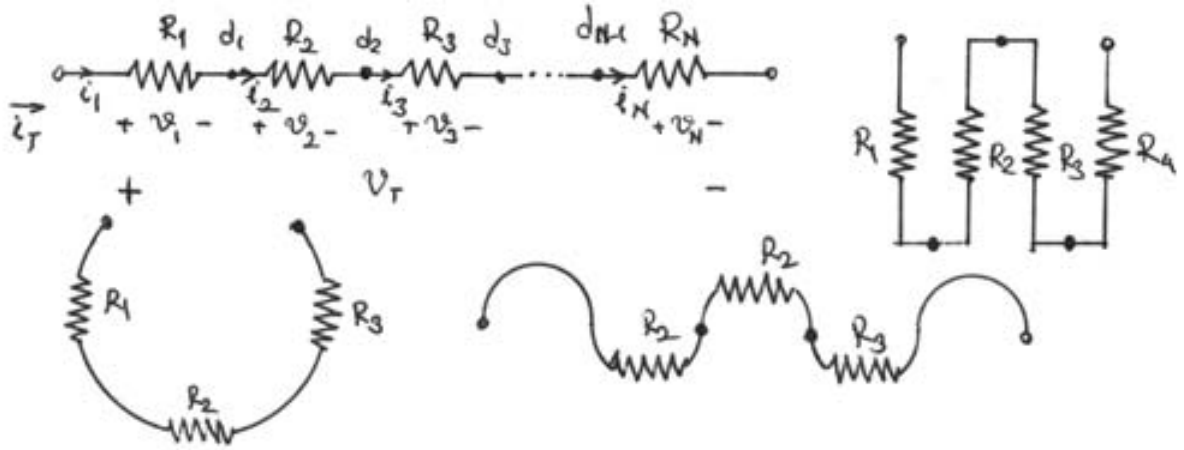
Bununla beraber seri elemanlar üzerinde düşen gerilimler eşit değildir. Seri bağlı iki eleman üç adet düğüm oluşturur. Bunlardan ikisi seri bağlı kısmı devrenin diğer tarafına irtibatlayan düğümler ve kendilerinin paylaştığı bir ara düğüm. Devreye bağlı iki düğüm arasındaki gerilim Kirchoff'un gerilim kanunundan yola çıkılarak söz konusu iki devre elemanlarının üzerinde düşen gerilimlerin toplamı olduğu kolayca görülecektir.

$$v_s = v_1 + v_2$$

Buradan çıkan sonuç devre elemanlarının çeşidinden bağımsız olup seri bağlı eleman sayısının artması aşağıdaki  $N$  adet seri eleman için yazılmış olan genel formülü bozamaz.

$$v_s = v_1 + v_2 + \dots + v_N$$

### Dirençlerin Seri Bağlanması



Şekil.DC-02. Dirençlerin Seri Bağlandığı Çeşitli Devreler.

Şekil.DC-2'de seri bağlı dirençler görülmektedir. Bu devrede Kirchoff'un akım kanunu ve Kirchoff'un gerilim kanunundan yazalım ve  $d_0$  düğümü ile  $d_N$  düğümü arasındaki eşdeğer dirence  $R_T$  diyelim. Kirchoff'un akım kanununa göre seri kollardan geçen akımlar eşit olacağından aşağıdaki eşitliği yazabiliriz.

$$i_T = i_1 = i_2 = \dots = i_N$$

Seri koldan geçen akımların hepsi birbirine eşittir Kirchoff'un gerilim kanunundan yola çıkarak seri kollar üzerinde düşen gerilimlerin toplamı  $d_0$  düğümü ile  $d_N$  düğümü arasında düşen toplam gerilimi vereceğinden aşağıdaki eşitlik yazılabilir.

$$v_T = v_1 + v_2 + \dots + v_N$$

Yukarıdaki eşitlikte Ohm Kanunu yerine koyarsak ve denklemini yeniden yazarsak;

$$R_T i_T = R_1 i_1 + R_2 i_2 + \dots + R_N i_N$$

eşitliğini elde ederiz. Bu formüldeki bütün akımların Kirchoff'un akım kanunundan eşit olduğunu daha önce yazdığımızdan bütün akımlar yerine  $i_T$  yazarsak ve ortak paranteze alırsak ortaya eşitliğin her iki tarafında  $i_T$  teriminin ortaya çıktığını ve bunların sadeleşebileceğini görebiliriz.

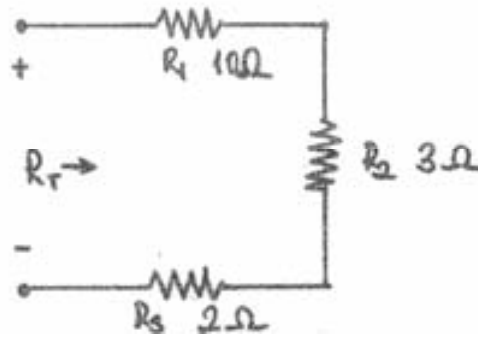
$$R_T i_T = R_1 i_T + R_2 i_T + \dots + R_N i_T$$

$$R_T i_T = i_T (R_1 + R_2 + \dots + R_N)$$

$$R_T = R_1 + R_2 + \dots + R_N$$

Son olarak elde ettiğimiz sonuç seri bağlı dirençlerin eşdeğerinin yine bir direnç olduğunu ve bunu değerinin bütün seri bağlı dirençlerin toplamı olduğunu gösterir.

**Örnek DC.1:**  $R_T$  eşdeğer direnci hesaplayınız.

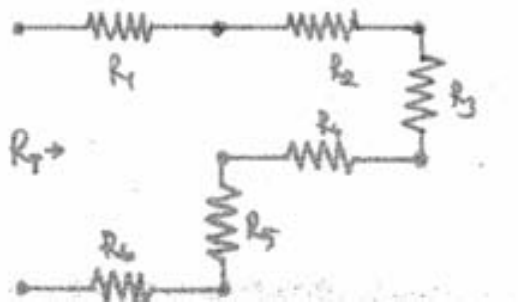


Şekil. Örnek.DC.01

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3$$

$$R_T = 10 + 3 + 2 = 15\Omega$$

**Örnek DC.2:** Bütün dirençlerin değeri  $10\Omega$  ise toplam eşdeğer direnç nedir?



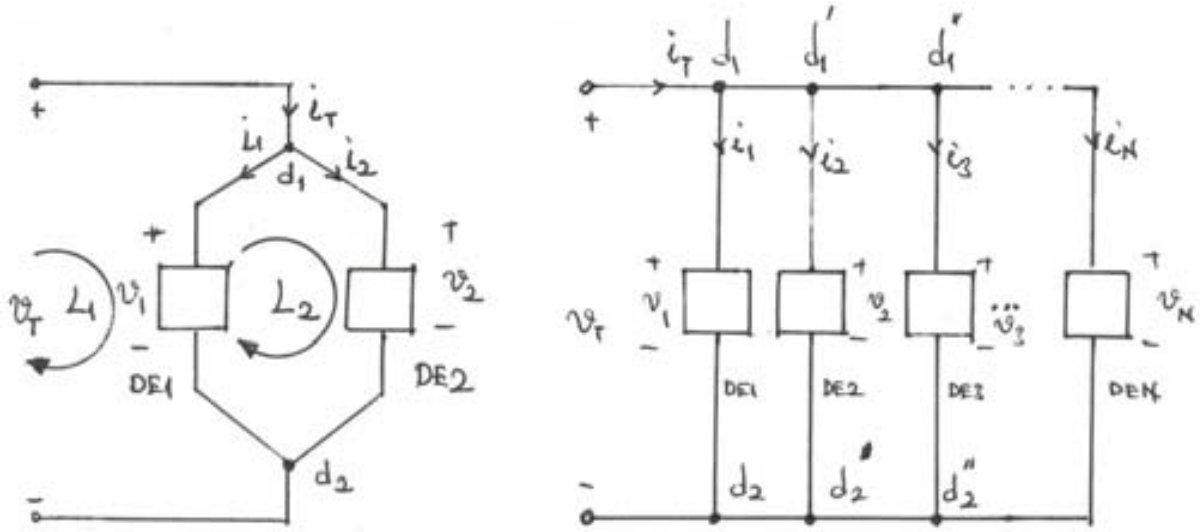
Şekil. Örnek.DC.02

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6$$

$$R_T = 10 + 10 + 10 + 10 + 10 + 10$$

$$R_T = 60\Omega$$

### DEVRE ELEMANLARININ PARALEL BAĞLANMASI



Şekil.DC-3. Devre Elemanlarının Paralel Bağlanmış Hali

Eğer iki devre elemanı bir çift aynı düğüme bağlanmış ve bir halka oluşturuyor iseler bu elemanlara paralel bağlanmış denir. Düğümlere bağlı olan bu iki eleman üzerinde düşen gerilim Kirchoff'un gerilim kanununa göre eşittir. Çünkü elemanların bağlı olduğu iki düğüm ortaktır. Aşağıdaki paralel bağlı devre elemanlarının şekillerine bakarak Kirchofun gerilim kanunu yazarsak;

Halkadaki devre elemanları üzerinde düşen gerilimlerin toplamı = 0

$L_1$  halkası için

$$v_1 - v_2 = 0$$

$$v_1 = v_2$$

$L_2$  halkası için

$$-v_T + v_1 = 0$$

$$v_T = v_1 = v_2$$

Buradan çıkan sonuç paralel bağlı kollar üzerinde düşen gerilimler birbirine eşit olduğudur. Bu sonuçlar devre elemanının çeşidinden bağımsız olduğu gibi paralel bağlı elemanların sayısının artması elemanlar üzerinde düşen gerilimlerin hepsinin eşit olduğunu gösterir.

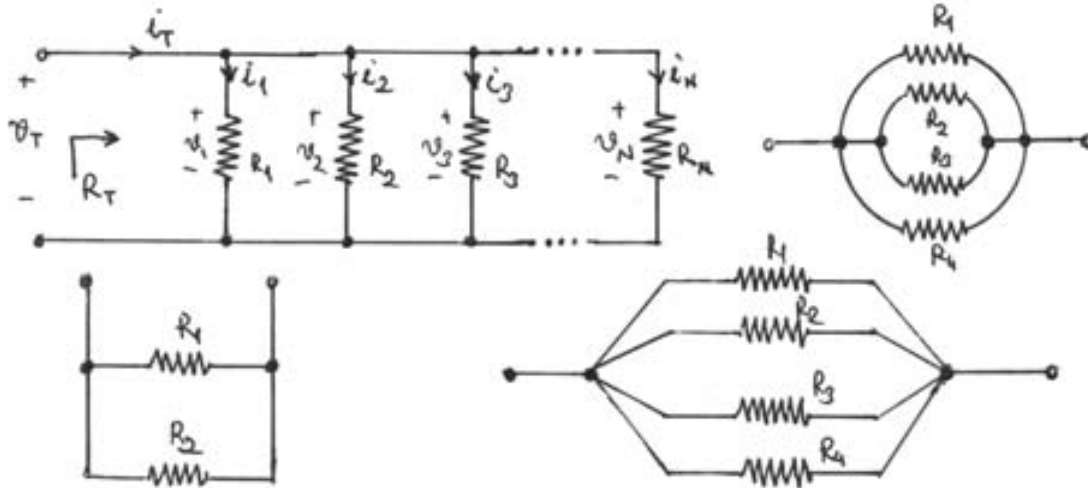
Bununla beraber paralel elemanlar üzerinden geçen akımlar eşit değildir. Paralel bağlı iki elemanın bağlı olduğu düğüm üç adet kol oluşturur. Bunlardan biri paralel bağlı kısmı devrenin diğer tarafına irtibatlayan kollardan biridir ve diğer ikisi ise paralel bağlı elemanlara giden kollarıdır. Düğümü devreye bağlayan koldan geçen akımın Kirchoff'un akım kanunundan yola çıkılarak söz konusu iki devre elemanlarının üzerinden geçen akımların toplamı olduğu kolayca görülecektir.

$$i_p = i_1 + i_2$$

Buradan çıkan sonuç devre elemanlarının çeşidinden bağımsız olup paralel bağlı eleman sayısının artması aşağıdaki  $N$  adet bağlı eleman için yazılmış olan genel formülü bozamaz.

$$i_p = i_1 + i_2 + \dots + i_N$$

### Dirençlerin Paralel Bağlanması



Şekil.DC-4. Dirençlerin Paralel Bağlandığı Çeşitli Devreler.

Paralel bağlı dirençlerin eşdeğerini bulmak için Şekil.DC-4'deki devreyi göz önüne alalım. Kirchoff'un akım kanununa göre

$$i_p = i_1 + i_2 + \dots + i_N$$

Buradan Ohm kanununa geçiş yaparsak;

$$\frac{v_T}{R_T} = \frac{v_1}{R_1} + \frac{v_2}{R_2} + \dots + \frac{v_N}{R_N}$$

Fakat  $v_1, v_2, \dots, v_N$  'nin  $v_T$  'ye paralel bağlı elemanlar için eşit olduğunu daha önce bulmuştuk.  $v_1, v_2, \dots, v_N$  'nin yerine  $v_T$  koyalım;

$$\frac{v_T}{R_T} = \frac{v_T}{R_1} + \frac{v_T}{R_2} + \dots + \frac{v_T}{R_N}$$

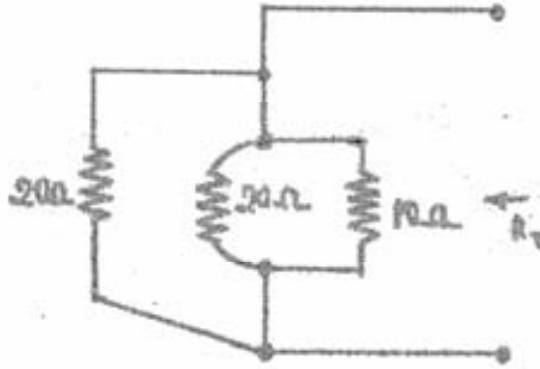
$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_N}$$

Yukarıdaki sonuç bize paralel bağlı direnç devrelerin eşdeğerinin nasıl hesaplanacağını göstermektedir. Birbirine paralel bağlı iki direncin eşdeğeri ise aşağıdaki formülden hesaplanır.

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \Rightarrow \frac{1}{R_T} = \frac{R_2}{R_1 R_2} + \frac{R_1}{R_2 R_1}$$

$$\frac{1}{R_T} = \frac{R_2 + R_1}{R_1 R_2} \Rightarrow R_T = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

**Örnek DC.3:** Aşağıdaki devrenin eşdeğer direncini hesaplayınız.



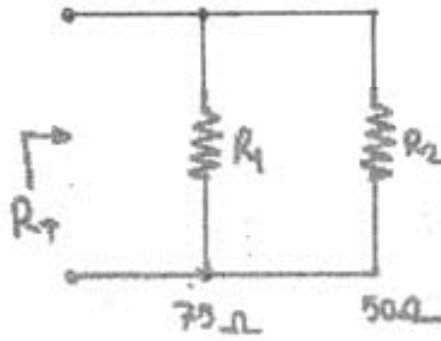
Şekil. Örnek.DC.03

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{10} + \frac{1}{20} + \frac{1}{20}$$

$$\frac{1}{R_T} = \frac{2}{20} + \frac{1}{20} + \frac{1}{20}$$

$$\frac{1}{R_T} = \frac{4}{20} \Rightarrow R_T = 5\Omega$$

**Örnek DC.4:** Aşağıdaki devrenin eşdeğer direncini hesaplayınız.



Şekil. Örnek.DC.04

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{75} + \frac{1}{50}$$

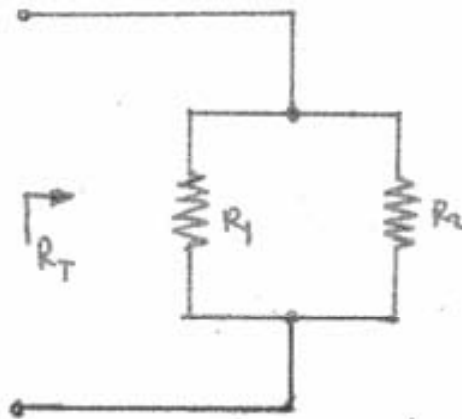
$$\frac{1}{R_T} = \frac{2+3}{150}$$

$$\frac{1}{R_T} = \frac{5}{150} \Rightarrow R_T = 30\Omega$$

yada

$$R_T = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{75 \cdot 50}{125} = \frac{3750}{125} = 30\Omega$$

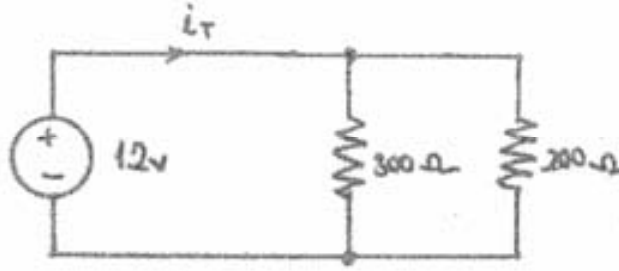
**Örnek DC.5:** Aşağıdaki devrede a ve b uçları arasından görülen eşdeğer direnci  $R_1$  ve  $R_2$  dirençlerini birbirine eşit ve  $100 \Omega$  değerinde iseler hesaplayınız.



Şekil. Örnek.DC.05

$$R_T = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{100 \cdot 100}{100 + 100} = \frac{10000}{200} = 50\Omega$$

**Örnek DC.6:** Aşağıdaki devrede ana koldan geçen  $i_T$  akımını hesaplayınız.

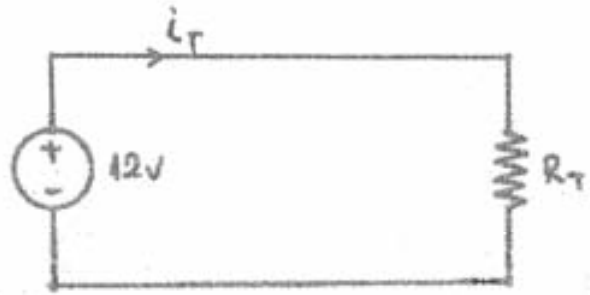


Şekil. Örnek.DC.06-A

Paralel bağlı dirençlerin eşdeğerine  $R_T$  diyelim ve bu değeri hesaplayalım.

$$R_T = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{200 \cdot 300}{200 + 300} = \frac{60000}{500} = 120\Omega$$

$R_1$  ve  $R_2$  yerine  $R_T$ 'yi koyalım ve devreyi tekrar çizelim.

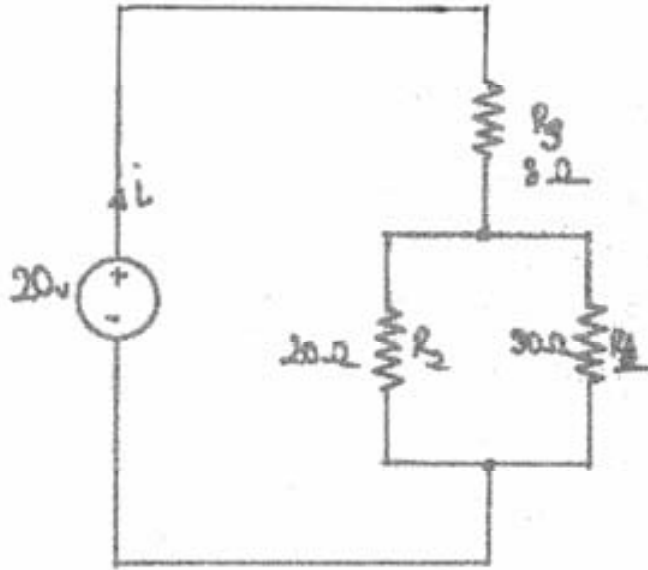


Şekil. Örnek.DC.06-B

Görüldüğü üzere devre basitleşmiş ve Ohm kanununu kullanarak kolayca çözülebilir hale gelmiştir.

$$i_T = \frac{12\text{V}}{R_T} = \frac{12}{120} = 0.1\text{A}$$

**Örnek DC.7:** Aşağıdaki devrede gerilim kaynağı üzerinden geçen akım hesaplayınız.



Şekil. Örnek.DC.07

$R_1$  ve  $R_2$  paralel bağlıdır. Bunların eşdeğerine  $R_p$  diyerek hesap edelim

$$R_p = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{20 \cdot 30}{20 + 30} = \frac{600}{50} = 12\Omega$$

$R_p$  direnci ise  $R_3$  direncine seri bağlıdır. Yine seri bağlı toplam direnç eşdeğerine  $R_T$  diyelim.

$$R_T = R_3 + R_p = 8 + 12 = 20\Omega$$

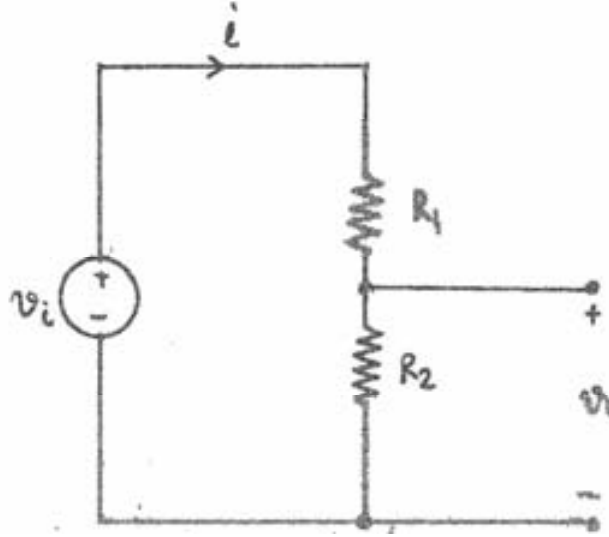
Geçen akım ise Ohm kanunundan besleme gerilimini eşdeğer dirence bölerek hesap edilir.

$$i = \frac{v}{R_T} = \frac{20}{20} = 1A$$

## GERİLİM VE AKIM BÖLÜCÜ

Gerilim ve akım bölücüleri devredeki tek bir besleme kaynağından başka gerilim ve akım değerlerine ihtiyaç duyulduğunda sıkça kullanılan bağlantılardır. Özellikle elektronikte öngerilimleme, ampermetre ve voltmetre gösterge çizelgesi genişletmelerinde, basit empedans eşleme gibi amaçlarla sıkça kullanılırlar.

Gerilim bölücü devresi aşağıda verilmiştir. En basit hali ile seri bağlı iki dirençtir ve bizim ilgilendiğimiz seri bağlı dirençlerin birinin üzerinde düşen gerilim hesap etmek yada verilen gerilim için direnç değerini bulmaktır.



Şekil.DC-5. Gerilim Bölücü Devresi

Seri bağlı dirençlerin eşdeğerinden devrenin toplam eşdeğer direnci aşağıdaki gibi bulunur.

$$R_T = R_1 + R_2$$

Seri koldan geçen  $i$  akımı hesap edelim:

$$i = \frac{v_i}{R_T}$$

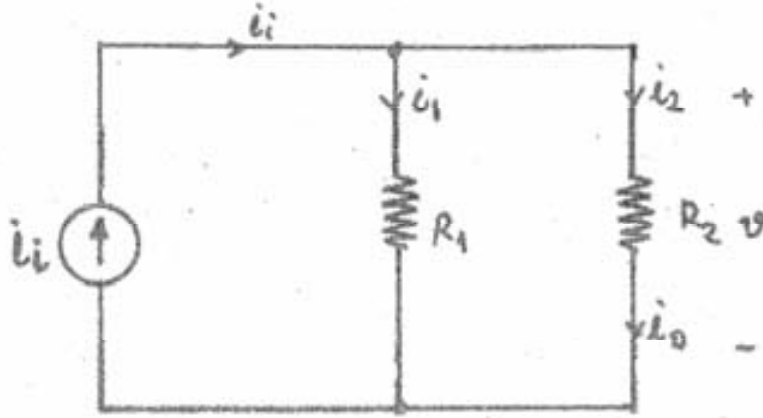
Bu akım hem  $R_1$  ve hem  $R_2$  için aynı olduğundan  $R_2$  üzerinde düşen gerilimi Ohm kanunundan faydalanarak bulabiliriz.

$$v_o = iR_2 = \frac{v_i}{R_T} R_2$$

$$v_o = \frac{v_i R_2}{R_1 + R_2}$$

En son elde ettiğimiz formül genel gerilim bölücü formülüdür.

Akım bölücü devresi basit olarak paralel bağlı iki dirençten oluşur. Burada dirençlerin birinden geçen akımın hesabı veya verilen akıma göre dirençlerin hesabı ile ilgileniriz.



Şekil.DC-6. Akım Bölücü Devresi

Toplam eşdeğer direnç paralel bağlı dirençlerin eşdeğeri formülünden hesaplanabilir.

$$R_p = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

Paralel bağlı elemanlar üzerinde düşen gerilimler eşit olduğundan Ohm kanunu kullanılarak bu gerilim değerini kaynak akımından faydalanarak hesaplayalım.

$$v = i_i R_T$$

Kaynak akımı paralel kollardan geçen akımların toplamı olduğundan aşağıdaki eşitliği yazabiliriz.

$$v = i_i R_T$$

$$v = (i_1 + i_o) R_T = i_1 R_T + i_o R_T$$

Bu noktada  $i_o$  akımını Ohm kanunundan hesap ederek  $v$  gerilimini yerine yazalım.

$$i_o = \frac{v}{R_2} = \frac{i_i R_T}{R_2}$$

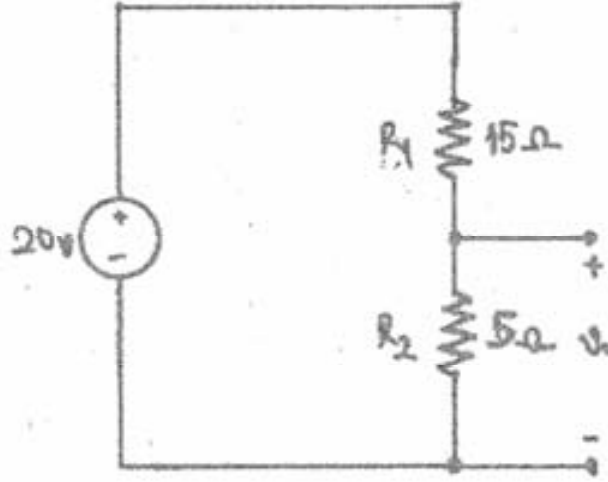
Eşdeğer toplam direnç değerini de yerine yazarak sonuç formülünü elde edelim.

$$i_o = \frac{v}{R_2} = \frac{i_i \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}}{R_2}$$

$$i_o = i_i \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

En son formül genel akım bölücü formülüdür.

**Örnek DC.8:** Aşağıdaki devrede  $5 \Omega$ 'luk direnç üzerinde düşen gerilimi hesaplayınız.

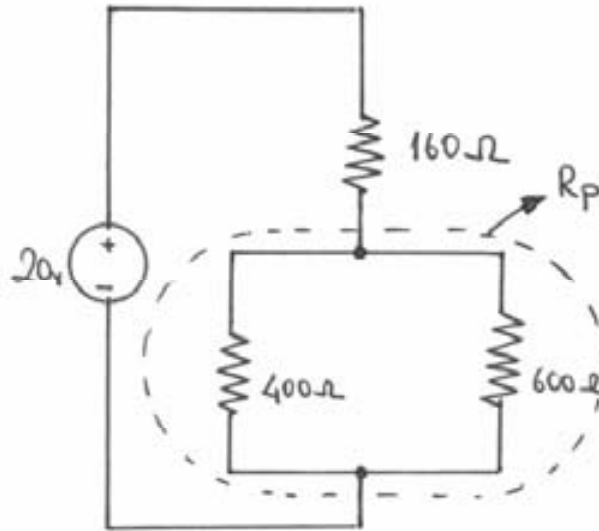


Şekil. Örnek.DC.08

$$v_o = \frac{v_i R_2}{R_1 + R_2} = \frac{5}{5 + 15} 20$$

$$v_o = \frac{5}{20} 20 = 5 \text{ volt}$$

**Örnek DC.9:** Aşağıdaki devrede 400 Ω'luk direnç üzerinden geçen akımı hesaplayınız.

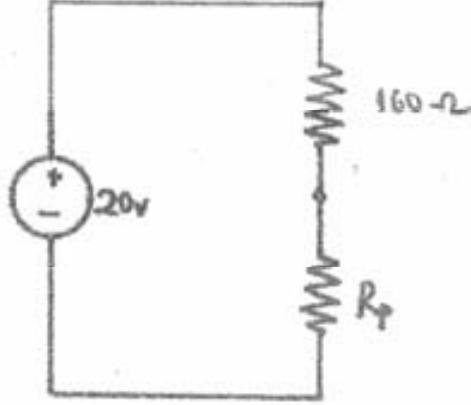


Şekil. Örnek.DC.09-B

400 Ω'luk ve 600 Ω'luk dirençler paralel bağlıdır ve bu iki dirence 160 Ω'luk direnç seri bağlıdır. Toplam eşdeğer dirence  $R_T$  ve eşdeğer paralel dirençlere  $R_P$  diyelim ve bunların değerini hesaplayalım.

$$R_p = \frac{400 \cdot 600}{400 + 600} = \frac{240000}{1000} = 240\Omega$$

$$R_T = R_p + 160 = 240 + 160 = 500\Omega$$



Şekil. Örnek.DC.09-B

Böylece devreyi tekrar çizdiğimizde bir gerilim bölücüye (seri bağlı iki dirence) dönüştüğünü görürüz. Gerilim bölücü dememizin sebebi  $R_p$  eşdeğer direnci üzerindeki gerilimi hesaplayacağımız içindir.  $R_p$  üzerinde düşen gerilim böylece aşağıdaki şekilde bulunur.

$$v_{R_p} = \frac{v_i R_p}{160 + R_p} = \frac{20 \cdot 240}{160 + 240} = \frac{4800}{400}$$

$$v_{R_p} = 12 \text{ volt}$$

Paralel bağlı kollar üzerinde düşen gerilimler eşit olduğundan 400  $\Omega$ 'luk direnç üzerinden geçen akım

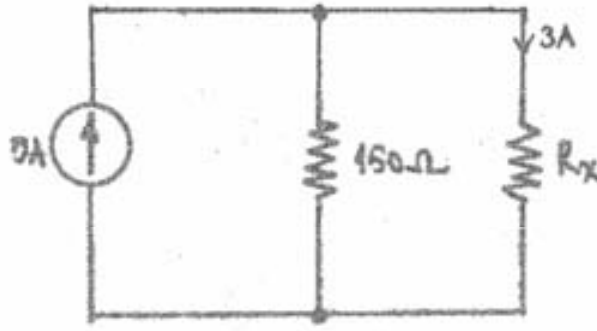
$$i_{R_{400}} = \frac{v_{R_p}}{400} = \frac{12}{400} = 3 \times 10^{-2} \text{ A}$$

$$i_{R_{400}} = 30 \text{ mA}$$

olarak bulunur.

**Örnek DC.10:**  $R_X$  direnci üzerinden 3A geçmesi için  $R_X$  ne olmalıdır?

Devre bir akım bölücüdür. Akım bölücü formülünü kullanalım:



Şekil. Örnek.DC.10

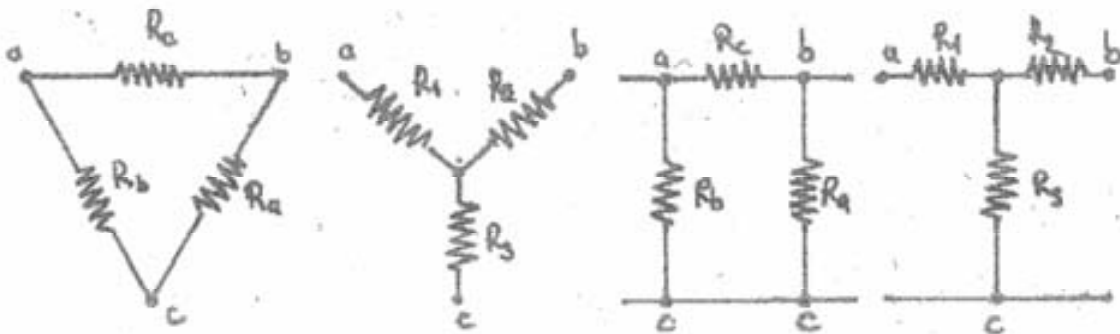
$$i_o = i_i \frac{R_1}{R_1 + R_x} \Rightarrow 3 = 5 \frac{150}{150 + R_x}$$

$$450 + 3R_x = 750 \Rightarrow 3R_x = 750 - 450 = 300$$

$$R_x = \frac{300}{3} = 100\Omega$$

### Δ – Y (DELTA-YE) / Π – T (Pİ-TE) ( YILDIZ ÜÇGEN) DÖNÜŞÜMLERİ

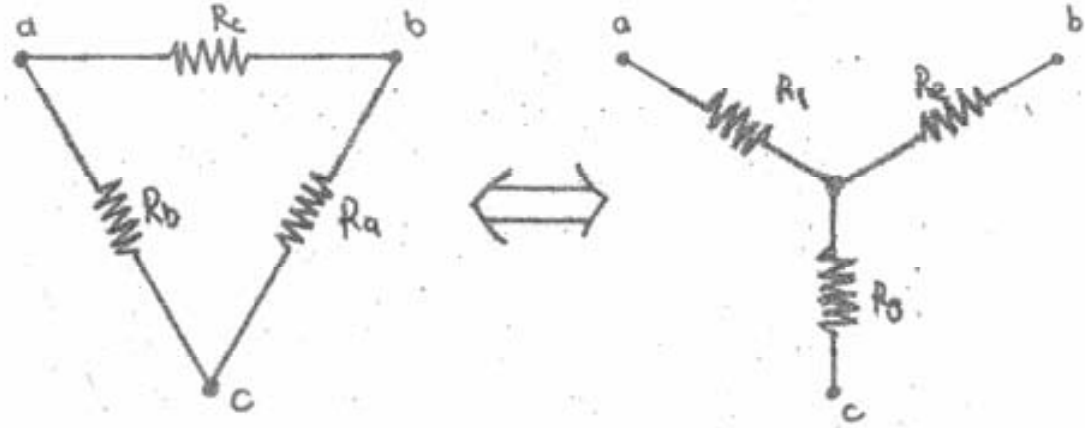
Direnç devrelerinin hesabında bazen seri ve paralel bağlı direnç şeklinde hesap edilemeyecek bazı devrelerle karşılaşılabilir. Bu devrelerden bir kısmı Δ–Y dönüşümleri kullanılarak basitleştirilebilir. Δ, Y, Π, ve T ifadeleri dirençlerin bağlanmış biçimlerini göstermektedir. Bu ikililerden Δ, ve Π, birbirinin eşdeğerleri olduğu gibi Y ve T’de aynı bağlantı şekilleridir. Bu bağlantı şekilleri Şekil.DC-7’de gösterilmiştir.



Şekil.DC-7 Δ, Y, Π, ve T bağlantı şekilleri

Bu bağlantılar Δ’dan Y’ye dönüştürülebildiği gibi tam tersten Y’den Δ’ya da dönüştürülebilir. Π ve Δ aslında aynı bağlantılar olduğu için Π-Y ve Y-Π dönüşümleri yapılabildiği gibi Y ve

T aynı olduğundan  $\Delta$ -T ve T- $\Delta$  dönüşümleri de yapılabilir.  $\Delta$ -Y ile  $\Delta$ -T,  $\Pi$ -Y, ve  $\Pi$ -T dönüşüm formülleri ve Y- $\Delta$  ile Y- $\Pi$ , T- $\Delta$ , ve T- $\Pi$  dönüşüm formülleri aynıdır. Bu yüzden yalnızca  $\Delta$ -Y ve Y- $\Delta$  dönüşüm formülleri verilecektir.



Şekil.DC-8.  $\Delta$ -Y ve Y- $\Delta$  dönüşümleri

İlk çıkış formüllerimiz paralel seri bağlı direnç eşdeğerlerinden yararlanılarak yazılırlar.

$$R_{ab} = \frac{R_c(R_a + R_b)}{R_a + R_b + R_c} = R_1 + R_2$$

$$R_{bc} = \frac{R_a(R_b + R_c)}{R_a + R_b + R_c} = R_2 + R_3$$

$$R_{ca} = \frac{R_b(R_a + R_c)}{R_a + R_b + R_c} = R_1 + R_3$$

Bu üç formülden yola çıkarak  $\Delta$ -Y dönüşümü şu şekilde yazılır;

$$R_1 = \frac{R_b R_c}{R_a + R_b + R_c}$$

$$R_2 = \frac{R_a R_c}{R_a + R_b + R_c}$$

$$R_3 = \frac{R_a R_b}{R_a + R_b + R_c}$$

Y- $\Delta$  dönüşümü ise yine yukarıdaki üç formülden yola çıkarak;

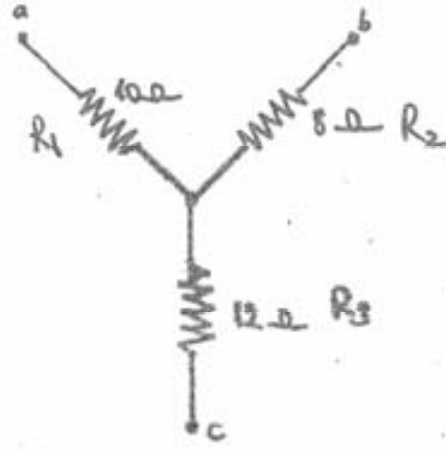
$$R_a = \frac{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3}{R_1}$$

$$R_b = \frac{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3}{R_2}$$

$$R_c = \frac{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3}{R_3}$$

şeklinde yazılabilir.

Örnek DC.11: Aşağıdaki Y devresinin Δ eşdeğerini bulunuz.



Şekil. Örnek.DC.11

$$R_a = \frac{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3}{R_1}$$

$$R_a = \frac{80 + 96 + 120}{10} = \frac{296}{10} = 29.6\Omega$$

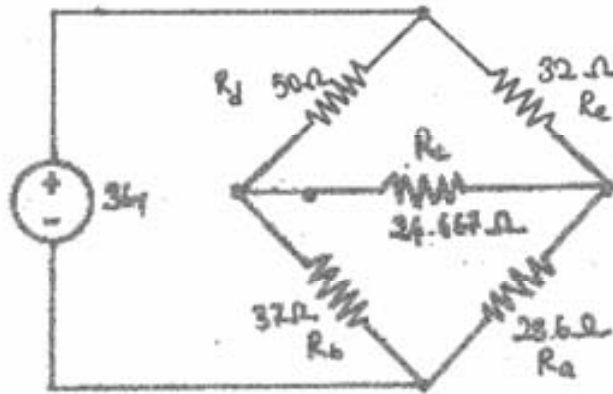
$$R_b = \frac{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3}{R_2}$$

$$R_b = \frac{80 + 96 + 120}{8} = \frac{296}{8} = 37\Omega$$

$$R_c = \frac{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3}{R_3}$$

$$R_c = \frac{80 + 96 + 120}{12} = \frac{296}{12} = 24.67\Omega$$

Örnek DC.12: Kaynaktan çekilen akımı hesap ediniz.



Şekil. Örnek.DC.12-B

Alt kısımdaki  $\Delta$ 'yı Y'ye çevirelim.

$$R_1 = \frac{R_b R_c}{R_a + R_b + R_c}$$

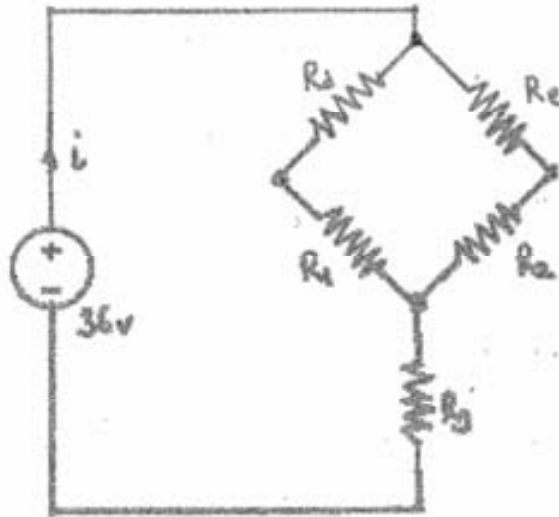
$$R_1 = \frac{37 \cdot 24.67}{37 + 24.67 + 29.6} = \frac{912.67}{91.267} = 10\Omega$$

$$R_2 = \frac{R_a R_c}{R_a + R_b + R_c}$$

$$R_2 = \frac{37 \cdot 29.6}{37 + 24.67 + 29.6} = \frac{1095.2}{91.267} = 12\Omega$$

$$R_3 = \frac{R_a R_b}{R_a + R_b + R_c}$$

$$R_3 = \frac{24.67 \cdot 29.6}{37 + 24.67 + 29.6} = \frac{730.133}{91.267} = 8\Omega$$



Şekil. Örnek.DC.12-B

Böylece dönüşüm sonucunun yukarıdaki örnekle aynı olduğunu görebiliriz. Burada Y eşdeğeri devreye eklenirse  $R_d$  ve  $R_e$  dirençleri diğer kol dirençlerine seri duruma geçerler. Bundan sonra hesap basit seri ve paralel bağlı direnç hesabına döner.

$$R_{e1} = R_1 + R_d = 10 + 50 = 60\Omega$$

$$R_{e2} = R_2 + R_e = 8 + 32 = 40\Omega$$

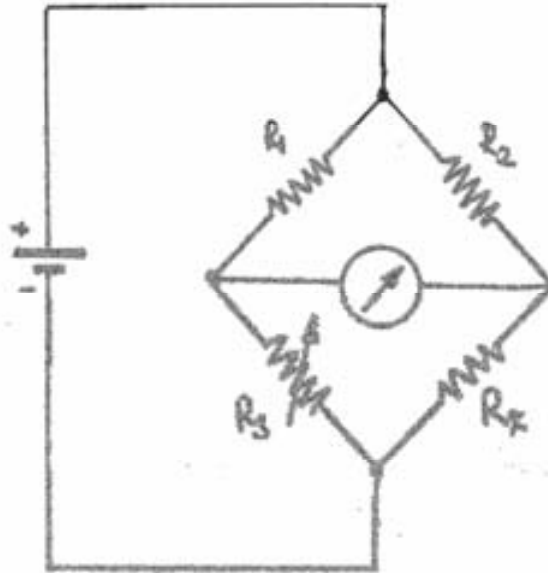
$$R_{e3} = \frac{R_{e1}R_{e2}}{R_{e1} + R_{e2}} = 24\Omega$$

$$R_T = R_{e3} + R_3 = 24 + 12 = 36\Omega$$

Toplam eşdeğer direnç hesaplandıktan sonra geçen akım basitçe Ohm kanunundan yaralanarak hesaplanır.

$$i = \frac{v}{R_T} = \frac{36}{36} = 1A$$

### WHEATSTONE (VESTON) KÖPRÜSÜ



Şekil.DC-9. Wheatstone Köprüsü

Wheatstone köprüsü hassas direnç ölçümlerinde kullanılan bir yapıdır. Köprü genellikle bir pilden oluşan DC gerilim kaynağı ile beslenir. Köprünün orta bağlantı noktalarına yerleştirilen ölçü aleti bir ampermetre olup + (pozitif) ve – (negatif) yönde akım ölçülebilir. Bu tip ampermetreler galvanometre olarak adlandırılır. Köprü R<sub>3</sub>'ü ayarlanarak dengeye getirilir yani galvanometre sıfırı gösterecek şekilde ayarlanır.

Yani galvanometreden hiç akım geçmez. Bu galvanometrenin bağlı olduğu düğümlerin gerilimlerinin eşit olduğunu gösterir. Pratikte ayarlama işlemi R<sub>3</sub> ile oynanarak galvanometre

ibresinin sıfıra getirilmesinden ibarettir. Tam bu noktada  $R_1$ ,  $R_2$ , ve  $R_3$  değerleri biliniyorsa değeri bilinmeyen  $R_x$  direnci;

$$R_x = \frac{R_2}{R_1} R_3$$

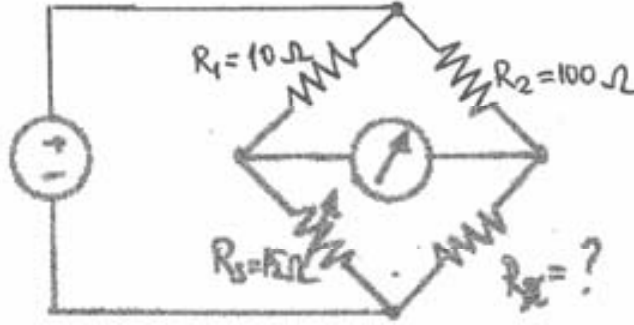
formülünden hesaplanır.

Köprü dengede iken  $i_1 = i_3$  ve  $i_2 = i_x$  olur. Aynı zamanda düğüm gerilimleri eşit olduğundan  $R_3 i_3 = i_x R_x$  ve  $R_1 i_1 = i_2 R_2$  yazılabilir. Buradan  $R_3 i_1 = i_2 R_x$  eşitliği yazılır. Sonuç olarak;

$$R_x = \frac{i_1}{i_2} R_3 \text{ ve } \frac{i_1}{i_2} = \frac{R_2}{R_1} \Rightarrow R_x = \frac{R_2}{R_1} R_3$$

elde edilmiş olur.

**Örnek DC.13:** Aşağıdaki köprü dengede ise  $R_x$  nedir?



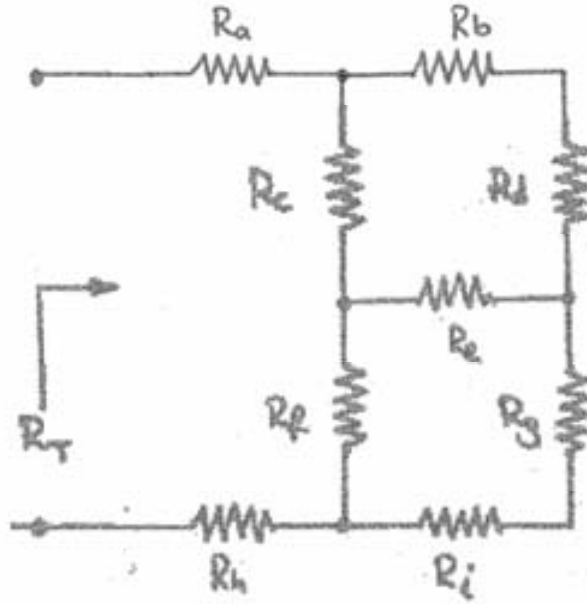
Şekil. Örnek.DC.14

$$R_x = \frac{R_2}{R_1} R_3 = \frac{100}{10} \cdot 15 = 150 \Omega$$

**Örnek DC.14:** Örnek DC.13'teki devrede  $R_1 = R_2 = 1 \text{K}\Omega$  ve  $R_3 = 3.5 \text{K}\Omega$  ise  $R_x$  nedir?

$$R_x = \frac{R_2}{R_1} R_3 = \frac{1 \text{K}\Omega}{1 \text{K}\Omega} \cdot 3.5 \text{K}\Omega = 3.5 \text{K}\Omega$$

**Örnek DC.15:** Aşağıdaki devrede bütün dirençlerin değeri  $100 \Omega$  ise eşdeğer direnci hesaplayınız.



Şekil. Örnek.DC.15-B

Sağ alt köşedeki  $R_g$  ve  $R_i$  direnci birbirine seri olduğundan ilk önce bu dirençlerin eşdeğerini hesap edip bu eşdeğer direnci  $R_{gi}$  olarak isimlendirelim. Böylece devrenin alt kısmı bir  $\Delta$  benzer.

$$R_{gi} = R_g + R_i = 100\Omega + 100\Omega = 200\Omega$$

$\Delta$ 'yı Y'ye çevirelim.

$$R_1 = \frac{R_f R_{gi}}{R_e + R_f + R_{gi}}$$

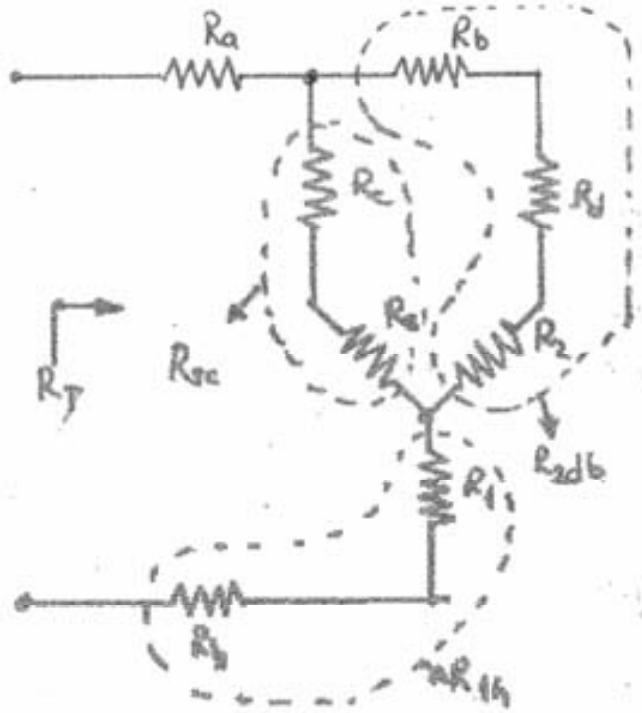
$$R_1 = \frac{100 \cdot 200}{100 + 100 + 200} = \frac{20000}{400} = 50\Omega$$

$$R_2 = \frac{R_e R_{gi}}{R_e + R_f + R_{gi}}$$

$$R_2 = \frac{100 \cdot 200}{100 + 100 + 200} = \frac{20000}{400} = 50\Omega$$

$$R_3 = \frac{R_e R_f}{R_e + R_f + R_{gi}}$$

$$R_3 = \frac{100 \cdot 100}{100 + 100 + 200} = \frac{10000}{400} = 25\Omega$$

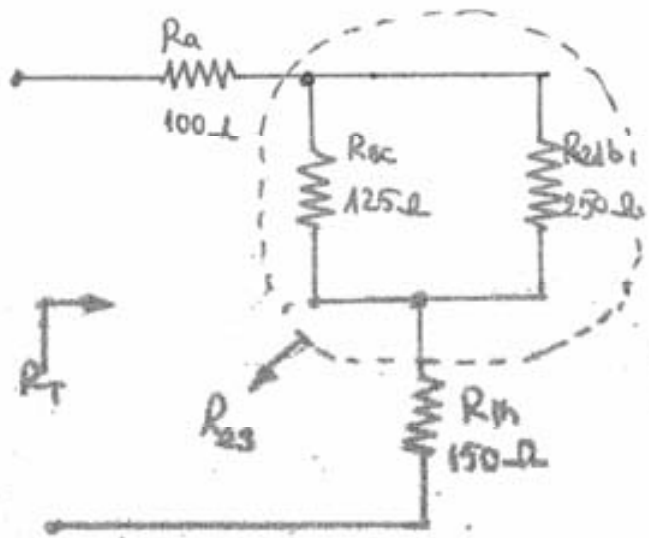


Şekil. Örnek.DC.15-B

Bu noktadan sonra  $R_3$  ve  $R_c$  direnci seri olur ve bunların eşdeğeri  $R_{3c}$  olarak isimlendirilir. Aynı zamanda  $R_2$ ,  $R_d$  ve  $R_b$  dirençleri seri olur ve bunların eşdeğeri  $R_{2db}$  olarak isimlendirilir. En son olarak  $R_h$  ve  $R_i$  direnci seri olur ve bunların eşdeğeri  $R_{ih}$  olarak isimlendirilir.

$$R_{3c} = R_3 + R_c = 25\Omega + 100\Omega = 125\Omega$$

$$R_{2db} = R_2 + R_d + R_b = 50\Omega + 100\Omega + 100\Omega = 250\Omega \quad R_{ih} = R_i + R_h = 50\Omega + 100\Omega = 150\Omega$$



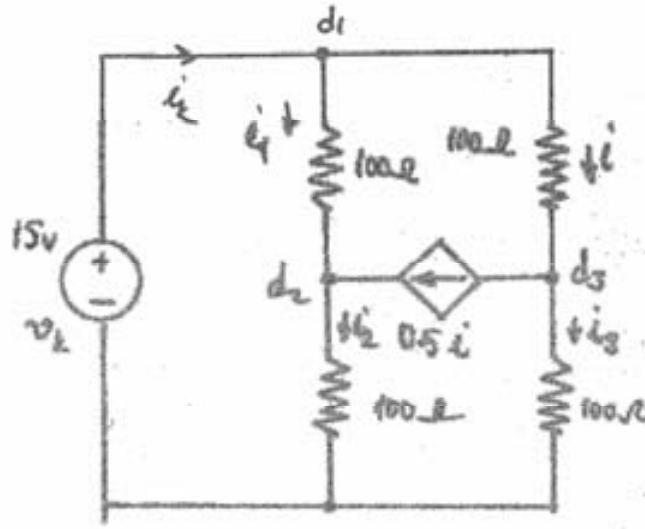
Şekil. Örnek.DC.15-C

Bu adımda ise  $R_{3c}$  ve  $R_{2db}$  direnci paralel olur ve bunların eşdeğeri  $R_{23}$  olarak isimlendirilir. Aynı zamanda  $R_{23}$ ,  $R_a$  ve  $R_{1h}$  dirençleri seri olur ve bunların eşdeğeri  $R_T$  olarak isimlendirilir ve bu toplam eşdeğer dirençtir.

$$R_{23} = \frac{R_{3c} R_{2db}}{R_{3c} + R_{2db}} = \frac{125\Omega \cdot 250\Omega}{125\Omega + 250\Omega} = 83.33\Omega$$

$$R_T = R_{23} + R_{1h} + R_a = 83.33 + 150 + 100 = 333.33\Omega$$

**Örnek DC.16:** Aşağıdaki devrede DC gerilim kaynağından çekilen  $i_k$  akımını hesaplayınız.



Şekil. Örnek.DC.16

Kirchoff'un gerilim ve akım kanunundan yola çıkarak aşağıdaki eşitlikleri yazalım.

KAK;

d1 için;

$$i_k = i_1 + i \quad (\text{E.1})$$

d2 için;

$$i_2 = i_1 + 0.5i \quad (\text{E.4})$$

d3 için;

$$i_3 = i - 0.5i = 0.5i \quad (\text{E.5})$$

KGK

$$v_k = 100i_1 + 100(i_1 + 0.5i)$$

$$v_k = 200i_1 + 50i \quad (\text{E.2})$$

$$\begin{aligned} v_k &= 100i + 50i \\ v_k &= 150i \end{aligned} \quad (E.3)$$

Eşitlik E.3'ten  $v_k$ 'yi yerine yazarak  $i$ 'yi hesaplırsak;

$$i = \frac{v_k}{150} = \frac{15}{150} = 0.1A$$

Buradan eşitlik E.2'den  $i_1$ 'i hesaplayalım;

$$i_1 = \frac{v_k - 50 \cdot i}{200} = \frac{15 - 5}{200} = 0.05A$$

En son olarak  $i_k$  ise eşitlik E.1'den hesaplanır.

$$i_k = i + i_1 = 0.1 + 0.05 = 0.15A$$

-----o> DC Analiz: Basit Direnç Devreleri - Son <o-----