SEKİZİNCİ BÖLÜM: AĞ ÇÖZÜMLEME TEKNİKLERİ

Anahtar Kelimeler
Yıldız üçgen dönüşümü, üçgen yıldız dönüşümü, çevre, çevre gerilimleri, düğüm, farz edilen çevre akımları, göz.

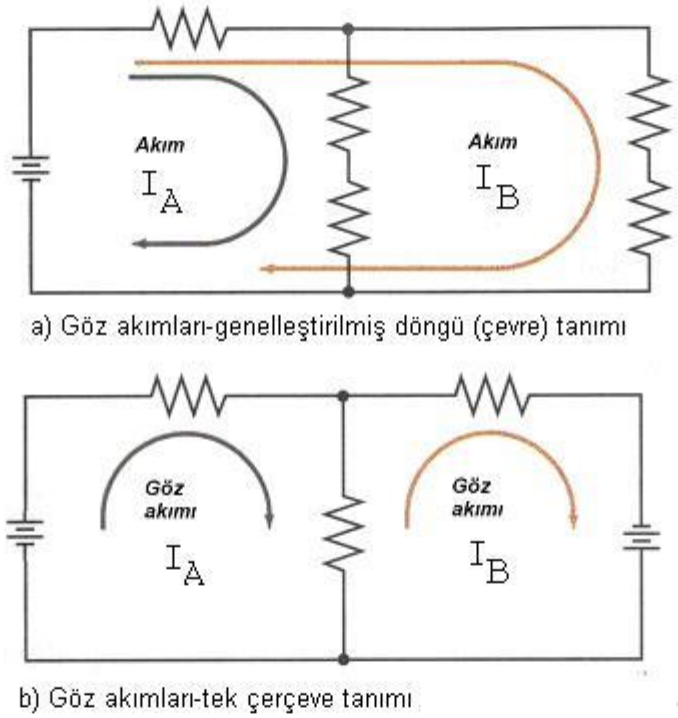
Şu ana kadar öğrendiklerinizle devrelerin değişik yerlerindeki akım ve gerilimleri çözümleyecek hale geldiniz. Bu bölümde ağ parametrelerini belirlemek için iki farklı çözüm yaklaşımı ile karşılaşacaksınız. Bunlardan bir tanesi kapalı bir çevre boyunca elektriki büyüklüklere ilişkin eşitliklerin yazıldığı Kirchhoff'un gerilim kanununa dayalı olacaktır. İkinci yöntemde Kirchhoff'un akım kanunu esas alınacaktır. Her iki metodun birbirine göre üstün olduğu durumlar vardır. Bu tekniklerin kullanımı ile seri-paralel devrelerdeki çözümleme yöntemlerinin yetersiz kaldığı devre yapılarının üstesinden gelebileceksiniz.

Bu bölümde ayrıca daha önce bilmediğiniz iki farklı devre yapısı üzerinde de durulacaktır. Bunlardan bir tanesi yıldız (Y veya T) , diğeri de üçgen (Δ veyaπ) şeklinde olanlardır. Bu tür devreler pek çok güç sistemlerinde ve elektronik devrelerde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bu bölümde kazandırılacak yeterliklerden sonra öğrenci;
- Çevre, göz ve düğümü tanımlar.
- Çevre yöntemini kullanarak tek kaynaklı devreleri çözümler.
- Farz edilen (varsayılan) çevre (göz) akımları yaklaşımını kullanarak iki kaynaklı devrelerde her bir bileşen için akım ve gerilim değerlerini hesaplar.
- Düğümlere dayalı çözümleme yaklaşımını kullanarak iki kaynaklı devrelerde her bir bileşen için akım ve gerilim değerlerini hesaplar.
- Üçgen ve yıldız devreleri birbirine dönüştürür.

VARSAYILAN ÇEVRE VEYA GOZ AKIMLARINA DAYALI ÇÖZÜMLEME YAKLAŞIMI

Çevre, devre içinde kapalı, tamamlanmış bir yol olarak dikkate alınır. Aynı şekilde göz tarifi de kesiksiz kapalı bir çevre anlamında kullanılmaktadır. Aşağıdaki şeklin (a) bölümünde isteğe bağlı olarak tayin edilen ve tanımlanan göz akımlarıyla iki kapalı çevre gösterilmektedir. Aynı şeklin (b) kısmında genel olarak kabul görmüş olan tek pencere tanımının gözler ve göz akımları için belirtildiğini görebilirsiniz.



Şekil 8.1. Varsayılan göz akımlarının örnekleri

Her bir göz veya çevre için asıl devrede oluşacak durumdan farklı olarak dallara ayrılmayacak şekilde varsayılan göz akımı yönlerini seçebilirsiniz. Akımların bu keyfi tayini her bir akımın sadece kendi döngüsü veya gözü içinde aktığı varsayımına dayanmaktadır. Bu göz akımlarının kollara bölünmüyor olduğunu farz etmek bu yöntemin önemli bir üstünlüğüdür. Göz akımları ve yönleri keyfi olarak belirlendikten sonra Kirchhoff'un gerilim kanunları eşitlikleri yazılır ve bu varsayılan göz akımlarının değerleri hesaplanır.

Kirchhoff'un gerilim kanununun bu yöntem için uygulanmasında kapalı çevre boyunca gerilim düşümlerinin kaynak gerilimlerinin toplamına eşit olacağı açıktır.

Yani VS=V1+V2+V3+.....Vn

Bu eşitliklerden elde edilen sonuçların kullanılması ile devrenin asıl gerilim ve akımları hesaplanacaktır.

Bu çözümleme yönteminde gerilimlerin kutuplanmaları ve akımların yönleri son derece önemlidir.

Çözümleme boyunca dikkat edilmesi gereken genel kurallar şunlardır:

1) Çevre veya göz akımlarının hangi yönde olacağına keyfi olarak karar verebilirsiniz.
2) Herhangi bir göz veya çevre içinde bulunan bir direnç üzerinde düşen gerilim, bu gerilim düşümüne yol açan göz veya çevre akımına göre pozitiftir. Ancak herhangi bir çevre akımı için Kirchhoff'un gerilim kanununa göre üzerindeki gerilim düşümü yazılan bir direnç elemanından başka bir çevre akımı da geçiyorsa bu ikinci çevre akımının gerilim düşümü etkisi de denkleme eklenmelidir. Denklemi yazılan çevre akımının yönü ile diğer çevre akımının yönü aynı ise bu ekleme pozitif, değilse negatif işaretle yapılacaktır. Yukarıdaki şekilde orta kolda bulunan dirençten her iki çevre akımı da geçtiği, fakat yönleri ters olduğu için çevrelerden biri için yazılan Kirchhoff'un gerilim kanunu denkleminde diğer çevre akımının gerilim düşümü etkisi negatif işaretli olacaktır.
3) Çevre akımları için Kirchhoff'un gerilim kanunu denklemleri yazılırken kaynak gerilimlerinin bu denklemlere katılması sırasında o çevre akımının ilgili gerilim kaynağına hangi kutuplu uçtan giriş yaptığına bakılır. Eğer çevre akımının kaynağa giriş yaptığı uç pozitif ise Kirchhoff gerilim kanunu denkleminde işareti pozitif olur, aksi durumda bu işaret negatif olacaktır.

Çevre veya göz akımlarına dayalı yaklaşım için adımlar:

1) Göz veya çevre akımları için etiketler ve yönler belirlenir.
2) Çevre akımlarının gerilim kaynaklarına girdiği uçların kutuplanmaları gözlenir.
3) Her çevre için gerilim düşümleri cinsinden Kirchhoff denklemleri yazılır. Yukarıda da belirtildiği gibi verilen bir çevre için dirençlerin gerilim düşümleri yazılırken pozitif işaretler kullanılır. Ama aynı çevre akımı için yazılan denklemde başka bir çevre akımının etkisi yüzünden oluşan gerilim düşümü her iki çevre akımının yönü aynı ise pozitif, farklıysa negatif olarak yazılacaktır.
4) Elde edilen denklemlerin sonuçları hesaplanır.
5) Bu sonuçlar ohm kanunu, Kirchhoff kanunu gibi yöntemlerle doğrulanır.

Örnek
Aşağıda verilen tek kaynaklı köprü devrenin nasıl çalıştığını inceleyelim.
Çözüm (Aşağıda)

Öncelikle A ve B noktaları arasındaki gerilimin değerini bulalım.

1) Devre üzerinde varsayılan çevre (göz) akımlarını çizelim.

2) IA ve IB çevre akımlarının yönlerini kaynağın negatif ucuna girecek şekilde seçersek eşitliğin ikinci tarafına atılan kaynak gerilimi pozitif işaretli olacaktır.

3) Her bir döngüdeki gerilim düşümlerine ilişkin Kirchhoff denklemlerini yazalım.

a) A çevresi için

$(I_A + I_B).R_1 + I_A.R_2 + I_A.R3 = V_S$ yazılır. Burada değerleri yerleştirip düzenlersek denklemimiz;
$10(I_A+I_B) + 10I_A+15I_A=25$ şeklini alır. Bunu da düzenlersek;

$35I_A+10I_B=25$ (Denklem 1)

b) B çevresi için

$(I_A+I_B) \times R_1 + I_B.R_4+I_B.R_5=VS$
$10(I_A+I_B)+27I_B+33I_B=25$
$10I_A+79I_B=25$ (Denklem 2)

4) Denklem 1: $35I_A+10I_B=25$
Denklem 2: $10I_A+79I_B=25$

Böylelikle iki bilinmeyenli iki denklem elde etmiş olduk. Bu denklem takımını çözmek için yok etme kuralını kullanalım. 1.denklemi (-7) ile çarpıp her iki denklemi toplarsak I_B'yi yok eder ve I_A'yı bulabiliriz.

$-245I_A-70I_B=-175$
$10I_A+70I_B=25$

görüldüğü gibi $-70I_B$ ile $+70I_B$ birbirini götürecek ve denklemimiz sadece I_A'ya bağlı olacaktır. Böylece;

$-235I_A=-150$ ve $I_A=0,638A$ bulunur.

Bulunan bu I_A değerini denklem 2'de yerine koyarsak I_B'yi bulabiliriz.

$10.(0,638)+70I_B=25$
$6,38+70I_B=25$
$70I_B=18,62$
$I_B=0,266A$

Şimdi de çevre akımlarını yerine koyarak gerilim düşümlerini hesaplayabiliriz:

$V_1=(I_A+I_B) \times 10=0,904 \times 10=9,04V$
$V_2=I_A \times 10 =0,638 \times 10 =6,38V$
$V_3=I_A \times 15 =0,638 \times 15 =9,57V$
$V_4=I_B \times 27 =0,266 \times 27 =7,18V$
$V_5=I_B \times 33=0,266 \times 33 =8,78V$

A noktasının gerilimi C noktasına göre 9,57V'tur. B noktasının C noktasına göre gerilimi 7,18V ve böylece A noktasının B noktasına göre gerilimi 9,57-7,18=2,39V'tur.

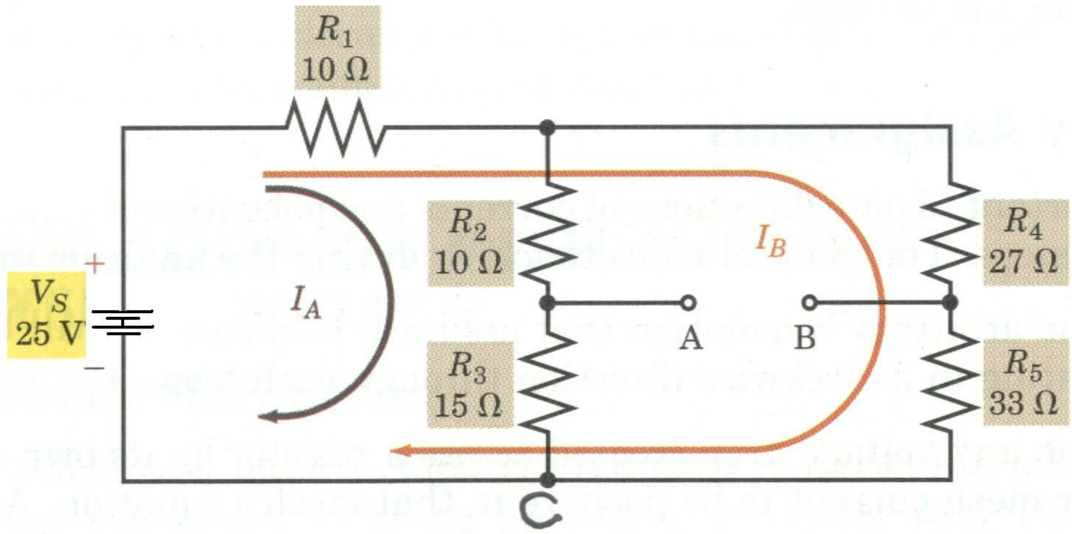
5) hesapları doğrulamak için çevre gerilimlerinin sağlamasını yapalım.

A çevresi için :

$V_1+V_2+V_3=9,04+6,38+9,57=24,99V$
Bu değer yaklaşık olarak 25V'a eşittir. Farkın sebebi hesaptaki yuvarlatmalardır.

B çevresi için:

$V_1+V_4+V_5=9,04+7,18+8,78=25V$
Bu değerde hesabı doğrulamaktadır.



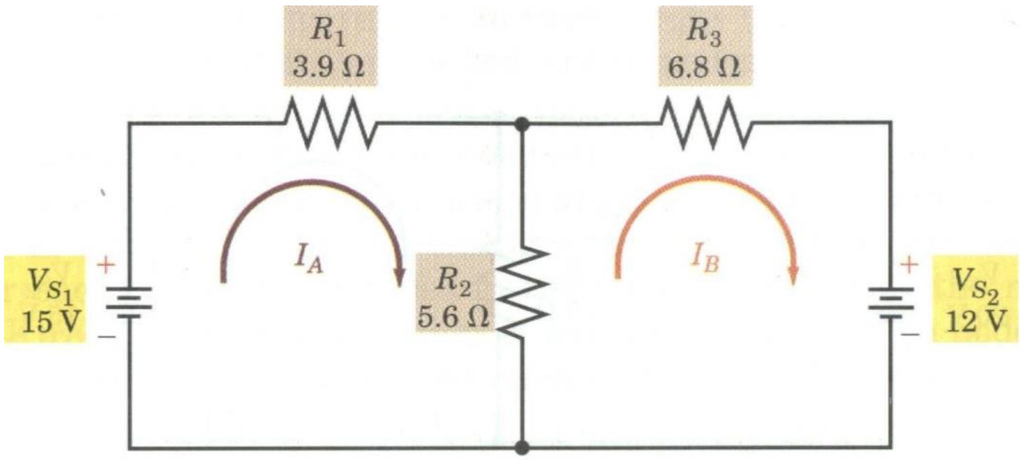
Kirşof'un gerilimler kanunu denklemi 1: $35\,I_A + 10\,I_B = 25\text{ V}$

Kirşof'un gerilimler kanunu denklemi 2: $10\,I_A + 70\,I_B = 25\text{ V}$

$$I_A = 0.638\text{ A}$$
$$I_B = 0.266\text{ A}$$

Şekil 8.2. Çevre akımları yöntemi ile örnek bir çözüm devresi

Örnek
Aşağıda verilen devreyi inceleyelim.
Çözüm (Aşağıda)



Kirşof'un gerilimler kanunu denklemi 1: $9.5\,I_A - 5.6\,I_B = 15\text{ V}$

Kirşof'un gerilimler kanunu denklemi 2: $-5.6\,I_A + 12.4\,I_B = -12\text{ V}$

$$I_A = 1.377\text{ A}$$
$$I_B = 0.346\text{ A}$$

Şekil 8.3. Çevre akımları yöntemi ile örnek bir çözüm devresi

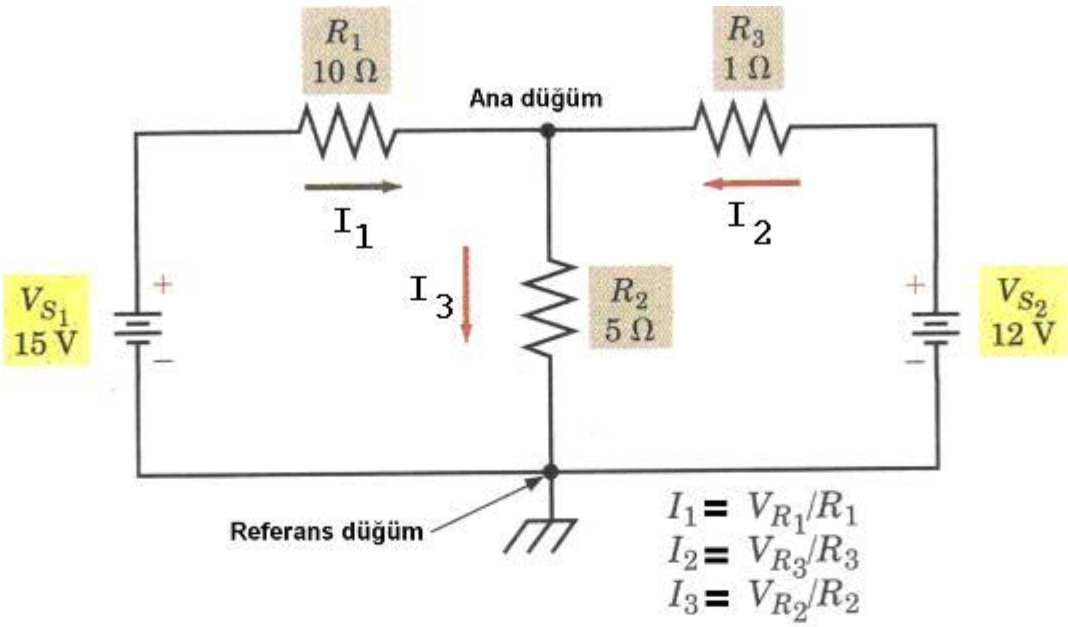
DÜĞÜM ÇÖZÜMLEMESİ YAKLAŞIMI

Düğüm bir elektrik devresinde iki veya daha fazla elemanın birbirine bağlandığı ve akımların girdiği veya çıktığı ek noktasıdır. Devrelerdeki düğümlere göre Kirchhoff'un akım kanunu denklemleri yazılabilir. Bazen üç veya daha çok elemanın birbirine bağlandığı düğümleri ana düğüm adı da verilmektedir.
Düğüm çözümlemesi için bir ana düğüm referans düğüm olarak belirlenir. Bu düğüm devre ağının mümkün olduğunca çok sayıda elemanının bağlandığı düğümdür. Daha sonra referans düğüme göre diğer düğümlerin her biri için gerilimler belirlenir. Kirchhoff'un akım kanunu denklemi referans düğüme göre her bir düğüm için yazılır. Burada her bir akım terimi için uygun VR / R ifadesi kullanılır. Bu şekilde çevre akımları yöntemine benzeyen I x R biçiminde ifadeler elde edilecektir.

Düğüm çözümlemesi yaklaşımının uygulama adımları :

1) Devrede ana düğüm olabilecek düğümler belirlenir ve bunlardan bir tanesi referans düğüm olarak seçilir.
2) Referans düğüm dışında kalan ana düğümler için giren ve çıkan akımlar adlandırılır.
3) Kirchhoff'un akım kanunu denklemleri her bir akımı göstermek üzere VR / R yaklaşımı kullanılarak her bir ana düğüme giren ve çıkan akımlar için yazılır.
4) Denklemlerdeki bilinen direnç ve gerilimler kullanılarak bilinmeyen düğüm gerilimleri çözülür.
5) Dördüncü adımdaki sonuçlara göre her bir elemanın akım ve gerilim değerleri bulunur.
6) Kirchhoff'un gerilim kanunu kullanılarak devredeki her çevre için sonuçlar doğrulanır.

Örnek
Aşağıda verilen devreyi inceleyelim.
Çözüm (Aşağıda)



Şekil 8.4. Dikkat etmelisiniz ki I_1 akımı V_{R1}/R_1, I_2 akımı V_{R3}/R_3 ve I_3 akımı V_{R2}/R_2 şeklinde ifade edilmiştir.

Yukarıdaki devreye düğüm çözümlemesi yöntemi için verilen adımları kullanarak çözelim.

1) Devreye baktığımızda sadece iki tane ana düğüm olduğunu görüyoruz. Bunlardan bir tanesi R_2 direncinin üst tarafında, diğeri ise R_2'nin öbür ucundadır. Bu ikinci düğüm toprak referansı olacaktır. Biz bu düğümü aynı zamanda referans düğüm olarak ta kullanalım. Böylece R_2 üzerindeki gerilim düşümü devrenin diğer parametrelerini belirlememiz için de özellikle dikkate alınacaktır.

2) Ana düğümlere giren ve çıkan akımlar işaretlenir.

3) Ana düğümlere giren ve çıkan akımlara göre Kirchhoff'un akım denklemleri yazılır. Ana düğüm için yazılan Kirchhoff'un akım denklemi $I_1+I_2=I_3$ olacaktır. Burada giren akımlar artı çıkan akımlar eksi işaretli alınmıştır. İsterseniz tersini de yapabilirsiniz. Ancak birden fazla ana düğümü olan devreler için çözüm yaparken bütün düğümlerde aynı kabulü yapmak gerekecektir. Yani bir ana düğüm için giren akımlar artı çıkan akımlar eksi işaretli olarak dikkate alındıysa diğer bütün düğümler için de aynı kabul kullanılmalıdır. Burada kafaları karıştırabilecek bir durum vardır. Çözüm için kullandığımız akım etiketlerine dikkat ederseniz I_2 akımının R_3 üzerinden ve I_3 akımının da R_2 üzerine akan akımlar olduğunu görürsünüz. Bu tamamen sizin keyfinize kalmış durumdur. Akımlara istenen isimleri vermek mümkündür.

Akım denkleminde her bir akımın V/R şeklinde ifade edelim.

$(V_{R1}/R_1) + (V_{R3}/R_3) = (V_{R2}/R_2)$

Bu devrede R_2 direnci ana düğümle referans düğüm arasındadır. Ama diğer dirençler için durum farklıdır.bu durumu da dikkatten kaçırmamak gerekecektir.

4) V_{S1} kaynak gerilimini bildiğimiz için aşağıdaki denklemi yazabiliriz.

$V_{R1}+V_{R2}=15V$ veya $V_{R1}=15-V_{R2}$

Aynı şekilde V_S kaynak değerini de yazarsak

$V_{R3}+V_{R2}=12V$ veya $V_{R3}=12-V_{R2}$

Böylelikle V_{R1} ve V_{R3}'ü V_{R2} cinsinden elde etmiş olduk. Bu yeni ifadeleri V/R şekline dönüştürdüğümüz üçüncü adımda verilen akım denkleminde yerine yazarak sadece V_{R2}'ye bağlı bir denklem elde edebiliriz. Bu denklemde R direnç değerlerini de yazalım.

$[(15-V_{R2})/10] + [(12-V_{R2})/1]=(V_{R2}/5)$

Paydaları eşitlemek için denklemin her iki tarafını 10 katsayısı ile çarpalım. Bu durumda denklemimizin yeni hali şu şekilde olacaktır.

$15-V_{R2}+10(12-V_{R2})=2V_{R2}$
$15-V_{R2}+120-10V_{R2}=2V_{R2}$
$135=13V_{R2}$
$V_{R2}=135/13$
$V_{R2}=10,38V$

5) $V_{R2}=I_{R2}xR_2$ olduğundan $I_{R2}=10,38/5=2,076A$ bulunur. Dördüncü adımda $V_{R3}=12-V_{R2}$ eşitliği elde edilmişti. VR2'yi yerine koyarak VR3=12-10,38=1,62V bulunur. Buradan

$I_{R3}=V_{R3}/R_3$ =1,62/1 = 1,62A olur.

Benzer şekilde VR1=15-10,38=4,62V ve IR1=4,62 / 10=0,462A bulunur.

6) Sonuçların doğrulanması:

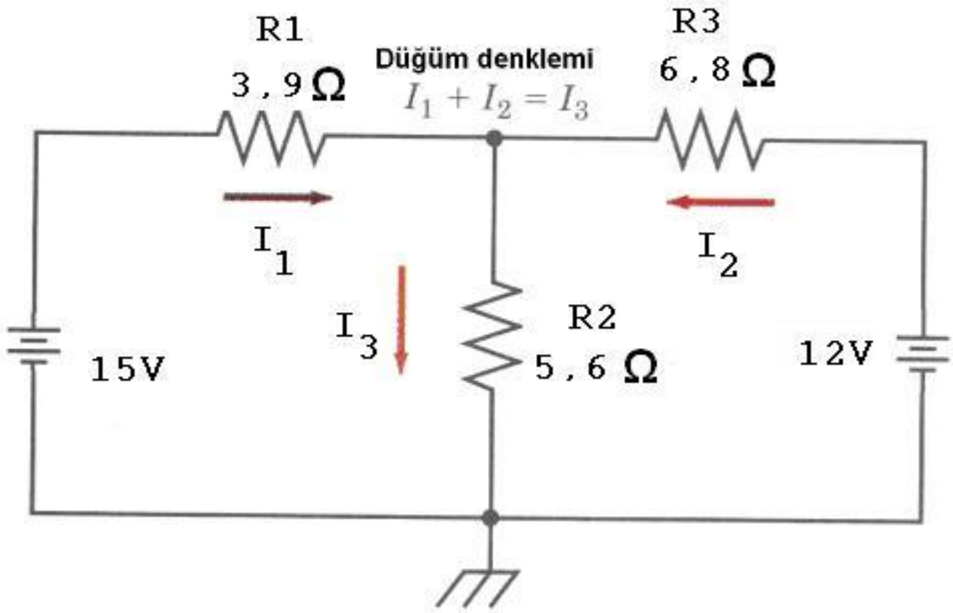
$V_{R1}+V_{R2}=V_{S1}$

4,62+10,38=15V sonuç doğru!

VR2+VR3=VS2

10,38+1,62=12V sonuç doğru!

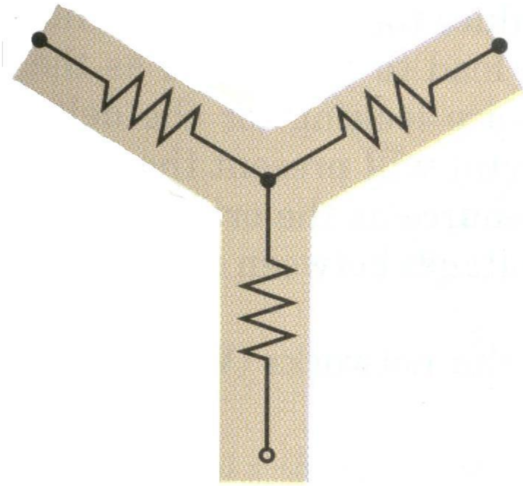
Örnek
Aşağıda verilen devreyi çözünüz.
Çözüm



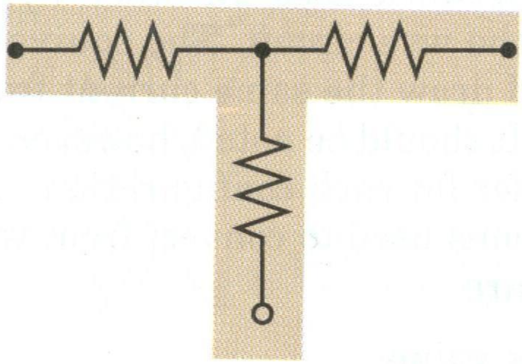
Şekil 8.5. Düğüm çözümlemesi uygulaması örneği

YILDIZ VE ÜÇGEN DEVRELER ARASI DÖNÜŞÜMLER

Mesleki uygulamalarda yıldız veya üçgen devrelere sıklıkla karşılaşılmaktadır. Mesela alternatif akım güç uygulamalarında her iki bağlantı türü de kullanılmaktadır. Yıldız bağlı devreler elektronik sistemlerdeki süzgeç devrelerde karşımıza sürekli çıkmaktadır.

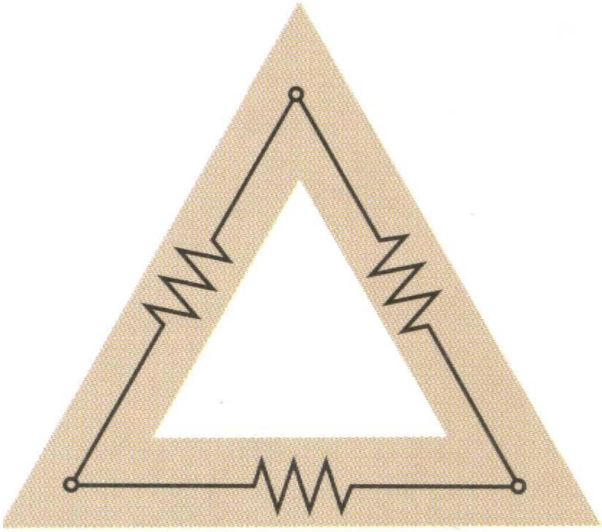


a) Yıldız (Y) düzenleme

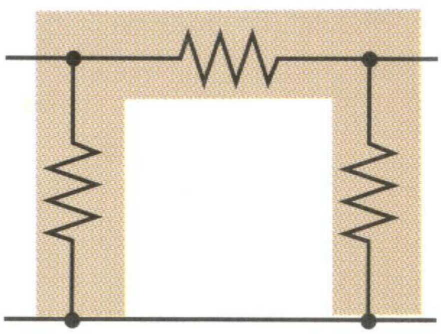


b) T düzenleme

Şekil 8.6. Yıldız bağlantı



a) Üçgen düzenleme



b) Pi $[\pi]$ düzenleme

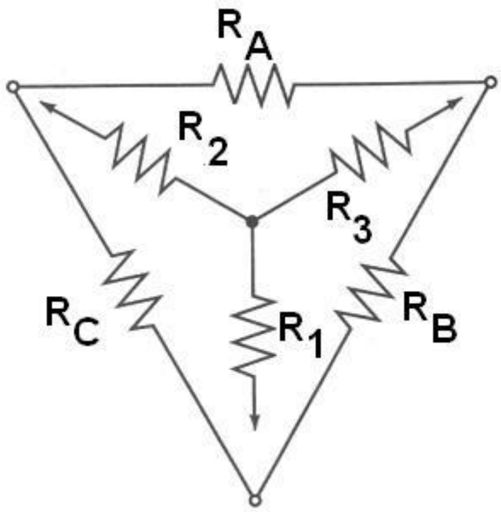
Şekil 8.7. Üçgen bağlantı

Bazı durumlarda yıldız ve üçgen devrelerin birbirine dönüştürülmesi çözümü kolaylaştırmaktadır. Aşağıdaki şekilde bu dönüşüm için her iki bağlantı türünde kullanılan elemanlar etiketlendirilmiştir. Yani yıldız bağlı devre yapısı için R1, R2 ve R3 ; üçgen bağlı devrenin elemanları için de RA,RB ve RC kullanılacaktır.

Yıldızdan üçgene veya üçgenden yıldıza dönüşüm sonrasında elde edilen yeni devrenin akım ya da gerilim kaynaklarına karşı gösterdiği yük özerkliği değişmemelidir. Yani dönüşümle elde edilen devre başlangıçtaki devrenin elektriki özellikler açısından eş değeri olmalıdır. Kaynaktan aynı akımı çekmeli ve bu akıma karşı aynı direnci göstermelidir. Ancak tabii ki üçgen ve yıldız devrelerin bağlantı noktaları arasındaki gerilimler farklı olacaktır.

Yıldızdan üçgene dönüşüm şu şekilde yapılır:

$$R_A = (R_1.R_2)+(R_2.R_3)+(R_3.\ R_1)\ /\ R_1$$
$$R_B = (\ R_1.R_2)+(R_2.R_3)+(R_3.\ R_1)\ /\ R_2$$
$$R_C = (\ R_1.R_2)+(R_2.R_3)+(R_3.\ R_1)\ /\ R_3$$



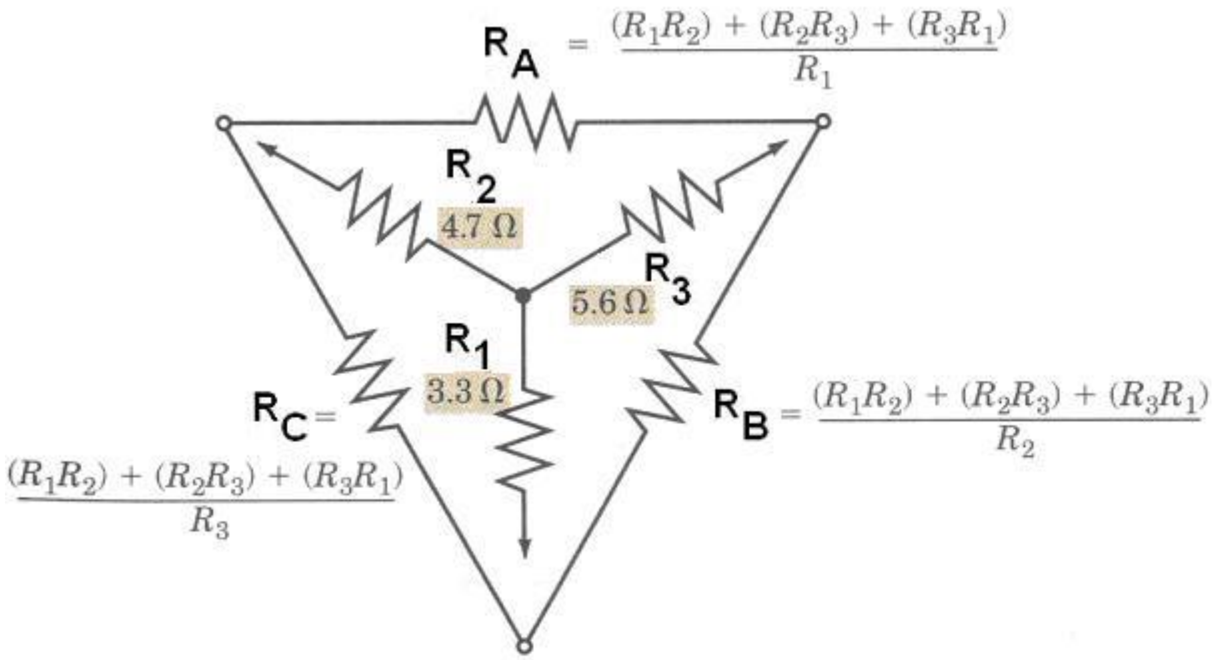
Şekil 8.8. Üçgen ve yıldız bağlı elemanlar ve etiketleri

Denklemlerden görüldüğü gibi pay kısmında her üç yıldız bağlı devre elemanının ikişerli olarak birbirileriyle çarpımlarının toplamları vardır. Paydada ise değeri hesaplanacak üçgen devre elemanının tam karşısına düşen yıldız devre elemanı bulunmaktadır. Yukarıdaki şekle bakarsanız R_A direncinin tam karşısında R_1'in, R_C için R_3'ün ve R_B için de R_2'nin bulunduğunu görürsünüz. Gerçekten de her üç denklemde paydalara bu dirençler gelmiştir.

Yıldızdan üçgene dönüşümde bütün direnç değerleri aynıysa elde edilen üçgen devrenin elemanları da aynı değerde olacağından sadece bir kol için hesap yapmak yeterlidir. Bu hesabı yaptığınızda üçgen devrenin her bir elemanı için bulduğunuz değerin yıldız devrenin her bir elemanının değerinin üç katı olduğunu görürsünüz. Yani yıldız üçgen dönüşümünde yıldız devrenin bütün elemanlarının değeri eşitse elde edilecek üçgen devrenin elemanları da birbirine eşit ve yıldız devredeki elemanların değerlerinin üç katı değerinde olacaktır.

Bütün dirençleri aynı değerde olan üçgen devreden yıldız devreye dönüşüm yapılırken ise elde edilecek yıldız devrenin direnç değerleri birbirine eşit ve üçgen devrenin elemanlarının değerlerinin üçte biri değerinde olacaktır.

Örnek
Aşağıda verilen yıldız-üçgen dönüşümünü yapınız.
Çözüm (Aşağıda verilmiştir)



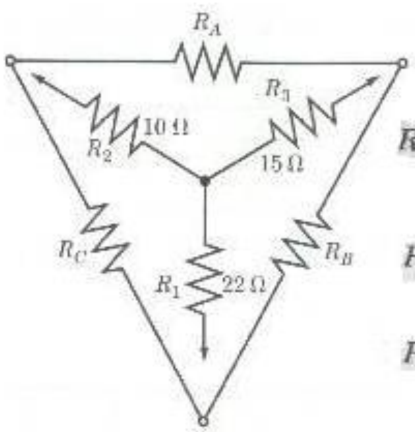
Şekil 8.9. Yıldız üçgen dönüşümü

Üçgenden yıldıza dönüşüm için kullanılacak eşitlikler şunlardır:

$$R_1=(R_B.R_C)\ /\ (R_A+R_B+R_C)$$
$$R_2=(R_C.R_A)\ /\ (R_A+R_B+R_C)$$
$$R_3=(R_A.R_B)\ /\ (R_A+R_B+R_C)$$

Denklemlere bakarsanız her üç denklem için de paydanın aynı ve üçgen devreyi oluşturan dirençlerin toplamına eşit olduğunu göreceksiniz. Pay kısmında ise değeri hesaplanacak yıldız devre elemanının her iki tarafında bulunan üçgen devre elemanlarının çarpımlarının bulunduğunu görüyorsunuz. Dönüşüm şekline tekrar bakarsak R_1'in her iki tarafında R_B ve R_C'nin, R_3'ün her iki tarafında R_A ve R_B'nin ve R_2'nin her iki tarafında da R_A ve R_C'nin bulunduğunu görebilirsiniz.

Örnek
Aşağıda verilen üçgen-yıldız dönüşümünü yapınız.
Çözüm (Aşağıda verilmiştir)



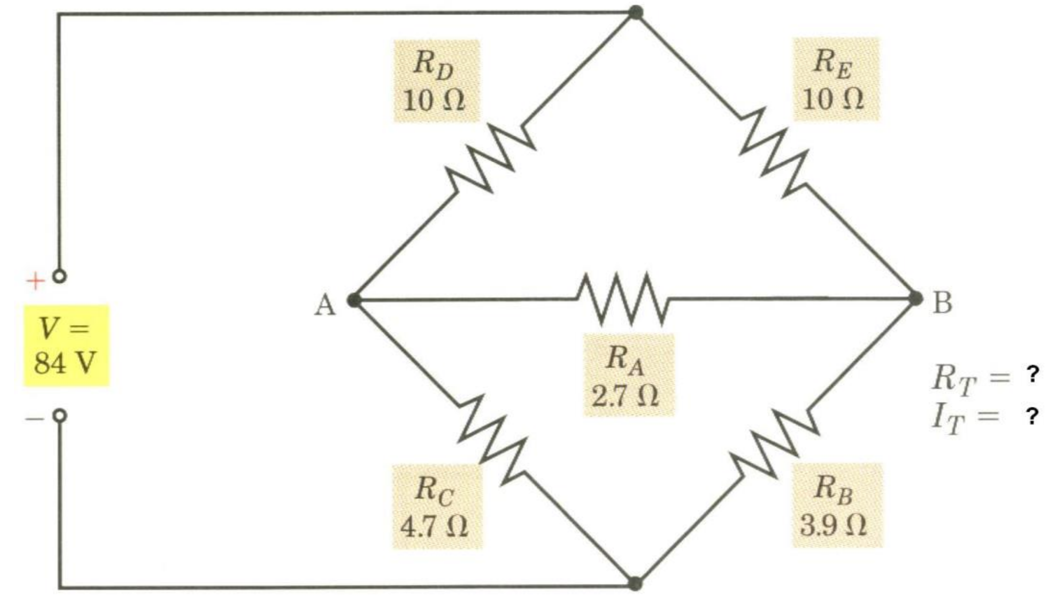
$$R_1 = \frac{R_B \times R_C}{R_A + R_B + R_C} = \frac{12.83 \times 10.77}{18.28 + 12.83 + 10.77} = \frac{138.18}{41.88} = 3.3\ \Omega$$

$$R_2 = \frac{R_C \times R_A}{41.88} = \frac{10.77 \times 18.28}{41.88} = \frac{196.88}{41.88} = 4.7\ \Omega$$

$$R_3 = \frac{R_A \times R_B}{41.88} = \frac{18.28 \times 12.83}{41.88} = \frac{234.53}{41.88} = 5.6\ \Omega$$

Şekil 8.10. Üçgen-yıldız dönüşümü

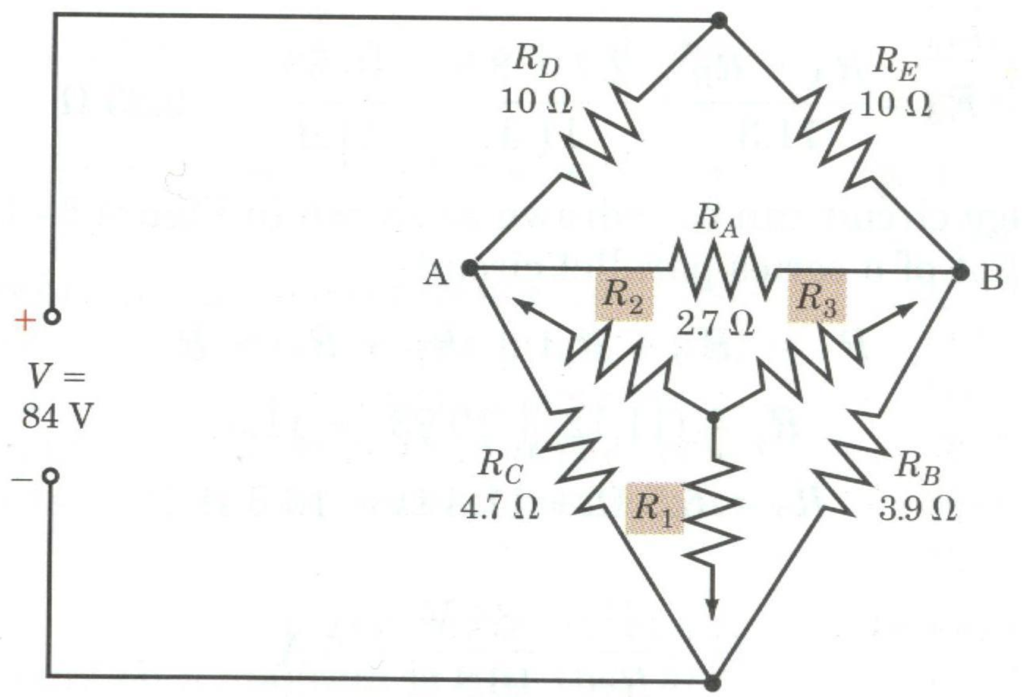
Dönüşüm yöntemlerinin kullanılması ile köprü devrelerinin çözümlenmesi



Şekil 8.11. Örnek bir köprü devre

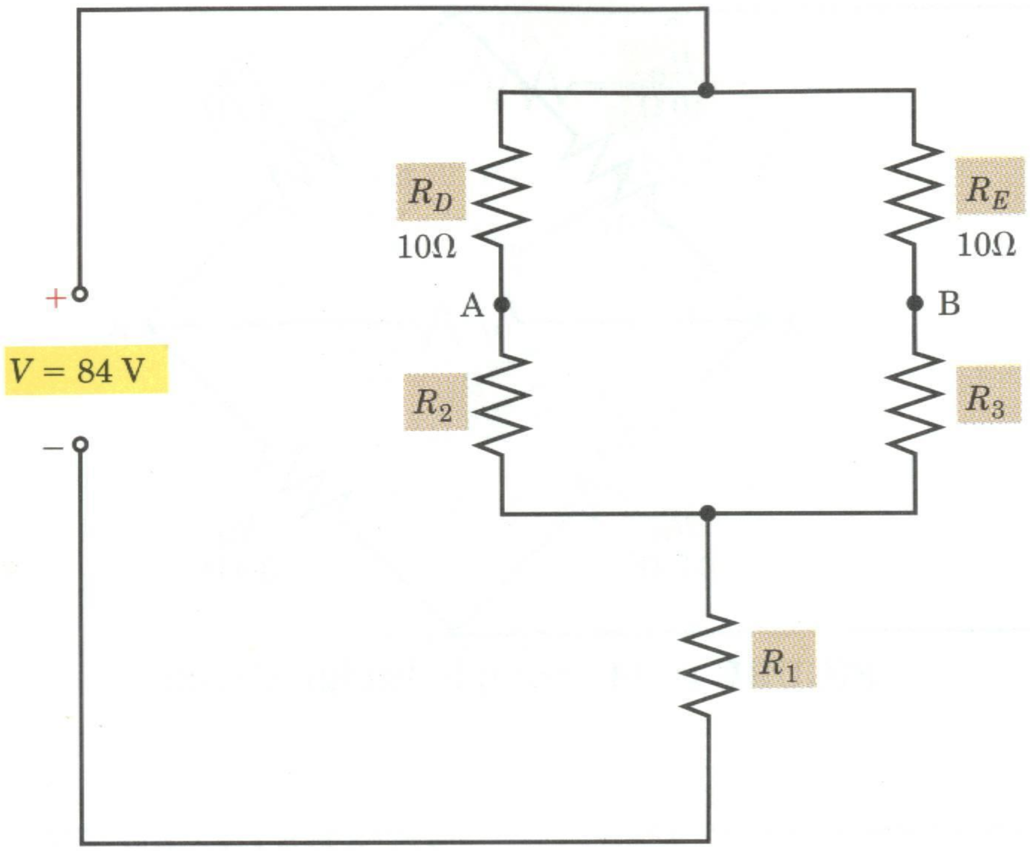
Yukarıdaki devreye dikkatle bakalım. Birbiriyle seri veya paralel olduğu söylenebilecek hiç bir devre elemanı çifti yoktur. Öyleyse seri ve paralel devre çözümleme yöntemleri ile çözüme ulaşmak mümkün değildir.

Aynı köprü devrede üçgen ve yıldız bağlantılar olduğunu görüyoruz. Mesela R_A, R_B ve R_C'den oluşan üçgen devreyi yıldız devreye dönüştürürsek çözüme gitmemiz mümkün ve kolay olacaktır.

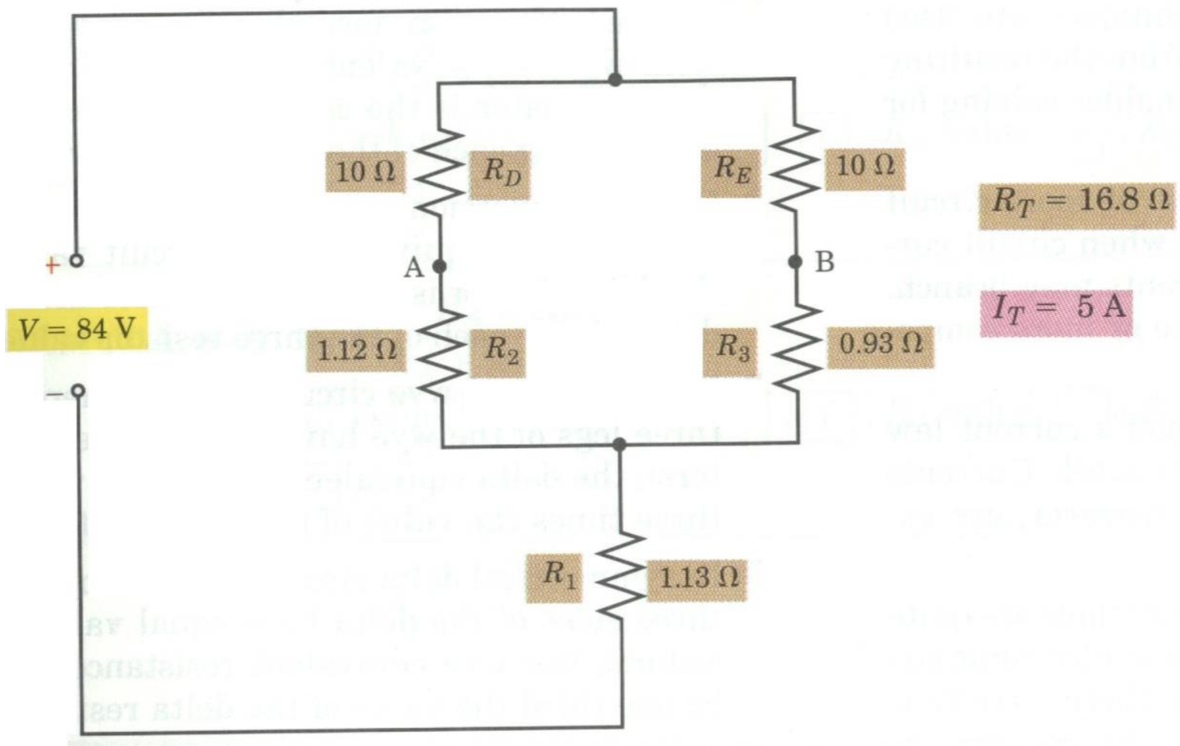


Şekil 8.12. Köprü devrenin üçgen yıldız dönüşüm yöntemi ile çözümlenmesi

Böylece devremizin yeni hali aşağıdaki gibi çizilebilir.



Şekil 8.13. Üçgen yıldız dönüşümü sonrasında devrenin yeni hali



Şekil 8.14.

Bu bölüm sonunda anlatılanları kısaca hatırlayacak olursak;

Çevre, kaynağın bir tarafından başlayıp devre elemanları üzerinden geçerek kaynağın diğer tarafında sonlanan ve asla kendi üzerinden geçmeyen kapalı bir yoldur.

Göz, çoğu durumda çevre ile aynı anlamda kullanılan, ağ içinde kesiksiz ve kapalı bir çevredir.

Göz veya çevre akımları, yönleri ile birlikte farz edilen akımlar olup ağların çözümlenmesinde Kirchhoff'un gerilim kanunu ile birlikte kullanılır. Bu akımlar asıl devre akımlarından farklıdırlar, kollara ayrılmazlar. Israrla belirttiğimiz gibi bu özelliklere sahip oldukları "varsayılmaktadır".

Göz veya çevre akımları için yön seçimi keyfi olsa da genellikle saat ibresi yönündeki yön kullanılmaktadır.

Herhangi bir göz veya çevre akımı için yazılan denklemde dirençler üzerinde düşen gerilimler için pozitif işaret kullanılır. Aynı anda başka bir çevre akımı da o dirençten geçiyorsa bunun gerilim düşümü etkisi her iki çevrenin yönü aynıysa pozitif, farklıysa negatif olarak işleme katılır.

Çevre akımları için yazılan Kirchhoff gerilim denklemlerinde gerilim kaynakları işleme katılırken, çevrenin oku kaynağın hangi ucundan giriş yapıyorsa o işaret kullanılır.

Çevre akımları yönteminde gerilimler I.R şeklinde ifade edilir.

Elde edilen denklem takımlarını çözmek için herhangi bir yöntem kullanılabilir. Ancak özellikle Kirchhoff denklemleri düzenlenmelidir.

İki veya daha fazla devre elemanının birbirine bağlandığı ve akımların dallandığı noktalara düğüm denir. Ana düğüm üç veya daha fazla elemanın bağlandığı düğümdür.

Düğümlere dayalı çözümleme yöntemi ağ içindeki parametrelerin belirlenmesinde Kirchhoff'un akım kanununu kullanır. Ancak bu akımlar V/R şeklinde ifade edilir.

Üçgen ve yıldız devreler elektrik ve elektronik sistemlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunların birbirine dönüştürülmesi gereken uygulamalarda çok yaygındır.

Yıldızdan üçgene dönüşümde ve üçgenden yıldıza dönüşümde çok basit bazı dönüşüm eşitlikleri kullanılmaktadır.

Her üç ayağındaki dirençler birbirine eşit olan bir yıldız devrenin eş değeri olan üçgen devrenin elemanları yine birbirine eşit ama yıldız devrenin elemanlarının üç katı değerde olacaklardır.

Üçgenden yıldıza dönüşümde durum bunun tam tersidir.