

# TEMEL DEVRE KAVRAMLARI VE KANUNLARI

## GİRİŞ:

Devre analizi gerçek hayatta var olan fiziksel elemanların matematiksel olarak modellenerek gerçekte olması gereken sonuçların matematik analizi vasıtasıyla elde edilmesidir. Elektrik devresinin matematiksel modeline devre modeli ve devreyi oluşturan elemanların devre modelinde yer alan eşdeğerlerine ideal devre elemanı denir. İdeal devre elemanları kabul edilebilir sınırlar içerisinde gerçek devre elemanlarının davranışlarını modeller. Devre analizi ideal devre elemanlarının ve devre modelinin matematik kullanarak yapabileceği davranışları ve çıkabilecek sonuçların tahmin edilerek elde edilmesidir.

## DEVRE ANALİZİNDE AKIM, GERİLİM ve GÜÇ

Gerilim ve akım devre analizinde en fazla kullanılan kavramlardır. Bunun en büyük sebepleri bu kavramların sayılarla ifadesi ve ölçülebilmesidir. Gerilim genelde birim elektrik yükünü elektrik alanı içerisinde bir noktadan başka bir noktaya götürürken yapılan iş olarak tanımlanır. Gerilim yaklaşık olarak bir potansiyel enerjiye denk gelir. Bu noktadan çıkarak gerilim;

$$v = \frac{dw}{dq} \text{ volt}$$

Burada  $w$  joule cinsinden enerji,  $q$  coulomb cinsinden yüküdür. Elektrik akımı ise birim zamanda geçen elektrik yükü olarak adlandırılır. Elektrik akımının birimi amperdir ve aşağıdaki formülle yüke bağlanır.

$$i = \frac{dq}{dt} \text{ Amper}$$

Burada  $t$  saniye cinsinden zaman,  $q$  coulomb cinsinden yüküdür. Her ne kadar yükler tek tek elektronlardan oluşuyorsa da ve bunlar ayırık yüklerse de milyonlarca elektronun hareketinden oluşan elektrik akımı devamlı bir değer gibi kabul edilir. Fiziksel sistemlerin çıkışı güç ve enerji birimleri cinsinden ifade edilir. Bu birimler güç için vat(watt) ve enerji için jul(joule) olarak kabul edilir Fiziksel bir sistemde güç enerjinin zamana olan türevidir ve söz ile birim zaman başına enerji değişimi gücü verir denir. Gücü enerjiye bağlayan formül aşağıdaki yazılır;

$$p = \frac{dw}{dt} \text{ vat (W)}$$

ile verilir. Yüklerin çıkışı ile ilgili güç formülü ise yukarıdaki formülün sağ tarafını  $dq$  ile çarparak ve bölerek bulunur. Bu şekilde yük birimi de formüle sokulur.

$$p = \frac{dw}{dt} \frac{dq}{dq} = \frac{dw}{dq} \frac{dq}{dt}$$

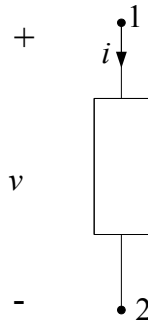
Yukarıdaki formüle dikkat edilirse formülün sağ tarafındaki türev ifadelerinin sırasıyla gerilim ve akım ifadelerine karşılık olduğu görülebilir. Buradan sonuç olarak güç akım ve gerilim cinsinden;

$$p = vi \text{ vat}$$

formülüyle verilir. Burada önceki gibi  $v$  volt cinsinden potansiyel farkı ya da elektrik gerilimi ve  $i$  amper cinsinden akımdır. Buradan çıkarılacak en faydalı sonuç devrenin herhangi iki noktasına giren ve çıkan akım değerleri eşit ise ve söz konusu iki nokta arasındaki potansiyel farkından devrede harcanan gücü ve enerjiyi hesap etmemiz mümkündür.

## TEMEL DEVRE ELEMANLARI

### Temel Devre Elemanı



Şekil.TDK.1 Temel devre elemanı ve referans akım ve gerilim yönleri

Temel Devre Elemanı, elektrik devre kavramlarını açıklayabilmek için kullanılan bir çeşit devre elemanıdır. Temel devre elemanının iki ucu vardır. Yani devrenin diğer bölümlerine yalnızca iki noktadan bağlanabilir. Davranışı matematiksel olarak gerilim ve akım cinsinden ifade edilebilen ideal devre elemanı kendinden daha küçük bir parçaya bölünemez. Temel devre elemanının sembolü Şekil.TDK.1'de gösterilmiştir. Bu şekildeki elemanın üzerinde işaretlenmiş gerilim ve akım yönleri referans alınmalı ve aşağıdaki formüller de bu yönlere göre işlem yapılmalıdır.

Şekil.TDK.1'de sembolize edilmiş temel devre elemanına giren akımın yönü ve gerilim yönüne göre bu devre elemanı üzerinde harcanan güç normal güç formülü ile ifade edilir ve bu durum gerçekte uyuşuyorsa devre elemanı güç harcıyor denilir.

$$p = vi$$

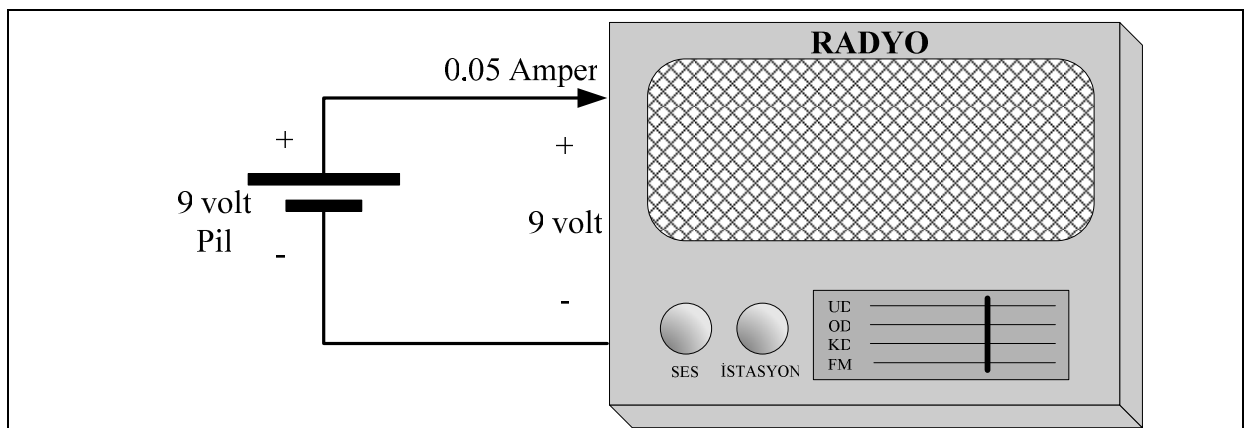
Kabul edilen yönlerden yalnızca bir tanesi yön değiştiriyorsa yani akım 2 no'lu terminalden giriyor ya da gerilim 2 no'lu terminalde pozitif 1 no'lu terminalde negatif ise güç formülündeki terimlerin işareti aşağıdaki gibi değişir.

$$p = v(-i) \text{ veya } p = (-v)i$$

Eğer hem gerilim hem akım yön değiştiriyorsa, bu durumda hem gerilim hem akım negatif olacağı için yine temel güç formülü kullanılır.

$$p = (-v)(-i) = vi$$

Bu formüllerle güç pozitif çıkarsa, devre elemanı güç harcıyor veya enerji depoluyor denir. Eğer negatif çıkarsa, devre elemanı güç üretiyor ya da depolanan enerjiyi harcıyor denir.



Şekil.TDK.2. Örnek.TDK.1 için radyo besleme devresi

**Örnek.TDK.1.** Şekil.TDK.2'de görülen devrede 9 voltluk pile bağlı radyonun çektiği akım ölçülmüş ve 0.05 Amper bulunmuştur. Eğer gerilim ve akım yönleri şekildeki gibi ise radyo

kaç vatlık güç harcamaktadır/üretmektedir? 9 voltluk pil kaç vat'lık güç harcamaktadır/üretmektedir?

**Çözüm:**

Radyo için bakılırsa referans gerilim ve akımı kabul edilenle aynıdır. Formülde yerine koyarsak;

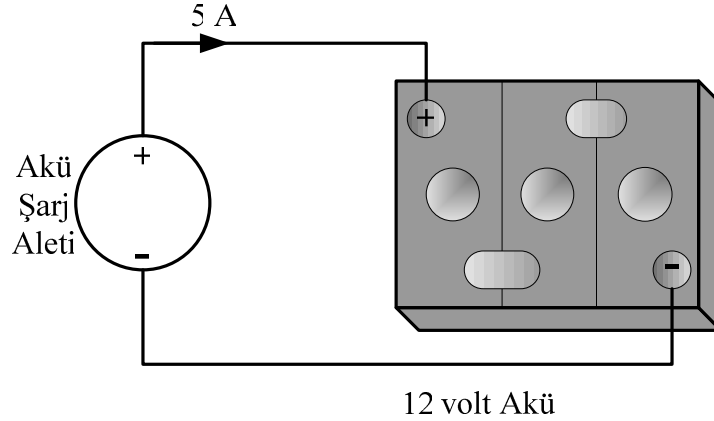
$$p = vi = 9v \times 0.05A = 0.45W = 450mW$$

Güç pozitif çıktığından güç harcanmaktadır.

Pil için güç formülünü hesaplariken dikkat edeceğimiz husus akım yönünün kabule göre ters olduğu ama gerilimin aynı olduğudur. Bu durumda güç formülünde akım negatif alınacaktır.

$$p = v(-i) = 9v \times (-0.05A) = -0.45W = -450mW$$

Çıkan sonuca göre pil negatif güç harcamaktadır yani güç üretmektedir.



Şekil.TDK.3. Örnek.TDK.2 için akü şarj devresi

**Örnek.TDK.2.** Şekil.TDK.3'de görülen devrede 12 voltluk bir akü, bir akü şarj edicisiyle şarj edilmektedir. Akü şarj aletinden çekilen akım 5 Amper olarak ölçülmüştür. Akünün harcadığı gücü ve üreticinin harcadığı gücü bulunuz.

**Çözüm:**

Akü için;

$$p = vi = 12v \times 5A = 60 W$$

Akü bu duruma özel olarak güç harcıyor görünmektedir. Fakat bildiğimiz gibi akü ve benzeri

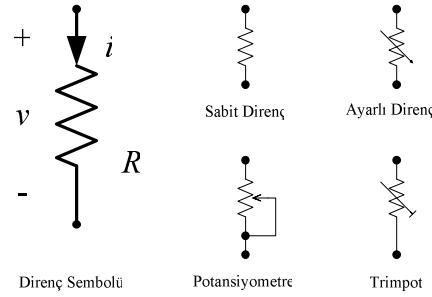
şarj olabilen cihazlar şarj edildikten sonra depolanan enerjiyi kullanmak üzere bir devreye bağlanabilir.

Şarj aleti için;

$$p = v(-i) = 12\text{V} \times (-5\text{A}) = -60\text{W} . \text{ Şarj aleti güç üretir}$$

## Direnç Kavramı ve Dirençler

Elektrik akımına gösterilen zorluk direnç olarak tanımlanır. Elektrik akımı elektron gibi yüklerden oluştuğu için direnç yüklerin materyal içindeki hareketine karşı gösterilen zorluktur. Bu davranışın modellenmesinden ortaya çıkan devre elemanına direnç adı verilir. Direncin sembolü Şekil.TDK.4'de gösterilmiştir. Dirençler genellikle  $R$  ile gösterilirler ve değerleri sembole yakın bir yere yazılırlar.



Şekil.TDK.4 Direnç referans akım ve gerilim yönleri ve sembolleri

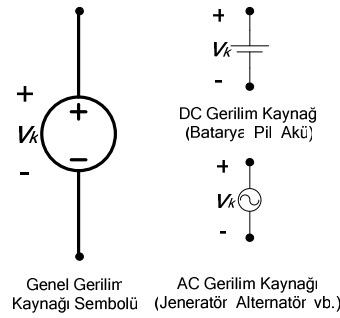
Elektrik direncinin temelinde hareket halindeki elektronların hareketliliği ve maddenin atomik yapısıyla ilgilidir. Bu yapıda hareket eden elektronların bir kısmı bu yapıda enerji kaybederler. Bu kaybedilen enerji, madde içerisinde ısıya dönüşerek yayılır. Dirençler ve gerçek hayattaki bütün elektriksel elemanlar ısı yayarlar.

Devre analizinde kullanılan dirençlerin doğrusal ve değerinin zamandan bağımsız olduğu düşünülür. Gerçek durumlara ise birçok direnç doğrusal olmadığı gibi değerleri de zamanla değişebilir. Dirençlerin elektrik enerjisini ısı enerjisine çevirmesi bazen istenmeyen bir durum olmasına rağmen bu özellik elektrik kaloriferlerinde, tost makinelerinde, elektrikli ocak ve fırınlarda v.b. kullanım alanı bulmaktadır. Direnç devre tasarımı ve analizinde en sık kullanılan ve karşılaşılan elemandır. Dirençli devrelerin analizi için bu yüzden çok çeşitli yöntemler geliştirilmiş ve kullanılmıştır.

## Akım ve Gerilim Kaynakları

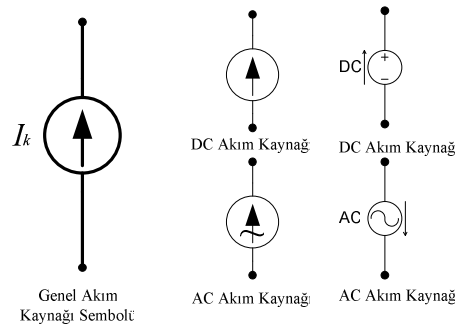
Akım ve Gerilim Kaynakları elektrik devrelerine enerji ve güç besleyen temel devre elemanlarıdır. Akım ve gerilim kaynakları olmadan devreye dışarıdan güç ve enerji beslenemez. Akım ve gerilim kaynakları çeşitli enerji şekillerini elektrik enerjisine çeviren cihazlardır. Örneğin mekanik enerjiyi elektrik enerjisine çeviren gerilim kaynakları dinamo veya jeneratör olarak adlandırılır. Kimyasal bağ enerjisini elektrik enerjisine çeviren aletler pil ya da akü olarak adlandırılır. Yine aynı şekilde güneş pilleri ışık enerjisini elektrik enerjisine çevirirler.

Gerilim kaynağı ya da ideal gerilim kaynağı üzerinden geçen akım ne olursa olsun, uçlarında tanımlı gerilim değeri olan devre elemanıdır. Gerilim kaynağı illaki devreye güç vermek zorunda değildir, devreden güç de çekebilir. Gerilim kaynağı üzerinden geçen akımın direkt tespiti imkansızdır. Ancak dolaylı yollardan tespit edilir. Gerilim kaynakları sembolleri Şekil.TDK.5'te gösterilmiştir.



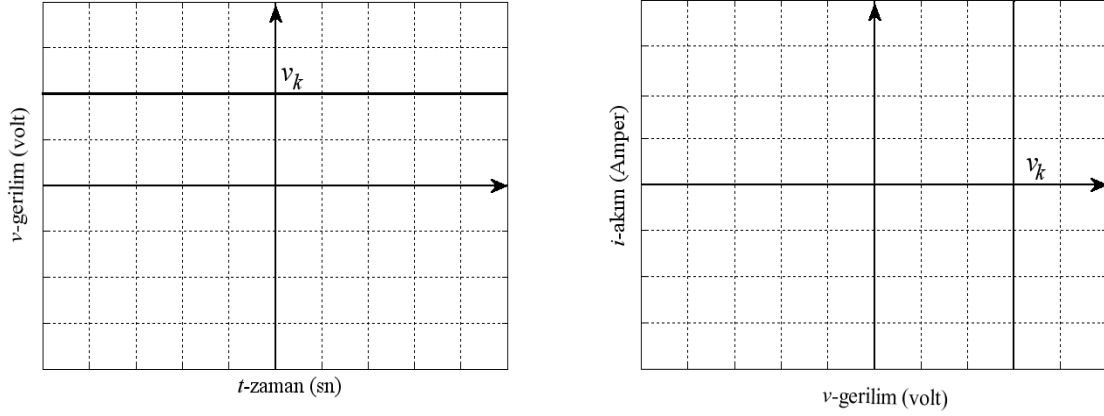
Şekil.TDK.5 Gerilim Kaynağı Sembolleri

İdeal akım kaynağı ya da akım kaynağı üzerinde düşen gerilim ne olursa olsun, üzerinden geçen akım tanımlı olan devre elemanıdır. Akım kaynağı illaki devreye güç vermek zorunda değildir, devreden güç de çekebilir. Akım kaynağı sembolü Şekil.TDK.6'da görülmektedir.

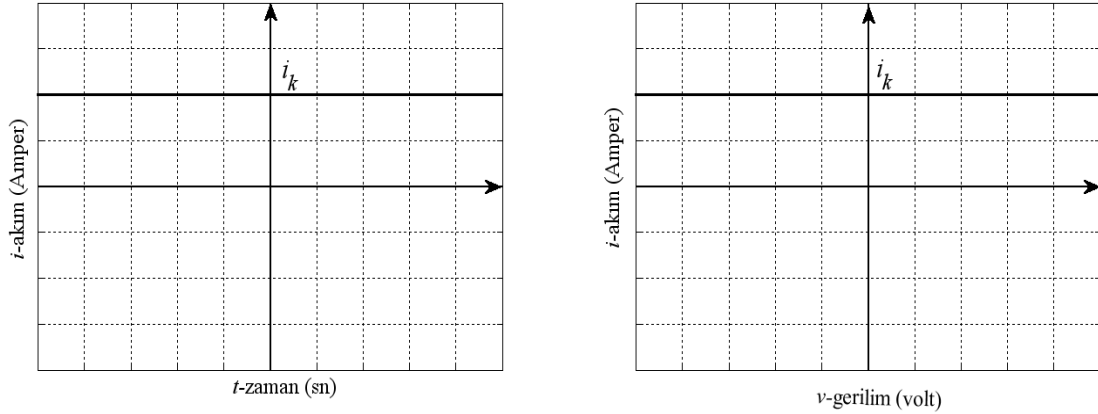


Şekil.TDK.6 Akım Kaynağı Sembolleri

DC gerilim ve akım kaynağı üzerinde sabit değer tanımlanmış kaynaklardır. Bunların değeri zamana bağlı olarak değişmez. Bu yüzden Doğru Akım (İngilizce'den Direct Current-DC) olarak adlandırılır. DC gerilim ve akım kaynağının zamana ve akım ve gerilime bağlı grafikleri Şekil.TDK.7'de verilmiştir.



DC gerilim kaynağı gerilim-zaman ve akım-gerilim grafiği



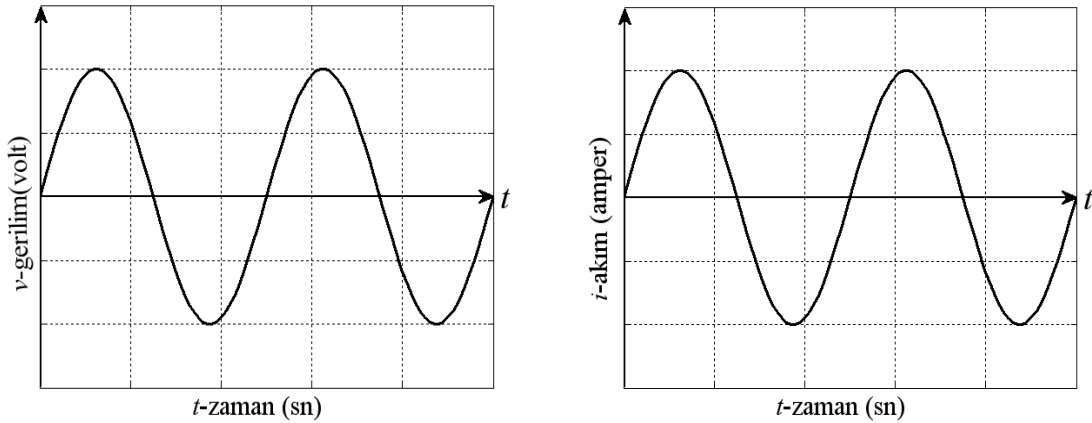
DC akım kaynağı akım-zaman ve akım-gerilim grafiği

Şekil.TDK.7 DC akım ve gerilim kaynakları grafikleri

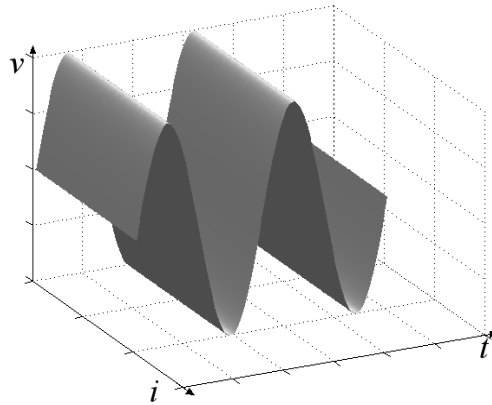
AC akım ve gerilim kaynakları üzerinde tanımlanmış değeri yalnızca zamana göre değişen kaynaklardır. Her türlü dalga fonksiyonuna sahip olabilirler, örneğin sinüs, kare, üçgen, testere dişi gibi. Ama genelde AC gerilim kaynağı denildiğinde sinüsoidal fonksiyon üreten kaynaklar düşünülür. Sinüsoidal fonksiyon yön değiştirebildiği için Alternatif Akım (İngilizce'den Alternating Current-AC) olarak adlandırılır. Alternatif akım ve gerilim kaynakları ile ilgili zaman-akım ve gerilim grafikleri Şekil.TDK.8'de verilmiştir.

Buraya kadar tanımlanmış kaynaklara bağımsız kaynaklar adı verilir. Bunlara ek olarak değerleri devrenin başka bir yerinden geçen akıma veya gerilime bağlı olan kaynaklar da

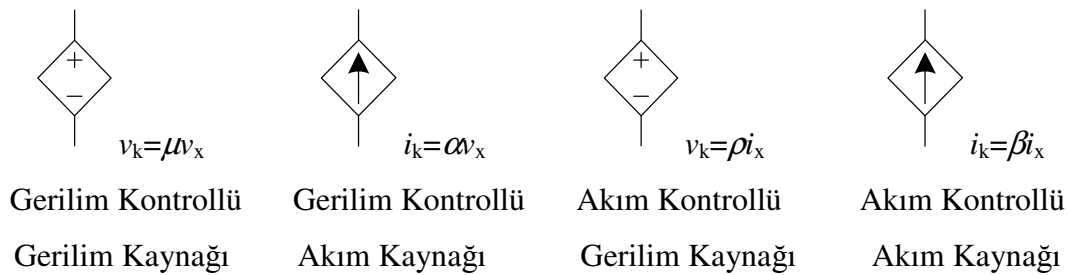
vardır. Bu tip kaynaklara kontrollü kaynaklar denir ve genellikle eşkenar dörtgen ile sembolize edilirler. Sembollerini Şekil.TDK.9'da vermiştir.



AC Gerilim kaynağı gerilim-zaman grafiği      AC Akım kaynağı akım-zaman grafiği

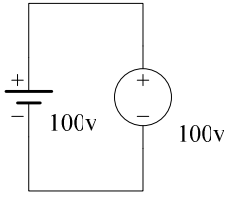


AC Gerilim kaynağı gerilim-akım-zaman grafiği  
Şekil.TDK.8 AC akım ve gerilim kaynakları grafikleri



Şekil.TDK.9 Kontrollü akım ve gerilim kaynakları sembolleri

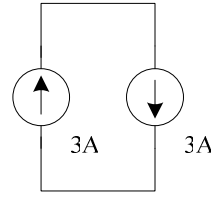
**Örnek.TDK.3** Aşağıdaki bağlantıları inceleyerek ve ideal akım ve gerilim kaynağı tanımını kullanarak aşağıdaki bağlantıların mümkün olup olmadığını tartışınız.

**Çözüm:**

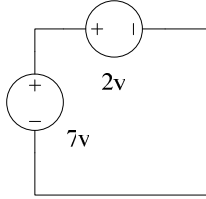
Mümkündür:

Gerilim

kaynaklarının her iki ucundaki potansiyel farkı birbirine eşit ve 100 voltur.

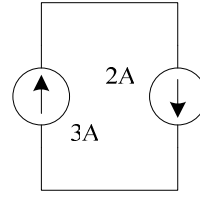


Mümkündür: Akım kaynaklarının her ikisini üzerinden geçen akımlar birbirine eşit ve 3 Amperdir.

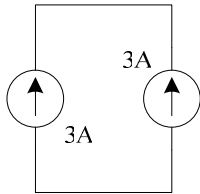


İmkânsız: Gerilim

kaynaklarının her iki ucundaki potansiyel farkı birbirine eşit değildir. Bir kaynağın uçları arasındaki potansiyel fark diğeri tarafından başka bir değere zorlanmaktadır.

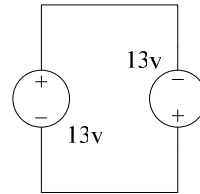


İmkânsız: Akım kaynaklarının her ikisinin üzerinden geçen akımlar birbirine eşit değildir. Bir kaynağın üzerinden geçen akım diğeri tarafından başka bir değere zorlanmaktadır.

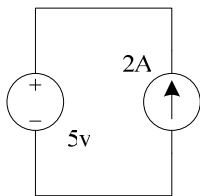


İmkânsız: Akım

kaynaklarının her ikisinin üzerinden geçen akımlar birbirine eşit olsa bile bir kaynağın üzerinden geçen akım diğeri tarafından ters yönde geçmeye zorlanmaktadır.

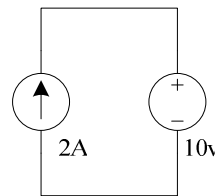


İmkânsız: Gerilim kaynaklarının her ikisinin üzerinden oluşan potansiyel farkı birbirine eşit olsa bile bir kaynağın üzerindeki gerilim diğeri tarafından ters yönde olmaya zorlanmaktadır.



Mümkündür: Akım

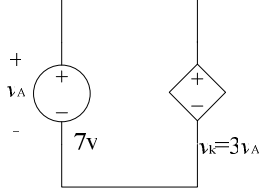
kaynağı ve gerilim kaynağı değer olarak birbirlerini zorlamamaktadırlar.



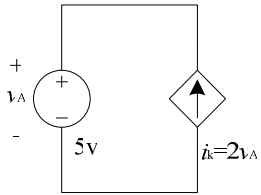
Mümkündür: Akım kaynağı ve gerilim kaynağı değer olarak birbirlerini zorlamamaktadırlar.

**Örnek.TDK.4** Aşağıdaki bağlantıları inceleyerek ve kontrollü akım ve gerilim kaynağı tanımını kullanarak aşağıdaki bağlantıların mümkün olup olmadığını tartışınız.

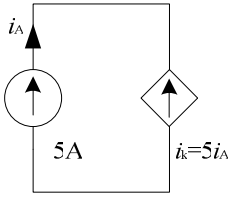
**Çözüm:**



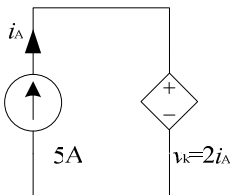
İmkânsız: Kontrollü gerilim kaynağının her iki ucundaki potansiyel farkı  $v_k = 3v_A = 3 \times 7 = 21$  v. Gerilim kaynaklarının her iki ucundaki potansiyel farkı birbirine eşit değildir. Bir kaynağın uçları arasındaki potansiyel fark diğeri tarafından başka bir değere zorlanmaktadır. Bu devrenin mümkün olabilmesi için  $\mu=1$  olmalıdır.



Mümkündür: Kontrollü akım kaynağından geçen akım  $i_k = 2v_A = 2 \times 5 = 10$  A. Akım kaynağı ve gerilim kaynağı değer olarak birbirlerini zorlamamaktadırlar.



İmkânsız: Kontrollü akım kaynağından geçen akım  $i_k = 5i_A = 5 \times 5 = 25$  A. İmkânsız: Akım kaynaklarının her ikisinin üzerinden geçen akımlar birbirine eşit değildir. Bir kaynağın üzerinden geçen akım diğeri tarafından başka bir değere zorlanmaktadır. Ek olarak bir kaynağın üzerinden geçen akım diğeri tarafından ters yönde geçmeye zorlanmaktadır. Bu devrenin mümkün olabilmesi için  $\beta=-1$  olmalıdır.



Mümkündür: Kontrollü gerilim kaynağında oluşan potansiyel farkı  $v_k = 2i_A = 2 \times 5 = 10$  v. Akım kaynağı ve gerilim kaynağı değer olarak birbirlerini zorlamamaktadırlar.

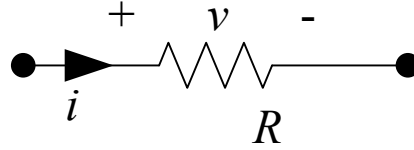
## Ohm Kanunu

Bir direnç üzerinden geçen akımı, üzerinde düşen gerilim değerine bağlayan formüle Ohm kanunu adı verilir. Şekil.TDK.10'daki gibi akım ve gerilim yönleri tanımlanmış bir direnç için Ohm kanunu;

$$v = i \cdot R$$

formülüyle verilir. Burada  $v$  volt cinsinden gerilim,  $i$  amper cinsinden akım ve  $R$   $\Omega$  cinsinden dirençtir. Eğer herhangi bir şekilde akımın veya gerilimin yönü şekle göre ters ise sonuç negatif çıkar. Çıkan sonuç negatif ise akım veya gerilim yönünün ters olduğunu gösterir. Gerçek hayatta yandaki şekildeki kabul doğrudur. Tersi bir durum matematiksel olarak mümkün olsa bile, gerçek hayatta imkansızdır. Ohm kanunun diğer şekilleri aşağıdaki gibi yazılabilir. Bu eşitliklerde  $v$  volt cinsinden gerilim,  $i$  Amper cinsinden akım,  $R$  Ohm ( $\Omega$ ) cinsinden direnç ve  $G$  Siemens (S) cinsinden iletkenliktir.

|                                       |                             |                           |                             |                             |
|---------------------------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Direnç Cinsinden<br>Ohm Kanunu        | $R = \frac{1}{G} \Omega$    | $v = i \cdot R \text{ v}$ | $i = \frac{v}{R} \text{ A}$ | $R = \frac{v}{i} \Omega$    |
| İletkenlik<br>Cinsinden Ohm<br>Kanunu | $G = \frac{1}{R} \text{ S}$ | $i = v \cdot G \text{ A}$ | $v = \frac{i}{G} \text{ v}$ | $G = \frac{i}{v} \text{ S}$ |



Şekil.TDK.10. Bir direnç üzerindeki akım ve gerilim yönleri

Dirençlerde harcanan güç daima pozitiftir. Gerçek hayatta da bu böyledir. Referans yönlerine göre güç harcaması;

$$P = v \cdot i \Rightarrow P = i \cdot R \cdot i \Rightarrow P = i^2 R \text{ W}$$

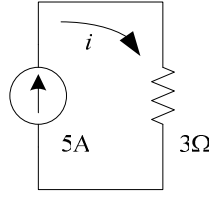
ya da

$$P = v \cdot i \Rightarrow P = v \cdot \frac{v}{R} \Rightarrow P = \frac{v^2}{R} \text{ W}$$

iletkenlik cinsinden güç;

$$P = \frac{i^2}{G} \text{ W veya } P = v^2 G \text{ W}$$

formüllerıyla hesaplanır.



Şekil.TDK.11. Örnek.TDK.5 için devre

**Örnek.TDK.5.** Şekil.TDK11’de görülen devrede direnç üzerinde düşen gerilimi ve üzerinde harcanan gücü bulunuz. Gerilim yönünü tespit ediniz.

**Çözüm:**

Görüldüğü üzere devrede akım yönünü tayin eden bir adet eleman vardır. Bu eleman akım kaynağıdır. Buna göre geçen akım Şekil.TDK.11’de görüldüğü gibi olacaktır. Gerilim için Ohm kanunundan;

$$v = i \cdot R$$

$$v = i \cdot R = 5 \cdot 3 = 15 \text{ v}$$

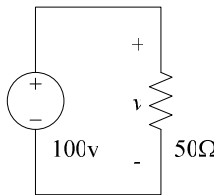
Güç için üç adet yol kullanarak hesap yapalım

$$P = v \cdot i = 5 \cdot 15 = 75 \text{ W}$$

$$P = i^2 \cdot R = 5^2 \cdot 3 = 75 \text{ W}$$

$$P = \frac{v^2}{R} = \frac{15^2}{3} = 75 \text{ W}$$

Dirençler güç harcadığından gerilim yönü akımın girdiği terminal (+) olarak tespit edilir.



Şekil.TDK.12. Örnek.TDK.6 için devre

**Örnek.TDK.6.** Şekil.TDK12’de görülen devrede direnç üzerinden geçen akımı ve üzerinde harcanan gücü bulunuz. Akım yönünü tespit ediniz.

**Çözüm:**

Görüldüğü üzere devrede gerilim yönünü tayin eden bir adet eleman vardır. Bu eleman gerilim kaynağıdır. Buna göre oluşan potansiyel farkı Şekil.TDK.12'de görüldüğü gibi olacaktır. Akım için Ohm kanunundan;

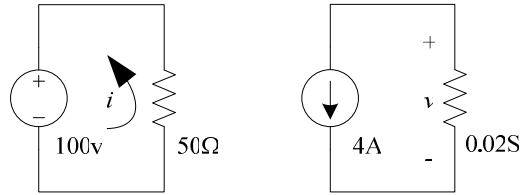
$$v = i \cdot R$$

$$i = \frac{v}{R} = \frac{100}{50} = 2 \text{ A}$$

Güç için hesap yapalım

$$P = \frac{v^2}{R} = \frac{100^2}{50} = 200 \text{ W}$$

Dirençler güç harcadığından akımın girdiği yön gerilimin (+) terminal çıktığı yön ise (-) terminali olarak tespit edilir.



Şekil.TDK.13. Örnek.TDK.7 için devreler

**Örnek.TDK.7.** Şekil.TDK13'de görülen devrelerde direnç üzerinden geçen akımı ve direnç üzerinde oluşan gücü bulunuz. Verilen akım ve gerilim yönlerinin doğru olup olmadığını tespit ediniz.

### Çözüm:

Soldaki devre için direnç üzerinden geçen akım için Ohm kanunundan;

$$i = v \cdot G$$

$$i = 10 \cdot 0.05 = 0.5 \text{ A}$$

Akım ve gerilim yönlerine bakarak güç için hesap yapalım

$$P = i \cdot v = (-0.5) \cdot (10) = -5 \text{ W}$$

Dirençler güç harcamadığına göre sonuç negatif olamaz. Bu durumda akım ya da gerilim yönlerinden biri yanlıştır. Gerilimin yönü doğrudur çünkü gerilim yön referansını gerilim kaynağı zorlamaktadır. Bu durumda akımın yönü yanlış olmalıdır. Akımın yönü girdiği yön gerilimin (+) terminal çıktığı yön ise (-) terminali olacak şekilde yani şekildekinin tersi yönde olmalıdır. Yeni durum için güç;

$$P = i \cdot v = (+0.5) \cdot (10) = -5 \text{ W}$$

olmalıdır.

Sağdaki devre için direnç üzerindeki gerilim için Ohm kanunundan;

$$v = \frac{i}{G} = \frac{4}{0.02} = 200 \text{ v}$$

Akım ve gerilim yönlerine bakarak güç için hesap yapalım

$$P = i \cdot v = (-4) \cdot (+200) = -800 \text{ W}$$

Dirençler güç harcamadığına göre sonuç negatif olamaz. Bu durumda akım ya da gerilim yönlerinden biri yanlıştır. Burada akım yönü doğrudur çünkü akım yön referansını akım kaynağı zorlamaktadır. Bu durumda gerilimin yönü yanlış olmalıdır. Gerilimin yönü akımın girdiği yön (+) terminal çıktığı yön ise (-) terminal olacak şekilde yani şekildekinin tersi yönde olmalıdır. Yeni durum için güç;

$$P = i \cdot v = (-4) \cdot (-200) = 800 \text{ W}$$

olmalıdır.

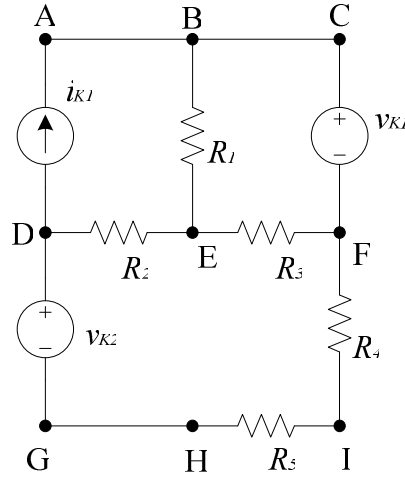
## Kirchoff'un Akım ve Gerilim Kanunu

Ohm kanunu her ne kadar temel elektrik kanunu ise de Ohm kanunu devreden geçen akımların ve elemanların üzerinde düşen gerilimlerin bulunmasında yeterli olmaz. Bunların tespiti için ek olarak çeşitli kuralların bulunması gerekmektedir. Bu kurallar devre analizini basitleştirerek, gerekli eksik eşitlikleri bize sağlamalıdır. Bu kural ve kanunları bize sağlayan ise Kirchoff olmuş ve buna nispeten bu kanunlar Kirchoff'un kanunları olarak geçer.

Kirchoff'un Kanunlarını vermeden önce devre analizinde sıkça kullanılan düğüm ve halka, kapalı yol tanımlarının verilmesi ve kavranması lazımdır.

Düğüm: iki yada daha fazla devre elemanının terminalinin birleştiği noktadır. Düğümlerin devre analizi için tespiti gereklidir.

Halka yada kapalı yol: Herhangi bir düğümden başlayarak devre elemanları üzerinden ve düğümlerden yalnızca bir defa geçerek tekrar başlangıç düğüme dönülüyorsa bu bir kapalı yol yada halka olarak adlandırılır.



Şekil.TDK.14. Örnek.TDK.8 için devre

**Örnek.TDK.8.** Şekil.TDK14’de görülen devredeki noktaların düğüm olup olmadığını tespit ediniz. Halka örnekleri veriniz.

### Çözüm:

Düğümler:

1. Devre çizimine bakılırsa A, B ve C’nin elektriksel olarak aynı nokta oldukları görülmektedir. Yani bu noktalar arası bağlantı bir kısa devre ile yapılmaktadır. A, B ve C noktasına bağlı (bu noktalar aynı olduğundan) elemanlara bakarsak bunlar  $i_{K1}$ ,  $v_{K1}$  ve  $R_1$ ’dir. Bu nokta tanıma göre düğüm noktasıdır. A, B ve C noktaları bir düğümdür ve aynı düğümü temsil ederler.
2. Yine aynı şekilde G ve H noktaları da elektriksel olarak aynı nokta olup Bu noktalara  $v_{K2}$  ve  $R_5$  direnci bağlı olduğundan bir düğümdürler.
3. D noktasına  $i_{K1}$ ,  $v_{K2}$  ve  $R_2$  bağlı olduğundan,
4. E noktasına  $R_1$ ,  $R_2$  ve  $R_3$  bağlı olduğundan,
5. F noktasına  $v_{K1}$ ,  $R_3$  ve  $R_4$  bağlı olduğundan,
6. I noktasına  $R_4$ , ve  $R_5$  bağlı olduğundan bunların her biri bir düğümdür.

Toplam olarak düğüm sayısı 6 adettir.

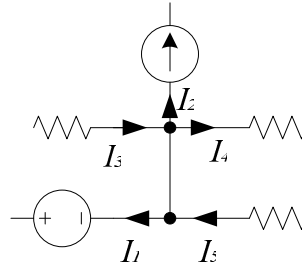
Halka örnekleri:

1. D düğümünden başlayarak,  $R_2$ , E düğümü,  $R_3$ , F düğümü,  $R_4$ , I düğümü,  $R_5$ , G-H düğümü,  $v_{K2}$  ve en son tekrar D düğümüne kadar izlenen yol bir halkadır.
2. A-B-C düğümünden başlayarak,  $R_1$ , E düğümü,  $R_2$ , D düğümü,  $i_{K1}$ , ve en son tekrar A-B-C

düğümüne kadar izlenen yol bir halkadır.

3. A-B-C düğümünden başlayarak,  $R_1$ , E düğümü,  $R_3$ , F düğümü,  $V_{K1}$ , A-B-C düğümü,  $R_1$ , E düğümü,  $R_2$ , D düğümü,  $I_{K1}$  ve en son tekrar A-B-C düğümüne kadar izlenen yol bir halka değildir.

Devredeki düğümler ve halkaların tespitinin yapılmasından sonra Kirchoff'un yasaları verilebilir. Kirchoff'un yasalarının ilki Kirchoff'un Akım Kanunu ( KAK ) olarak adlandırılır. Kirchoff'un Akım Kanununa göre "Bir devredeki herhangi bir düğümden çıkan akımların (düğüme giren akımların) toplamı sıfırdır." Burada dikkat edilecek husus KAK'ya göre çıkan(giren) akımların yönleridir. Akım düğümden çıkıyorsa pozitif ( negatif ) , düğüme giriyorsa negatif ( pozitif ) kabul edilir.



Şekil.TDK.15. Örnek.TDK.9 için devre

**Örnek.TDK.9.** Şekil.TDK15'de görülen düğüm için KAK eşitliğini yazınız

**Çözüm:** Çıkan akımlar için:

$$+ I_1 + I_2 - I_3 + I_4 - I_5 = 0$$

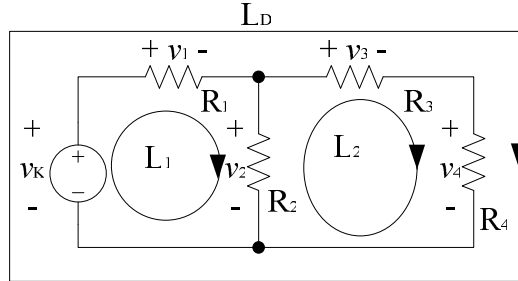
Giren akımlar için:

$$- I_1 - I_2 + I_3 - I_4 + I_5 = 0$$

Yukarıdaki her iki eşitlikte aynıdır.

Kirchoff'un gerilim kanunu ise "Devredeki herhangi bir kapalı halkadaki devre elemanları üzerinde düşen gerilimlerin toplamı sıfırdır." ile ifade edilir. Yine dikkat edilecek husus başlangıç düğümünden itibaren izlenen tek yönlü yol üzerinde devre elemanları üzerinde düşen gerilimlerin yönleridir. Bu yön eğer giren uç negatif çıkan uç pozitif ise yani bir gerilim yükselmesi varsa pozitif, tam tersi durumda yani gerilim düşümü varsa negatif olarak tespit edilir. Fakat pratik sebeplerden dolayı bu yöntem bazen karışıklara sebep olduğundan takip

edilen yol boyunca girilen uçların işaret ettiği işaret referans alınır. Yani eğer pozitif işaretli terminale giriliyorsa artı, negatif işaretli terminale giriliyorsa eksi alınır. Yukarıda bahsi geçen her iki yöntemde sonuç olarak aynı matematik denklemleri verirler.



Şekil.TDK.16. Örnek.TDK.10 için devre

**Örnek.TDK.10.** Şekil.TDK16'de görülen devredeki halkalar için KGK denklemlerini yazınız.

**Çözüm:**

Soldaki iç halka  $L_1$  için;

$$-V_K + V_1 + V_2 = 0$$

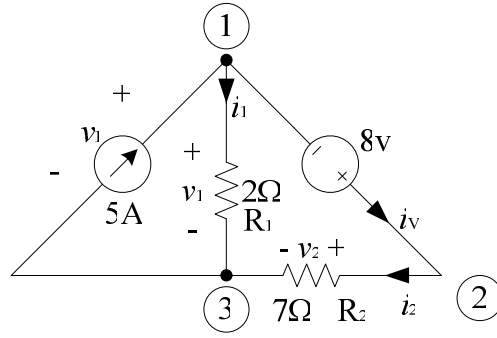
Sağdaki iç halka  $L_2$  için;

$$-V_2 + V_3 + V_4 = 0$$

Dış halka  $L_D$  için;

$$-V_K + V_1 + V_3 + V_4 = 0$$

Kirchoff'un akım ve gerilim kanununun kullanılması ile devredeki bütün bilinmeyenler devre elemanlarının değerlerinden faydalanılarak ve Ohm kanunu ve devre elemanlarının akım gerilim ilişkisinden faydalanılarak kolayca hesaplanır. Ortaya çıkan denklemler doğrusal cebir gibi yöntemler kullanılarak çözülür. Devre basit ve bilinmeyen sayısı az ise yok etme yöntemi kullanılır.



Şekil.TDK.17. Örnek.TDK.11 için devre

**Örnek.TDK.11.** Şekil.TDK17’de görülen devrede dirençler üzerinden geçen  $i_1$  ve  $i_2$  akımları ile üzerlerinde düşen  $v_1$  ve  $v_2$  gerilimlerini hesaplayınız.

**Çözüm:** İlk önce KAK yazalım;

1 nolu düğüm için;

$$-5 + i_1 + i_V = 0$$

Bu denkleme (1) denklemini diyelim. 2 nolu düğüm için;

$$i_2 - i_V = 0 \Rightarrow i_2 = i_V$$

Bu denkleme (2) denklemini diyelim. 3 nolu düğüm için;

$$5 - i_1 - i_2 = 0$$

Bu denkleme (3) denklemini diyelim. Şu anda 3 bilinmeyenli 3 denklem elde edilmiştir. Bu sistem eğer denklemler birbirinden bağımsız ise çözülebilir. Ama bu denklemler birbirinden bağımsız değildir. Dikkat edilirse (2) den (1)’i çıkarılırsa (3) denklemini elde edilir. Aslında burada bizim işimize yarayacak tek bir denklem vardır ve bu denklem (3) denklemdir. (1) ve (2) denklemleri  $i_V$  yani gerilim kaynağı üzerinden geçen akım direkt tespit edilemediğinden bir işe yaramamaktadır. KAK yazarken her zaman öncelik gerilim kaynaklarının bağlı olmadığı düğümlere verilir.

Şimdi de KGK yazalım;

Soldaki halka için;

$$-v_1 + v_1 = 0$$

Bu denkleme (4) denklemini diyelim. Sağdaki halka için;

$$-v_1 - 8 + v_2 = 0$$

Bu denkleme (5) denklemini diyelim. Dış halka için;

$$-v_1 - 8 + v_2 = 0$$

Bu denkleme (6) denklemini diyelim. Yine 3 bilinmeyenli 3 denklem elde edilmiştir. Yukarıda olduğu gibi bu denklemlerde birbirinden bağımsız değildir. Dikkat edilirse (6)dan (4)'ü çıkarırsak (5) denklemini elde edilir. Aslında burada bizim işimize yarayacak tek bir denklem vardır ve bu denklem (5) denklemdir. (4) ve (6) denklemleri  $v_1$  yani akım kaynağı üzerinde oluşan gerilim direkt tespit edilemediğinden bir işe yaramamaktadır. KGK yazarken her zaman öncelik akım kaynaklarının bağlı olmadığı halkalara verilir. Sonuç olarak 4 bilinmeyenli 2 denklem elde edilir. Denklem sayısı en az bilinmeyen sayısı kadar olmalıdır. Geri kalan iki denklem yazılırken Ohm kanunundan faydalanılır.

$$v_1 = 2i_1 \quad (7)$$

$$v_2 = 7i_2 \quad (8)$$

Ohm kanunundan faydalanarak denklem yazarken devre üzerinde işaretli gerilim ve akımların direnç referansına uyduğuna dikkat edilmelidir. Yani akım artı işaretli uçtan girip eksi işaretli uçtan çıkmalıdır. (7) ve (8)'i (5) denkleminde yerine koyarsak;

$$-2i_1 - 8 + 7i_2 = 0 \quad (9)$$

elde ederiz. (3) denklemini 7 ile çarpıp (9) ile toplayalım

$$\begin{array}{r} 35 - 7i_1 - 7i_2 = 0 \\ -2i_1 - 8 + 7i_2 = 0 \\ \hline 27 - 9i_1 = 0 \end{array}$$

Buradan

$$-9i_1 = -27 \Rightarrow i_1 = 3 \text{ A}$$

Bulunan değeri (3)te yerine koyalım.

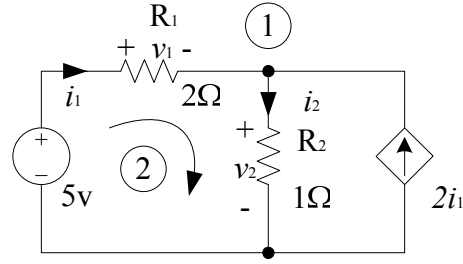
$$5 - 3 - i_2 = 0 \Rightarrow i_2 = 2 \text{ A}$$

olarak bulunur. Gerilimler  $v_1$  ve  $v_2$  için Ohm kanunundan yani (7) ve (8) denklemlerinden;

$$v_1 = 2i_1 = 2 \cdot 3 = 6 \text{ v}$$

$$v_2 = 7i_2 = 7 \cdot 2 = 14 \text{ v}$$

olarak bulunur.



Şekil.TDK.18. Örnek.TDK.12 için devre

**Örnek.TDK.12.** Şekil.TDK18’de görülen devrede dirençler üzerinden geçen  $i_1$  ve  $i_2$  akımları ile üzerlerinde düşen  $v_1$  ve  $v_2$  gerilimlerini hesaplayınız.

**Çözüm:** İlk önce KAK gerilim kaynağının bağlı olmadığı düğüm için yazalım. Akım kontrollü akım kaynağından geçen akımın  $i_1$ ’in 2 katı olduğuna dikkat ederek ve bu değeri yerine yazarak;

$$-i_1 + i_2 - 2i_1 = 0$$

KGK akım kaynağının olmadığı 2 halkası için yazalım.

$$-5 + v_1 + v_2 = 0$$

Geri kalan iki denklem için Ohm kanundan faydalanalım.

$$v_1 = 2i_1$$

$$v_2 = 1i_2$$

$v_1$  ve  $v_2$ ’yi yerine yazalım.

$$-5 + 2i_1 + i_2 = 0$$

Denklemlerde  $i_2$ ’yi yok etmek için ilk denklemi -1 ile çarpıp son denklem ile toplayalım;

$$+3i_1 - i_2 = 0$$

$$\underline{-5 + 2i_1 + i_2 = 0}$$

$$-5 + 5i_1 = 0$$

Buradan

$$i_1 = 1 \text{ A ve } 3 \cdot 1 - i_2 = 0 \Rightarrow i_2 = 3 \text{ A}$$

olarak bulunur. Gerilimler  $v_1$  ve  $v_2$  için Ohm kanunundan;

$$v_1 = 2i_1 = 2 \cdot 1 = 2 \text{ v}$$

$$v_2 = 1i_2 = 1 \cdot 3 = 3 \text{ v}$$

olarak bulunur.