

# EEM211 ELEKTRİK DEVRELERİ-I

**Prof. Dr. Selçuk YILDIRIM**

Siirt Üniversitesi  
Elektrik-Elektronik Mühendisliği

**Kaynak (Ders Kitabı):**

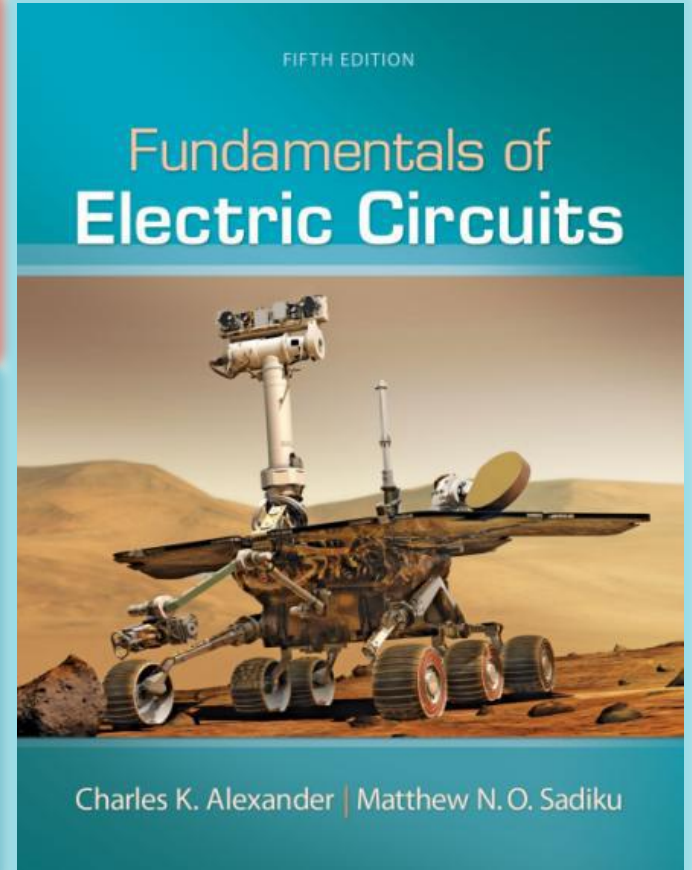
**Fundamentals of Electric Circuits**

Charles K. Alexander

Matthew N.O. Sadiku

*McGraw Hill, 5th edition*

ISBN: 978-0073380575, 2013.



# I - DOĞRU AKIM DEVRELERİ

## KONULAR:

- 1. Temel Kavramlar** (Yük ve Akım, Gerilim, Güç ve Enerji, Devre Elemanları)
- 2. Temel Kanunlar** (Ohm Kanunu; Düğüm, Dal, Çevre Kavramları; Kirchhoff Kanunları; Seri Dirençler ve Gerilim Bölme, Paralel Dirençler ve Akım Bölme, Y- $\Delta$  Dönüşümleri)
- 3. Analiz Yöntemleri** (Düğüm Gerilimleri Yöntemi, Çevre Akımları Yöntemi)

# I - DOĞRU AKIM DEVRELERİ

## KONULAR:

- 4. Devre Teoremleri** (Lineerlik Özelliği, Süperpozisyon, Kaynak Dönüşümü, Thevenin Teoremi, Norton Teoremi, Maksimum Güç Transferi)
- 5. İşlemsel Yükselteçler «Op-Amp'lar»** (İşlemsel Yükselteçler, İdeal Op-Amp)
- 6. Kapasite ve İndüktans** (Seri ve Paralel Bağlantıları)
- 7. Birinci Dereceden Devreler** (RL ve RC Devreleri)
- 8. İkinci Dereceden Devreler** (RLC Devreleri)

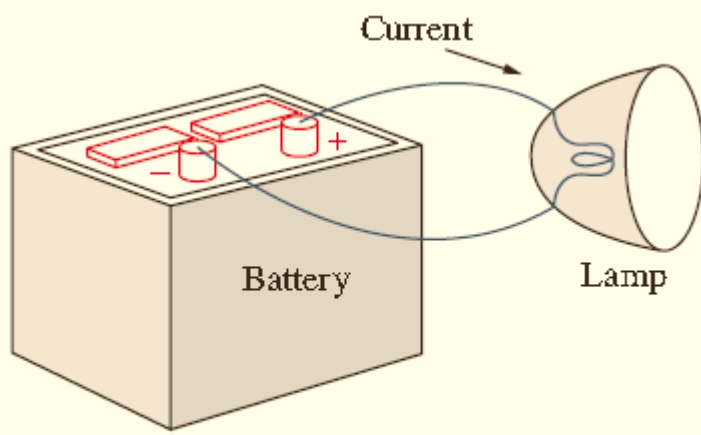
# 1. Bölüm: Temel Kavramlar

## 1.1 Giriş

Elektrik devre teorisi ve elektromanyetik alan teorisi, elektrik mühendisliğinin bütün dallarının üzerine bina edildiği iki temel teoridir. Elektrik mühendisliğinin birçok dalı (güç sistemleri, elektrik makineleri, kontrol, elektronik, haberleşme ve ölçme gibi) elektrik devre teorisine dayanmaktadır. Bundan dolayı, elektrik devre teorisi dersi bir elektrik mühendisliği öğrencisi için çok önemli bir derstir.

Elektrik mühendisliğinde, genellikle haberleşme veya enerjinin bir noktadan diğer bir noktaya iletimiyle ilgilenilir. Bu durum, elektrik cihazlarının birbirine bağlantısını gerektirir. Bu bağlantı ise, bir **elektrik devresi** olarak isimlendirilir ve devrenin her bir bileşeni **devre elemanı** olarak bilinir.

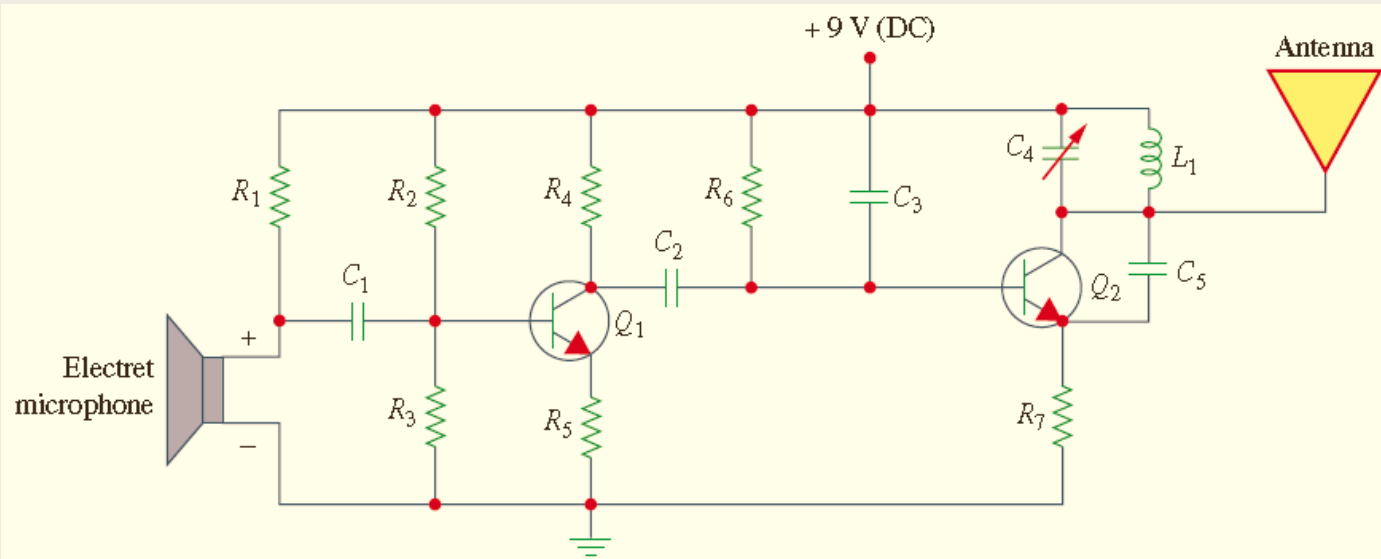
**Bir elektrik devresi, elektriksel elemanların birbirine bağlanmasıyla oluşur.**



**Figure 1.1**  
A simple electric circuit.

Şekil 1.1'de basit bir elektrik devresi görülmektedir. Devre; bir akü, bir lamba ve bağlantı iletkenlerinden oluşmaktadır.

Şekil 1.2'de ise bir radyo alıcısının şematik diyagramını gösteren, gerçek bir komplike devre verilmiştir. Devre komplike olarak görünmesine rağmen, bu derste öğrenilecek teknikler kullanılarak analiz edilebilmektedir. Böyle bir devrenin davranışı, analitik yöntemler ve bilgisayar yazılımları kullanılarak analiz edilebilir.



**Figure 1.2**  
Electric circuit of a radio transmitter.

- Elektrik devreleri, birçok elektrik sisteminde farklı görevleri yerine getirmek için kullanılırlar.
- Bu dersin amacı, devrelerin çeşitli kullanımlarının ve pratik uygulamalarının öğrenilmesi değildir. Bu derste, bizi en çok ilgilendiren şey devrelerin analizidir.
- Bir devrenin analizinden; devrenin davranışının incelenmesini anlıyoruz:
- Devre, verilen girişe nasıl bir cevap verir?
- Devrede birbirine bağlanmış elemanlar ve cihazlar devrede birbirini nasıl etkiler?

## 1.2 Birim Sistemleri

Elektrik mühendisleri olarak ölçülebilen büyüklüklerle ilgileneceğiz. Bu amaçla, uluslararası ölçme dili olan **SI (International System of Units)** birim sistemini kullanacağız.

**TABLE 1.1**

Six basic SI units and one derived unit relevant to this text.

Quantity	Basic unit	Symbol
Length	meter	m
Mass	kilogram	kg
Time	second	s
Electric current	ampere	A
Thermodynamic temperature	kelvin	K
Luminous intensity	candela	cd
Charge	coulomb	C

**TABLE 1.2**

The SI prefixes.

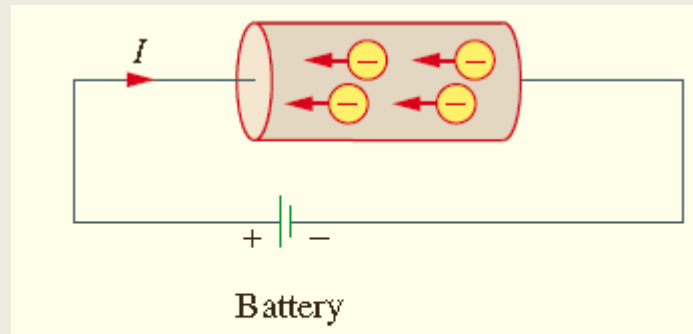
Multiplier	Prefix	Symbol
$10^{18}$	exa	E
$10^{15}$	peta	P
$10^{12}$	tera	T
$10^9$	giga	G
$10^6$	mega	M
$10^3$	kilo	k
$10^2$	hecto	h
10	deka	da
$10^{-1}$	deci	d
$10^{-2}$	centi	c
$10^{-3}$	milli	m
$10^{-6}$	micro	$\mu$
$10^{-9}$	nano	n
$10^{-12}$	pico	p
$10^{-15}$	femto	f
$10^{-18}$	atto	a

## 1.3 Yük ve Akım

- Bir elektrik devresinin en temel büyüklüğü **elektrik yüküdür**. (Bir yün kazak çıkartırken elektrik yükünün etkisini görürüz.)
- **Yük**; maddenin içerdiği atomik parçacıkların elektriksel özelliğidir ve Coulomb (C) birimiyle ölçülür.
- Bütün maddelerin yapısını atomlar oluşturur ve her bir atom; elektronlar, protonlar ve nötronlar içerir.
- Bir elektronun yükü negatiftir ve büyüklüğü  $1.602 \times 10^{-19}$  C 'dur. ( $e = -1.602 \times 10^{-19}$  C)
- Bir proton, elektron ile aynı büyüklükte pozitif bir yük taşır.
- 1 C'luk yükte  $1/1.602 \times 10^{-19} = 6.24 \times 10^{18}$  **elektron** vardır.
- Yükün korunumu kanununa göre; yük yoktan var edilemez, vardan yok edilemez, sadece transfer edilebilir.

## 1.3 Yük ve Akım

- Elektrik yükünün veya elektriğin tek bir özelliği; onun hareketli olduğu ve bir yerden diğer bir yere transfer edilebildiği gerçeğidir.
- Bir iletken tel, bir pile (elektromotor kuvvet kaynağına) bağlandığında yükler harekete geçer. Pozitif yükler, negatif yüklerin ters yönünde hareket eder. **Yüklerin bu hareketi elektrik akımını meydana getirir.**
- Geleneksel olarak akımın akışı, pozitif yüklerin hareketi olarak alınır. Bu durum, Şekil 1.3 'teki gibi negatif yüklerin akışına ters yöndedir.
- Metalik iletkenlerde akımın negatif yüklü elektronlardan meydana geldiğini bilmemize rağmen, geleneksel olarak (Benjamin Franklin'in gösterdiği gibi) akımın net pozitif yük akışı olduğunu kabul ediyoruz.
- **Elektrik akımı, yük değişiminin zamana oranıdır ve amper ile ölçülür.**



**Figure 1.3**

Electric current due to flow of electronic charge in a conductor.



## 1.3 Yük ve Akım

- Matematiksel olarak  $i$  akımı,  $q$  yükü ve  $t$  zamanı arasındaki bağıntı,

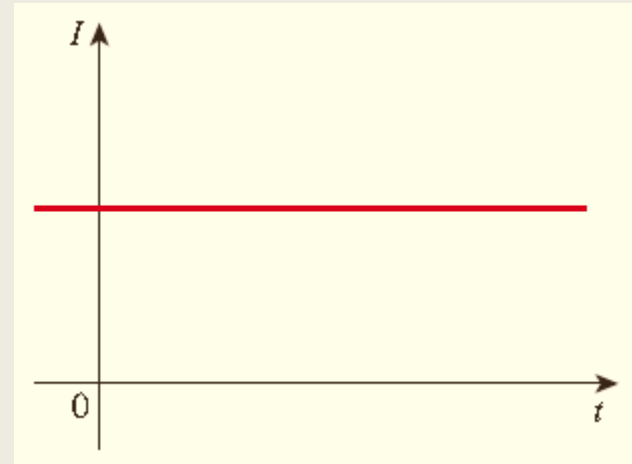
$$i = \frac{dq}{dt}$$

- Burada akım amper (A) olarak ölçülür ve **1 Amper = 1 Columb/saniye** 'dir.
- $t_0$  ile  $t$  zaman aralığında transfer edilen yük, yukarıdaki denklemin her iki tarafının integrali alınarak elde edilir.

$$Q = \int_{t_0}^t i dt$$

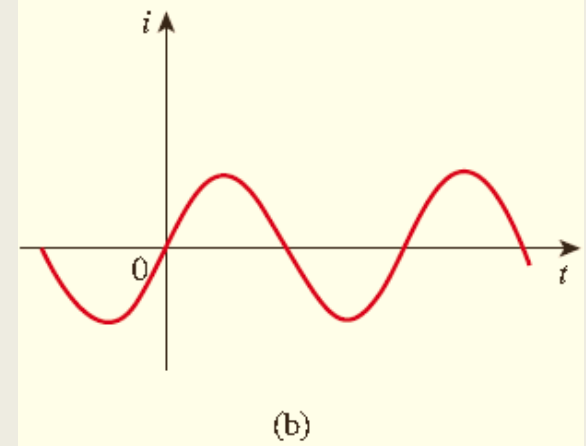
- Eğer akım zamanla değişmiyorsa, sabit kalıyorsa **doğru akım (dc)** olarak isimlendirilir.  $I$  sembolü doğru akımı göstermek için kullanılır.

- **Doğru akım (dc), zamanla değişmeyen sabit kalan bir akımdır.**



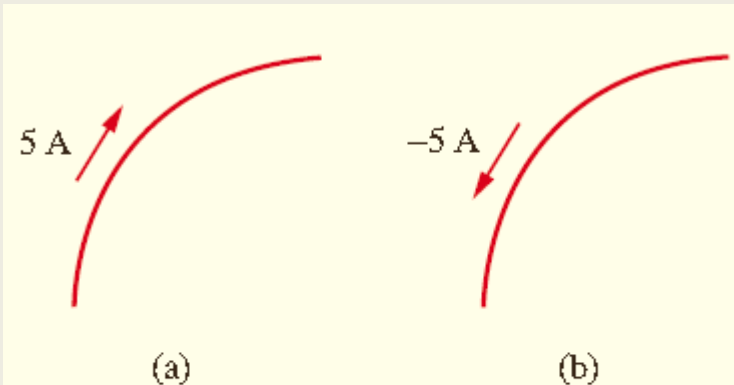
## 1.3 Yük ve Akım

- Eğer akım zamanla sinüzoidal olarak değişiyorsa, **alternatif akım (ac)** olarak isimlendirilir.
- $i$  sembolü zamanla değişen akımı göstermek için kullanılır.
- **Alternatif akım (ac), zamanla sinüzoidal olarak değişen bir akımdır.**
- Buzdolabı, çamaşır makinesi ve klima gibi diğer elektrikli cihazlar alternatif akım ile çalışır.



**Figure 1.4**

Two common types of current: (a) direct current (dc), (b) alternating current (ac).



**Figure 1.5**

Conventional current flow: (a) positive current flow, (b) negative current flow.

**Akımın yönü, pozitif yük hareketinin yönünde alınır.** Şekil 1.5'deki gibi, 5 A 'lik bir akım pozitif veya negatif olarak gösterilebilir. Şekil 1.5(b) 'de gösterildiği yönde akan -5 A 'lik negatif bir akım, Şekil 1.5(a)'da ters yönde akan +5 A 'lik pozitif akım ile aynıdır.

**Örnek 1.1:** 4600 tane elektrondan oluşan bir yükün miktarı ne kadardır?

**Çözüm:** Her bir elektronun yükü  $-1.602 \times 10^{-19}$  C 'dur.

4600 tane elektronun yükü:

$$-1.602 \times 10^{-19} \frac{\text{C}}{\text{elektron}} \times 4600 \text{ elektron} = -7.369 \times 10^{-16} \text{ C olur.}$$

**Ödev 1.1:** 6 milyon protondan oluşan yükün miktarını hesaplayınız.  
( $+9.612 \times 10^{-13}$  C)

**Örnek 1.2:** Bir iletkene giren toplam yük  $q = 5t \sin 4\pi t$  mC 'dur.

$t = 0.5$  s 'deki akımı hesaplayınız.

**Çözüm:**  $i = \frac{dq}{dt} = \frac{d}{dt} (5t \sin 4\pi t) \frac{\text{mC}}{\text{s}} = (5 \sin 4\pi t + 20\pi t \cos 4\pi t) \text{ mA}$

$t = 0.5$  s 'de,

$$i = 5 \sin 2\pi + 10\pi \cos 2\pi = 0 + 10\pi = 31.42 \text{ mA}$$

**Ödev 1.2:** Örnek 1.2'deki  $q = (10 - 10e^{-2t})$  mC ise  $t = 1.0$  s 'deki akımı bulunuz. (2.707 mA)

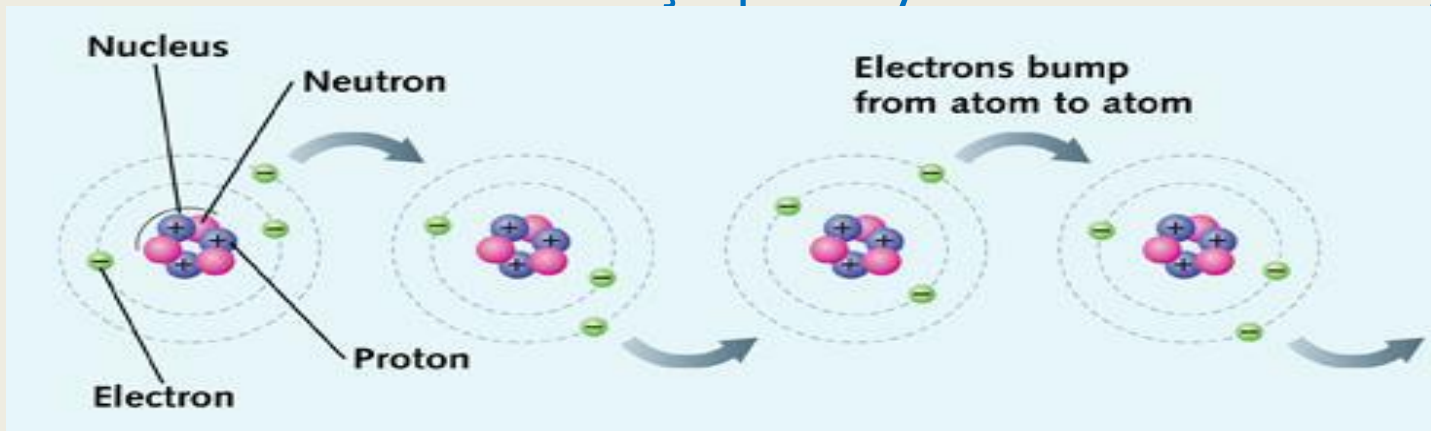
**Örnek 1.3:** Bir iletkenden geçen akım  $i = (3t^2 - t)$  A olduğuna göre,  $t = 1$  s ile  $t = 2$  s arasında iletkendeki toplam yükü bulunuz.

**Çözüm:**  $Q = \int_{t=1}^2 i dt = \int_1^2 (3t^2 - t) dt = \left( t^3 - \frac{t^2}{2} \right) \Big|_1^2$   
 $= (8 - 2) - \left( 1 - \frac{1}{2} \right) = 5.5 \text{ C}$

**Ödev 1.3:** Bir elemandan geçen akım,  $i = \begin{cases} 4 \text{ A}, & 0 < t < 1 \\ 4t^2 \text{ A}, & t > 1 \end{cases}$

olduğuna göre,  $t = 0$  'dan  $t = 2$  s 'ye kadar elemana giren toplam yükü hesaplayınız. (13.333 C)

**\*Elektronların atomdan atoma çarpmasıyla elektrik akımı oluşur.**



# 1.4 Gerilim

- Bir iletkendeki elektronu belirli bir yöndeki hareket ettirmek için bir miktar iş veya enerji transferi gerekir.
- Bu iş, Şekil 1.3'de gösterilen akü gibi dışarıdan bir elektromotor kuvvet (emk) uygulanarak gerçekleştirilir.
- Bu elektromotor kuvvet **gerilim** veya **potansiyel farkı** olarak da bilinir.
- Bir elektrik devresinde  $a$  ve  $b$  noktaları arasındaki  $v_{ab}$  **gerilimi**, **bir birim yükü  $a$  noktasından ve  $b$  noktasına taşımak için gereken enerji (iş) olarak tanımlanır.**
- Matematiksel olarak gerilim şu şekilde tanımlanır:

$$v_{ab} = \frac{dw}{dq}$$

- Burada,  $w$  **enerji** ve birimi **joule (J)**,  $q$  **yük** ve birimi **coulomb (C)** 'dur.
- $v_{ab}$  gerilimi veya basitçe  $v$  gerilimi **volt (V)** olarak ölçülür.
- **Gerilim (veya potansiyel farkı):** Bir devre elemanındaki birim yükü bir noktadan diğer bir noktaya taşımak için gereken enerjidir.
- $1 \text{ volt} = 1 \text{ joule/coulomb} = 1 \text{ newton} - \text{metre/coulomb}$

# 1.4 Gerilim

- Şekil 1.6'da  $a$  ve  $b$  noktaları arasında bağlanan bir elemandaki gerilim düşümü  $v_{ab}$  gösterilmektedir. Artı (+) ve eksi (-) işaretleri, referans yönünü veya gerilimin polaritesini tanımlamak için kullanılır.

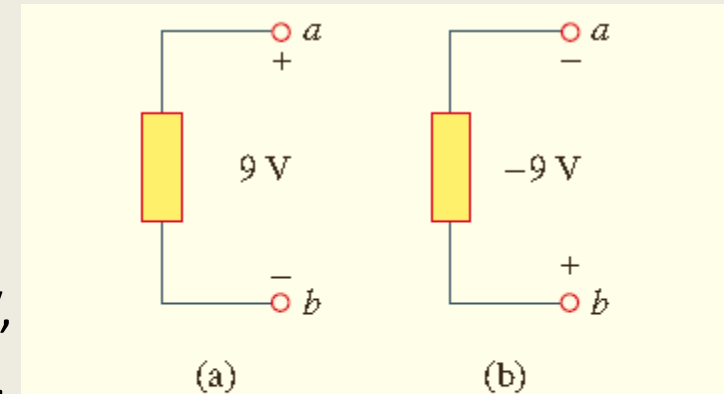
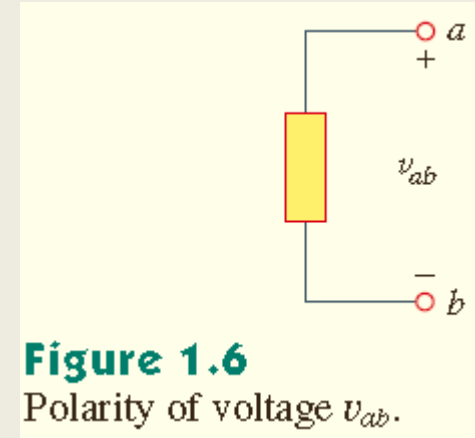
$v_{ab}$  iki şekilde yorumlanabilir:

- 1)  $a$  noktası,  $b$  noktasından daha yüksek bir  $v_{ab}$  potansiyelindedir.
- 2)  $a$  noktasındaki potansiyel,  $b$  noktasına göre  $v_{ab}$  'dir.

- Bu durum, genel olarak şöyle tanımlanır:

$$v_{ab} = -v_{ba}$$

- Şekil 1.7'de aynı gerilimin iki farklı gösterimi verilmiştir.
- Şekil 1.7(a)'da,  $a$  noktası  $b$  noktasına göre +9 V,
- Şekil 1.7(b)'de,  $b$  noktası  $a$  noktasına göre -9 V, potansiyelindedir.



**Figure 1.7**

Two equivalent representations of the same voltage  $v_{ab}$ : (a) Point  $a$  is 9 V above point  $b$ ; (b) point  $b$  is -9 V above point  $a$ .

## 1.4 Gerilim

- Şekil 1.7(a) 'da,  $a$  noktasından  $b$  noktasına 9 V 'luk bir gerilim düşümü,
- Şekil 1.7(b) 'de, eşdeğer olarak  $b$  noktasından  $a$  noktasına 9 V 'luk bir gerilim yükselmesi vardır.
- Akım ve gerilim, elektrik devrelerindeki iki temel değişkendir.
- Bir akım veya bir gerilim (veya elektromanyetik dalga) gibi bir elektriksel büyüklük bilgi taşımak için kullanıldığında, bu büyüklükler için genel olarak sinyal (işaret) terimi kullanılır.
- Mühendisler, haberleşmede bu değişkenleri zamana bağlı matematiksel fonksiyonlardan ziyade sinyaller olarak isimlendirirler.
- Elektrik akımına benzer şekilde, sabit bir gerilim dc gerilim olarak isimlendirilir ve  $V$  ile gösterilir.
- Sinüzoidal zamanla değişen bir gerilim ac gerilim olarak isimlendirilir ve  $v$  ile gösterilir.
- Bir da gerilimi, genellikle bir batarya (pil, akü) tarafından üretilir,
- Bir aa gerilimi, bir elektrik generatörü tarafından üretilir.

## 1.5 Güç ve Enerji

- Bir elektrik devresinde akım ve gerilim iki temel büyüklük olmasına rağmen akım ve gerilim tek başına yeterli değildir.
- Pratik uygulamalar için, bir elektrikli cihazın ne kadar **güç** verebildiğini bilmek isteriz. Deneyimlerimizden 100 W'lık bir lambanın 60 W'lık bir lambadan daha fazla ışık verdiğini biliyoruz.
- Aynı zamanda elektrik dağıtım şirketine faturamızı ödediğimizde, belirli bir zaman diliminde tüketilen **elektrik enerjisi** için ödeme yaptığımızı da biliyoruz.
- Bu nedenle, devre analizindeki güç ve enerji hesaplamaları önemlidir.
- **Güç: Harcanan veya çekilen enerjinin zamana oranıdır.**

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

- Burada,  $p$  güç ve birimi watt (W),  $w$  enerji ve birimi joule (J) ve  $t$  zaman ve birimi saniye (s) 'dir.
- Güç ve enerjinin, akım ve gerilim arasındaki ilişkiyi bulabiliriz:

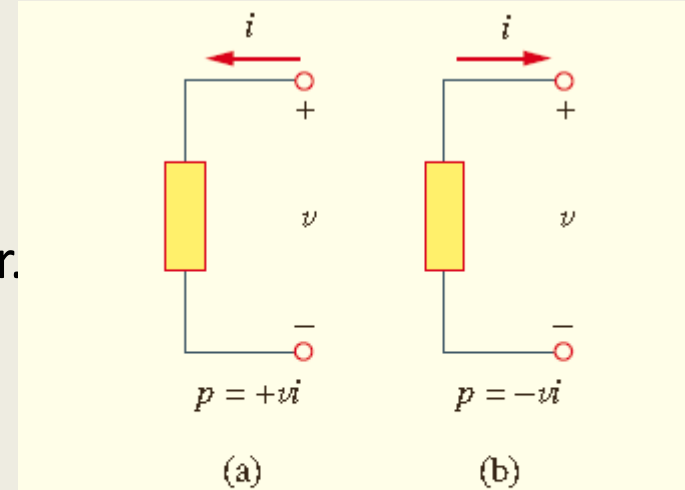
$$p = \frac{dw}{dt} = \frac{dw}{dq} \cdot \frac{dq}{dt} = vi$$

- $p = vi$  gücü, zamana göre değişen bir büyüklüktür ve anlık güç olarak isimlendirilir.
- Bir elemana verilen veya elemandan çekilen güç, elemanın uçlarındaki gerilim ile içinden geçen akımın çarpımıdır.



## 1.5 Güç ve Enerji

- Eğer güç  $+$  işaretliyse, elemana güç verilir veya eleman tarafından güç çekilir.
- Eğer güç  $-$  işaretliyse, eleman tarafından güç verilir.
- Gücün pozitif veya negatif işaretli olup olmadığını nasıl bileceğiz?
- Gücün işaretinin belirlenmesinde, **akımın yönü** ve **gerilimin polaritesi** önemli bir rol oynamaktadır.
- Gücün **pozitif** bir işarete sahip olması için, gerilimin polaritesi ile akım yönünün Şekil 1.8 (a) 'daki gösterime uygun olması gerekir.
- Bu işaretlemde akım, gerilimin pozitif polaritesinden girer. Bu durumda,  $p = +vi$  veya  $vi > 0$  olur ve eleman **güç çeker**.
- Bununla birlikte, Şekil 1.8 (b)' deki gibi, akım gerilimin negatif polaritesinden girerse,  $p = -vi$  veya  $vi < 0$  olur ve eleman **güç verir**.

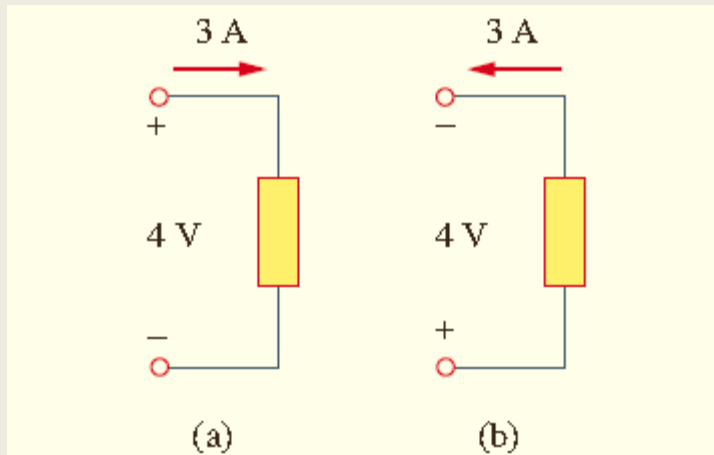


**Figure 1.8**

Reference polarities for power using the passive sign convention: (a) absorbing power, (b) supplying power.

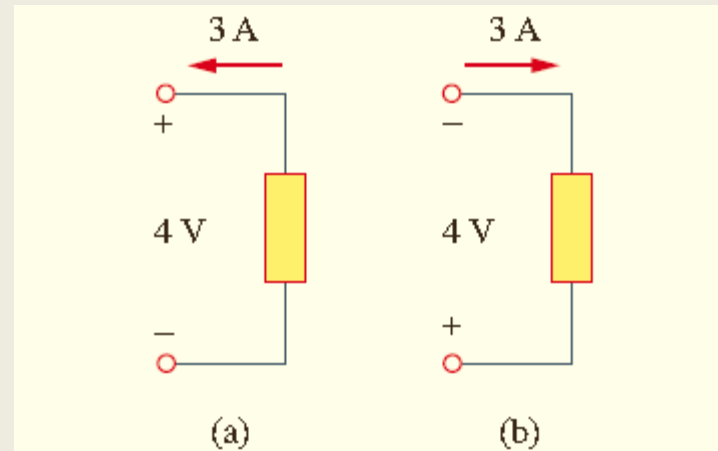
## 1.5 Güç ve Enerji

- Örneğin, Şekil 1.9 'da her iki durumda da pozitif bir akım pozitif uçtan girdiği için, her iki devrede de eleman **+12 W** 'lık güç çeker.



**Figure 1.9**

Two cases of an element with an absorbing power of 12 W: (a)  $p = 4 \times 3 = 12$  W, (b)  $p = 4 \times 3 = 12$  W.



**Figure 1.10**

Two cases of an element with a supplying power of 12 W: (a)  $p = -4 \times 3 = -12$ W, (b)  $p = -4 \times 3 = -12$  W.

- Şekil 1.10'da pozitif bir akım negatif uçtan girdiği için, eleman **+12 W** 'lık güç verir.
- Sonuçta, -12 W güç çekilmesi, +12 W güç verilmesine eşdeğerdir.

$$+\text{Çekilen güç} = -\text{Verilen güç}$$

## 1.5 Güç ve Enerji

- Bir elektrik devresinde, **enerjinin korunumu kanunu**'na uyulmalıdır. Yani, herhangi bir anlık zamanda bir devredeki güçlerin cebirsel toplamı sıfır olmalıdır.

$$\sum p = 0$$

- Devreye verilen toplam güç, devreden çekilen toplam güce eşit olmalıdır.
- $t_0$  anından  $t$  anına kadar devredeki bir eleman tarafından çekilen veya verilen enerji,

$$w = \int_{t_0}^t p dt = \int_{t_0}^t vi dt$$

- **Enerji; iş yapabilme kapasitesidir ve birimi joule (J) ile ölçülür.**
- Elektrik dağıtım şirketleri enerjiyi watt-saat (Wh) cinsinden ölçerler.

$$1 \text{ Wh} = 3600 \text{ J}$$

**Örnek 1.4:** Bir enerji kaynağı, bir lambadan  $10\text{ s}$  için  $2\text{ A}$  'lik sabit bir akım geçmesini sağlamaktadır. Lambanın ısı ve ışık şeklinde yaydığı enerji  $2.3\text{ kJ}$  olduğuna göre lambadaki gerilim düşümünü hesaplayınız.

**Çözüm:** Toplam yük;

$$\Delta q = i \Delta t = 2 \times 10 = 20\text{ C}$$

Gerilim düşümü;

$$v = \frac{\Delta w}{\Delta q} = \frac{2.3 \times 10^3}{20} = 115\text{ V}$$

olarak elde edilir.

**Ödev 1.4:** Bir  $q$  yükünü  $a$  noktasından  $b$  noktasına hareket ettirmek için gereken enerji  $-30\text{ J}$  'dur.

a)  $q = 6\text{ C}$ , b)  $q = -3\text{ C}$  yükleri için,  $v_{ab}$  gerilim düşümünü bulunuz. ( $-5\text{ V}$ ,  $10\text{ V}$ )

**Örnek 1.5:** Bir elemanın pozitif ucundan giren akım  $i = 5\cos 60\pi t\text{ A}$  ve gerilim, a)  $v = 3i$ , b)  $v = 3 \frac{di}{dt}$  'dir. Bu gerilimler için  $t = 3\text{ ms}$  'de elemana verilen güçleri bulunuz.

Çözüm:

a) Gerilim  $v = 3i = 15\cos 60\pi t$  'dir. Buradan güç;

$$p = vi = 75\cos^2 60\pi t \text{ W}$$

olur.  $t = 3 \text{ ms}$  'deki güç,

$$p = 75\cos^2(60\pi \times 3 \times 10^{-3}) = 75\cos^2 0.18\pi = 53.48 \text{ W}$$

b)  $v = 3 \frac{di}{dt}$  için gerilimi ve gücü bulalım.

$$v = 3 \frac{di}{dt} = 3(-60\pi)5\sin 60\pi t = -900\pi \sin 60\pi t \text{ V}$$

$$p = vi = -4500\pi \sin 60\pi t \cos 60\pi t \text{ W}$$

$t = 3 \text{ ms}$  'deki güç,

$$\begin{aligned} p &= -4500\pi \sin 0.18\pi \cos 0.18\pi \text{ W} \\ &= -14137.167 \sin 32.4^\circ \cos 32.4^\circ = -6.396 \text{ W} \end{aligned}$$

**Ödev 1.5:** Örnek 1.5'teki elemandan geçen akımın aynı kaldığı fakat gerilimlerin a)  $v = 2i$  V, b)  $v = \left(10 + 5 \int_0^t i dt\right)$  V olması durumları için  $t = 5 \text{ ms}$  'de elemana verilen güçleri bulunuz. (17.27 W, 29.7 W)

**Örnek 1.6:** 100 W'lık bir ampul 2 saatte ne kadar enerji tüketir?

**Çözüm:** Joule (J) olarak tüketilen enerji,

$$w = pt = 100 \text{ (W)} \times 2 \text{ (saat)} \times 60 \text{ (dak/saat)} \times 60 \text{ (s/dak)}$$
$$w = 720\,000 \text{ J} = 720 \text{ kJ}$$

Watt-saat (Wh) olarak tüketilen enerji,

$$w = pt = 100 \text{ (W)} \times 2 \text{ (saat)} = 200 \text{ Wh}$$

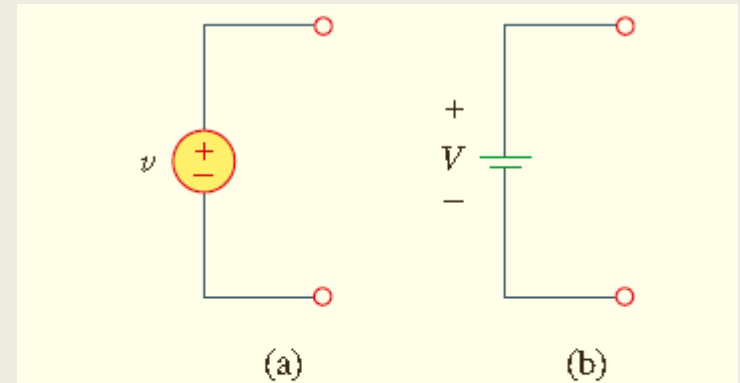
**Ödev 1.6:** Bir elektrikli ısıtıcı bağlandığı 240 V'luk bir kaynaktan 15 A akım çekmektedir. Bu ısıtıcı ne kadar sürede 180 kJ enerji tüketir? (50 s)

## 1.6 Devre Elemanları

- Bir elektrik devresi, elemanların bağlantısıyla oluşur. Devre analizi, devre elemanlarında düşen gerilimin veya devre elemanlarından geçen akımın bulunması işlemidir.
- Elektrik devrelerinde iki türlü eleman bulunmaktadır:  
**Pasif elemanlar** ve **aktif elemanlar**.
- Aktif bir eleman enerji üretme yeteneğine sahipken, pasif bir elemanda bu özellik yoktur.
- Pasif eleman örnekleri; **dirençler, kapasiteler ve indüktanslar** 'dır.
- Tipik aktif elemanlar; **generatörler, bataryalar (pil, akü) ve işlemel yükselteçler (Op-amp'lar)** 'dir.
- Bu bölümdeki amacımız, bazı önemli aktif elemanları tanımaktır.
- En önemli aktif elemanlar; genellikle bağlandığı devreye güç veren **gerilim veya akım kaynakları** 'dır.
- İki türlü kaynak vardır: **Bağımsız ve bağımlı kaynaklar**.

## Bağımsız Kaynaklar:

- Bir ideal bağımsız kaynak, diğer devre elemanlarından tamamen bağımsız olan ve belirli bir gerilim veya akım sağlayan aktif bir elemandır.
- Yani, bir ideal bağımsız gerilim kaynağı; uçlarından geçen akım ne olursa olsun uç gerilimini değiştirmeden devreye verir.
- Bataryalar (piller) ve generatörler gibi fiziksel kaynaklar ideal gerilim kaynaklarıdır.
- Şekil 1.11 'de bağımsız gerilim kaynakları sembolleri gösterilmiştir.
- Şekil 1.11a) ve b) 'deki semboller bir dc gerilim kaynağını göstermek için kullanılabilir.
- Ancak zamana göre değişen bir gerilim kaynağı için sadece Şekil 1.11a) 'daki sembol kullanılabilir.



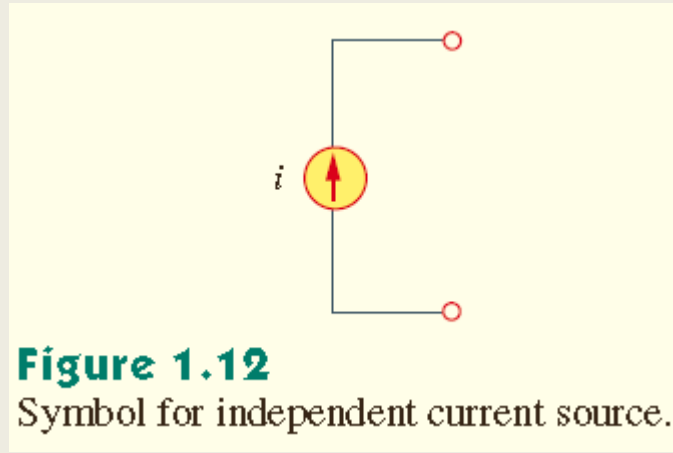
**Figure 1.11**

Symbols for independent voltage sources: (a) used for constant or time-varying voltage, (b) used for constant voltage (dc).



## Bağımsız Kaynaklar:

- Benzer şekilde, **bir ideal bağımsız akım kaynağı**, devredeki gerilim düşümlerinden tamamen bağımsız olarak belirli bir akım sağlayan aktif bir elemandır.
- Yani, **bir ideal bağımsız akım kaynağı**; uçlarındaki gerilim düşümü ne olursa olsun akımını değiştirmeden devreye verir.
- Şekil 1.12 'de bir bağımsız akım kaynağı sembolü gösterilmiştir.
- Semboldeki ok işareti,  $i$  akımının yönünü göstermektedir.



## Bağımlı (Kontrollü) Kaynaklar:

- Bir ideal bağımlı (kontrollü) kaynak, kaynağın büyüklüğü devredeki diğer gerilim veya akım tarafından kontrol edilen aktif bir elemandır.
- Bağımlı kaynağın (gerilim veya akım kaynağının) kontrolü, devredeki diğer bir elemanın gerilimi veya akımı tarafından yapıldığı için bağımlı kaynaklar dört farklı türde olabilir:

1. Gerilim kontrollü gerilim kaynağı (GKGK).
2. Akım kontrollü gerilim kaynağı (AKGK).
3. Gerilim kontrollü akım kaynağı (GKAK).
4. Akım kontrollü akım kaynağı (AKAK).

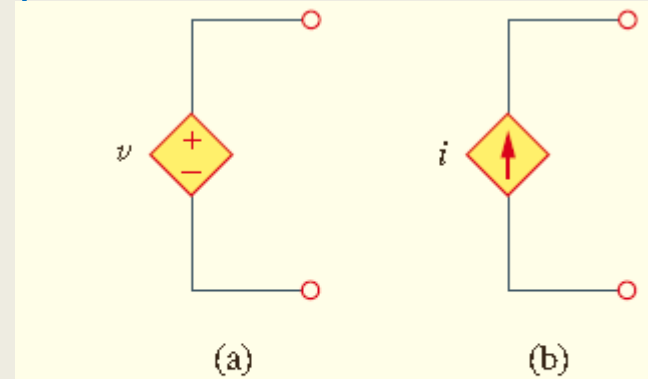
- Bağımlı kaynakların sembolleri

Şekil 1.13'te gösterilmiştir.

- Şekil 1.13a)'da bağımlı gerilim

kaynağının sembolü,

- Şekil 1.13b)'de bağımlı akım kaynağının sembolü gösterilmiştir.

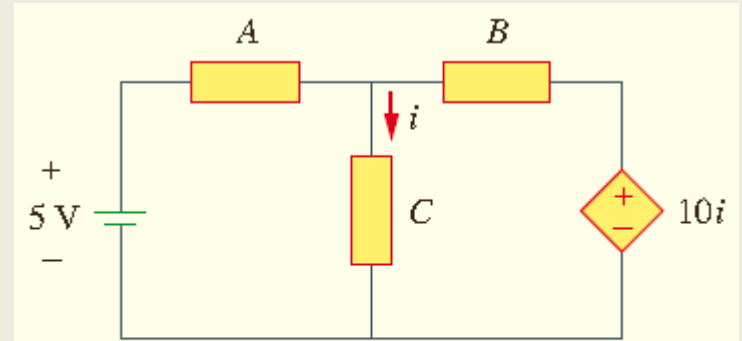


**Figure 1.13**

Symbols for: (a) dependent voltage source, (b) dependent current source.

## Bağımlı (Kontrollü) Kaynaklar:

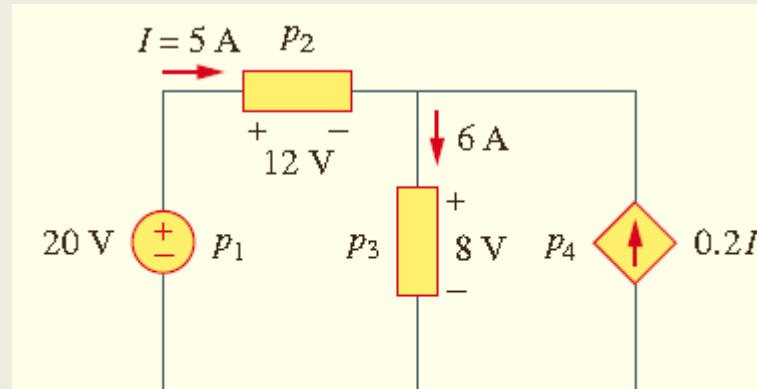
- Bağımlı kaynaklar, transistör ve işlemsel yükselteç (op-amp) gibi elemanlar ile entegre devrelerin modellenmesinde kullanılan faydalı bir kavramdır.
- Şekil 1.14'ün sağ tarafında akım kontrollü bir gerilim kaynağı gösterilmiştir.
- Burada gerilim kaynağının gerilimi  $10i$  'dir ve devredeki  $C$  elemanından geçen  $i$  akımına bağlıdır.
- Burada bağımlı gerilim kaynağının değeri  $10i$  V 'tur ( $10i$  A değildir).
- Bağımlı kaynağın sembolünde polariteler (+ -) bulunduğunda, bağlı olduğu değere bakılmaksızın bağımlı gerilim kaynağı olur.
- Bağımlı kaynağın sembolünde ok işareti bulunduğunda, bağlı olduğu değere bakılmaksızın bağımlı akım kaynağı olur.



**Figure 1.14**

The source on the right-hand side is a current-controlled voltage source.

**Örnek 1.7:** Şekil 1.15 'deki her bir eleman tarafından verilen veya harcanan gücü hesaplayınız.



**Figure 1.15**

For Example 1.7.

$$p_1 = 20(-5) = -100 \text{ W (verilen güç)}$$

$$p_2 = 12(5) = 60 \text{ W (harcanan güç)}$$

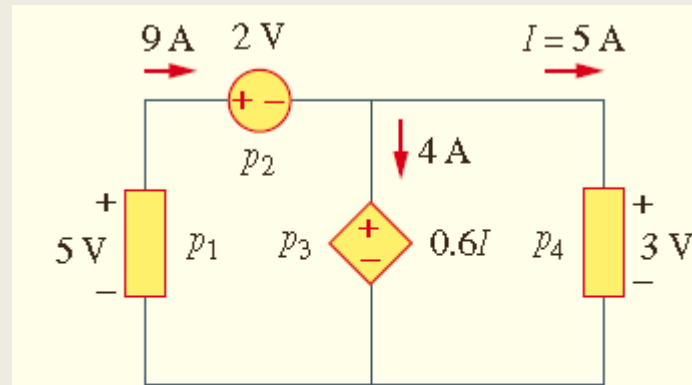
$$p_3 = 8(6) = 48 \text{ W (harcanan güç)}$$

$$p_4 = 8(-0.2I) = -8 \text{ W (verilen güç)}$$

$$p_1 + p_2 + p_3 + p_4 = -100 + 60 + 48 - 8 = 0$$

**Verilen toplam güç, harcanan toplam güce eşittir.**  
(Enerjinin Korunumu Kanunu)

**Ödev 1.7:** Şekil 1.16 'daki devrenin her bir bileşeni tarafından verilen veya harcanan gücü hesaplayınız.



**Figure 1.16**

For Practice Prob. 1.7.