

ELEKTRİK DEVRE TEMELLERİ DERS NOTLARI

Tanımlar, Birimler, Elektriksel Büyüklükler, Elektriksel Ölçme

Genel Bakış

- Birimler
- Sayı biçimleri
- Birim önekleri
- Birim ve öneklerin dönüşümü
- Değişken ve birim terminolojisi
- Elektriksel Büyüklükler
- Elektriksel Ölçme

Birimler

- Temel bilimsel birimler
- Temel elektriksel birimler

Temel Birimler

♦ <u>Kütle</u>	gram	g
♦ <u>Uzunluk</u>	metre	m
♦ <u>Zaman</u>	saniye	s
♦ <u>Yük</u>	coulomb	C
♦ <u>Enerji</u>	joule	J

Temel Birimler - Elektriksel

♦ <u>Direnç</u>	ohm	Ω
♦ <u>Akım</u>	amp	A
♦ <u>Gerilim</u>	volt	V
♦ <u>Güç</u>	watt	W

Sayı Biçimleri

♦ Genel biçim	12300
♦ On'un katları	10^4
♦ Bilimsel gösterim	$1,23 \times 10^4$
♦ Mühendislik gösterimi	$12,3 \times 10^3$

Coulomb
Saniye

Bir yükü bir
noktadan diğeri noktaya
taşımak için gereken
oler enerji..

Birim zamanda

Birimler

On' un Katları

1	10^0	temel
10	10^1	
100	10^2	
1 000	10^3	
10 000	10^4	

On'un Ondalık Katları

1,0	10^0	temel
0,1	10^{-1}	$1/10$
0,01	10^{-2}	$1/100$
0,001	10^{-3}	$1/1000$
0,0001	10^{-4}	$1/10000$

Bilimsel Gösterim

♦ Biçim $d,ddd \times 10^n$

not: yalnız rakam ondalık noktanın
solunda

$$12\ 300 = 1,23 \times 10^4$$

$$0,0456 = 4,56 \times 10^{-2}$$

On'un Katları Olarak Sayılar

$$\begin{array}{ccc} 12\ 300 & = & 12\ 300 \times 10^0 \\ & & 1\ 230 \times 10^1 \\ & & 123 \times 10^2 \\ & & 12,3 \times 10^3 \\ & & 1,23 \times 10^4 \end{array}$$

Bilimsel Gösterime Dönüşüm

$$\begin{array}{c} 12\ 300 \\ 12\ 300 \times 10^0 \\ \leftarrow\leftarrow\leftarrow\rightarrow \\ \text{sayı 4 basamak aşağı} \quad \text{Üs 4 basamak yukarı} \\ 1,23 \times 10^4 \end{array}$$

Başka Bir Dönüşüm Örneği

$$\begin{array}{c} 0,0456 \\ 0,0456 \times 10^0 \\ \rightarrow\rightarrow \\ \text{sayı 2 basamak yukarı} \quad \text{Üs 2 basamak aşağı} \\ 4,56 \times 10^{-2} \end{array}$$

Mühendislik Gösterimi

♦ Biçim $\text{sayı} \times 10^n$ n 3'ün katı

$$12\ 300\ 000 = 12,3 \times 10^6$$

$$0,0456 = 45,6 \times 10^{-3}$$

Ast-Üst Birimler

yotta [Y] $10^{24} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000$

zetta [Z] $10^{21} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000$

exa [E] $10^{18} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000$

peta [P] $10^{15} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000$

tera [T] $10^{12} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000$

giga [G] $10^9 = 1\ 000\ 000\ 000$

mega [M] $10^6 = 1\ 000\ 000$

kilo [k] $10^3 = 1\ 000$

hecto [h] $10^2 = 100$

deca [da] $10^1 = 10$

deci [d] $10^{-1} = 0.1$

centi [c] $10^{-2} = 0.01$

milli [m] $10^{-3} = 0.001$

micro [μ] $10^{-6} = 0.000\ 001$

nano [n] $10^{-9} = 0.000\ 000\ 001$

pico [p] $10^{-12} = 0.000\ 000\ 000\ 001$

femto [f] $10^{-15} = 0.000\ 000\ 000\ 000\ 001$

atto [a] $10^{-18} = 0.000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 001$

zepto [z] $10^{-21} = 0.000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 001$

yocto [y] $10^{-24} = 0.000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 001$

On'un Mühendislikteki Katları

<u>Üs 3'ün katıdır</u>	10^9
1	10^9
1 000	10^3
1 000 000	10^6
1 000 000 000	10^9
1 000 000 000 000	10^{12}

On'un Mühendislikteki Katları (-)

1	10^0
0,001	10^{-3}
0,000 001	10^{-6}
0,000 000 001	10^{-9}
0,000 000 000 001	10^{-12}

Değişken ve birim terminolojisi

- ♦ I = 5 mA
- ♦ I → akım değişkeni veya parametresi
- ♦ 5 → sayısal miktar
- ♦ m → önek mili (10^{-3})
- ♦ A → birim Amper ya da Amp

Öneklerin Dönüşümü

- ♦ $0,12 \text{ mA}$ mikroamper'e çevrilsin
- ♦ $m \rightarrow \mu$
- ♦ $10^{-3} \rightarrow 10^{-6}$ önek 3 hane aşağı
sayı 3 hane yukarı
- ♦ $0,12 \times 10^3 \mu\text{A}$
- ♦ 120 μA

$$10^{-3} \text{ Amper} = 1 \text{ mA} = 1000 \text{ mikro Amper}$$

Önek Örnekleri

0,0123 A	genel sayı
$12,3 \times 10^{-3} \text{ A}$	mühendislik gösterimi
12,3 mA	önek gösterimi

Önek Örnekleri

0,00012 A	$120 \times 10^{-6} \text{ A}$	$120 \mu\text{A}$
34500 V	$34,5 \times 10^3 \text{ V}$	$34,5 \text{ kV}$
$6,8 \times 10^7 \Omega$	$68 \times 10^6 \Omega$	$68 \text{ M}\Omega$

$$1 \Omega = 10^6 \text{ m}\Omega$$

ohm mega ohm

Temel Elektriksel Nicelikler

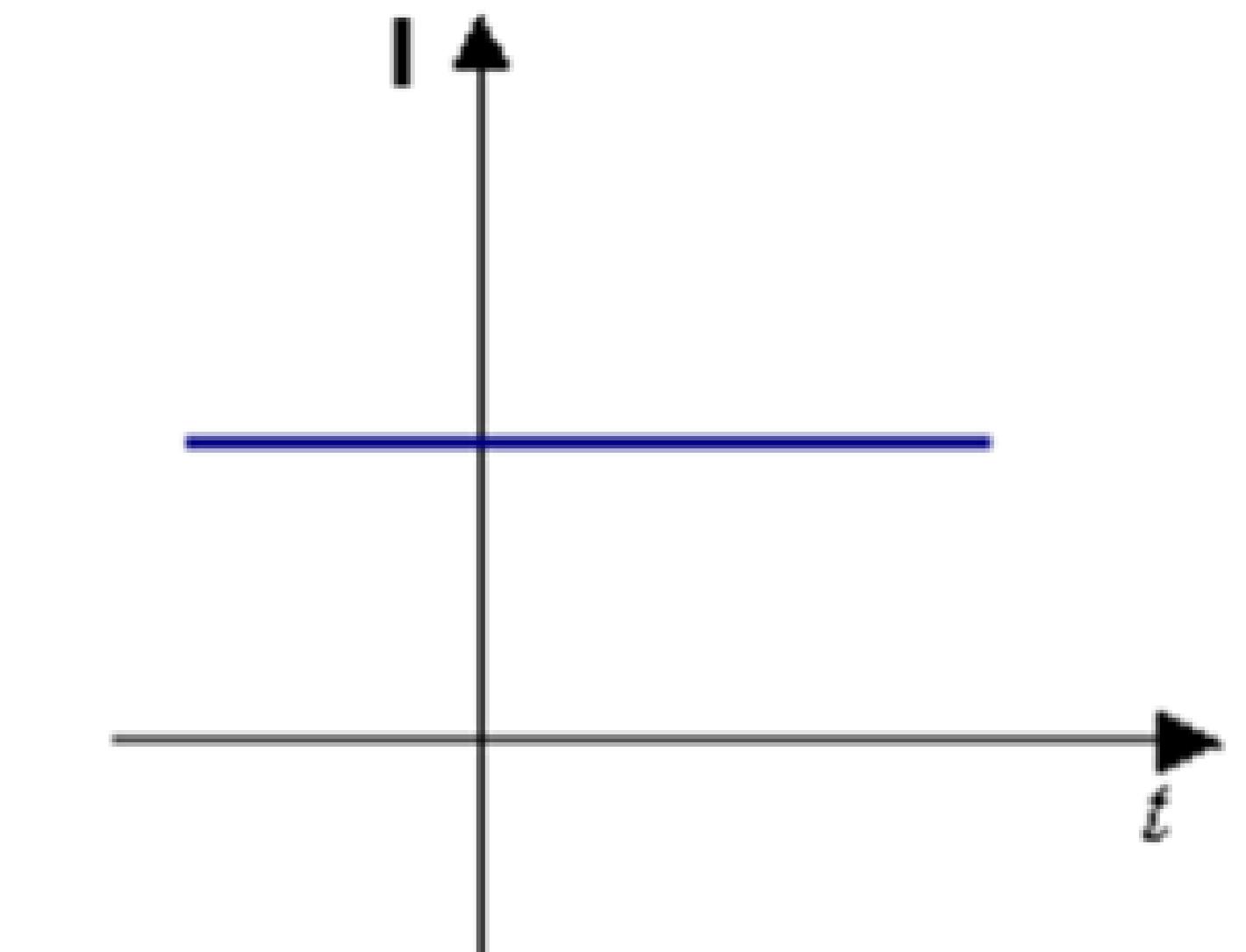
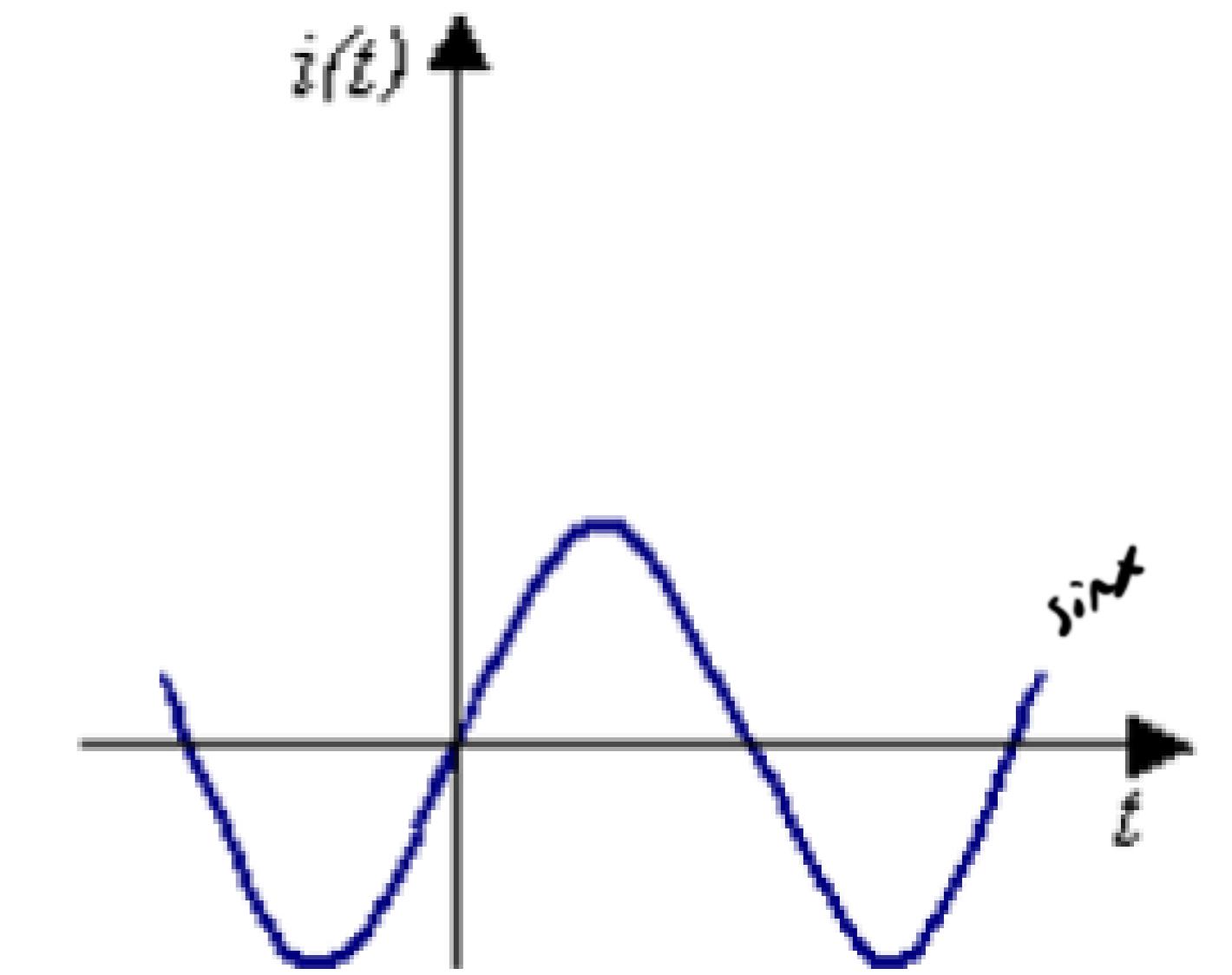
Temel Elektriksel Nicelikler

- Temel Nicelikler: **Akım, Gerilim ve Güç**
 - *Akım (I)*: Elektrik yükünün zamanla değişim oranıdır.
 $i(t) = dq(t)/dt$ veya $I=Q/t$
1 Amp = 1 Coulomb/sn
 - *Gerilim (V)*: Elektromotor kuvvet ya da potansiyel
1 Volt = 1 Joule/Coulomb = 1 N·m/coulomb
 $v(t)=dw(t)/dq(t)$ veya $V=W/Q$
 - *Güç (P)*: $p(t)=dw(t)/dt$ veya $P = I V$
1 Watt = 1 Volt·Amp = 1 Joule/sn

Akım (I)

- Bir iletkenin kesitinden birim zamanda geçen toplam yük miktarıdır.
- Akımın işaretini akışın yönünü belirtir.
- Akım Tipleri:
 - **Alternatif Akım(AC):** Evlerde kullanılır. Alternatif akımın zamana göre yönü ve şiddeti değişir.
 - **Doğru Akım(DC):** Bataryalar ve bazı üreteçler doğru akım verir. Zamanla sabittir. Yönü ve şiddeti değişmez

*zamana göre
yönü ve şiddeti değişen
akıma alternatif akım denir.*



Akim

- Akımın birimi amper (A)'dır.
- 1 amper, saniyede 1 Coulomb yükün geçmesine eşdeğerdir.

+,- yüklerin ıslak
gerisi.

$$i(t) = \frac{dq(t)}{dt} \quad \text{ya da} \quad q(t) = \int_{-\infty}^t i(x)dx$$

- Alıştırma 1: 2 A akım geçen bir elektrik devresinde 100 C yük aktarmak için ne kadar zaman gereklidir?

$$i(t) = \frac{dq(t)}{dt} \quad 2 = \frac{100}{dt} \quad dt = 50 \text{ s}$$

Gerilim (V) / Elektromotor Kuvvet / Potasiyel Fark

- Bir devrede iki noktanın her birinde yer alan birim yüklerin enerji seviyeleri farkıdır.
- Bu yüzden gerilim birim yükü bir noktadan diğer bir noktaya transfer edebilmek için ihtiyaç duyulan enerjiyi temsil eder.
- Gerilimin $[v(t), V]$ birimi volt (V)'dur.
- 1 volt, 1 joule enerjiyle 1 coulomb yükün taşınmasıyla oluşan gerilimdir.

$$V = \frac{W}{q}$$

1 volt = $\frac{\text{joule}}{\text{coulomb}}$

Gerilim (V)

- Alıştırma 2: İki nokta arasında 2 V'luk enerji seviyesi farkı bulunan bir devrede 120 C'luk yükün bir noktadan diğerine taşınması için gerekli olan enerji ne kadardır?

$$V = \frac{W}{q} \quad 2 = \frac{W}{120} \quad W = 240J$$

$$2V = \frac{P}{I = 120C} \Rightarrow P = 240 \text{ Joule}$$

Güç (P)

- Enerjinin aktarılma hızı olarak tanımlanan güç enerjinin zamana göre türevidir.
- GÜCÜN birimi watt'dır.
- Gerilim ve akım miktarının çarpımı da gücü verir.

$$p = vi = \left(\frac{dw}{dq} \right) \left(\frac{dq}{dt} \right) = \frac{dw}{dt}$$

İşaret Gösterimi

- *Pasif işaret gösterimi* : Akım pozitif terminalden girmelidir



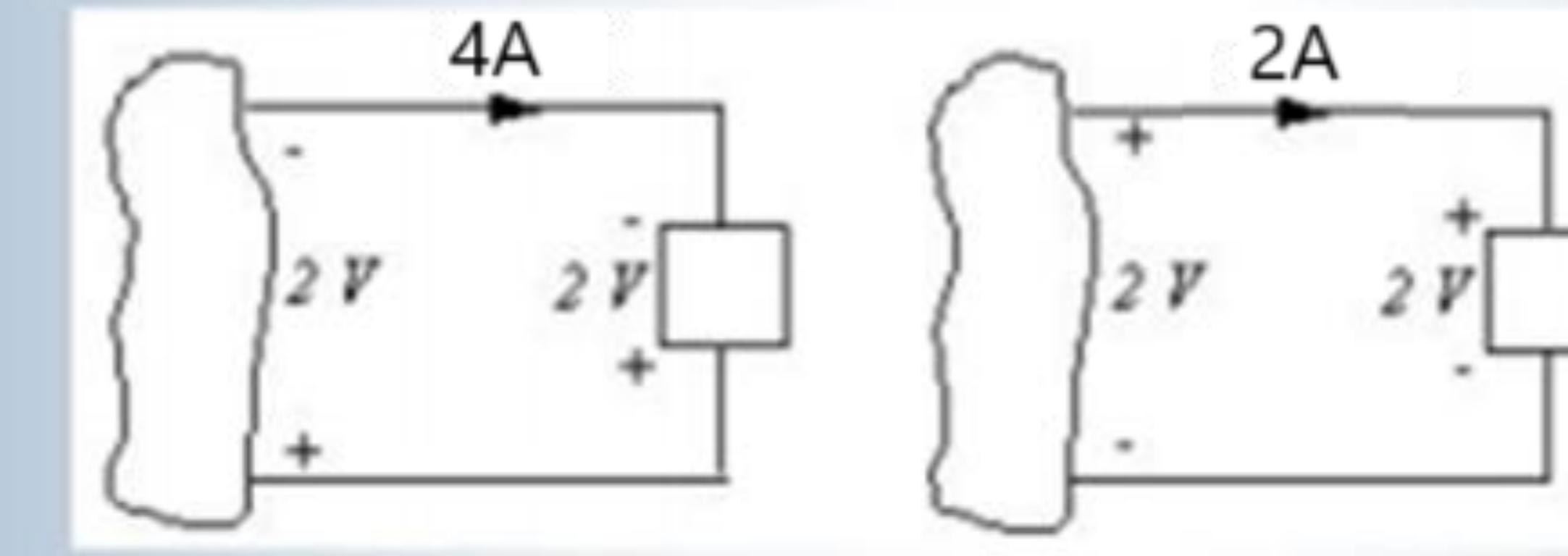
- $P = I V$ nin Sonucu;
 - Pozitif (+) Güç: eleman güç tüketmektedir
 - Negatif (-) Güç : eleman güç üretmektedir

Güç (P)

bir devreye verilen güç
alanın gücü eşittir

- Alıştırma 3:

Şekildeki devre elemanlarının ne kadar güç tüketiklerini ya da ürettiklerini bulunuz.



(a)

(b)

(a) $P = (2V)(-4A) = -8W$ Bu eleman güç üretiyor

(b) $P = (2V)(2A) = 4W$ Bu eleman güç tüketiyor.

Aktif ve Pasif Elemanlar

- **Aktif Elemanlar** enerji üretirler.

- Bataryalar
 - Akım ve gerilim kaynakları

- **Pasif elemanlar** enerji üretmezler.

- Dirençler
 - Kapasitörler ve İndüktörler (fakat enerji depolayabilirler)

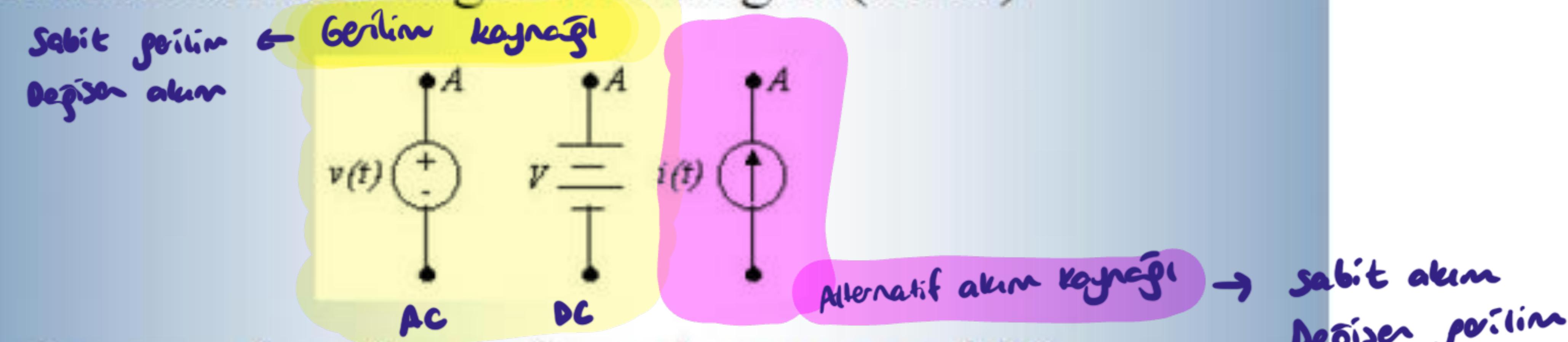
↙
Elektrostatik
enerji
depolar.

↙
Elektromanyetik
enerji depolar.

Bağımsız Kaynaklar

- Bir bağımsız kaynak (gerilim ya da akım) AA veya DA olabilir, fakat devre içindeki diğer akım veya gerilimlere bağlı değildir.

Bağımsız gerilim kaynağı iki uçlu bir elemandır ve içinden geçen akımdan bağımsız olarak uçları arasında belirtilen gerilimi sağlar(ideal)



Bağımsız akım kaynağı, uçları arasındaki gerilimden bağımsız olarak belirli bir akım değeri sağlayan iki uçlu bir elemandır(ideal)

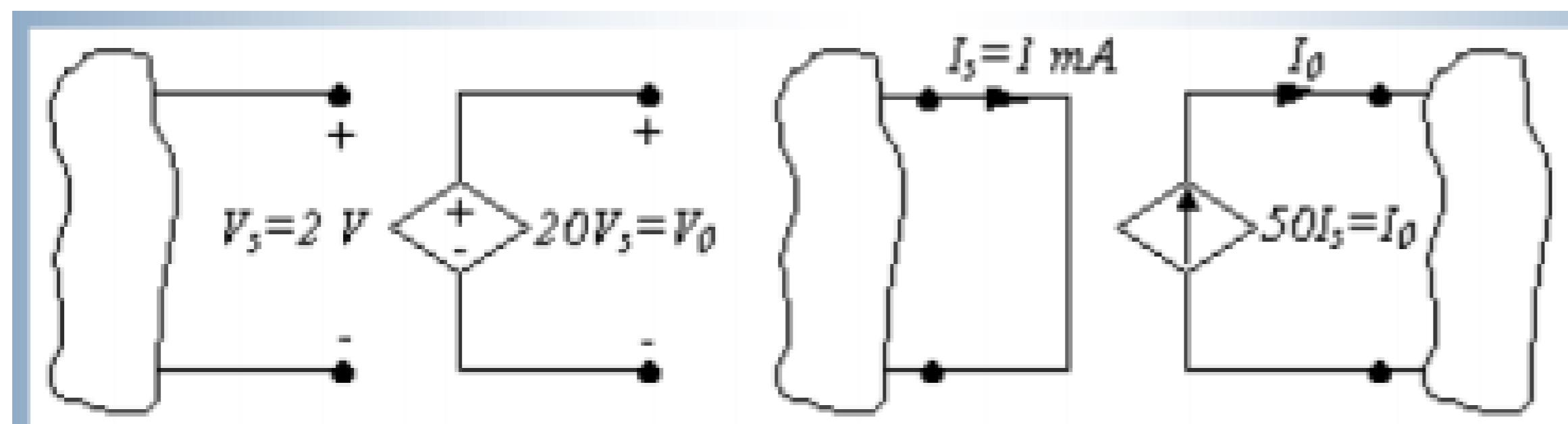
Bağımlı Kaynaklar

Bir bağımlı kaynağından geçen akım, devre içindeki diğer akım veya gerilimlerin bir fonksiyonudur.



Bağımsız ve Bağımlı Kaynaklar

- Alıştırma 4: Şekildeki devrelerde istenilen çıkışları bulunuz.



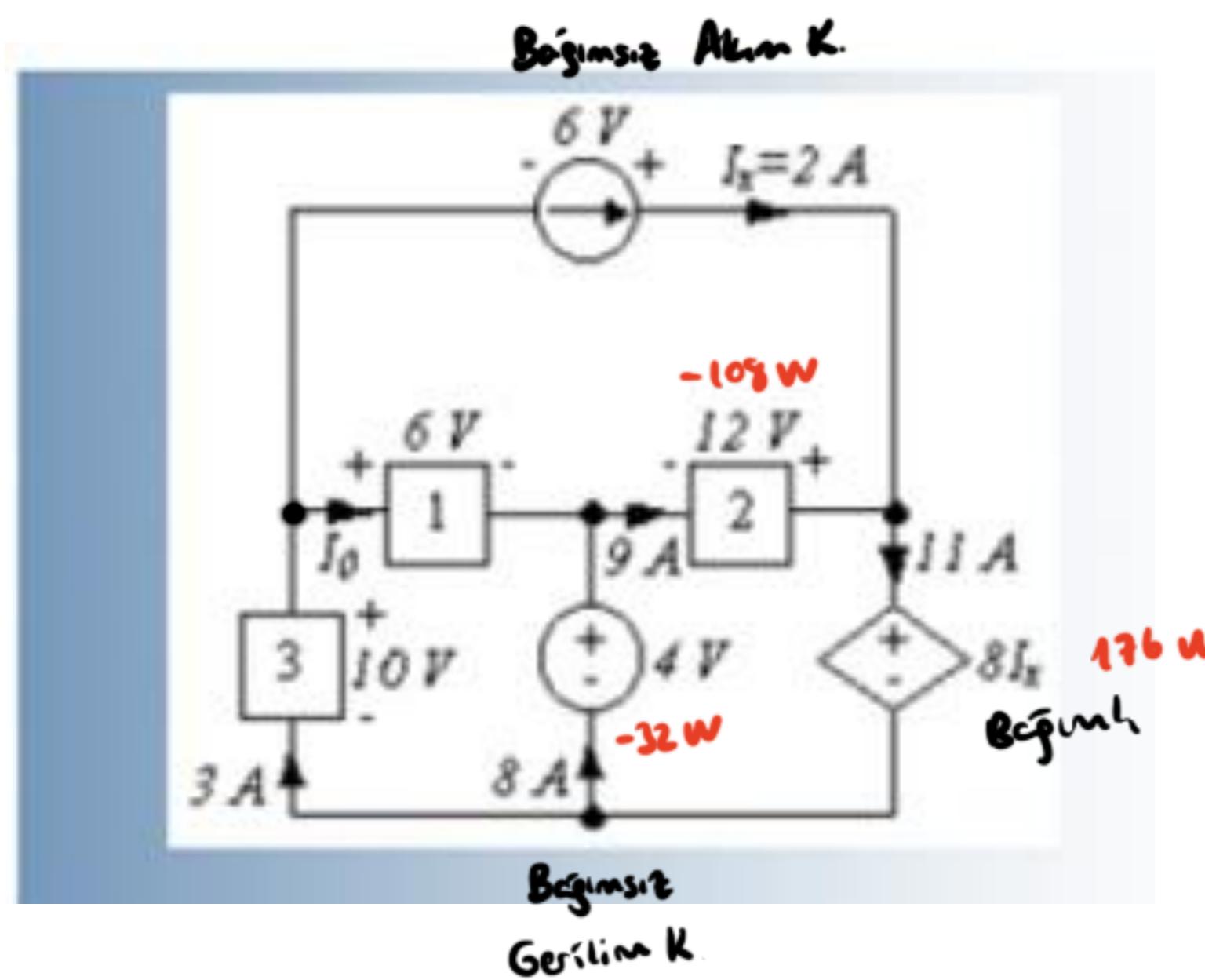
$$V_0 = \mu V_s$$

$$V_0 = 20V_s = (20)(2V) = 40V$$

$$I_0 = \beta I_s = (50)(1\text{ mA}) = 50\text{ mA}$$

Bağımsız ve Bağımlı Kaynaklar

- Alıştırma 5: Şekildeki devrede I_0 bulunuz.



Çözüm yolu:

- Kişofun akımlar yasasına göre bulabiliriz. ilerki bölümlerde göreceğiz.
- Bir elektrik devresinde, devreye uygulanan toplam güç, devreden çekilen toplam güç eşittir. Prensibine göre bulabiliriz

2. Prensibe göre bulalım:

Öncelikle, elemanların her biri tarafından alınan ya da verilen güçleri belirlemeliyiz.

$$\begin{aligned}P_{2A} &= (6)(-2) = -12W & P_1 &= (6)(I_0) = 6I_0 W & P_2 &= (12)(-9) = -108W \\P_3 &= (10)(-3) = -30W & P_{4V} &= (4)(-8) = -32W & P_{BK} &= (8I_x)(11) = (16)(11) = 176W\end{aligned}$$

enerjinin korunumundan,

$$-12 + 6I_0 - 108 - 30 - 32 + 176 = 0$$
$$6I_0 + 176 = 12 + 108 + 30 + 32$$
$$I_0 = 1A$$

PASİF DEVRE ELEMANLARI

1- Direnç

- Tüm maddeler elektron akışına az da olsa “direnç” gösterir.

•R	direnç sembolü
•Ohm	direnç birimi
•Ω	birim sembolü

Direnç

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

R = ohm cinsinden direnç (Ω)

ρ = elektriksel malzemenin $\Omega\text{-m}$ cinsinden
özdirenci

l = malzemenin metre cinsinden uzunluğu (m)

A = malzemenin metre kare cinsinden arakesit
alanı (m^2)

Direnç

Özdirenç

ρ

- ♦ İletken
 - ♦ Yalıtkan
 - ♦ Yarıiletken
- çok düşük
çok yüksek
ikisinin arasında

Özdirenç

Metal İletkenler

Gümüş	$16.4 \times 10^{-9} \Omega \cdot m$
Bakır	$17.2 \times 10^{-9} \Omega \cdot m$
Altın	$24.4 \times 10^{-9} \Omega \cdot m$
Alüminyum	$28.2 \times 10^{-9} \Omega \cdot m$

Özdirenç

Yarıiletkenler

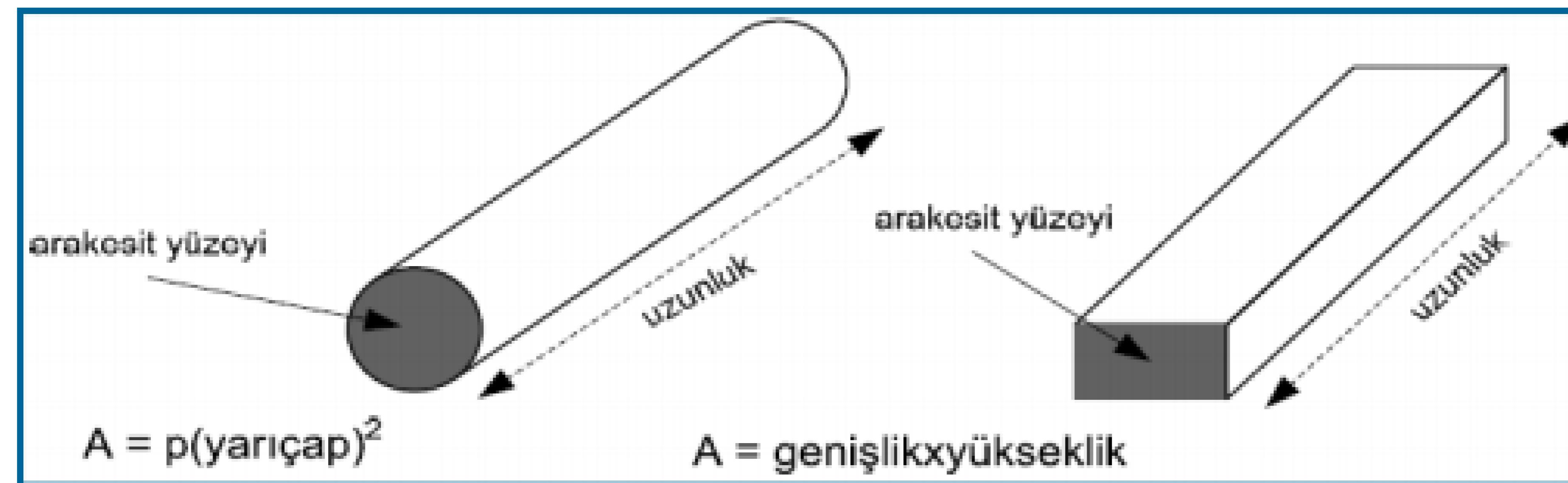
Karbon	$0.00004 \Omega \cdot m$
Germanyum	$0.47 \Omega \cdot m$
Silisyum	$640 \Omega \cdot m$

Özdirenç

Yalıtkanlar

Kağıt	$10 \times 10^9 \Omega \cdot m$
Mika	$500 \times 10^9 \Omega \cdot m$
Cam	$1000 \times 10^9 \Omega \cdot m$
Teflon	$3000 \times 10^9 \Omega \cdot m$

Direnç–Temel Geometri



İletkenlik

- Bir malzeme elektronları ne kadar iyi iletebilir?

• G	iletkenlik simbolü
• Siemens	iletkenlik birimi
• S	birim simbolü

$$G = \frac{1}{R}$$

“İletkenlik direncin tersidir.”

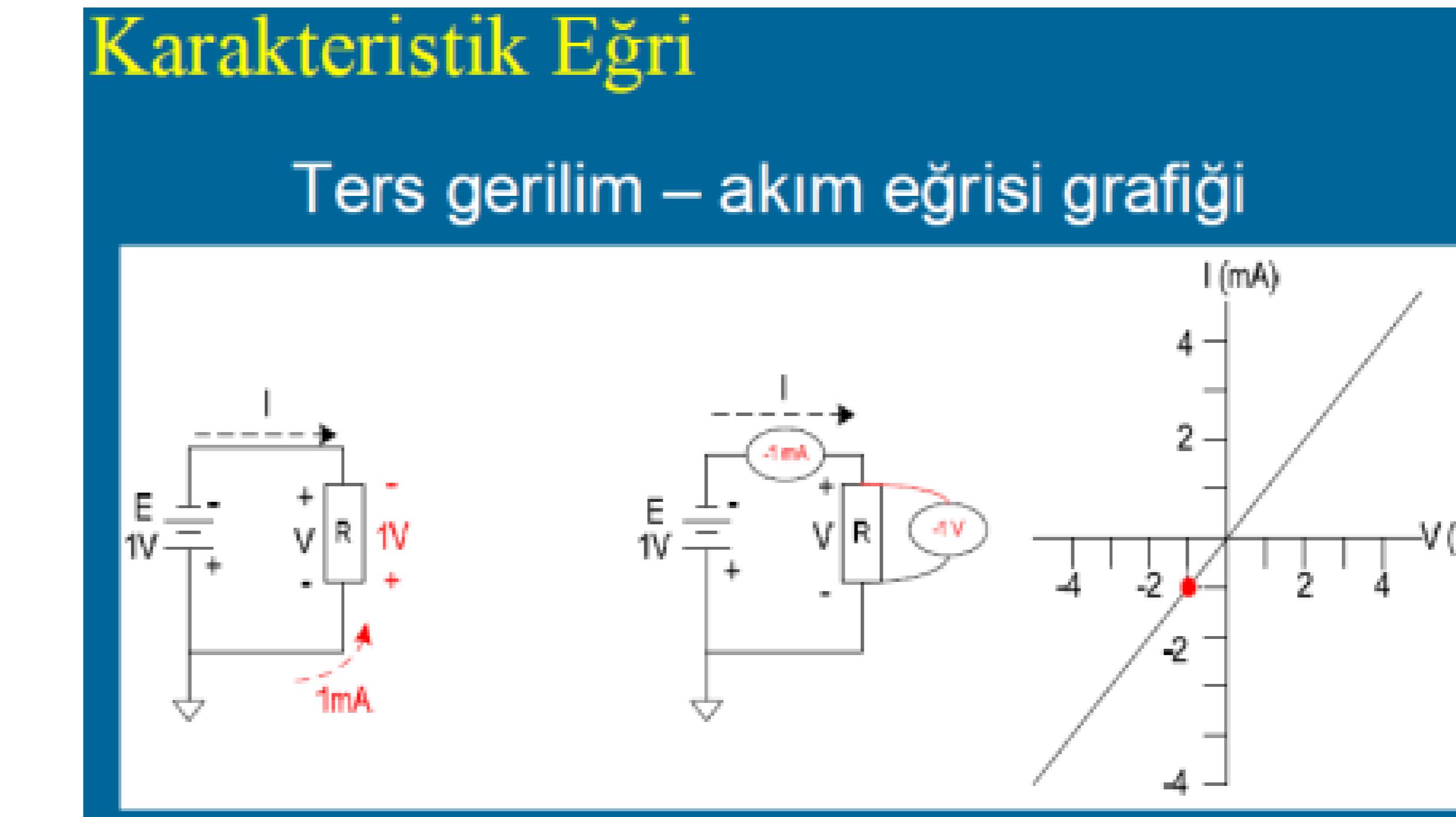
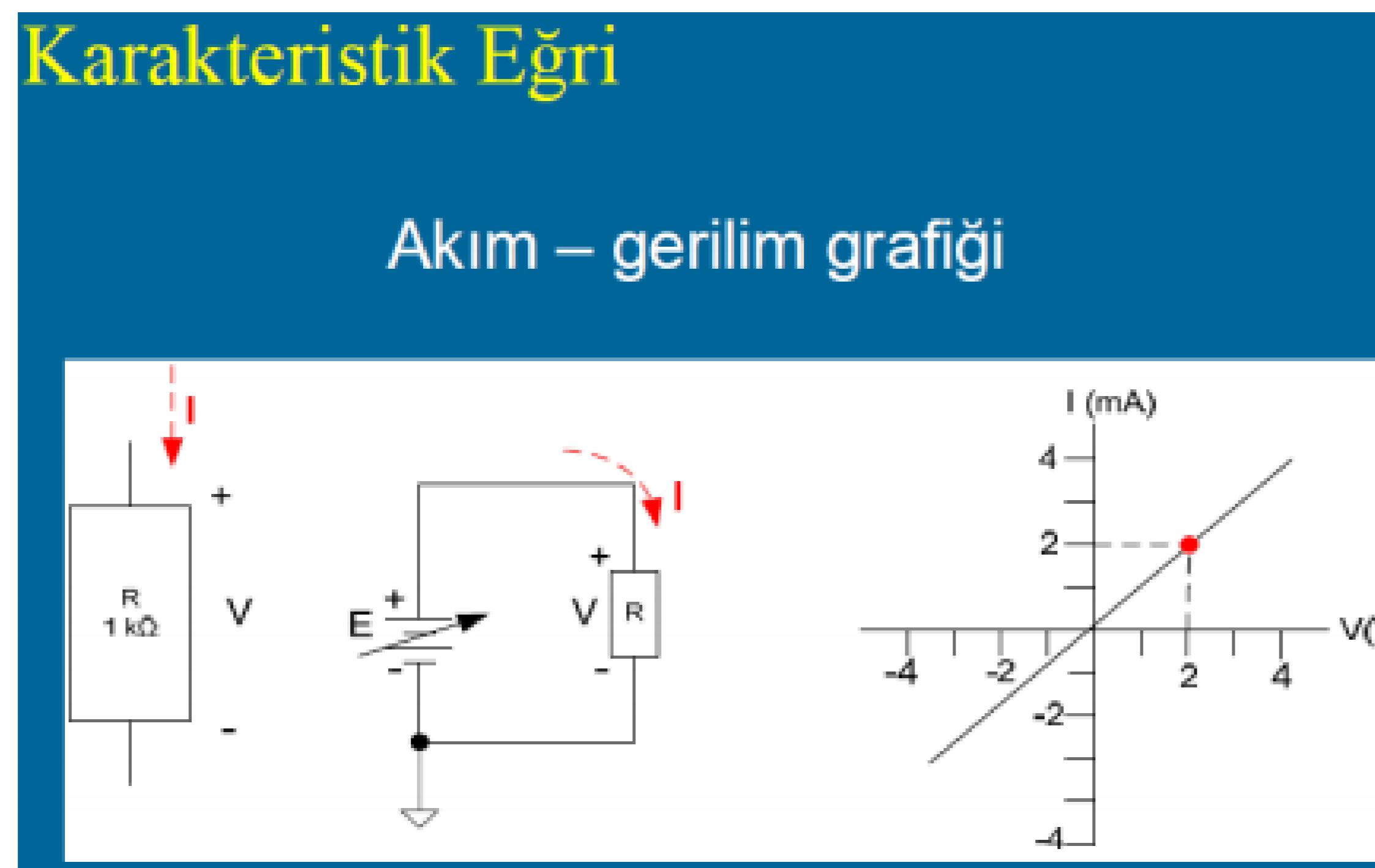
İletkenlik – Tel Örneği

$$R = 0.8016 \Omega$$

$$G = \frac{1}{R} = \frac{1}{0.8016\Omega} = 1.248S$$

Karakteristik Eğriler

- Doğrusal Eğri



Direnç

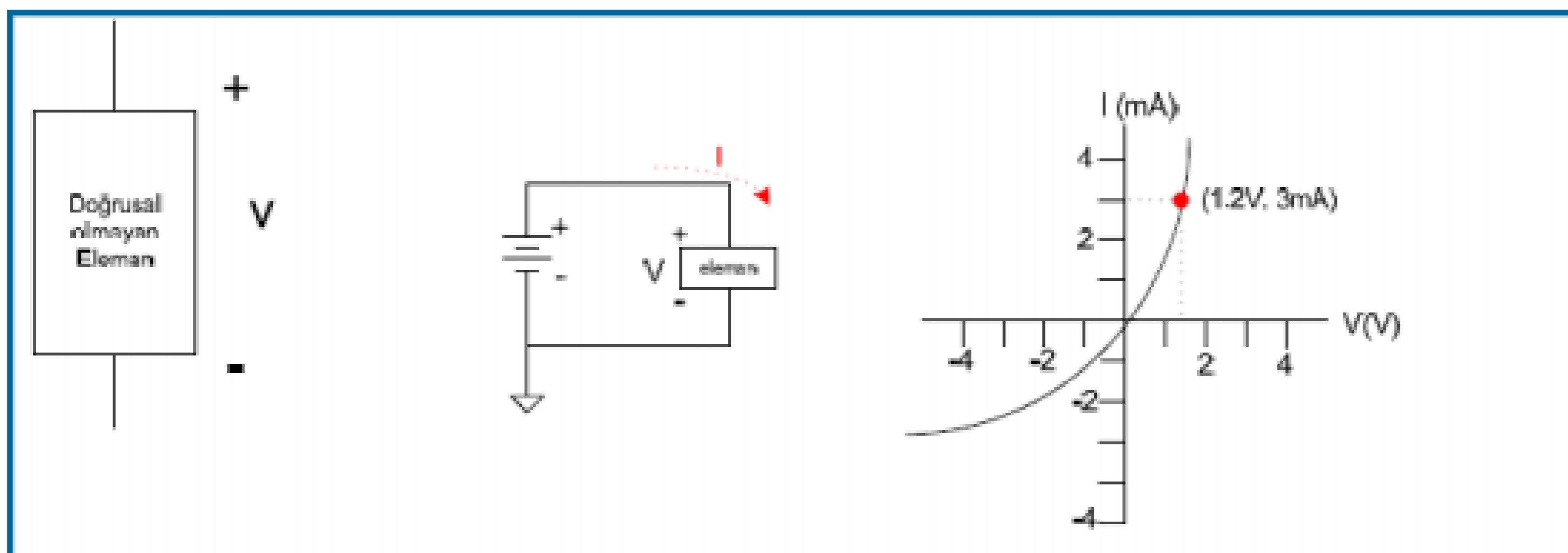
- 1 kΩ direncin karakteristik eğrisinden
- Statik (DC) Direnç:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{2V}{2mA} = 1 k\Omega$$

Ohm Kanunu

Doğrusal Olmayan Direnç

- Doğrusal Olmayan Karakteristik Eğri Grafiği



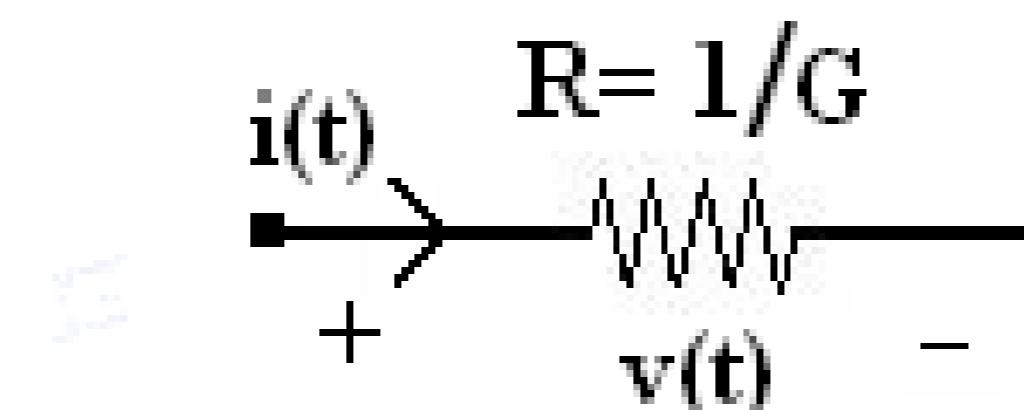
④ Bütün elektriksel yüklerin tonomı dirençdir

Sensör : direnç

transistor, Termocouple

Direnç Çeşitleri

- Dirençler yapıldıkları maddeler bakımından karbon, film ve tel olmak üzere üç grupta toplanır. Ayrıca sabit dirençler, ayarlı dirençler, ısıya ve ışığa duyarlı dirençler ve tümlüşik dirençler olarak da gruplamak mümkündür



Şekil 1.11 Direnç elamani

- Karbon dirençler adından da anlaşılacağı üzere karbondan yapılmıştır.
- Genellikle 1W ve daha düşük güçte dirençlerdir. Değerleri 1Ω - $20 M\Omega$ arasında değişir.
- Film dirençler seramik çubuk üzerine yüksek dirençli bir malzemenin kaplanmasıyla elde edilir. Daha hassas değerlerin elde edilmesinde kullanılır.
- Tel dirençler krom-nikel telin bir çubuk üzerine sarılmasıyla elde edilir. Genellikle düşük direnç değeri (1Ω - $10 k\Omega$) ve yüksek güçe $1W$ - $100W$ sahiptir.

- Sabit dirençler, direnç değeri değişmeyen dirençlerdir.
- Ayarlı dirençler direnç değeri 0 ile üretici tarafından belirlenen üst limit arasında değişir. **Potansiyometre**, **trimpot** ve **sürgülü direnç** olmak üzere üç grupta toplanır.
 1. Potansiyometre üzerinde direncini değiştirmeye yarayan bir ayar çubuğu (mil) bulunur. Çeşitli büyülük ve değerde olabilir. Lineer ve logaritmik olarak direnci değiştirilebilen potansiyometreler bulunmaktadır.
 2. Trimpotlar küçük akımlar da kullanılır ve tornavida ile ayarlanır, bu şekilde kullanılır.
 3. Sürgülü dirençlerde potansiyometrenin bir ucuna bağlı kontak, düz bir direnç kömürü üzerinde hareket eder. Bunların telli ve daha büyük güçlü olanlarına ise reosta adı verilir



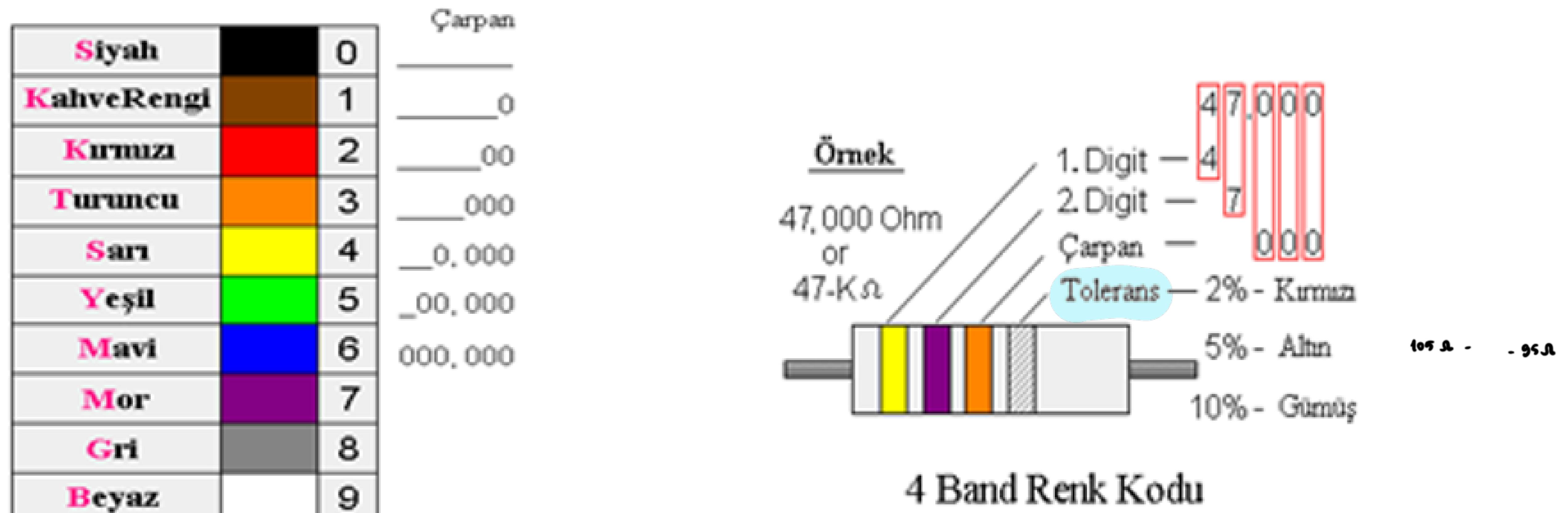
1



3

Direnç Kodları

- Sabit dirençlerin üzerinde halka biçiminde renkler vardır. Bu renkler bulunduğu uçtan itibaren birinci ve ikinci halka **değer**, üçüncü halka **çarpan**, dördüncü halka **toleransı** ifade eder. Her bir rengin karşılığı olan rakam aşağıdaki şekilde verilmiştir.
- Dirençler özel üretim dışında standart değerlerde üretilir. Bu durumda istenilen değerde bir direnç elde edilmek istendiğinde değişik bağlantı şekilleri kullanılır.



Şekil 1.12. Renk kodları

kırmızı, mor, kırmızı, altın $2,7 \text{ k}\Omega \pm\% 5$

kahverengi, siyah, sarı, altın. $100 \text{ k}\Omega \pm\% 5$

kırmızı, kırmızı, sarı, altın. $220 \text{ k}\Omega \pm\% 5$

turuncu, turuncu, sarı, altın $330 \text{ k}\Omega \pm\% 5$

turuncu, beyaz, sarı, altın $390 \text{ k}\Omega \pm\% 5$

Siyah	0
Kahverengi	1
Kırmızı	2
Turuncu	3
Sarı	4
Yeşil	5
Mavi	6
Mor	7
Gri	8
Beyaz	9

Çarpan

_____0

_____00

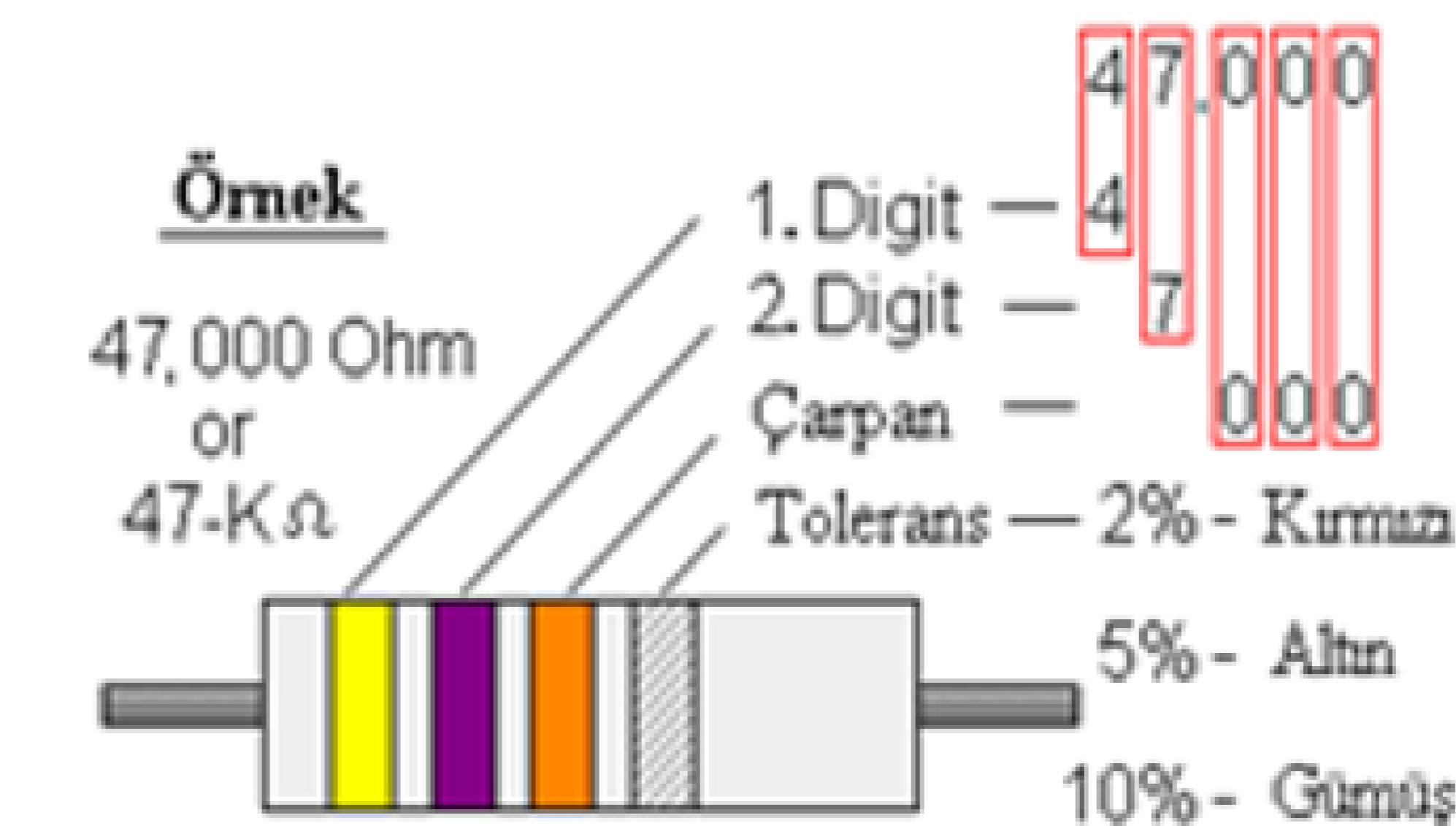
_____000

_____.000

___.00.000

__.000.000

000.000



Şekil 1.12. Renk kodları

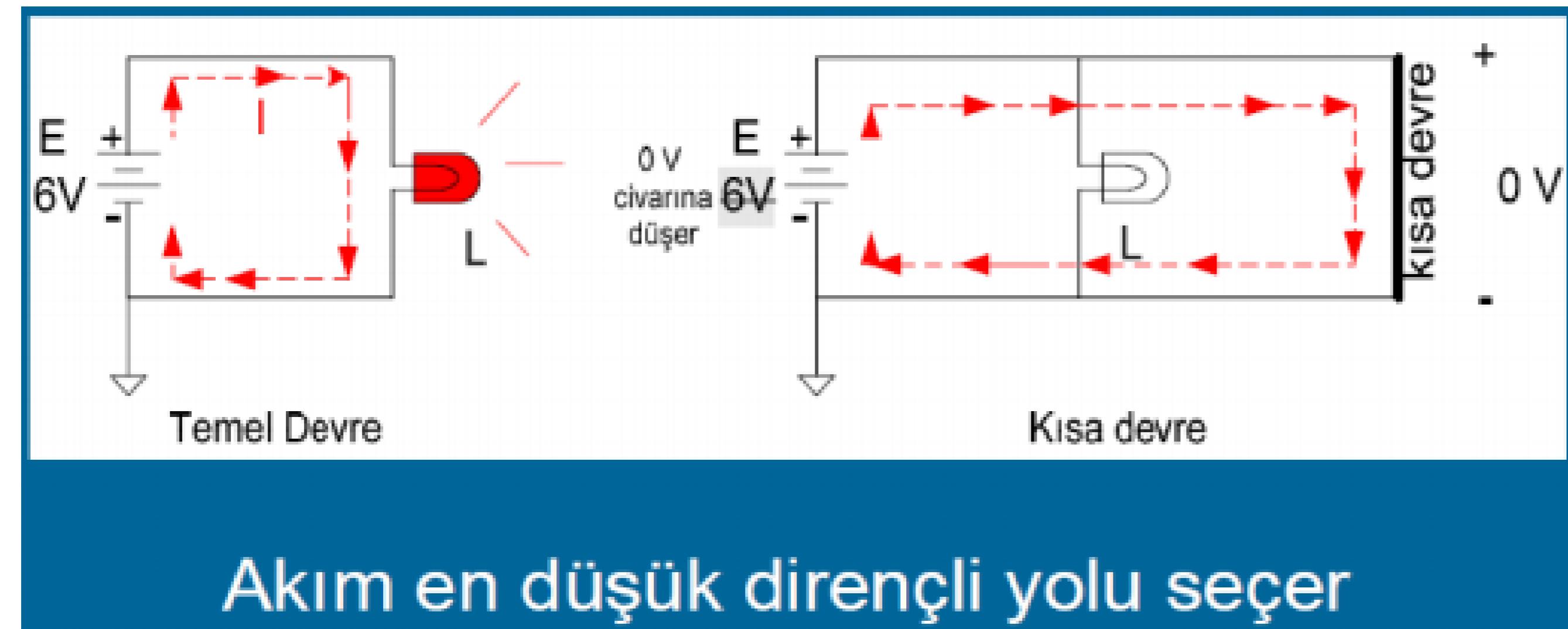
Kısa ve Açık Devreler

- Kısa Devre: İdeal iletkene eş değerdedir!

$$R_{\text{kısa}} = 0 \Omega$$

$$V_{\text{kısa}} = 0 \text{ V}$$

Devre Etkisi:



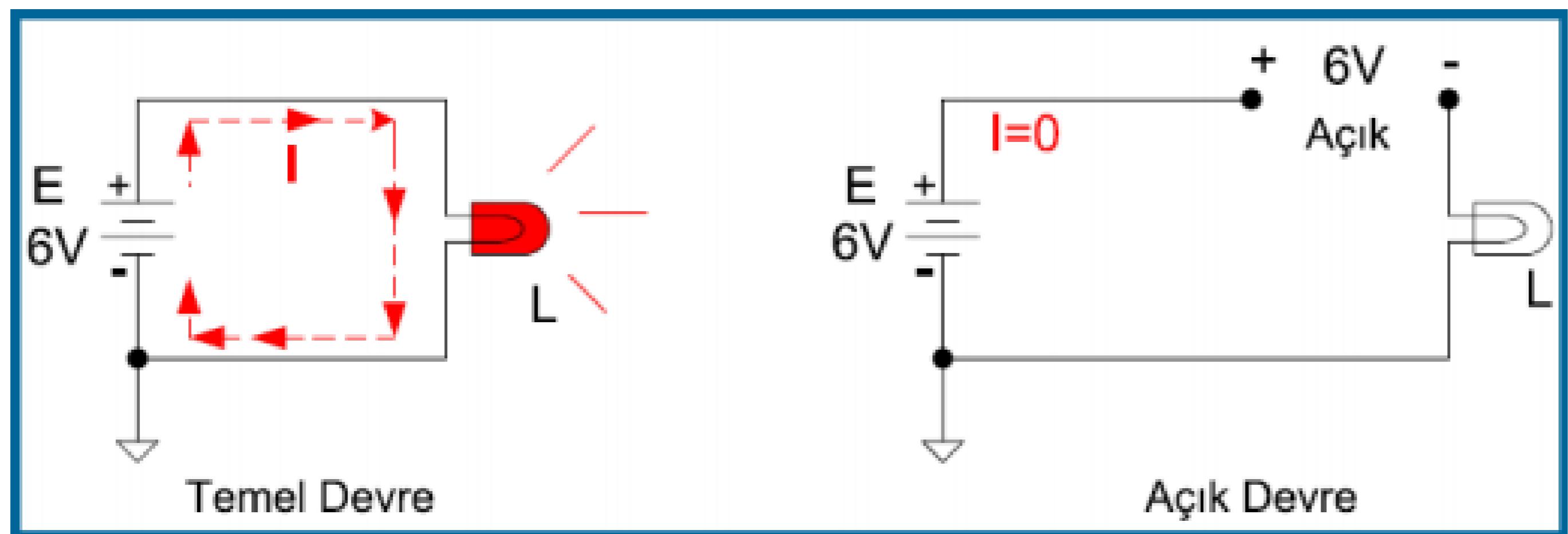
Kısa ve Açık Devreler

- Açık Devre: İdeal bir yalıtkana eş değerdedir!

$$R_{\text{açık}} = \infty \Omega$$

$$I_{\text{açık}} = 0 \text{ A}$$

Devre Etkisi:

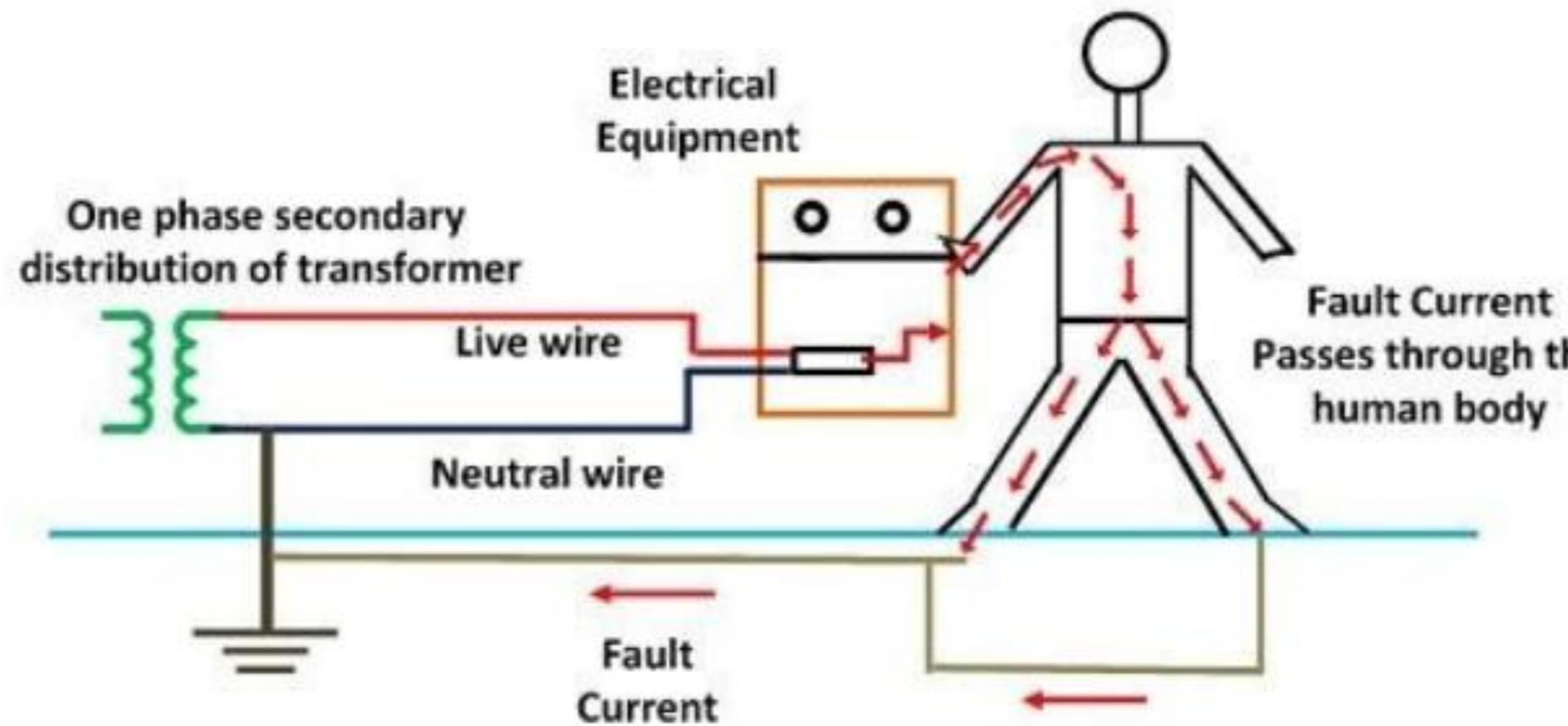


Topraklama

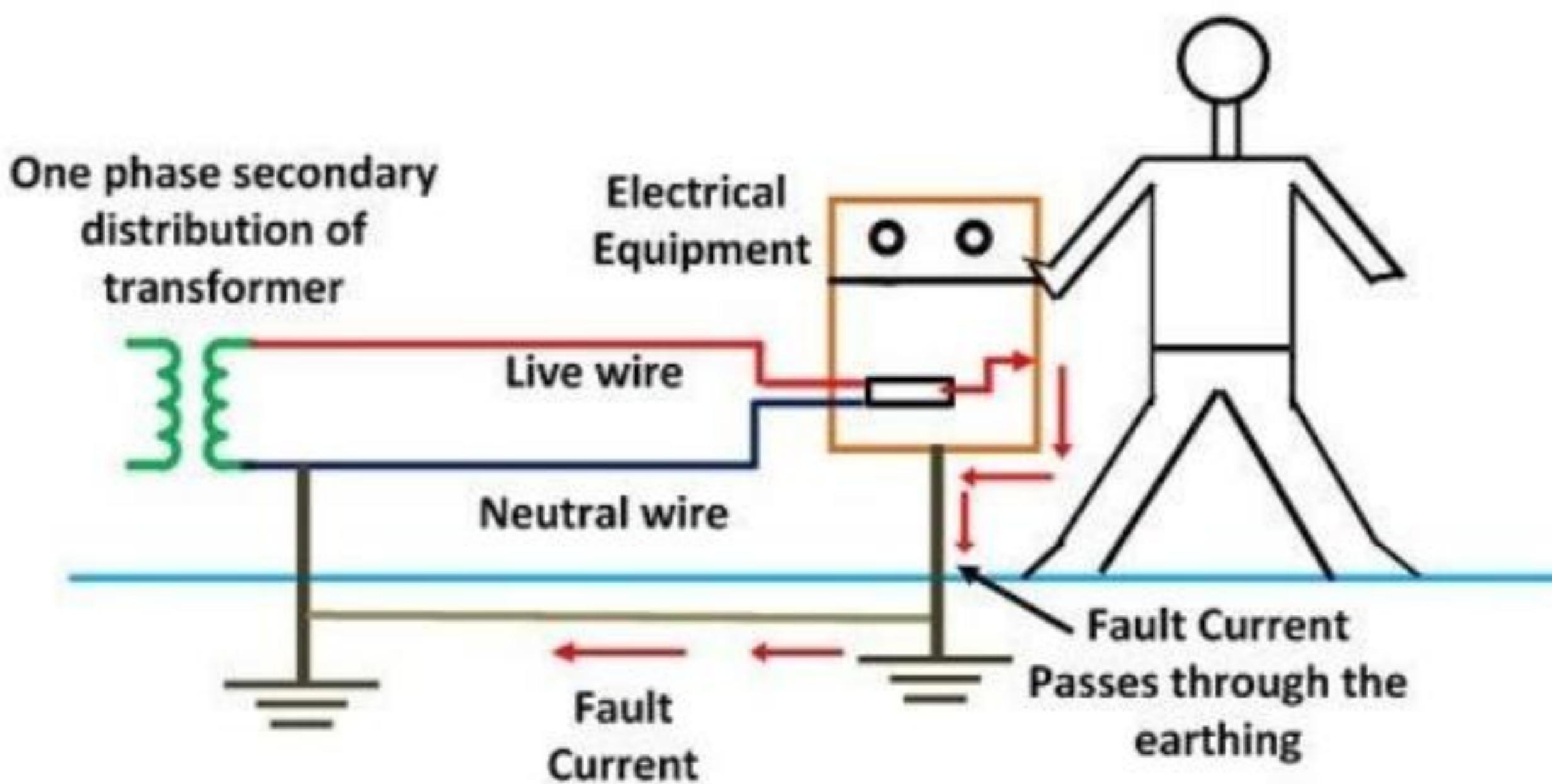
- Topraklama, gerilim altında olmayan tesisat kısımlarının bir iletkenle toprağa bağlanması işlemidir. Elektrikle çalışan cihazlarda ve sistemlerde zamanla çeşitli nedenlerle elektrik kaçığı olabilir. Topraklama yapılmışsa elektrik kaçığı, bir iletken vasıtasyyla toprağa ilettilir. Böylelikle insan ve teçhizat güvenliği sağlanmış olur.
- Toprağın iç direnci çok düşük ve iletim özelliği çok yüksektir. Topraklamalı sistemlerde kaçak oluşması durumunda cihaza dokunan bir kişi elektrik yüküne kapılmayacak ve elektrik yükü topraklama hattı üzerinden toprağa akacaktır.



Topraklama olmazsa ne olur?



Topraklama yoksa



Topraklama varsa



Şekil 1



Şekil 2

Bir binaya genellikle 2 çeşit elektrik kablosu girer; nötr ve faz hattı. Bu iki kablo elektrik akımının olması ve cihazların çalışabilmesi için gereklidir. Bunların güvenliğini sağlamak için ise bir üçüncü kablo olan topraklama kablosuna ihtiyaç duyulmaktadır.

Duvarlarındaki iki delikli prizlerimizin deliklerinden biri faz diğeri nötr kablo içindir (Şekil 1). Yani eğer elimizde bir voltmetre varsa iki kısmın arasındaki gerilimi ölçtüğümüzde 220V değerini okuruz.

Topraklı prizlerde bu iki deliye ek olarak dış kısımlarda metal çıktıları bulunur (Şekil 2) ve bu çıktılar bina civarında toprağa yerleştirilen bakır çubuk veya levha ile sonlanan topraklama kablosuna bağlanır.

TEMEL ELEKTRİKSEL ÖLÇÜ ALETLERİ

- Her elektriksel büyülüğü ölçmek için tasarlanmış, değişik elektrik ölçü aletleri vardır. Bu aletler genellikle ölçülecek büyülüğün birimi ile ilişkili olarak adlandırılır. Bu duruma uygun birkaç örnek aşağıdaki Tablo 1.1'de özetlenmiştir.

Tablo 1.1. Çeşitli Elektriksel Büyüklükler ve İlgili Ölçme Aletleri

Büyüklük	Birim	Ölçme Aleti
Gerilim	volt	voltmetre
Akım	amper	ampermetre
Güç	watt	wattmetre
Direnç	ohm	ohmmetre

- Fakat bu kesin bir kural değildir. Örnek olarak frekansın (bir saniyedeki titreşim sayısı) birimi “hertz”dir fakat frekans ölçen alet “frekansmetre” olarak adlandırılır. Elektriksel büyülüklülerden birkaç tanesini ölçebilen ölçü aletlerine ise “MULTİMETRE” adı verilir. Multimetrelere, temel büyülüklük olarak gerilim, akım ve direnç ölçerler. Bunun yanı sıra kondansatör, endüktans ve frekansı da ölçen multimetrelere vardır.

- Ölçü aletleri zamanla değişmeyen doğru akım ve gerilimleri (DA, DC) ölçübildiği gibi, zamanla değişerek artı ve eksi değerler alabilen “alternatif” akım ve gerilimleri (AA, AC) de ölçübilirler.
- Doğru akım ve gerilimlerin ölçülebilmesi için ölçü aletinin “DC” ile gösterilen “doğru akım” konumunda olması gereklidir.
- Bütün multimetrelerde DC-AC seçme anahtarı bulunur.
- Bu anahtar yanlış konumda ise ölçme doğru olarak yapılamaz.

- Ölçü aletlerini devreye bağlamak için kullanılıana kablolarla “prob” adı verilir.
- Her ölçü aletiyle birlikte biri kırmızı diğeri siyah iki prob verilir.
- *Kırmızı renkli prob aletin ve devrenin (+) ucuna, siyah prob ise (-) ucuna bağlanmalıdır.* Bu durumda ölçülen gerilimin işaretini doğru olur.



- Gerilim elektrik devresinin iki noktası arasındaki potansiyel farkı olduğundan, gerilim ölçmek için “Voltmetre” bu iki nokta arasında paralel olarak bağlanmalıdır.
- Akım ise bir iletkenden veya elemandan birim zamanda geçen yük olduğuna göre, akımı ölçmek için ampermetrenin bu iletkene veya elemana seri olarak bağlanması gereklidir.

Multimetre (Avometre A(mper)V(olt)O(hm)Metre)

- Multimetre elektriksel olarak çok çeşitli ölçümler yapabilen bir cihazdır.
- Bir multimetre kullanarak akım, direnç, endüktans, sığa ve voltaj (gerilim, potansiyel farkı) gibi çeşitli ölçümler yapılabilir.
- Multimetre genel olarak yandaki Şekil'de görülebileceği gibi ekran, kadran ve çıkış uçları olmak üzere üç kısımdan oluşur.
- **Ekran** üzerinde, yapılan ölçümün sonucu görülür.
- Multimetrenin kırmızı ve siyah olmak üzere iki probu vardır.
 - Kırmızı prob (+) kutbu, siyah prob (-) kutbu ifade etmektedir.
 - Bu iki probun bağlantı uçları ölçülecek niceliğe bağlı olarak uygun çıkış uçlarına bağlanır.
 - Multimetre ekranında (-) değer okunuyorsa, probların ters tutulduğu anlaşılmalıdır.



Multimetre (Avometre A(mper)V(olt)O(hm)Metre)

- **Kademe anahtarı** (düğmesi) dairesel olarak hareket ettirilerek ölçümek istenen niceliğe göre ayarlanır.
- Kadran üzerinde akım **A**, direnç **Ω**, ve voltaj **V** ile gösterilmiştir.
- Direnç değerini ölçmek için kademe anahtarı **Ω** kademesine getirilmelidir.
- Multimetre direnç değeri belirlemek amacıyla kullanıldığından ohmmetre olarak adlandırılır ve **ohm**, **kiloohm** ve **megaohm** mertebesinde direnç değerleri ölçülebilir.
- Ölçülen direnç değerinin **kΩ** mertebesinde olması durumunda ekranda “k” harfi ve **MΩ** seviyesinde olması durumunda ekranda direnç değeri ile birlikte “M” harfi görülür.



Multimetre (Avometre A(mper)V(olt)O(hm)Metre)

- Cihazın dört adet çıkış ucu vardır.
- Ölçümü yapılacak niceliğe göre doğru çıkış uçlarının kullanılması gereklidir.
- Siyah renkli bağlantı kablosu her zaman “**COM**” isimli çıkış ucuna, kırmızı renkli kablo ise ölçülecek niceliğe göre uygun çıkış ucuna bağlanmalıdır.
- Akım ölçümü **amper (A)** mertebesinde yapılacaksa kırmızı bağlantı kablosu 1 numaralı çıkış ucuna, akım **miliampere (mA)** mertebesinde ise 2 numaralı çıkış ucuna bağlanmalıdır.
- Siyah bağlantı kablosunun bağlanacağı çıkış ucu 3 numaralı uçtur. Direnç ve voltaj ölçümü için kırmızı bağlantı kablosu 4 numaralı çıkışa bağlanmalıdır.



Şekil 1.3 Multimetre çıkış uçları

DİKKAT



Multimetre ile ölçüm yaparken kadranın uygun kademe olmasına dikkat edilmelidir. Bağlantı kablolarının doğru çıkış uçlarına bağlanması çok önemlidir. Akım kademesi seçiliip çıkış uçları voltaj çıkışlarına bağlanırsa, bu durumda multimetrenin sigortası atabilir. Ardarda yapılan farklı niceliklerin ölçümü sırasında bağlantı kablolarının yerleri sık sık kontrol edilmeli ve varsa hata düzeltilmelidir.

Multimetreyi direnç değeri ölçmek için (ohmmetre) kullanmak gerekiğinde kırmızı prob 4 numaralı çıkış ucuna, siyah prob 3 numaralı çıkış ucuna takılmalıdır. Kademe anahtarı ise Ω kademesine çevrilmelidir.



DİKKAT

Ölçmede hata

Ölçme: Ölçme bilinmeyen bir büyüklüğü ya ölçü aleti kullanarak veya bilinenle kendi cinsinden bir standart ile karşılaştırarak bulmaktır.

- Ölçmeyi yapan kişi ölçmeyi ne kadar doğru yapsa da ölçüm aleti de ne kadar hassas olsa da ölçümlerde hatasız bir sonuç elde etmek mümkün olmaz. Yapılan her ölçümde bir miktar farklı sonuç çıkararak sonucun hatalı olduğu anlaşılır.

Hata: Kaynağı, sebebi, miktarı ve yönü (Pozitif veya negatif) belli olmayan ancak her ölçmede bir miktar farklılık gösteren ve gerçek ölçümden farklı olan sapmalardır. Kısacası hata, ölçümle elde edilmiş sonuç ile ölçülen cismin gerçek değeri arasındaki farktır. Hata ile yanlış farklı kavamlardır.

Yanlış: Dikkatsizlik, eksiklik gibi vb. sebeplerle yapılan ve bir başkası tarafından fark edilip düzeltilebilen niteliktir. Yetersiz bilgi ve dikkatsizlik yanlışın kaynaklarıdır.

Ölçüm hatası: Ölçüm ile gerçek değer arasındaki farka ölçüm hatası denir. Bir büyüklüğe dair farklı zamanlarda yapılan ölçümler birbirinden farklı olabilir.

Ölçüm Yapan kişiden Kaynaklanan Hata

- Ölçüm yapan kişiden kaynaklanan yanlış okuma, yanlış skala seçimi, yanlış ölçüm kademesi seçimi, cihaz ayarının yanlış yapılması gibi hatalar kişinin bilgisizliği yorgunluğu, dikkatsizliği gibi etkenlerden kaynaklanır.

Ölçüm İşleminin Yapılacağı Ortamdan Kaynaklanan Hata

Güneşin altındaki motor

- Ölçme esnasında ölçümün uygulandığı ortamın aydınlik-karanlık ortamı, havalandırma, ölçüm yerinin temizliği, gürültü, rutubet, yüksek sıcaklık, elektrik ve manyetik alan gibi etkilerin sebep olduğu hatalardır.

Ölçme Yönteminden Kaynaklanan Hata

- Ölçümü yapılacak olan büyülügün hangi ölçü aletleri ile ölçüleceğine, nasıl ölçüleceğine, ölçüm esnasında nelere dikkat edilmesi vb. durumlarda doğru karar verilememesi sonucu ortaya çıkan hatalardır.

Ölçüm Aracından Kaynaklanan Hata

- Ölçü aletlerinin imalatı esnasında yapılan kalibrasyon hatası, skala hatası gibi hatalar olabileceği gibi sürekli çalışan veya kullanılan ölçü aletinin zamanla hassasiyeti bozulabilir veya kalibrasyonu değiŞebilir. Bu durumlarda ortaya çıkan hatalardır.

Ölçme Hataları

- **Mutlak Hata (Δm)**

- Gerçek değer (A_1) ile ölçülen değer (A_2) arasındaki farkın mutlak değeridir.
- $\Delta m = |A_1 - A_2|$
- A_1 gerçek değeri tam olarak bilinemez ve buna bağlı olarak da Δm değeri tam olarak bulunamayabilir. A_1 değerini bulmak için etalon ölçü aletleri ile ölçülen değerlerle ya da bazı yöntemler kullanılarak bulunmaktadır.

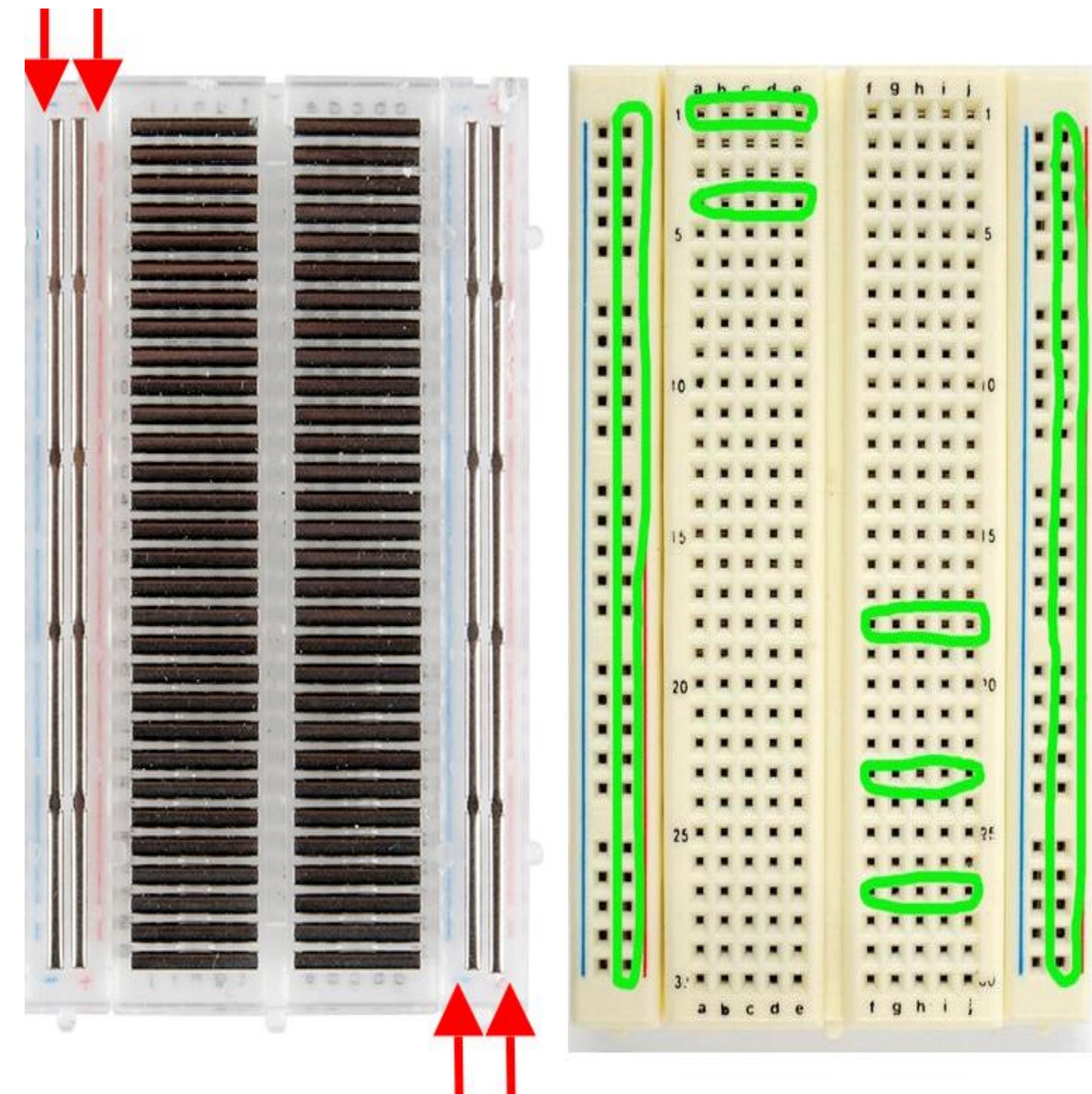
- **Bağıl Hata (Δb)**

- Mutlak hatanın gerçek değere oranıdır. 100 ile çarpılarak elde edilirse yüzde bağıl hata olarak tanımlanır. Gerçek değere ne kadar yaklaşıldığının oransal olarak gösteren bir hata çeşididir ve genel olarak kullanılan hata parametresidir.
- $\Delta b = \Delta m / A_1$ veya $\% \Delta b = (\Delta m / A_1) \times 100$

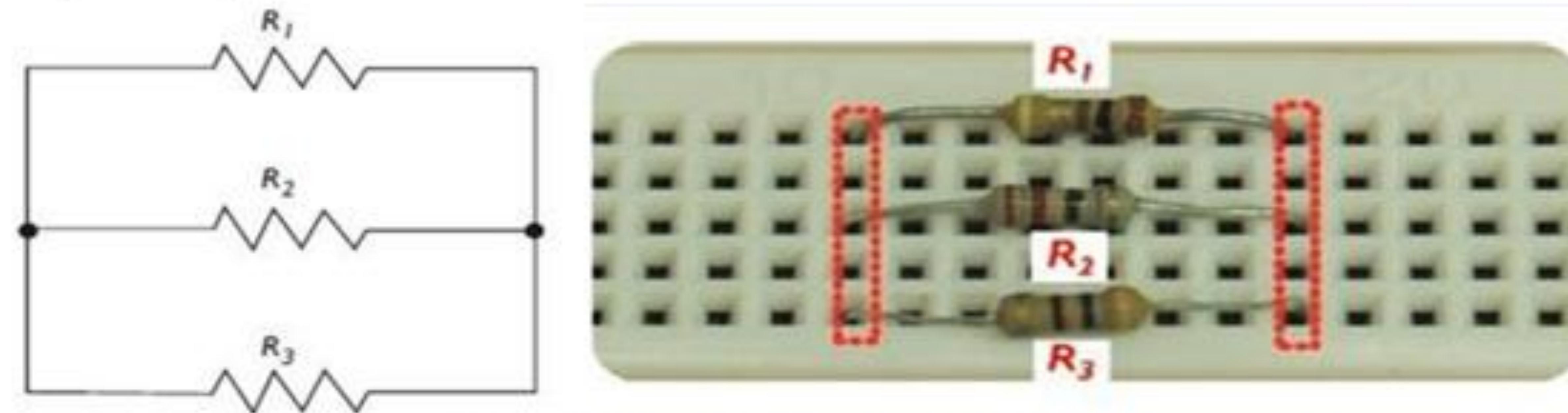
Güçlü değer /· kacılık hata /%

Laboratuvara Breadboard ve Kullanımı

- Breadboard değişik devre elemanlarını bir araya getirip devre kurmak için en pratik yoldur.
- Breadboard yanda verilen şekilde görüldüğü gibi, direnç, kondansatör gibi devre elemanları ve kabloların bağlanacağı küçük delikler ile güç kaynağı gibi devre elemanlarının bağlanabileceği bağlantı noktalarından oluşmaktadır.
- Kendi içinde seri olan yollar breadboardun iç yapısını gösteren Şekil de rahatlıkla görülebilir.

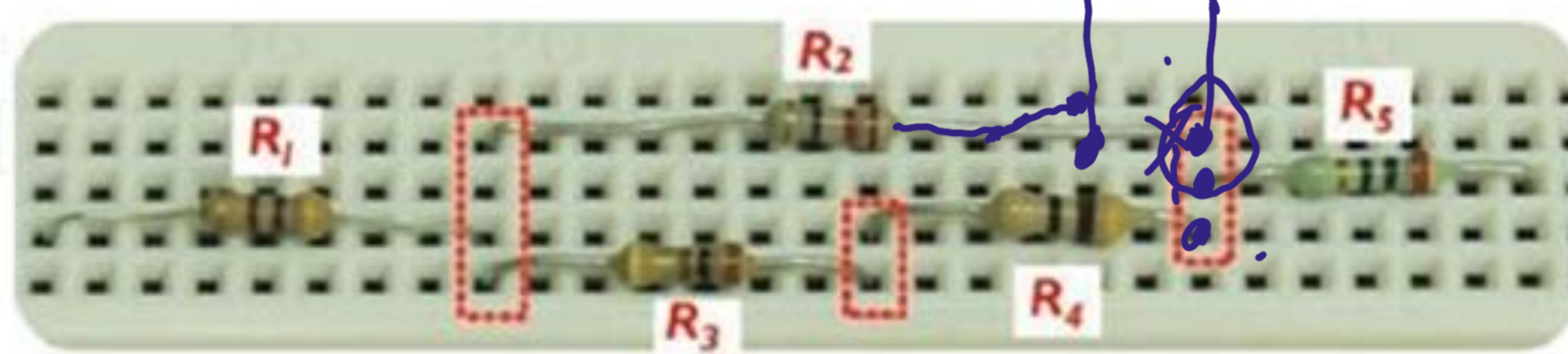
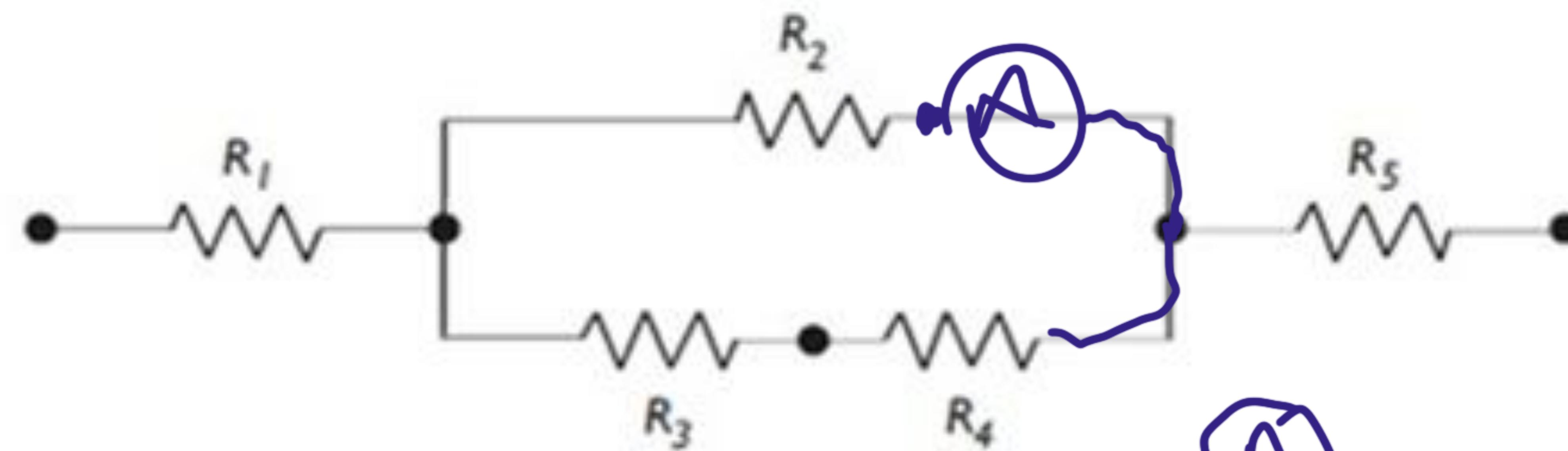


Şekil 1.5 ve Şekil 1.6'da şematik düzeni verilen devreler ve onların breadboard üzerinde kurulmuş hali gösterilmiştir.



Şekil 1.5. Paralel bağlı dirençlerin şematik ve breadboard üzerinde gösterimi

Kimin giriş'i kimin çıkış'ı ile birleştirmiş



Şekil 1.6 Seri-Paralel karışık dirençlerin şematik ve breadboard üzerinde gösterimi

Elektriksel Güvenlik



- Elektrik akımının insan sağlığı açısından en önemli sakıncası, elektrik çarpması olarak bildiğimiz insan vücutu üzerindeki etkileridir.
- Elektrik çarpması, maruz kalınan gerilimin, insan vücutunun direncine ya da akımın geçtiği yolun direncine bağlı olarak vücuttan geçirdiği akıma, geçen akımın süresine ve bulunulan ortama (ıslak, kuru, nemli, iletken, yalıtkan...) bağlı olarak tehlikeli sonuçlara yol açabilmektedir.

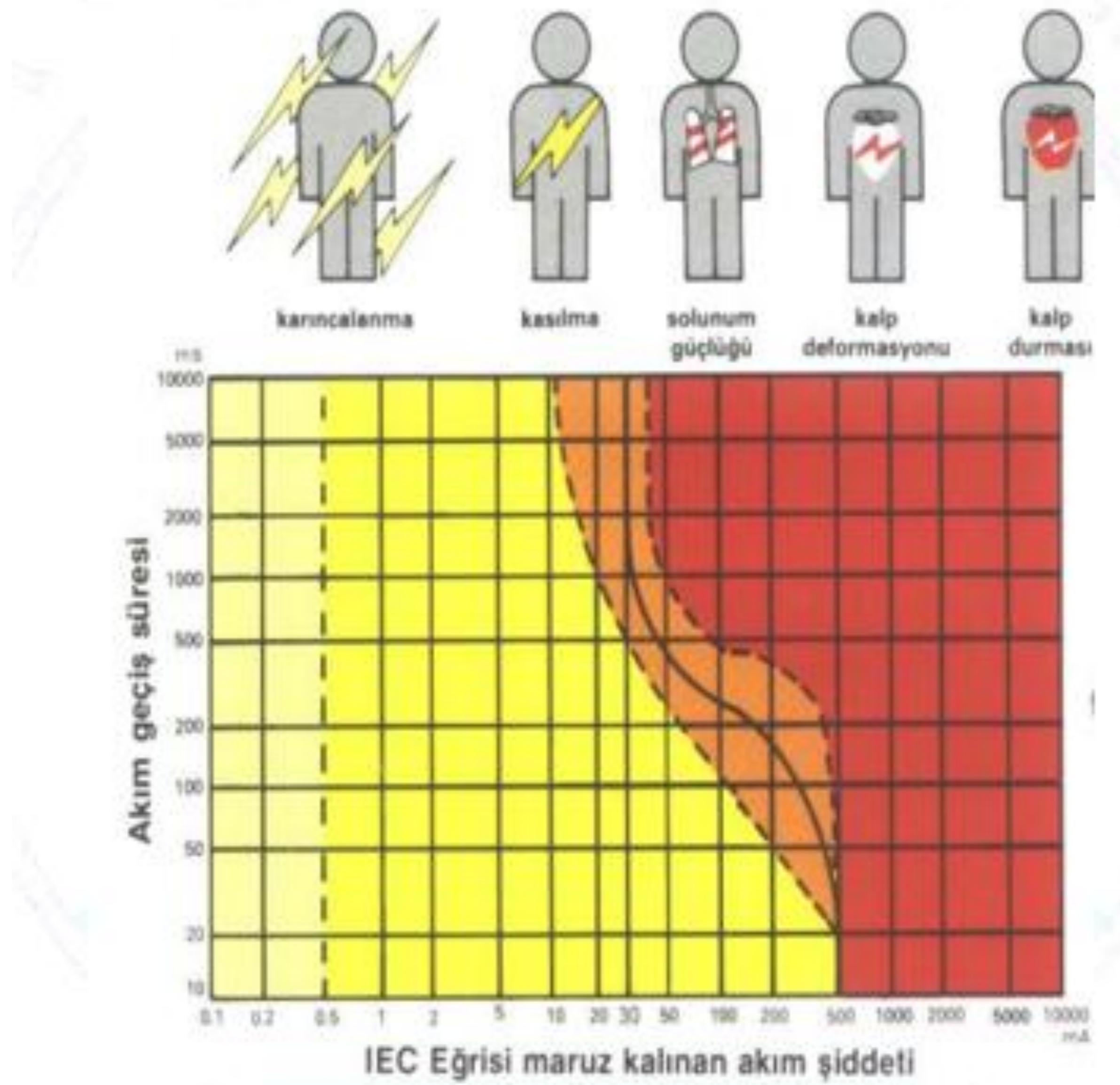
Elektrik çarpmasının iki önemli nedeni vardır. Bunlar:

1-Devreye Uygulanan Gerilim:

- Çarpma akımı, birinci derecede devreye uygulanan gerilim değerine bağlıdır.
- Her ne kadar akan akımın şiddeti, devreye uygulanan gerilime bağlı ise de, hayat tehlikesine yol açan sebep gerilim değil, insan vücudundan geçen akımdır. **Etkin değeri 42 V'un üstündeki gerilimler tehlikeli gerilimlerdir.**

2-Akımın Şiddeti ve Süresi:

- Elektrik akımı insan vücudu üzerinden geçtiğinde, sinir yolu ile adalelerin kasılmasına yol açar; bu, bilinen fizyolojik bir olaydır.
- Arızalı bir elektrik cihazını tutan bir insan, vücudundan geçen belirli bir akım şiddetinden sonra, adalelerin kasılması sebebiyle artık bu cihazı elinden bırakamaz. Fakat elektrik akımının en zararlı belirtisi, kalp adaleleri üzerine olan etkisidir.
- Kalbin, çarpması akımının yolu üzerinde bulunması halinde, vücudun diğer adaleleri gibi, kalp adaleleri de kasılırlar ve kalbin kumanda sistemi bozulur.
- Kalp her ne kadar yine atmaya devam etse de bu artık düzenli değildir.
- Kalbin bu şartlar altındaki anlamsız atışlarına **“fibrilasyon”** denir.
- Fibrilasyon halindeki kalp artık normal çalışmaz ve kan pompalama görevini yapamaz.
- En tehlikeli durum akımın sol elden girip göğüsten çıkışmasıdır. Şekil 1.7’de elektrik akımının insan sağlığı üzerindeki etkileri gösterilmiştir.



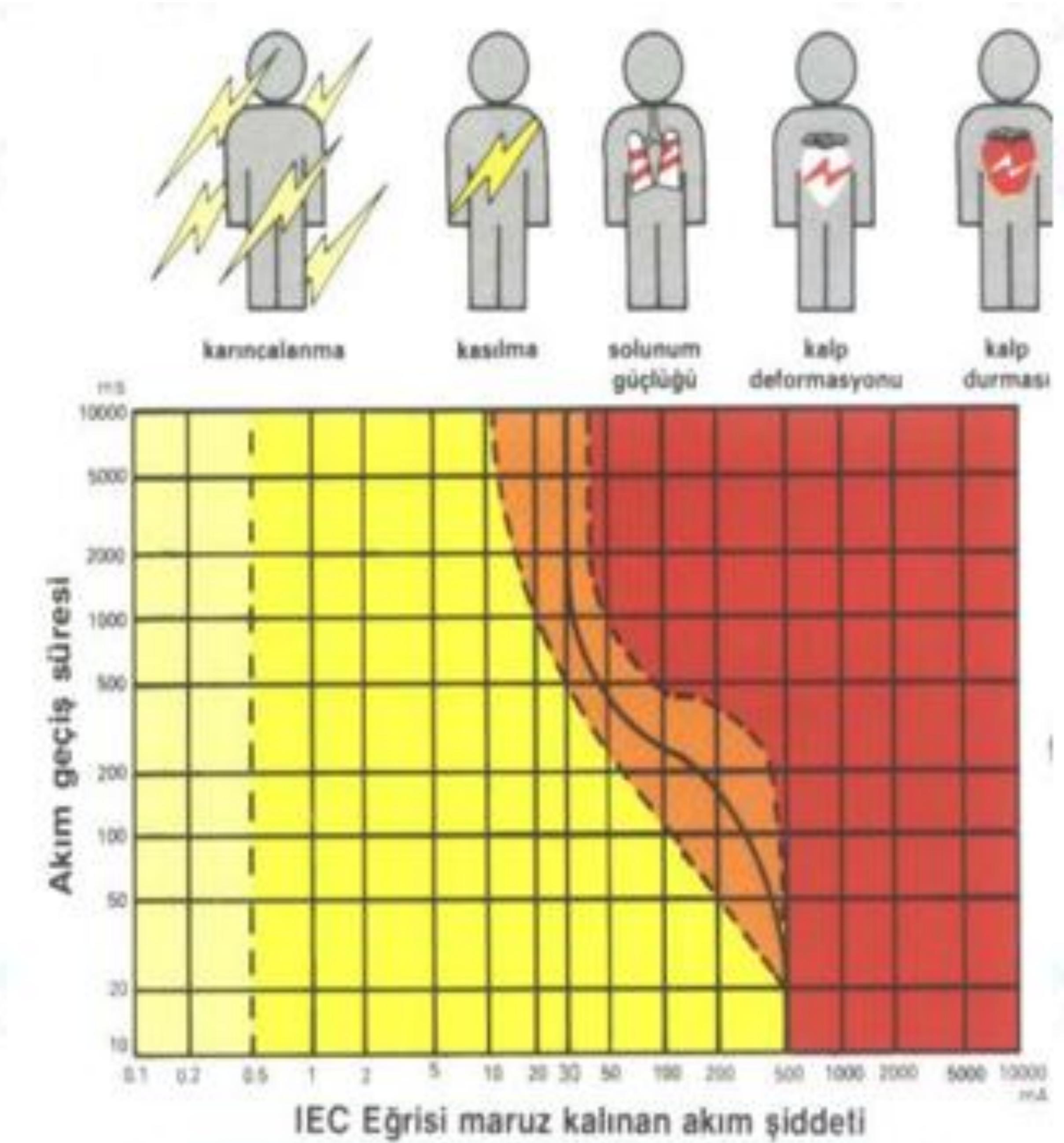
Şekil 1.7 Elektrik akımının insan sağlığı üzerindeki etkileri

Değişik değerdeki elektrik akımlarının insan vücutunu nasıl etkilediği aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır.

- **1-8 mA:** Vücutta şok etkisi yapar. Hafif sarsıntı ve heyecanlanma şeklinde algılanır.
- **15-20 mA:** Bedenden geçtiği bölgedeki kaslarda kasılma olur. Bu durumda el kasları istem dışı kasıldığından, tutulan iletkenin bırakılmaması söz konusu olabilir. Bu değerdeki akımın bedenden geçiş süresi uzarsa ölüm tehlikesi söz konusu olabilir.
- **50-100 mA:** Vücutta aşırı kasılmalara, solunum güçlüğüne, süre uzadığında ise ölüme neden olur.
- **100-500 mA:** Geçiş süresine bağlı olmakla birlikte kesin ölüme neden olur.

Kalp üzerinden 0,3 sn'den daha uzun süre 80 mA ve daha üstünde akım geçerse kalp adaleleri kasılarak tehlikeli fibrilasyon başlar ve olay çoğu zaman ölümle sonuçlanır.

Kalbin normal çalışma periyodu 750 ms'dir. Eğer akımın kalp üzerine etki süresi 200 ms mertebesinde ise, bunun zararı yoktur. 750 ms 'den daha uzun süre tesir eden akımlar özellikle tehlikelidir.



Şekil 1.7 Elektrik akımının insan sağlığı üzerindeki etkileri

NOT:

Elektrik çarpması riskini, yapacağınız deneylerde sürekli dikkat etmeniz gereken tehlikeli bir durum olarak düşünerek, deney sırasında devre bağlantısını mutlaka kontrol ediniz. İlgili öğretim elemanından habersiz devreye kesinlikle enerji vermeyiniz.

$$-3S + V_x + 2V_x + V_0$$



10J 5J
 $3V_x + V_0 = 35$
 $i = 1$
 $(oi + si)$

Genitiv (Wortk.)

in der Stadt in der
arbeitslosen Region
in der Arbeitslosigkeit
in der Arbeitslosigkeit
der Arbeitsmarkt

?

volk

P = V.

wortk.

R = f \neq F

genetiv
oder empirisch

~~degs ~~~

$$V(t) = i(t)^+ R$$

alternatif
akım

Açık
dere

B⁺ deresi

teren boru

teren hali

$i=0$

$$P(t) = V(t) i(t) = i^2(t) R = V^2(t) / R$$

Açık dere

$i > 0$ akım = P

Konuğa gerili mi degisimler

Kusa dere

max akım

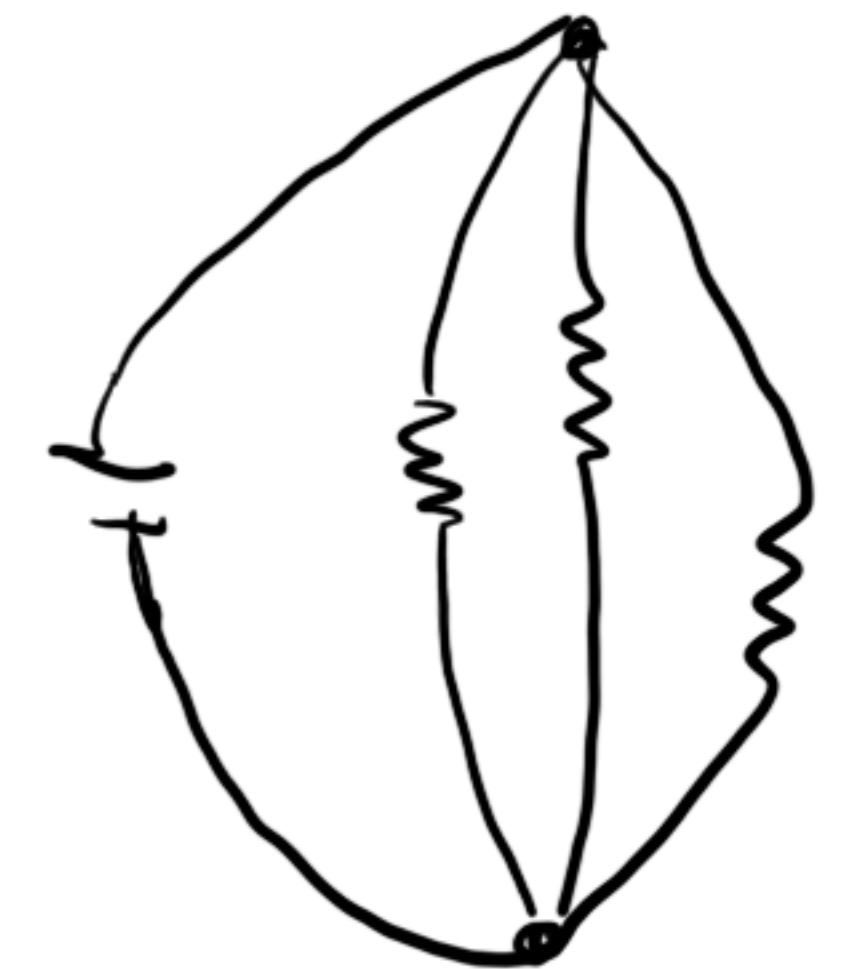
geriye
yok

Kirchoff

→ Gerilim
konusu

← Akımlar konusu

Düğüm Noktası → "düğünden geçen akım
pot farkı"

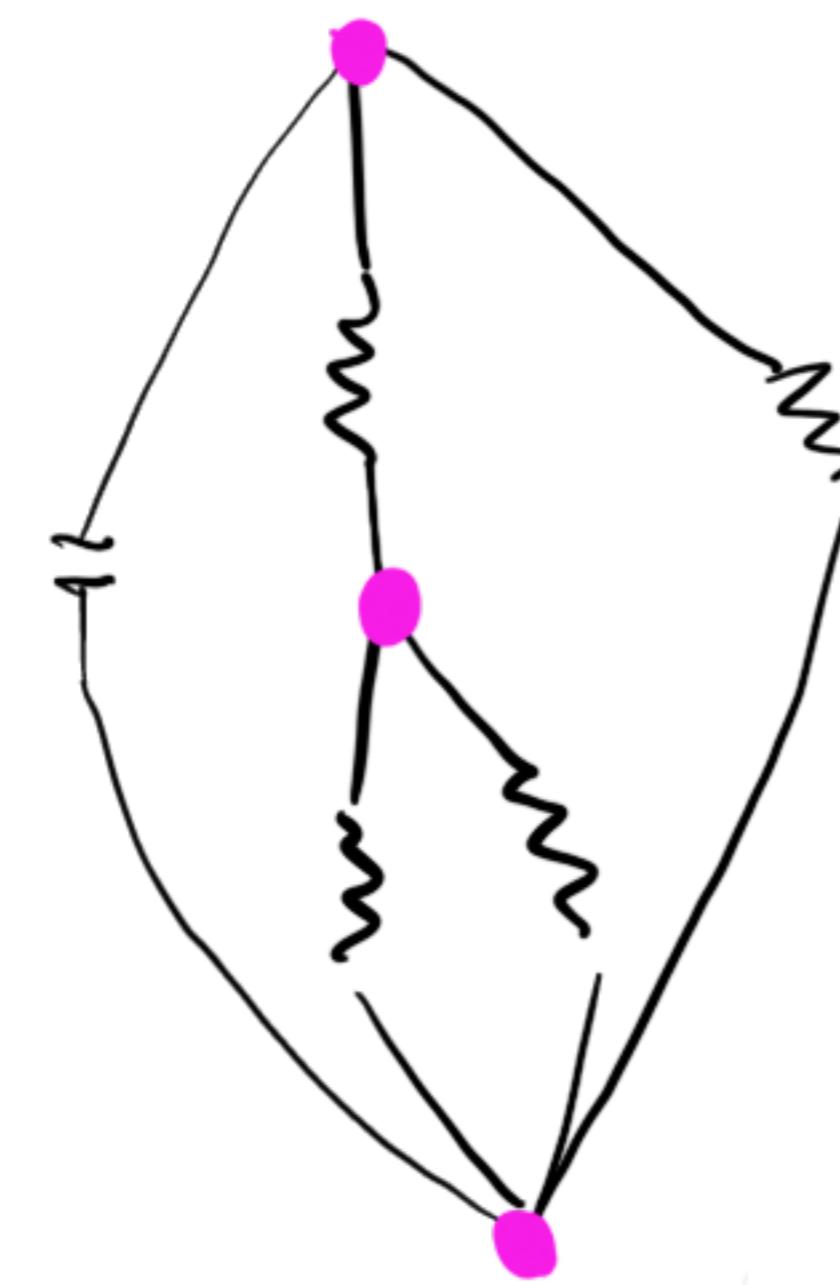


W-Kopplung

Rler ayru i₀

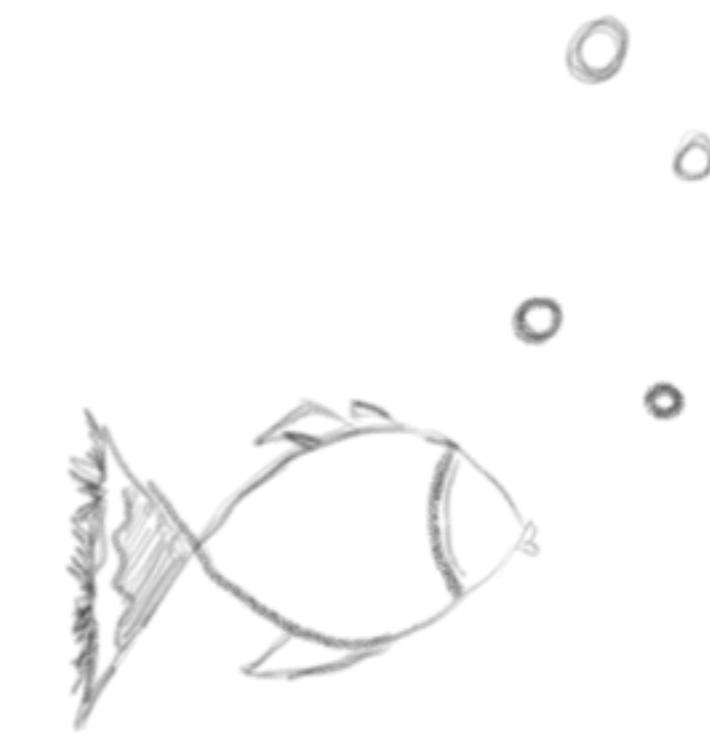
V=0

an km yolkw. Regule



$$\frac{1}{L_2 + L_3}$$

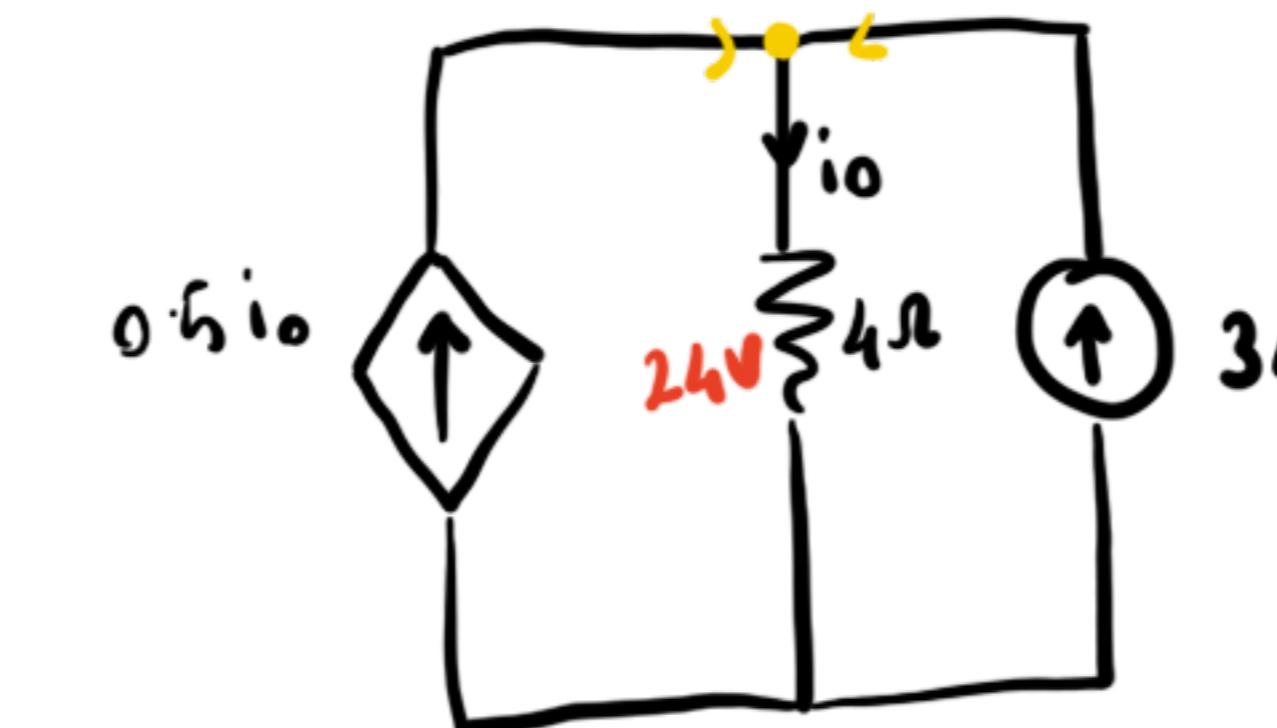
zuvergänglich
5 deklarieren



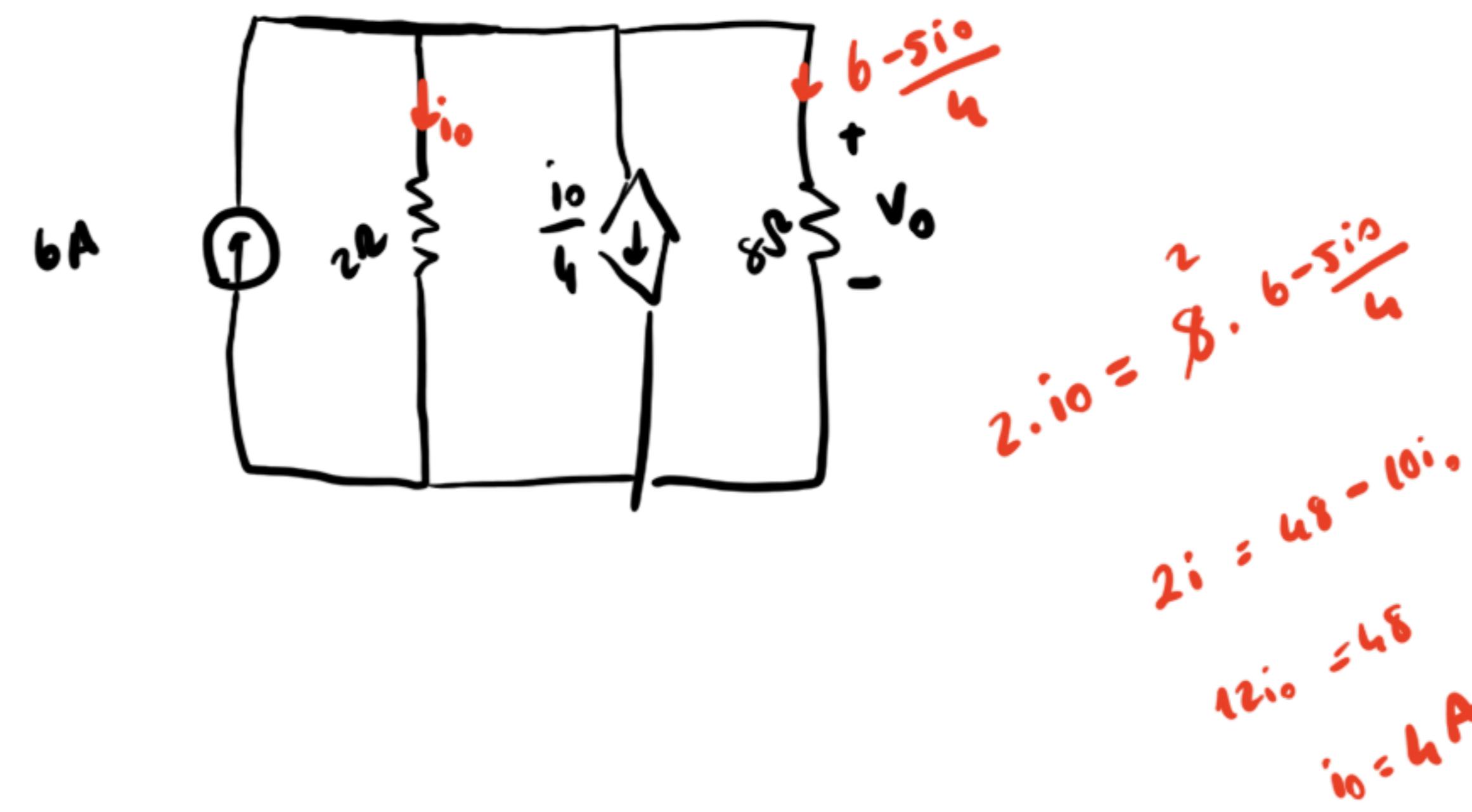
$$0.5i_0 + 3A = i_0$$

$$3A = \frac{i_0}{2}$$

$$6A = i_0$$



Bir gözle etrafında
 dengelerin mevcut olduğunu
 投降する.



$$V_{AB} = 20V$$

$$V_{BA} = -20V$$

A
 B
 -15V
 投降せよ

X
 Y
 次に

X
 Y
 降伏せよ

Vek $e \rightarrow c$ 'ye doğru



Normali bu

akımın
şırdığı yer
+ idir



Hacim tırtılı



-10V \rightarrow 11V -8V \rightarrow 2V

10V \times 8V

$i = 3A$

$$\frac{1}{4R} + \frac{1}{8R}$$

$$\frac{3}{4} R \cdot i = 18$$

$i = 12$