

Ankara Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi, Fizik Mühendisliği Bölümü

FZM207

Teknik Elektrik-I

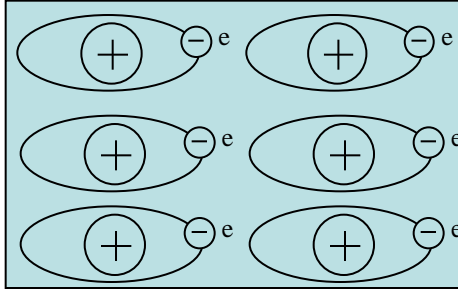
Prof. Dr. Hüseyin Sarı

1. Bölüm: Temel Kavramlar ve Devre Elemanları

İçerik

- Enerji ve Enerji İletimi: İş, Enerji, Güç
- Elektrik Yüğü
- Elektrik Akımı
- Potansiyel Farkı ve Gerilim
- Elektriksel Güç ve Enerji
- Elektrik Kaynakları ve Devre Öğeleri
- Direnç: Ohm Yasası
- İndüktans
- Sığa
- Temel Devre Yasaları: Kirchhoff Yasaları

İletken ve Yalıtkanlar



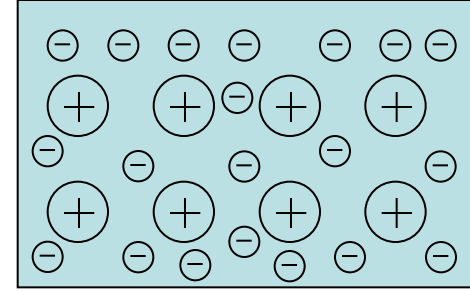
Dielektrik (Yalıtkan)

Serbest taşıyıcı yoğunluğu (n): 0 cm^{-3}

$$q=0, \mathbf{I=0}$$

Net yük yoğunluğu sıfırdır ve serbest dolaşan yük bulunmaz!

Cam
Porselen
Plastik



Metal (İletken)

Serbest taşıyıcı yoğunluğu (n): 10^{23} cm^{-3}

$$q=0, \mathbf{I \neq 0}$$

Net yük yoğunluğu sıfırdır *ancak* serbest dolaşan yük (elektron) bulunur

Alüminyum
Bakır
Altın

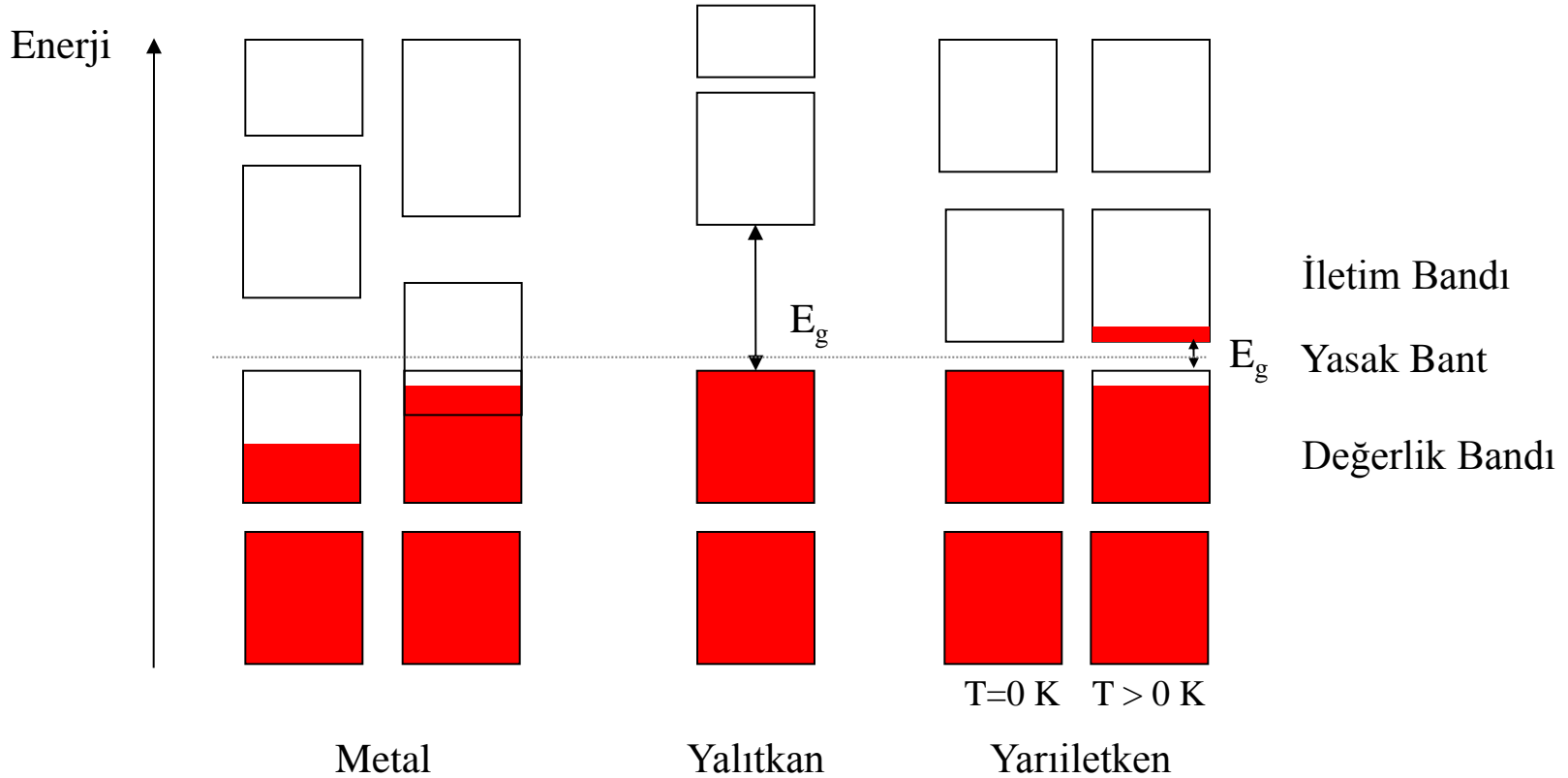
İletkenlik: $\sigma = nq\mu$

$$(\text{öz}) \text{ Direnç: } \rho = \frac{1}{\sigma} = \frac{1}{nq\mu}$$

n: taşıyıcı yoğunluğu
q: elektron yükü
 μ : devingenlik (mobility)

İletken, Yarıiletken, Yalıtkan

Maddelerin elektriksel özellikleri elektronik bant yapısı ile yakından ilgilidir.



Enerji bantları tamamen dolu veya tamamen boş ise kristal yalıtkan gibi davranır, çünkü elektrik alan uygulandığında bant içinde boş yer olmadığı için elektronlar hareket edemezler (yük taşınamaz)!

$$E_g^{\text{yalıtkan}} \gg E_g^{\text{yarıiletken}}$$

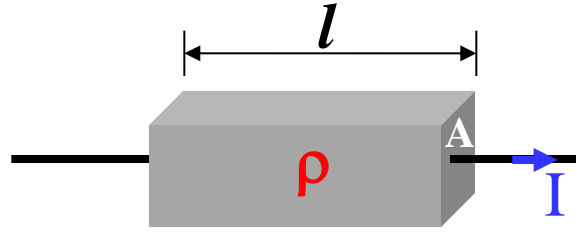
$$E_g(\text{Ge})=0,6 \text{ eV (yarıiletken)}$$

$$E_g(\text{Si})=1,12 \text{ eV (yarıiletken)}$$

$$E_g(\text{C})=5,4 \text{ eV (yalıtkan)}$$

$$E_g(\text{GaAs})=1,43 \text{ eV (yarıiletken)}$$

Temel Kavramlar ve Devreler



Özdirenç:

$$\rho = \frac{1}{\sigma} = \frac{1}{nq\mu}$$



Fizik

Devreler

Özdirenç (ρ)

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

Direnç (R)

Elektrik Alan (E)

$$V = E l$$

Gerilim (V)

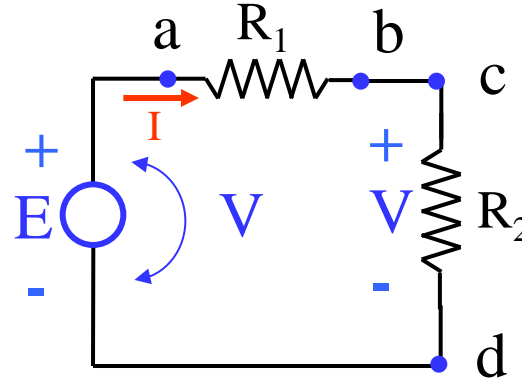
Akım Yoğunluğu (J)

$$I = J \cdot A$$

Akım (I)

Devreler: Temel Kavramlar ve Notasyon

Akım (I) ve Gerilim (Farkı) V



I: Akım (A)

E: Electromotot Kuvvet (V) (Güç Kaynağı-Üretilen)

V: Gerilim (V) (İki nokta arasında-Ölçülen)

Notasyon ve renk kodları (Bu ders için):

Akım (I)

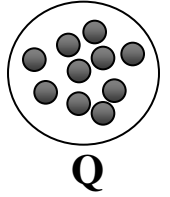
Gerilim (E, V)

Büyük harfler: Zamanla değişmeyen akım (I) ve gerilim (E, V) için

Küçük harfler: Zamanla değişen akım (i(t)) ve gerilim (e(t), v(t)) için

Elektrik Yükü

Yük, Q ile gösterilir ve birimi **Coulomb**'dur (kısaca **C** olarak yazılır).



1 elektronun yükü = $-1,6 \times 10^{-19}$ C dur.

$$1C = 6.3 \times 10^{18} e$$

Buna göre 1 Coulomb'a eşit bir yükün oluşması için yaklaşık $6,3 \times 10^{18}$ tane elektronun bir araya gelmesi gerekir.

Yükler arasında oluşan kuvvet (F)

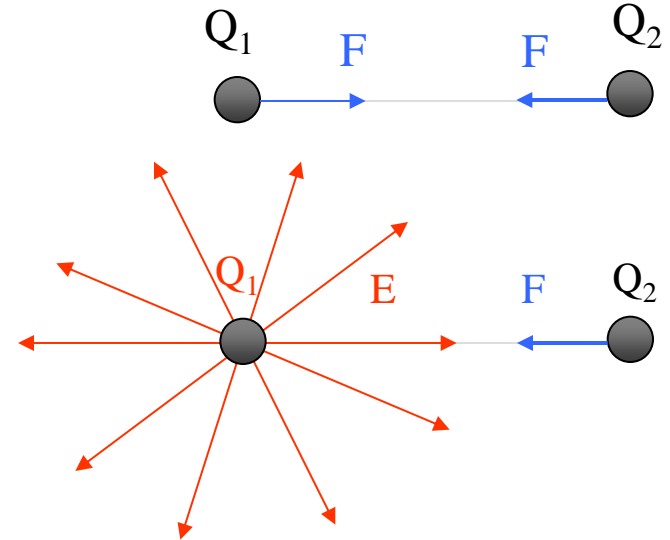
Coulomb Yasası

$$F = k \frac{Q_1 \cdot Q_2}{d^2}$$

Elektrik Alan (E)

$$E = k \frac{Q_1}{d^2}$$

$$F = \left(k \frac{Q_1}{d^2} \right) \cdot Q_2 = E \cdot Q_2$$



Yükler arasındaki kuvvet, alan kavramı ile yorumlanabilir. Q_1 yükü (veya Q_2) etrafında bir elektrik alan (**E**) oluşturur. Bu alan içinde bulunan Q_2 (veya Q_1) etkilenir ve arada bir kuvvet oluşur.

Elektrik Akımı

Mühendislik amaçları için durgun olan yüklerden çok hareket halindeki yüklerle ilgileniriz, çünkü enerji iletimi ancak hareket eden yüklerle sağlanabilir.

Akımın, yalıtkanlar tarafından sınırlandırıldığı özel iletken yola *Devre* denir.

Akım, bir devre içindeki yükün akış hızına denir.

Bir noktada bulunduğumuzu ve önümüzden geçen yükleri gözlediğimizi düşünelim. Her t saniyede Q Coulomb'luk yükün düzgün hızda geçtiğini varsayalım;



Akımın (I) kararlı değeri: $I = \frac{Q}{t}$

Genellikle yüklerin akış hızı zamanla değişir, böylece akımın değeri de değişir. Bu durumda bir devredeki *ani akım* $i(t)$:

Ani akım: $i(t) = \frac{dq}{dt}$

Geçen yük miktarı: $q = \int i(t)dt$

Notasyon

I, Q (zamanla değişmeyen nicelikler)

i, q (zamanla değişen nicelikler) $i(t), q(t)$

Elektrik Akımı

Akım birimi (SI birim sisteminde) *amper* (kısaca A) **dir**.

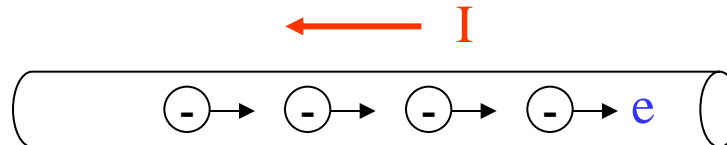
[1 saniyede 1 Coulomb'luk yük aktığı zaman geçen akım 1 Amper'dir.]

$$[amper] = \frac{[coulomb]}{[s]}$$

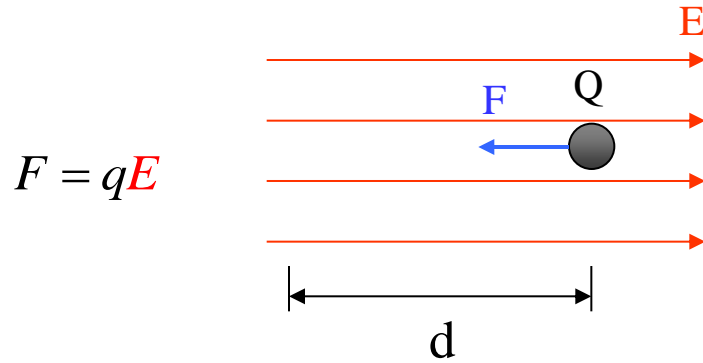
Ödev-1.1: Bir telden geçen akım 1 μA ise 4 saniyede kaç tane elektron akar?

Akımın büyüklüğü kadar yönünü de belirlemeliyiz.

Önceden pozitif (+) yüklerin hareket ettiği düşünülerek pozitif (+) yüklerin hareket yönü akımın yönü olarak kabul edilirdi. Şimdi de aynı kabul geçerli ancak iletimi çoğunlukla elektronlar (metallerde) sağladığı için akım yönü elektron hareketinin tersi yönüdür.



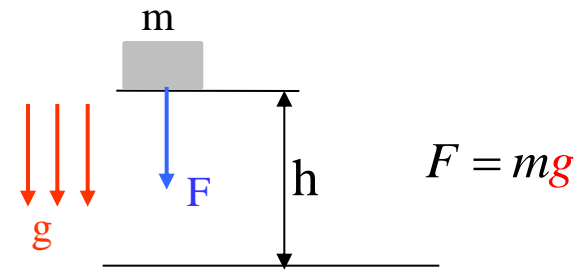
Elektriksel İş-Enerji-Güç



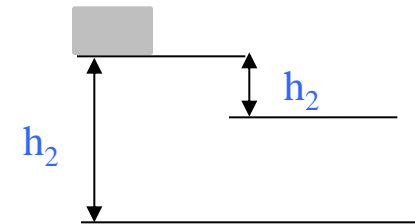
Enerji: $W = V \cdot Q$

Potansiyel: $V = k \frac{Q}{d}$

Güç: $P = \frac{W}{t} = V \cdot I$

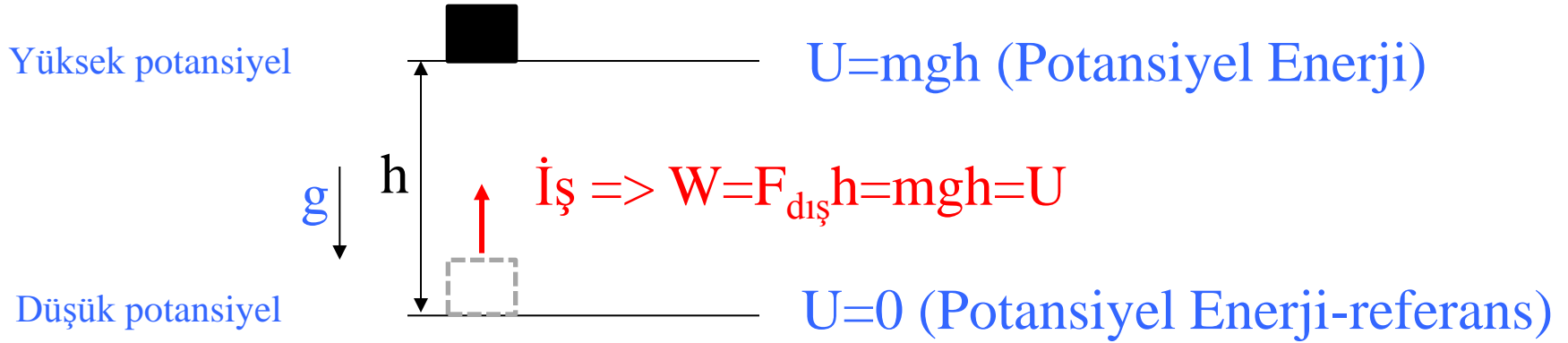


$$W = \vec{F} \cdot \vec{h}$$



$$W = F \cdot v$$

Potansiyel Enerji - Potansiyel Farkı (Mekanik)



Potansiyel Enerji (U): $U = mgh$

Potansiyel (V):
(Birim kütle başına
potansiyel enerji)

$$V = U/m \Rightarrow V = U/m = mgh/m = gh$$

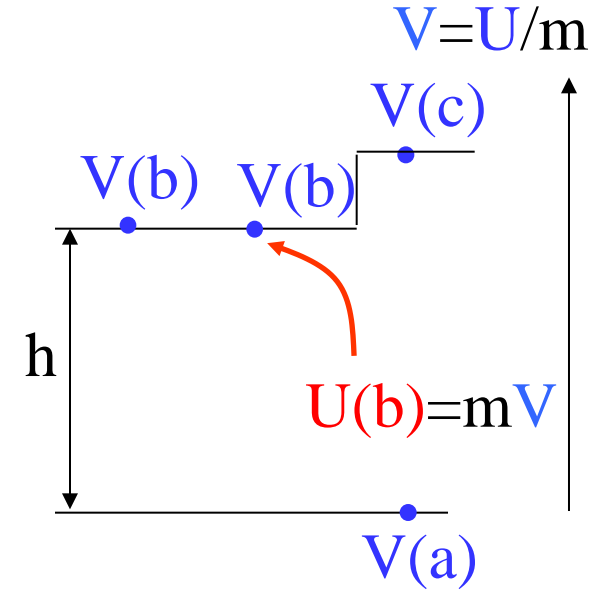
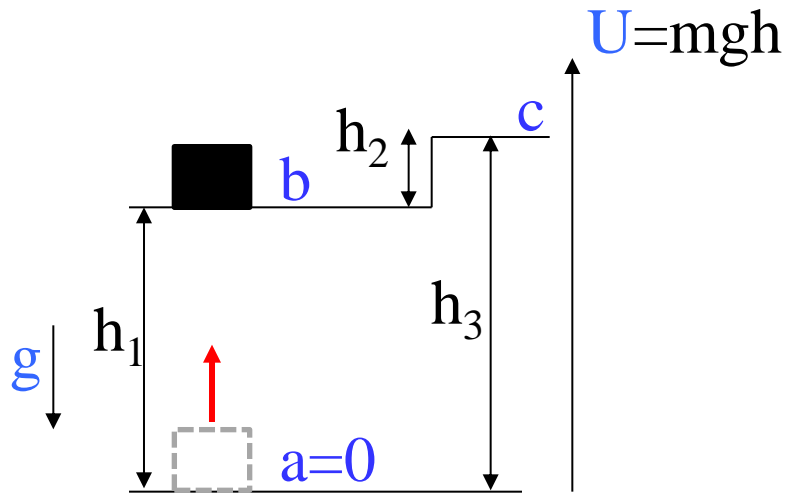
$$V = gh$$

**Sabit bir alanın varlığında
potansiyel yükseklikle orantılıdır.**

Potansiyel Enerji ve Potansiyel
arasındaki ilişki

$$U = mV$$

Potansiyel Enerji - Potansiyel Farkı



Potansiyel Enerji (U): $U=mgh$

Potansiyel kütleden bağımsız hale getirmemizi sağlar.

Potansiyel (V):
(Birim kütle başına potansiyel enerji)

$$V=U/m \Rightarrow$$

$$U(h)=mV(h)$$

$$V=U/m=mgh/m=gh$$

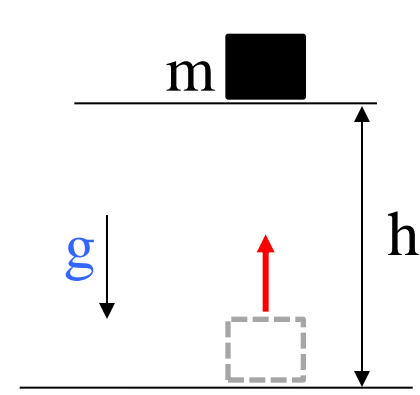
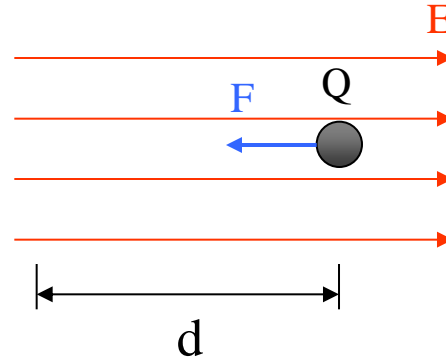
Potansiyel Enerji - Potansiyel Farkı (Elektrik)

Bir elektrik alanında (E), Q yüküne etki eden kuvvet.

Coulomb Yasası: $F = k \frac{Q_1 \cdot Q_2}{d^2}$

Elektrik Alan: $E = k \frac{Q_1}{d^2}$

$$F = E \cdot Q$$



İş:
(Potansiyel
Enerji)

$$W = U = \vec{F} \cdot \vec{d} = \left(k \frac{Q_1 \cdot Q_2}{d^2} \right) \cdot d = (E \cdot Q) \cdot d = (E \cdot d) Q$$

Potansiyel:

$$V \equiv \frac{U}{Q} = Ed$$

Potansiyel Enerji ve
Potansiyel arasındaki ilişiki

$$U = QV$$

$$W = U = mg \cdot h$$

$$V = \frac{U}{m} = gh$$

$$U = mV$$

Enerji, İş ve Güç

$$\text{İş} = (\text{Kuvvet}) \cdot (\text{Yer Değişirme}) \quad W = F \cdot d$$

İş birimi (SI birim sisteminde) **Joule** (kısaca J)
[joule]=[newton].[metre]

Enerji, iş yapabilme yeteneğidir.

$$\text{Güç} = \text{Enerji} / \text{Zaman}$$

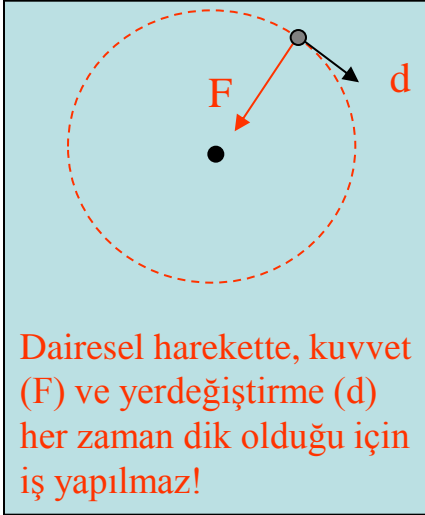
$$P = W/t$$

Güç birimi (SI birim sisteminde) **Watt** (kısaca W)
[watt]=[joule] / [saniye]

Güç, iş yapma hızıdır (enerji iletim hızı)

Güç ile enerji arasındaki bağıllık nedeni ile çoğu kez biri, diğeri cinsinden ifade edilir:

Örneğin enerji birimi joule, watt-saniye ya da kilowatt-saat (1000x3600=3,6x10⁶ watt-saniye) birimleri ile ifade edilir.



Örnek 1.1: Elektrik enerjisi, sabit bir hızla bir pile iletilip orada 400 Watt'ı kimyasal enerjiye dönüştürülerek saklanmaktadır. Olay süresince pile iletilen gücün % 20'si ısı biçimde kaybolmaktadır. Elektriğin kW-saat'i 1,25 TL ise pili 10 saat yüklemek için harcanan enerji değerini ve maliyetini bulunuz.

Çözüm:

Pile iletilen toplam güç P_b ise:

$$400 \text{ W} + 0,2P_b = P_b \Rightarrow P_b = 500 \text{ W}$$

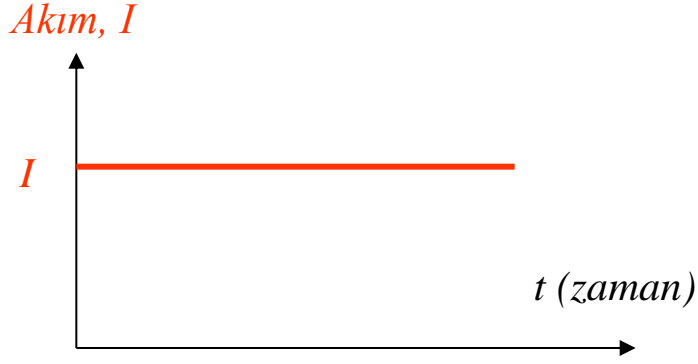
$$10 \text{ saatte toplam enerji } W_b = (500 \text{ W}) \times (10 \text{ saat}) = 5000 \text{ W-saat} = 5 \text{ kW-saat}$$

$$\text{Harcanan enerjinin maliyeti} = (5 \text{ kW-saat}) \times (1.25 \text{ TL} / (\text{kW-saat})) = 6,25 \text{ TL}$$

Verim % 80 (kayıp % 20)

Farklı Akım Şekilleri

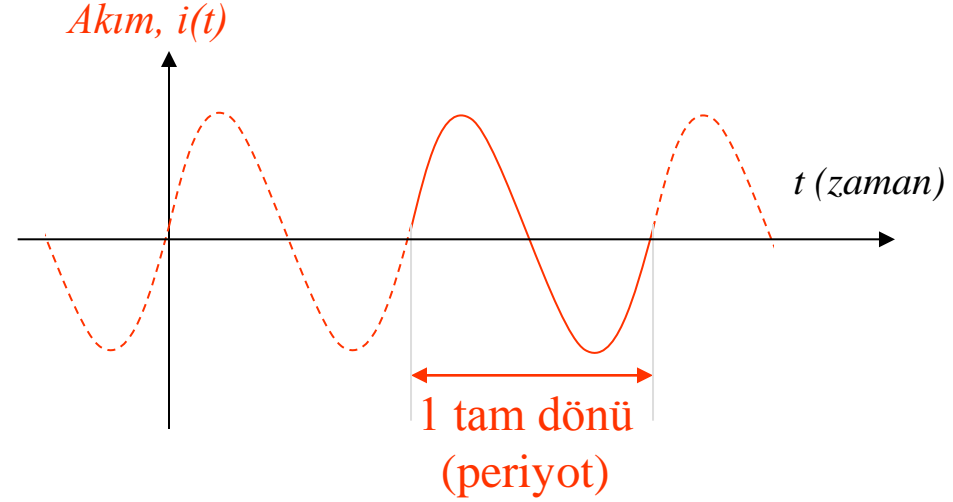
Doğru Akım



Doğru akım, zaman süresi içinde tüm yüklerin akışı yalnız **bir yöndedir**

Pil, akü doğru akım kaynaklarına örnek olarak verilebilir.

Alternatif Akım



Alternatif akım, zaman süresi içinde yükler önce bir yönde, sonra diğer yönde akarlar ve bu dönü belli frekanslarda yinelenir

$$\text{periyot} = 1/\text{frekans}$$

Birimler:

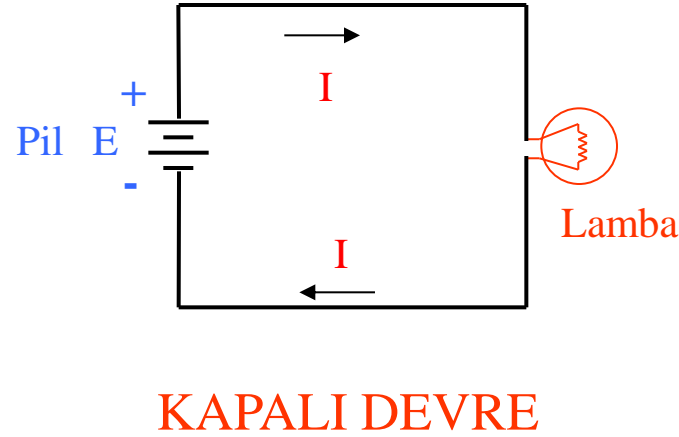
$$\text{periyot [zaman]} = \text{saniye}$$

$$\text{frekans [1/zaman]} = 1/\text{saniye} = \text{hertz (Hz)}$$

Türkiye'deki şehir akımı (ve aynı zamanda gerilimi) alternatiftir ve frekansı 50 Hz'dir (1 saniyede 50 kez tam dönü yapar)

Kapalı, Açık ve Kısa Devre

Amaç, pilden lambaya elektrik enerjisinin taşınmasıdır.



Kapalı Devre

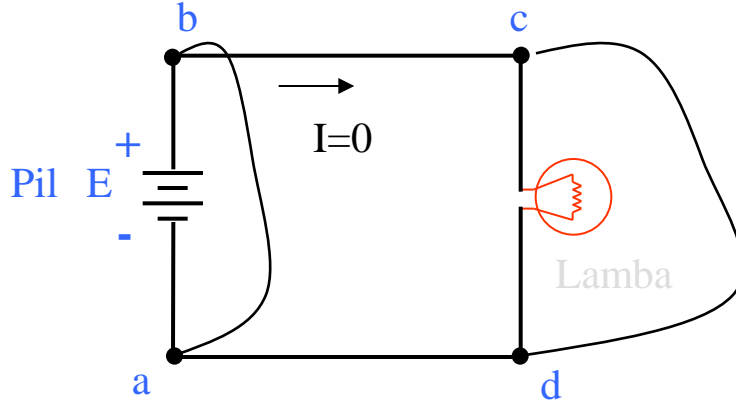
$$R \neq \infty$$
$$\neq 0$$

$$\text{Akım} \neq 0$$

$$\text{Gerilim} \neq 0$$

Bunun için pil ve lamba arasına I akımını iletebilmek için tel bağlanır. Böylece tam bir iletken yol sağlanır ve bir *tam devre* ya da *kapalı devre* oluşur.

Kısa Devre



KISA DEVRE

Kaynağın çıkış akımı yüksek (yıkıcı) olacak ve akımın çok az bir kısmı lambadan geçecek ve lambaya etkili bir enerji iletimi olmayacaktır!

Böyle durumları önlemek için devreye sigorta bağlanır.

Lambanın uçları (c-d) veya pilin uçları (a-b) birleştirilirse (yanlışlıkla!) farklı bir devre elde edilir. Böyle devreye ise **Kısa Devre** denir.

Short Circuit

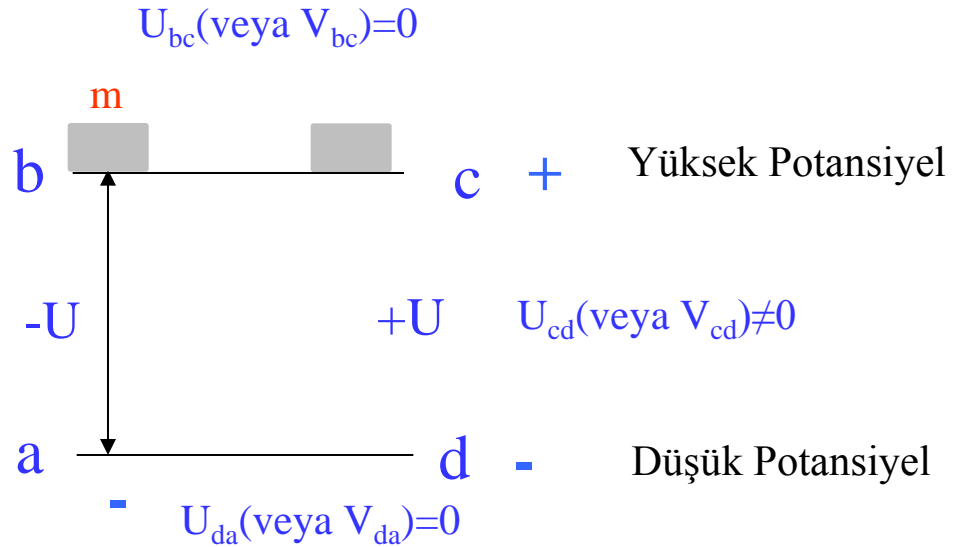
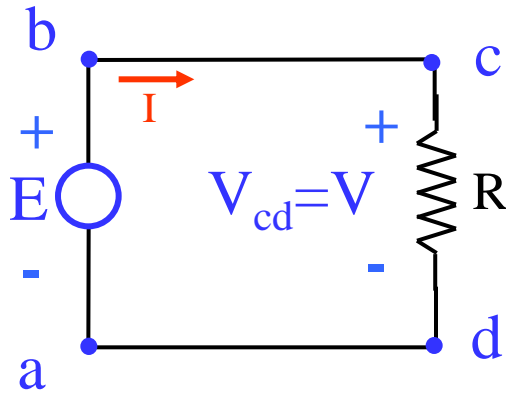
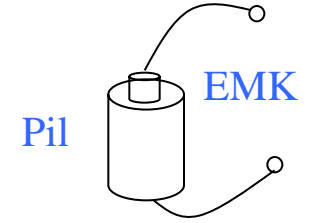
$R=0$

Akım=Max

Gerilim=0

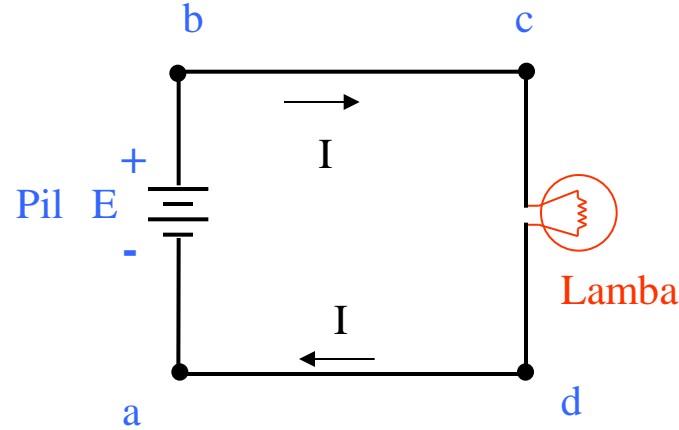
ElektroMotorKuvvet (EMK)

Potansiyel farkı, elektrik enerji kaynağının potansiyel farkı olduğu zaman, buna çoğu kez *elektromotor kuvvet* ya da kısaca *EMK* denir.



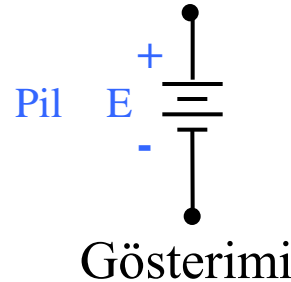
ElektroMotorKuvvet (EMK)-Pil

Normal bir devreyi düşünelim:



Devredeki akımın (I) sürekliliğini sağlamak için enerji sağlanması gerekir. Yüklerin tellerden ve lambadan akarken dağıttıkları (kaybettikleri) enerjileri bu yüklere vermek için yükler üzerinde iş yapılmalıdır. Bu iş ya da enerji kaynaktan elde edilir. Örneğin bu enerji pilde kimyasal enerjinin elektrik enerjisine dönüşmesi ile sağlanabilir.

Piller, elektronların devrede dolaşabilmeleri için gerekli enerjiyi devreye verir

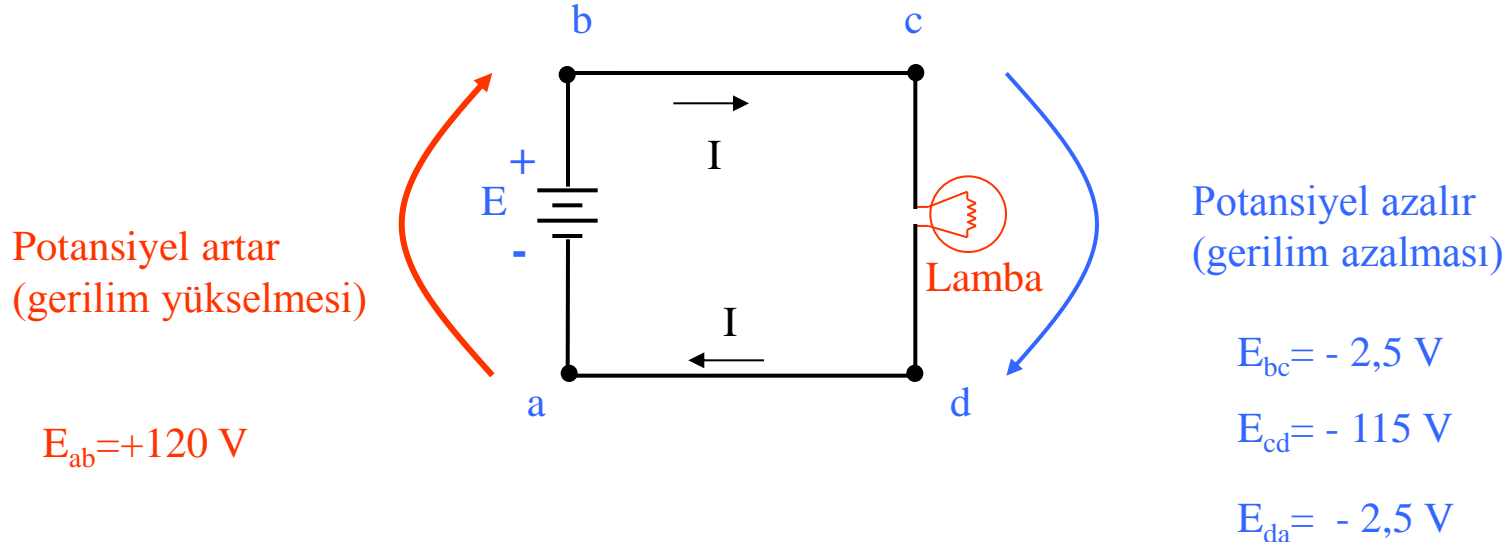
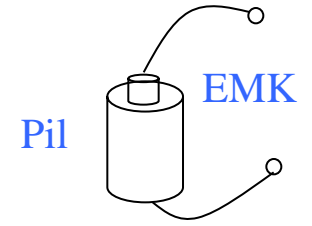


Potansiyel Farkı-Gerilim

Bir devredeki iki nokta arasında bir birimlik pozitif yükü hareket ettirmekle yapılan iş o noktalar arasındaki *Potansiyel Farkı* yada *Gerilim* denir. ***Başka bir deyişle gerilim, birim yük başına yapılan iştir.***

1 Coulomb'luk yükü bir noktadan başka bir noktaya hareket ettirmek için yapılan iş 1 joule ise bu noktalar arasındaki potansiyel farkı 1 Volt (kısaca V) dur.

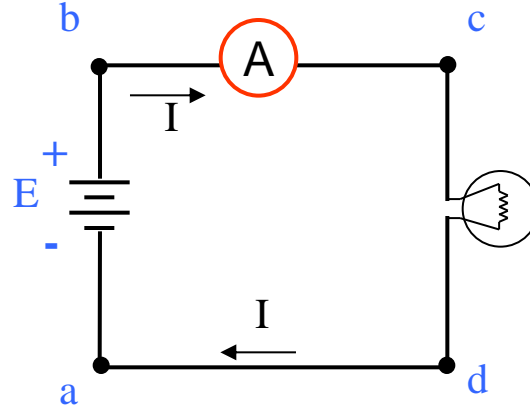
Potansiyel farkı, elektrik enerji kaynağının potansiyel farkı olduğu zaman, buna çoğu kez *elektromotor kuvvet* ya da kısaca *EMK* denir.



Gerilimin işareti, yükseltmeyi (+) veya azalmayı (-) göstermektedir.

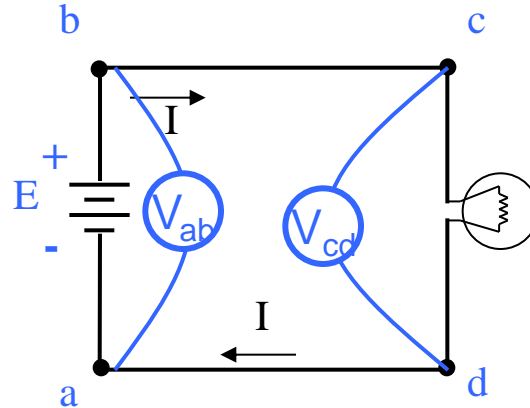
Akım-Gerilim Ölçümü

Akım, kapalı devrenin her kolunda aynıdır. Bir devredeki akımı ölçmek için akımölçer (ampermetre) devredeki herhangi bir noktaya bağlanabilir.



Akım Ölçümü

Gerilim ise her noktada farklı olduğu için voltmetre, devrede gerilimin ölçüleceği noktalara bağlanır.



Gerilim Ölçümü

Ölçü aletleri, idealde hiç güç tüketmez. (İdeal durumda ampermetrenin iç direnci sıfır, voltmetrenin ise sonsuzdur!) 23

Elektriksel Güç ve Enerji

Enerjiyi, elektriksel nicelikler cinsinden (Elektriksel Güç ve Enerji) nasıl ifade edebiliriz?

Bir elektrik devresinde ya da devrenin bir kesiminde yapılan iş (W) ya da iletilen enerji, gerilimin (E) ve yükün (Q) çarpımı olarak verilir.

$$\text{Elektriksel Enerji} \quad W = E \cdot Q$$

İş, sabit bir hızda yapılırsa ve toplam Q yükü, t saniyede E voltluk bir gerilim altında hareket ederse, güç:

$$\text{Elektriksel Güç} \quad P = \frac{W}{t} = \frac{E \cdot Q}{t}$$

Uygulamada, yükten ziyade akım ile ilgilendiğimizden güç ifadesi:

$$P = E \cdot I \quad \text{Güç}$$

Bu güç, uçlarındaki gerilim (E), üstünden geçen akım I olan devre elemanının birim zamanda soğurduğu veya dışarıya verdiği enerjidir.

Akım ve gerilimin her ikisi de zamanla değişiyor ise anlık güç $p(t)$;

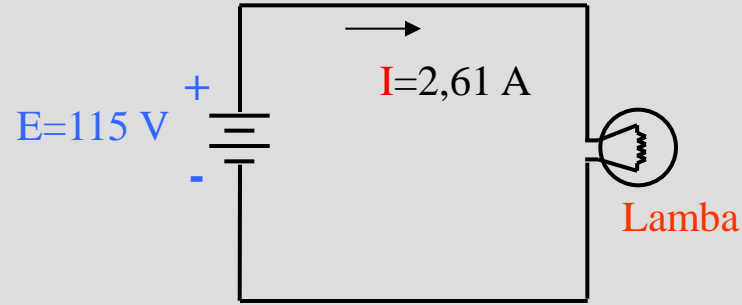
$$p(t) = e(t) \cdot i(t) \quad \text{Ani Güç}$$

Elektrik Birimleri ile Kullanılan Ön Ekler

Büyük Nicelikler		Küçük Nicelikler	
Kilo (k)	10^3	Mili (m)	10^{-3}
Mega (M)	10^6	Mikro (μ)	10^{-6}
Giga (G)	10^9	Nano (n)	10^{-9}
Tera (T)	10^{12}	Piko (p)	10^{-12}

Enerji ve Enerji İletimi: Enerji, İş , Güç

Örnek 1.2: Şekildeki devrede lamba üzerinde 115 V 'luk bir gerilim vardır. I devre akımı $2,61 \text{ A}$ 'dir. Lamba tarafından alınan güç nedir? Enerjinin kW-saat'i $1,25 \text{ TL}$ ise lambanın 10 saat kullanılması sonunda ödenecek ücret nedir?



Çözüm:

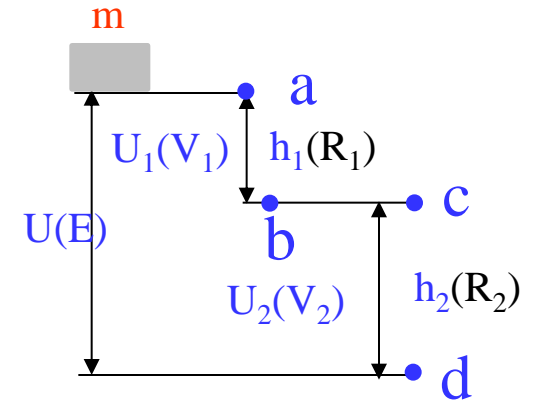
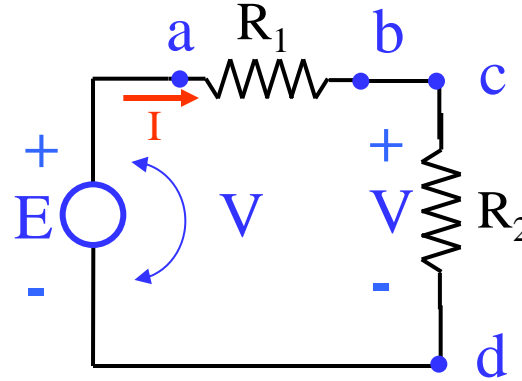
$$P = E \cdot I = (115 \text{ V}) \cdot (2,61 \text{ A}) = 300 \text{ W}$$

$$W = E \cdot I \cdot t = (300 \text{ W}) \cdot (10 \text{ saat}) = 3000 \text{ W-saat} = 3,0 \text{ kW-saat}$$

$$\text{Maliyet} = (3,0 \text{ kW-saat}) \cdot (1,25 \text{ TL/kW-saat}) = 3,75 \text{ TL}$$

Devreler: Temel Kavramlar ve Notasyon

Akım (I) ve Gerilim (Farkı) V



I: Akım (A)

E: Gerilim (V) (Güç Kaynağı-Üretilen)

V: Gerilim (V) (İki nokta arasında-Ölçülen)

Notasyon ve renk kodları (Bu ders için):

Akım (I)

Gerilim (E, V)

Büyük harfler: Zamanla değişmeyen akım (I) ve gerilim (E, V) için

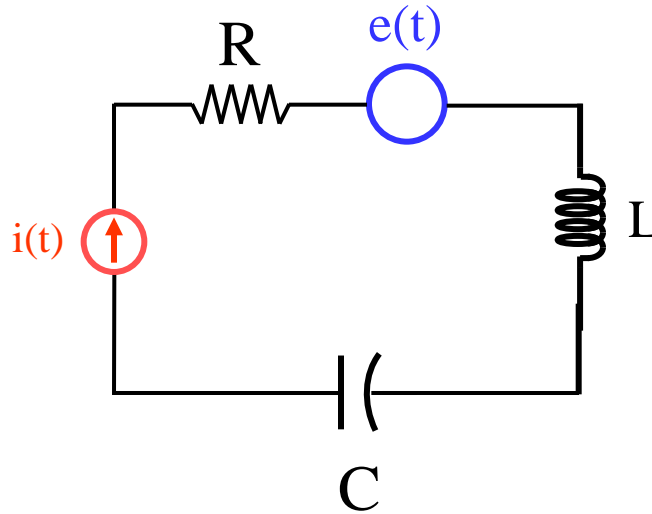
Küçük harfler: Zamanla değişen akım ($i(t)$) ve gerilim ($e(t)$, $v(t)$) için

Elektrik Güç Kaynakları ve Devre Öğeleri

Elektrik Devresi, bir ya da daha çok elektrik enerjisini **alıcısı** ya da **soğurucusu** ile birleştirebilen bir ya da birçok **kaynaktan** oluşur.

Kaynaklar

- Akım
- Gerilim



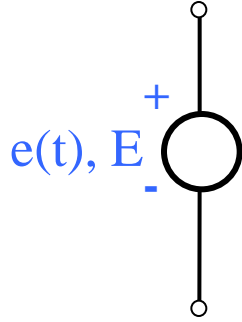
Alıcı veya Soğurucular

- Direnç (R)
- İndüktans (L)
- Sığa (C)

Devre analizine başlamadan önce, her bir devre elemanının davranışını (Akım-Gerilim ilişkisini) bilmemiz gerekiyor.

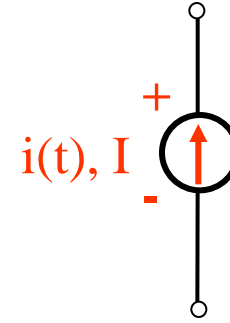
Elektrik Kaynakları

İdeal Kaynaklar: Sabit bir gerilim (ya da akım kaynağı) sabit bir gerilim (akım verir). Bu değerler uçlarına bağlanan devre elemanları (yük) ile değişmez.



İdeal Gerilim Kaynağı

İdeal bir gerilim kaynağının gerilimi, uçlarına bağlanan bağlantılarla değişmez.



İdeal Akım Kaynağı

İdeal bir akım kaynağının devreye sağladığı akım, uçlarına bağlanan bağlantılarla değişmez.

Gerçekte elektrik kaynakları ideal değildir ve burum 2. Bölüm'de ele alınacaklardır.

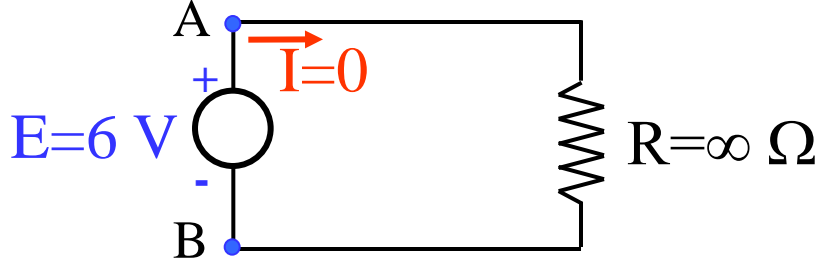
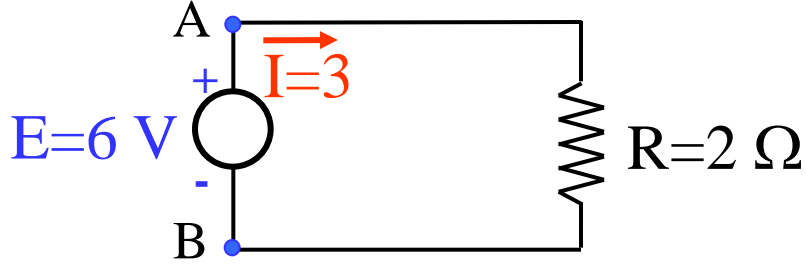
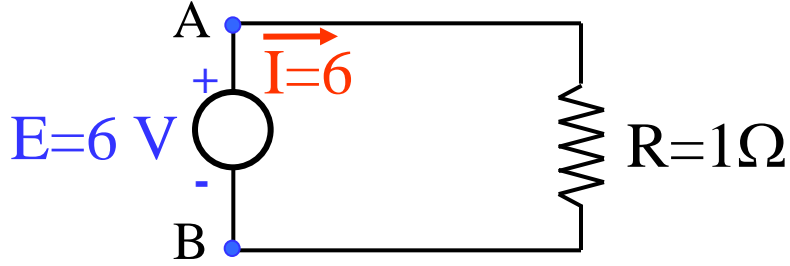
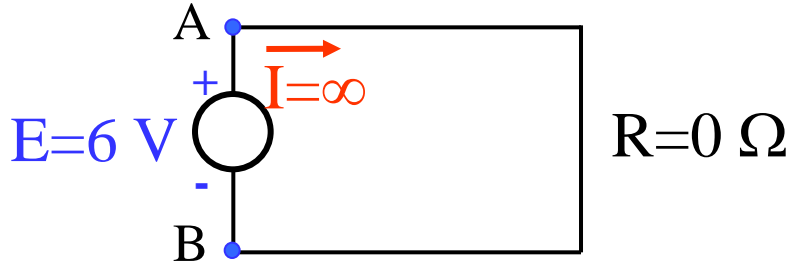
Notasyon:

Büyük harfler, kaynağın **sabit** olduğu (örneğin **E**, **I**)

Küçük harfler, kaynağın **zamana bağlı** olduğu (örneğin **e(t)**, **i(t)**)

durumlar için kullanılır...

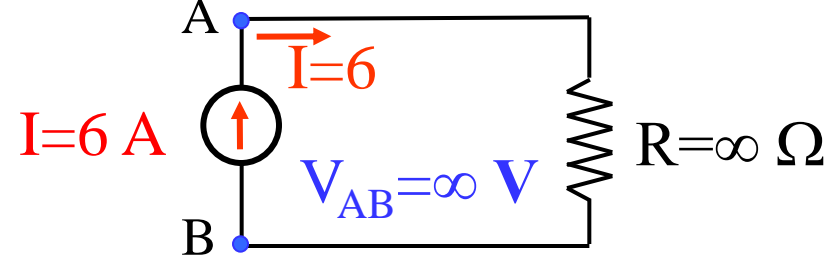
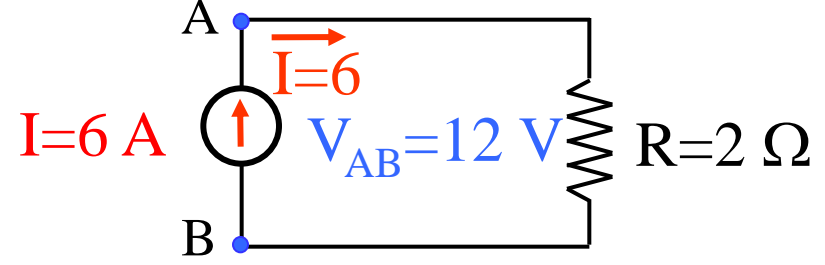
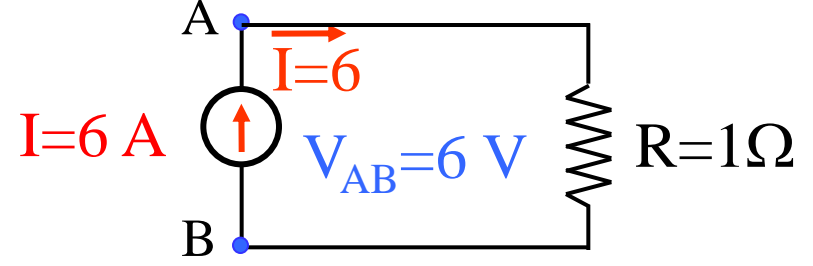
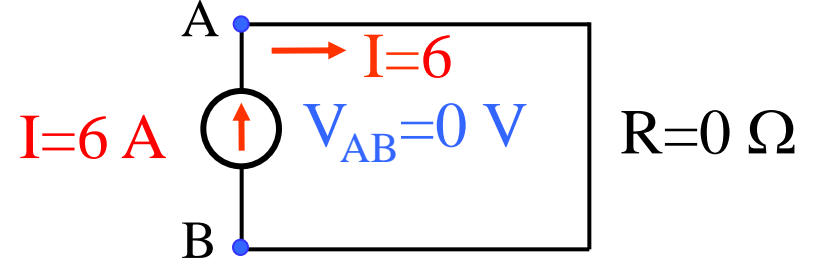
İdeal Gerilim Kaynağı



İdeal bir gerilim kaynağının gerilimi, uçlarına bağlanan bağlantılarla değişmez.

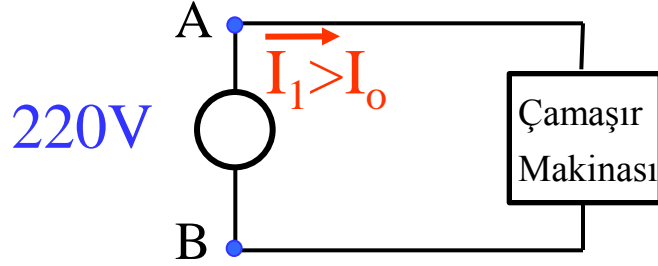
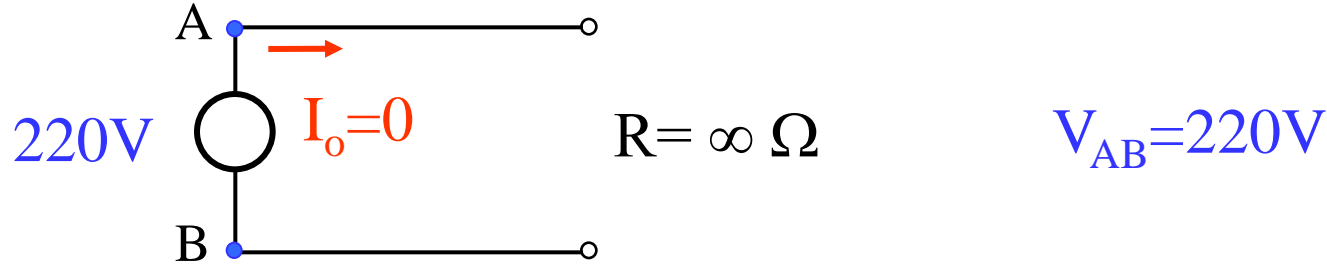
İdeal Kaynaklar

İdeal Akım Kaynağı

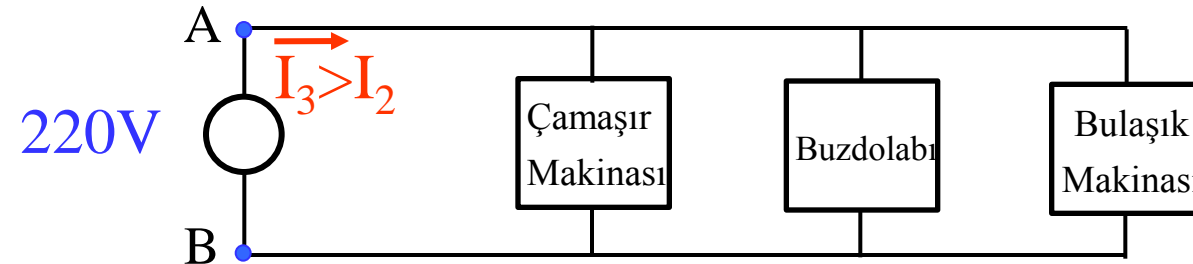
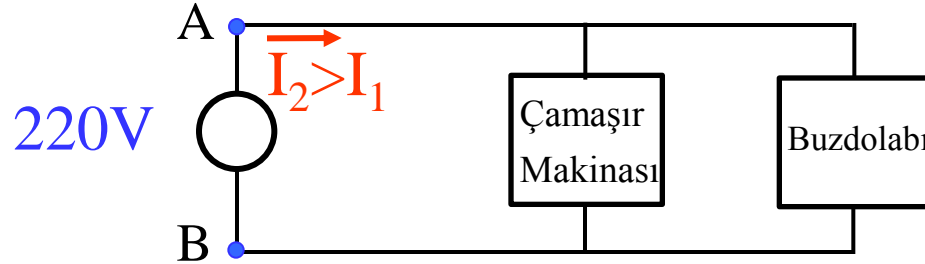


İdeal bir akım kaynağının devreye sağladığı akım, uçlarına bağlanan bağlantılarla değişmez.

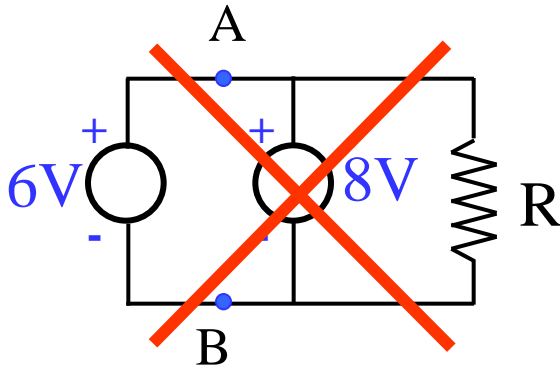
İdeal Gerilim Kaynağı



Şehir gerilimi **ideal gerilim kaynağıdır**. Prizlerdeki gerilim hep 220V'dur, akımın ne olduğuna dair bilgi verilmez. Bu gerilim değeri evde ne kadar çok aleti bağlasak da değişmez, hep 220V olarak kalır (Note: *İdeal gerilim kaynağının akım değeri belirtilmez*)

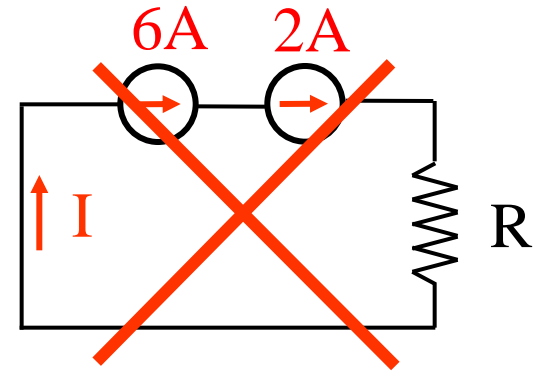


İdeal Güç Kaynaklarının Devreye Bağlanış Şekilleri



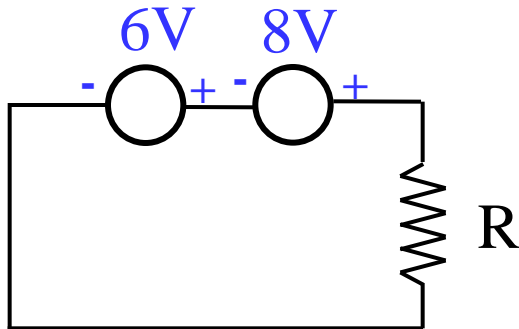
$$V_{AB}=?$$

AB arasındaki gerilim aynı olacağı için bu konfigürasyon geçerli değildir!

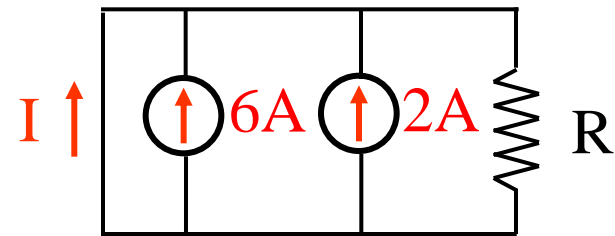


$$I=?$$

Bir koldan geçen akım sabit olacağı için bu konfigürasyon geçerli değildir!



$$V_{AB}=14V$$

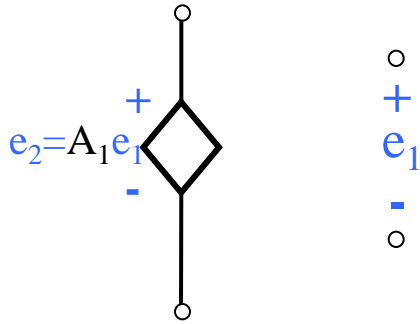


$$I=8A$$

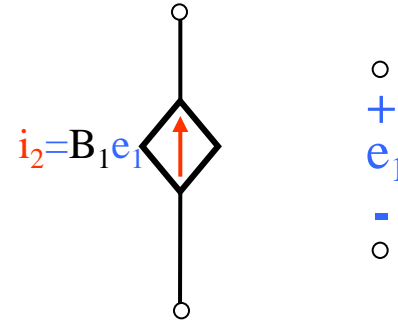
Bağımlı (Denetli) Kaynak Türleri

Bazı kaynak türlerinde ise kaynağın uçları arasındaki akım ya da gerilim, devrede bulunan bir başka gerilim ya da akımın bir fonksiyonudur. Bu kaynaklara bağımlı (denetli) kaynaklar denir ve elektrik üreteçleri ve transistörü içerir.

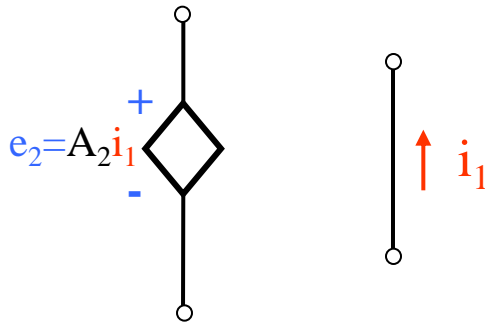
Bağımlı kaynakların dört olası durumu aşağıda verilmiştir:



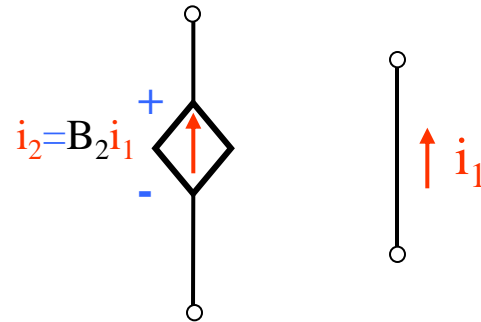
Gerilime bağlı gerilim kaynağı



Gerilime bağlı akım kaynağı



Akıma bağlı gerilim kaynağı



Akıma bağlı akım kaynağı

Devre Elemanları

Elektrik devresinin alıcı ya da soğurucu kesimini içeren bireysel bileşenlerine **devre öğeleri** ya da parametreleri denir.

Devre öğelerindeki akım ve gerilimler arasındaki bağıntılar deneysel verilere dayanarak elde edilmiştir. Bu bağıntılar farklı üç türde olduğu için üç tür devre öğesi tanımlamak mümkündür

1. Tür: Üzerinden geçen akımla orantılı gerilim oluşan devre elemanlarıdır. Bu tür devre elemanlarına *direnç* denir. Devre elemanı üstünde harcanan enerji ısı olarak kaybolur.

$$e = R \cdot i$$

2. Tür: Uçları arasında oluşan gerilim, üzerinden geçen akımın zamana göre değişimi (türevi) ile orantılı devre elemanlarıdır. Orantı sabitine *indüktans* denir. Bu devre elemanı *manyetik alan* ile yakından ilişkilidir.

$$e = L \frac{di}{dt}$$

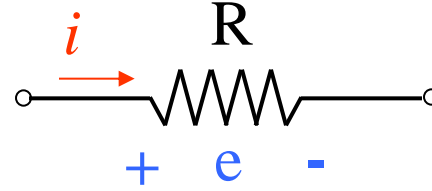
3. Tür: Üzerinden geçen akım, uçları arasındaki gerilimin zamana göre değişimi (türevi) ile orantılı devre elemanlarıdır. Orantı sabitine *sığa* denir. Bu devre elemanı, *elektrik alan* ile yakından ilişkilidir.

$$i = C \frac{de}{dt}$$

Direnç; Ohm Yasası

Uçları arasındaki gerilim (e), üstünden geçen akım (i) ile doğru orantılı olduğu devre elemanına **direnç** denir.

$$e = R.i$$



Direnç, gerilim ve akım arasındaki orantı katsayısıdır ve R ile gösterilir.

Birimi ise ohm (Ω) dur.

Genel olarak, gerilimin akım ile orantılı olması **Ohm Yasası** olarak bilinir.

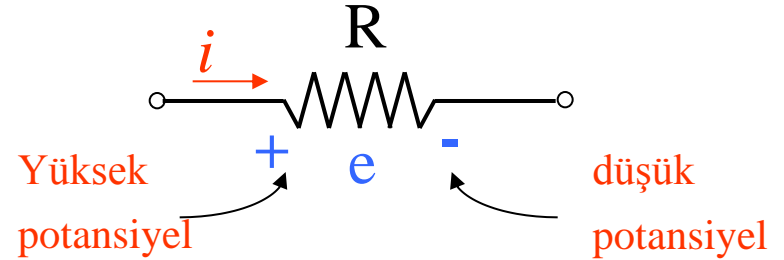
Gösterimi: R

Birimi= Ohm (Ω) ($1 \Omega = 1V/1A$)

$R = e/i \Rightarrow [\text{ohm}] = [\text{volt}] / [\text{amper}]$

Devrede gösterimi:

Bir elektrik yükü bir direncin içinden geçerken enerji kaybettiğinden akım yönünde bir gerilim düşer



Direnç üzerindeki güç kaybı:

$$p = e.i = (R.i).i = Ri^2$$

Akım cinsinden

$$p = e.i = e \left(\frac{e}{R} \right) = \frac{e^2}{R}$$

Gerilim cinsinden 35

Direncin mekanik eşdeğeri sürtünme kuvvetidir. Direnç, elektrik yüklerine ya da harekete karşı koyar ve bu karşı koymayı yenmek için harcanan enerji ısı olarak kaybolur.

Direnç; Ohm Yasası

$$\textit{Volt}(V) = \textit{Direnç}(R) \times \textit{Akım}(I)$$

$$V = R.I$$

İletkenlik, G

Direnç için gerilim cinsinden akımı veren eşdeğer bir ifade yazılabilir.

Bu durumda Ohm yasası

Direnç (R) cinsinden Ohm yasası $e = R.i$

İletkenlik (G) cinsinden Ohm yasası $i = G.e$

Doğru Akım-
Gerilim

$$E = IR$$

$$I = G.E$$

Burada G, direncin tersidir ve *iletkenlik* olarak bilinir.

$$G \equiv \frac{1}{R} \quad \text{İletkenlik}$$

Birimi ise mho (1 mho=1/ohm)

Direnç üzerindeki (iletkenlik cinsinden) güç kaybı:

$$p = e.i = \left(\frac{i}{G} \right).i = \frac{i^2}{G}$$

Akım cinsinden

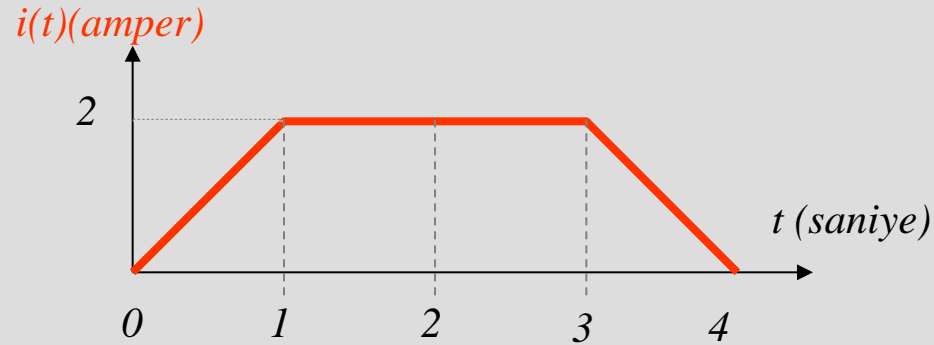
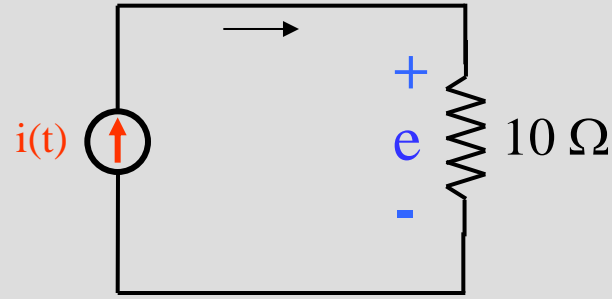
$$p = e.i = e(G.e) = Ge^2$$

Gerilim cinsinden

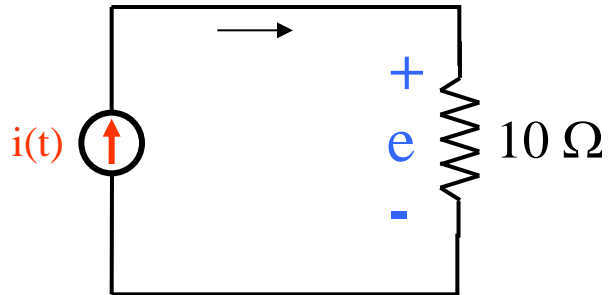
İletkenlik G'nin birimi **mho** dur ve özel bir anlamı yoktur.

İletkenlik, direncin tersi olduğundan birimi de direnç birimi olan ohm'un tersten yazılışı mho şeklindedir.

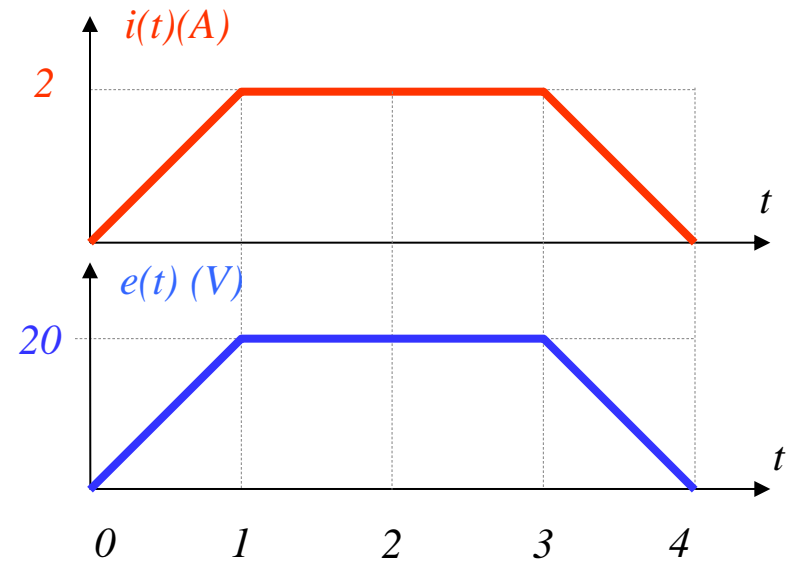
Örnek 1.0: Aşağıdaki devre ideal bir akım kaynağı ile uyarılmaktadır. Zamanın fonksiyonu olan akım eğrisi aşağıdaki şekilde verilmektedir. Zamanın fonksiyonu olarak direnç üzerindeki e gerilimin çiziniz.



Çözüm:



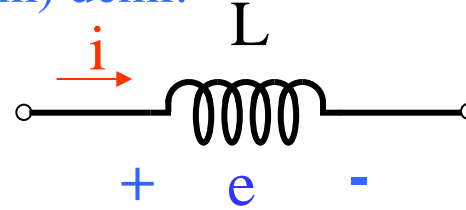
Gerilim: $e = R.i$
 $e(t) = (10\Omega).i(t)$



İndüktans-1

Üzerindeki gerilim, kendisinden geçen akımın değişme hızı ile doğru orantılı olduğu devre elemanına indüktans (Bobin) denir.

$$e = L \frac{di}{dt}$$



Gerilim ve akım arasındaki orantı sabiti L , devrenin *öz-indüktansı* veya basitçe *indüktansı*dır. Birimi ise *henry* (kısaca **H**) olarak gösterilir.

İndüktans, yük akış hızındaki değişimlere karşı koymanın bir ölçüsüdür.

İndüktans üzerindeki gerilim biliniyor ise geçen akım

$$i = \frac{1}{L} \int e \cdot dt$$

$$i = \frac{1}{L} \int_{t=0}^{t=t} e \cdot dt + i(0)$$

$i(0)$: değişme olmadan önce akımın değeri

İndüktans etkisi, mekanikte kuvvet ve hız arasındaki ilişkiye (kütle) benzer. $F=dp/dt=m(dv/dt)$ olduğu için, mekanik sistemlerde kütle, harekete karşı koymanın bir ölçüsüdür (duran cismin hızlanmasını, hızlı cismin durmasını zorlaştırır). Bobinin indüktans değeri (L) de benzer şekilde, akımdaki değişime karşı koymanın bir ölçüsüdür.

İndüktans-2

İndüktans; artan akıma karşı koyar, azalan akıma yardım eder.

$$e(t) = L \frac{di(t)}{dt}$$

İndüktans içinden geçen akım, manyetik alan oluşturarak bu manyetik alandan etkilenir.

İndüksel etkiden doğan güç

$$p = e \cdot i = \left(L \frac{di}{dt} \right) \cdot i = iL \frac{di}{dt}$$

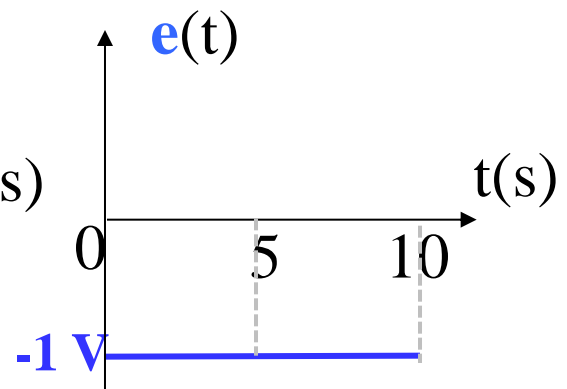
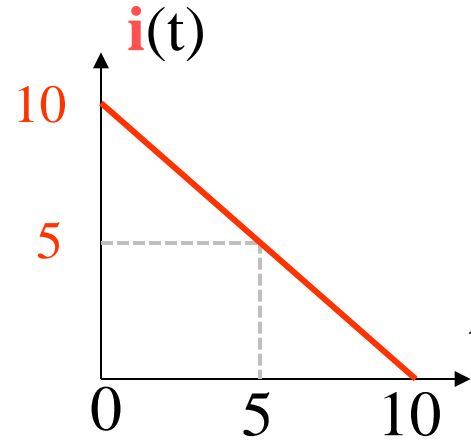
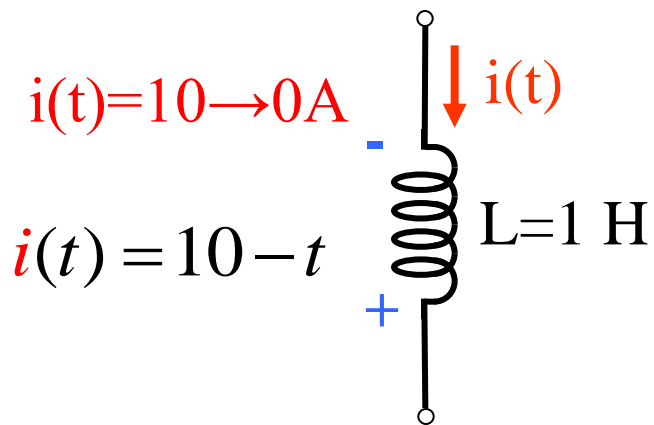
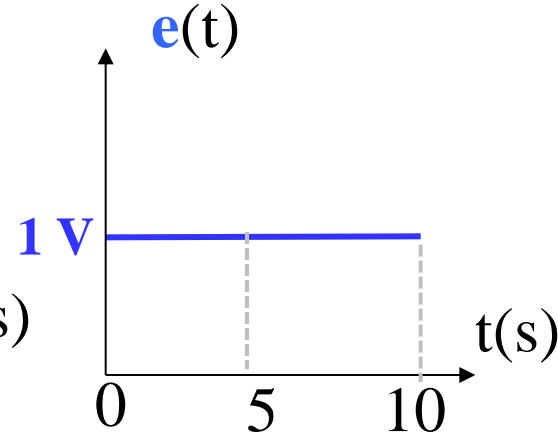
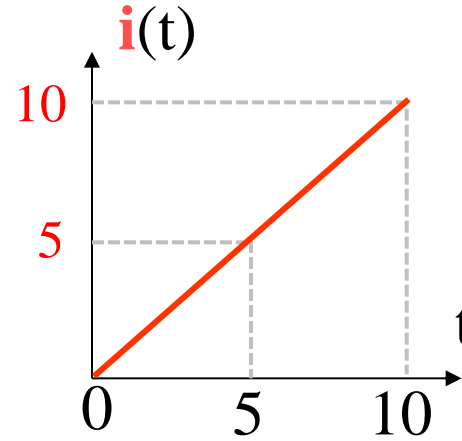
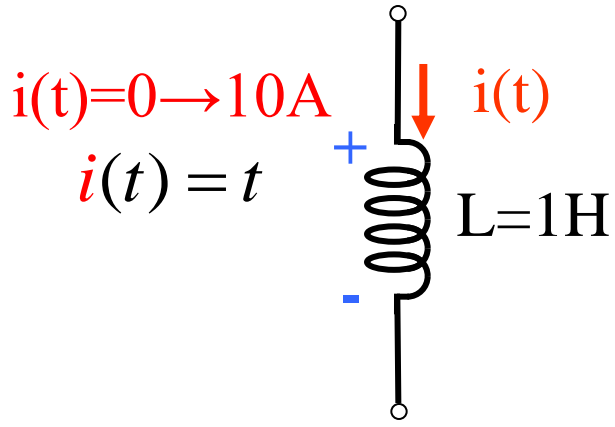
Enerji

$$w = \int p dt = \int Li \frac{di}{dt} dt = \int Lid i = \frac{1}{2} Li^2$$

İndüksel enerji, korunumlu ve geri alınabilen enerjidir (dirençte enerji ısı enerjisi olarak korunumsuz olarak harcanmaktadır).

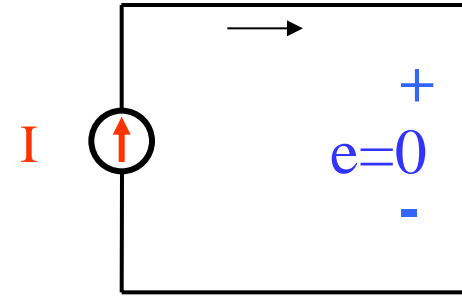
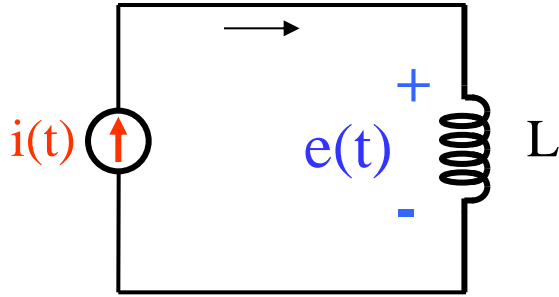
İnduktans

$$e(t) = L \frac{di(t)}{dt} \quad L=1 \text{ H}$$



Önemli Not!

Eğer akım alternatif değilse indüktans üzerinde gerilim sıfırdır ve indüktans *kısa devre* gibi davranır.

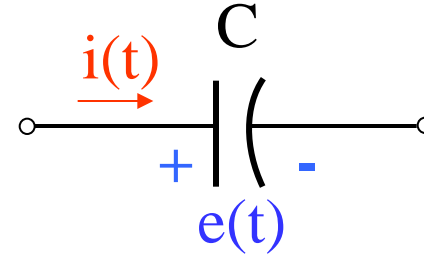


$$e = L \frac{di}{dt} \quad i = \text{sabit} \Rightarrow \frac{di}{dt} = 0 \quad e = L \frac{di}{dt} = 0$$

Sığa (Kapasitans)

Üzerinden geçen akım, uçları arasındaki gerilim değişme ile orantılı olan devre elemanına sığa denir.

$$i(t) = C \frac{de(t)}{dt}$$



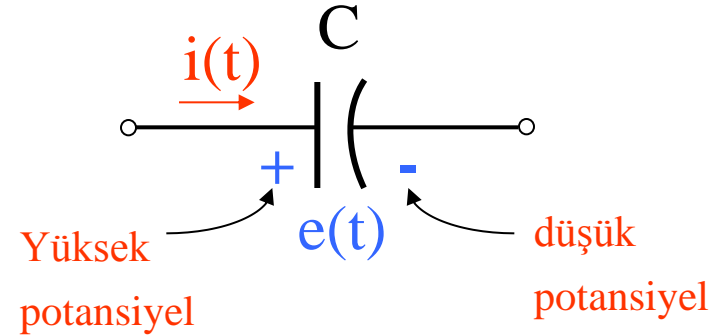
Sığa, gerilimdeki değişim ve akım arasındaki orantı katsayısıdır ve C ile gösterilir. Birimi ise Farad (F) dır.

Gösterimi: C

Birimi= Farad (F)

[Farad]= [Amper] / [Volt/s]

Devrede gösterimi: 



Sığa üzerinden geçen akım biliniyorsa gerilim: $e(t) = \frac{1}{C} \int i(t) dt$

Yük cinsinden: $e(t) = \frac{1}{C} \left(\int i(t) dt \right) = \frac{q}{C} \implies q = Ce$
 $q \equiv \int i(t) dt$

Sığa-2

Sığa üzerindeki güç kaybı:

$$p = e.i = e \left(C \frac{de}{dt} \right) = Ce \frac{de}{dt} \text{ watt}$$

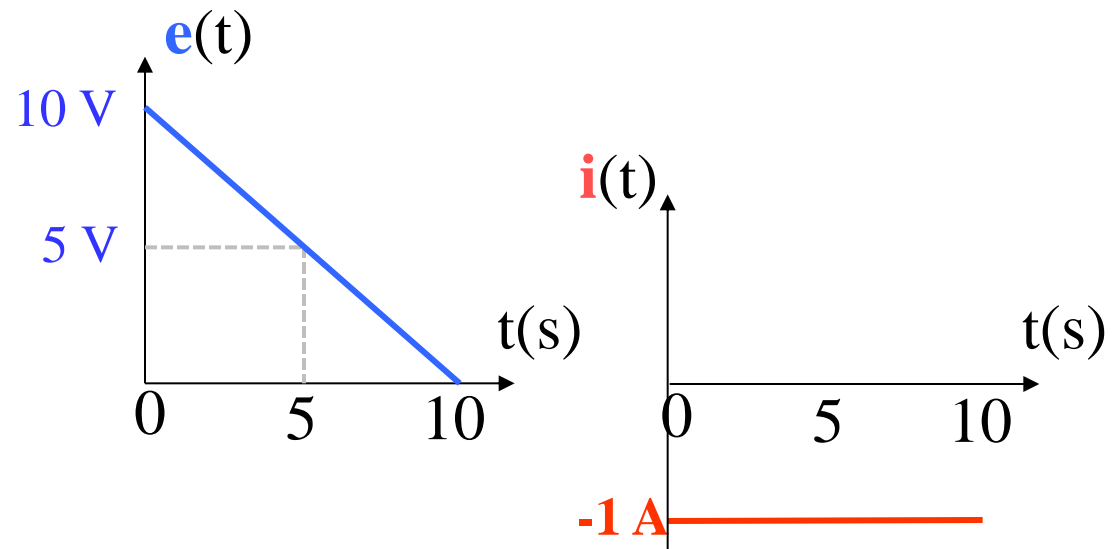
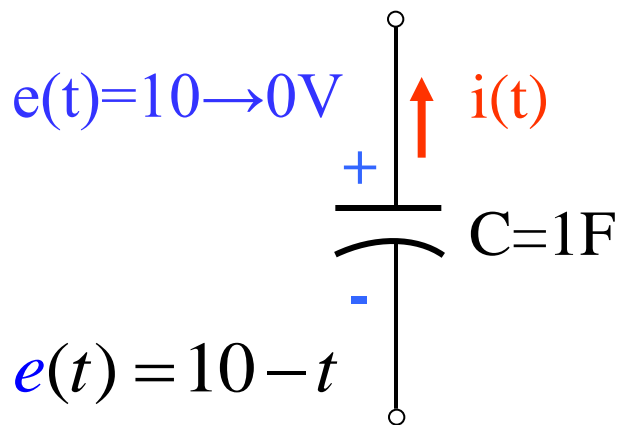
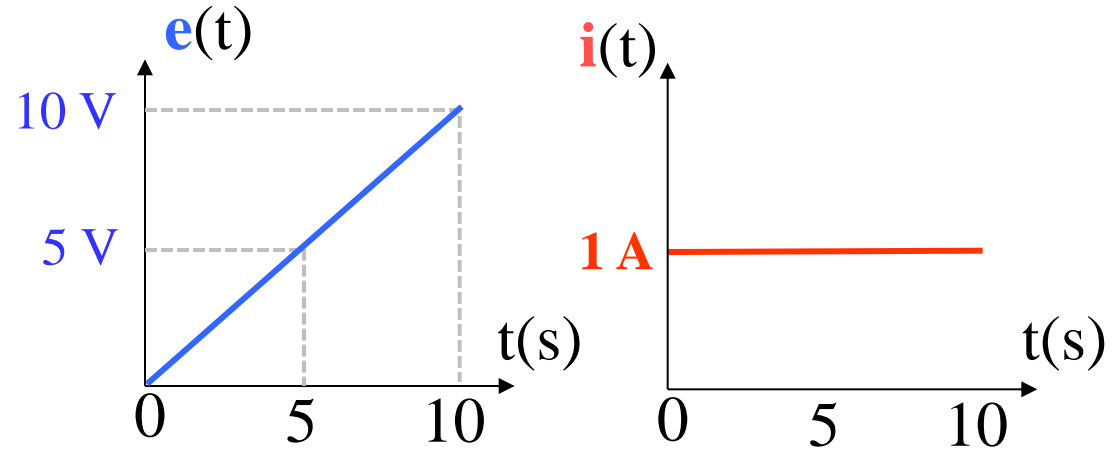
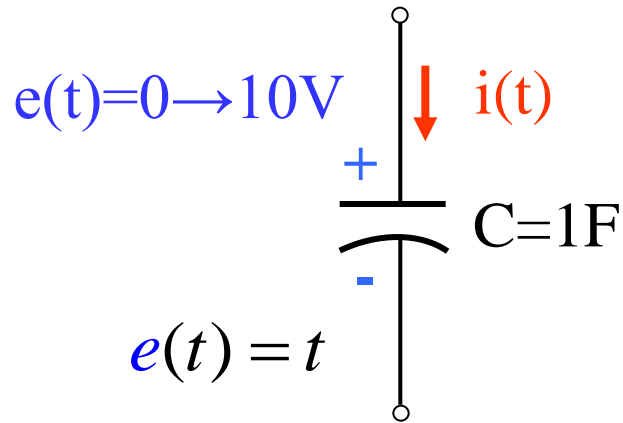
Depo edilen enerji

$$w = \int p dt = \int Ce \frac{de}{dt} dt = \int Cede = \frac{1}{2} Ce^2 \text{ joule}$$

Sığa üzerindeki enerji, sıkıştırılan ya da gerilen bir yayın potansiyel enerji depo etmesinde olduğu gibi sığada depo edilir. Bu enerjinin değeri yalnızca gerilimin büyüklüğüne bağlıdır; bu değere nasıl ulaştığından bağımsızdır.

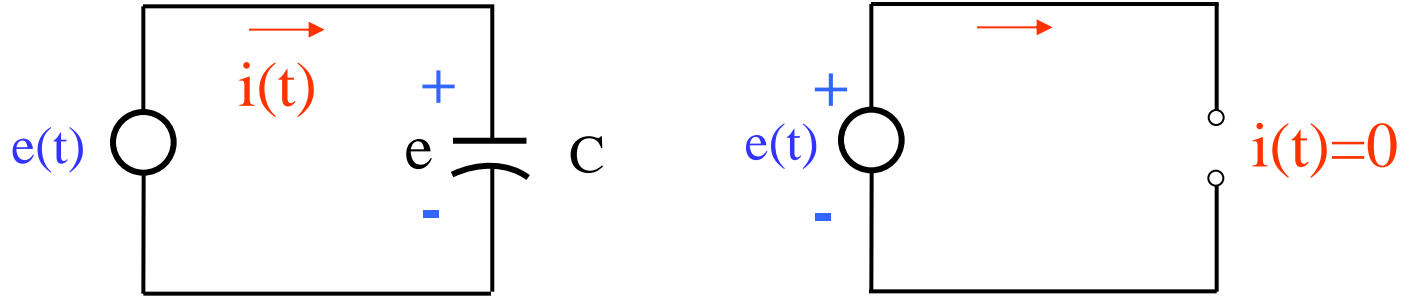
S1ġa

$$i(t) = C \frac{de(t)}{dt}$$



Önemli Not!

Eğer gerilim alternatif değilse sığa üzerinden geçen akım sıfırdır ve devre *açık devre* gibi davranır.



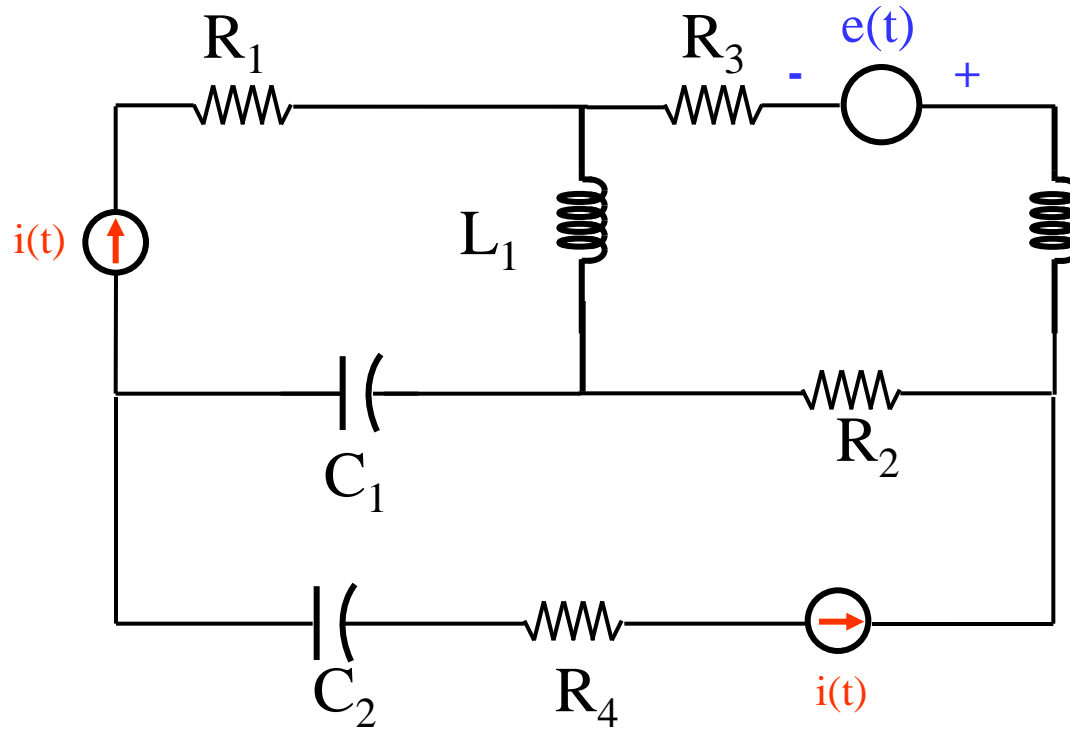
$$i = C \frac{de}{dt}$$

$$e = \text{sabit} \Rightarrow \frac{de}{dt} = 0$$

$$i = C \frac{de}{dt} = 0$$

Elektrik Devreleri

Elektrik devrelerinin temel yasaları elektrik devre elemanlarının özelliklerinden elde edilir. Bu temel yasalar karmaşık elektrik devrelerinin sistematik bir biçimde incelenmesini ve çözümlenmesini sağlar.



- R_2 üzerindeki gerilim (akım) nedir?
- Devreden akım dolaştırabilmek (bir iş yapmak) için ne kadarlık bir kaynak ile besleme yapmak gerekir?

Temel Devre Yasaları: Kirchhoff Yasaları

Elektrik devrelerinin temel yasaları elektrik devre elemanlarının özelliklerinden elde edilir. Bu temel yasalar karmaşık elektrik devrelerinin sistematik bir biçimde incelenmesini ve çözümlenmesini sağlar. Bu yasalar **Kirchhoff Yasaları** olarak bilinir ve iki temel yasadandır:

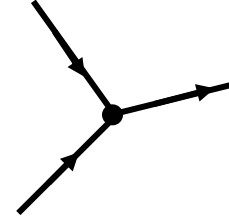
1- Akım Yasası (KAY) (Yüklerin Korunumu)

2- Gerilim Yasası (KGY) (Enerjinin Korunumu)

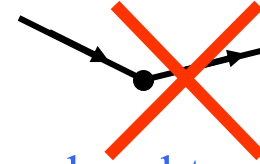
Kirchhoff Akım Yasası (KAY)

1-Bir kavşak noktasına doğru yönelmiş tüm akımların cebirsel toplamı sıfırdır.

Kavşak noktası, devre elemanlarına ya da kaynaklarına üç ya da daha fazla bağlantının yapıldığı bir noktadır.



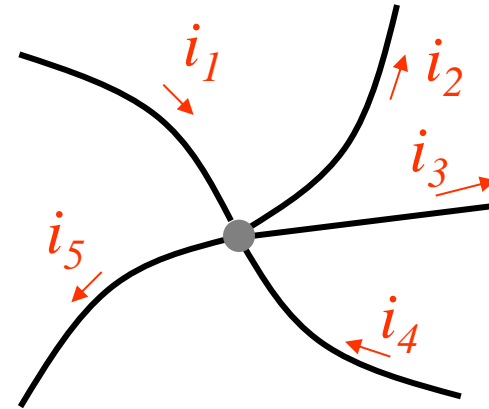
Kavşak noktası



Kavşak noktası değil!

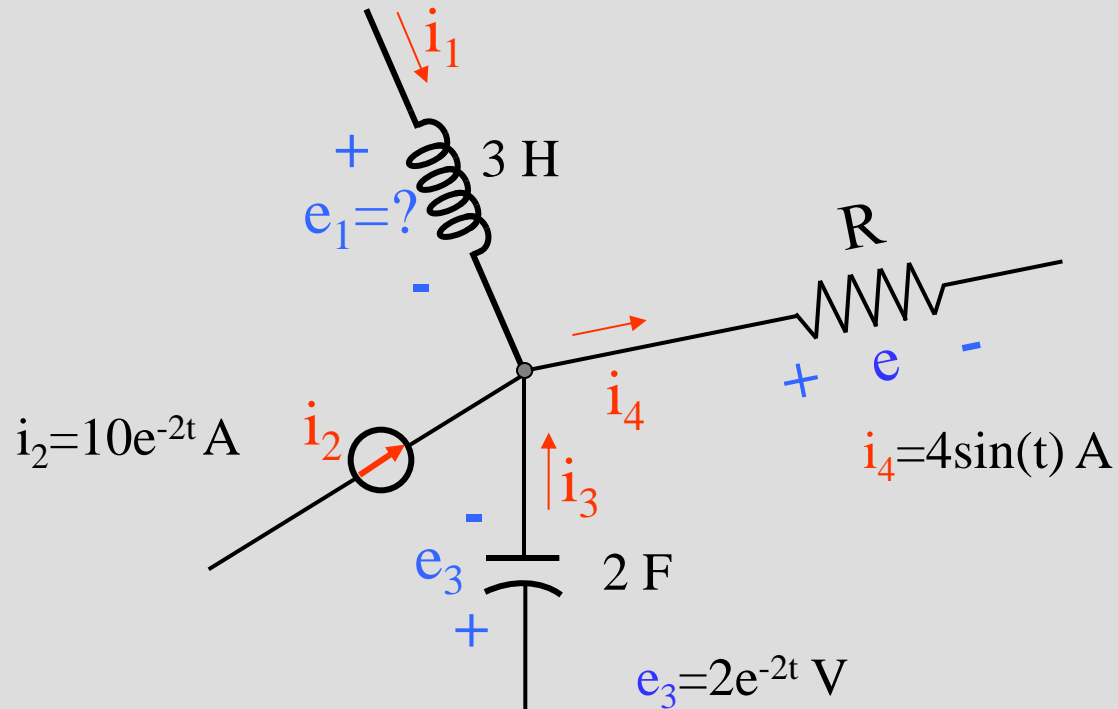
Kavşak noktasına:

- Gelen akımlar (+) pozitif
- Ayrılan akımlar (-) negatif alınır.



$$i_1 - i_2 - i_3 + i_4 - i_5 = 0$$

Örnek 1.5: Aşağıdaki devrede verilen akım ve gerilimler biliniyor; $i_2=10e^{-2t}$ A, $i_4=4\sin(t)$ A ve $e_3=2e^{-2t}$ V. e_1 değerini bulunuz.



Çözüm:

KAY gereği A noktasına gelen akımların cebirsel toplamı sıfır olmak zorunda olduğundan

$$i_1 + i_2 + i_3 - i_4 = 0$$

i_2 ve i_4 akımları biliniyor, i_3 akımı bulunabilir.

$$i_3 = C \frac{de_3}{dt} = 2 \frac{d}{dt} (2e^{-2t}) = 4(-2)e^{-2t} = -8e^{-2t} \text{ A}$$

i_1 akımı

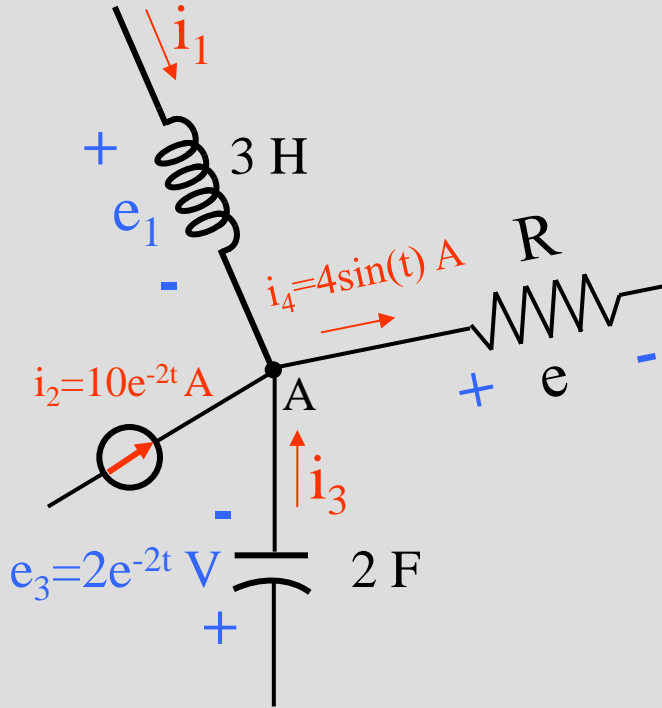
$$i_1 = i_4 - i_2 - i_3$$

$$i_1 = 4 \sin t - 10e^{-2t} + 8e^{-2t} = 4 \sin t - 2e^{-2t}$$

e_1 gerilimi

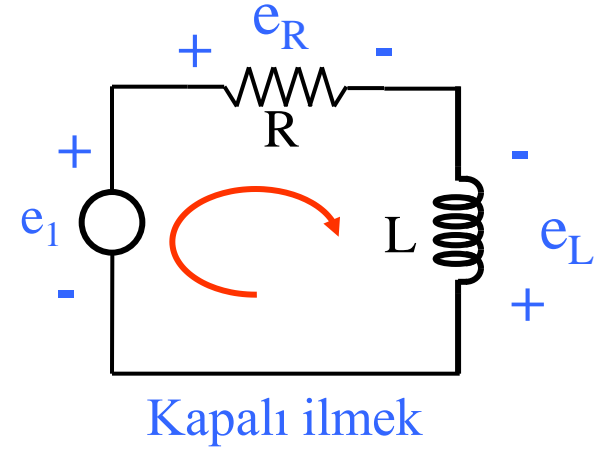
$$e_1 = L \frac{di_1}{dt} = 3 \frac{d}{dt} (4 \sin t - 2e^{-2t})$$

$$= 12 \cos t + 12e^{-2t} \text{ V} \quad \text{bulunur.}$$



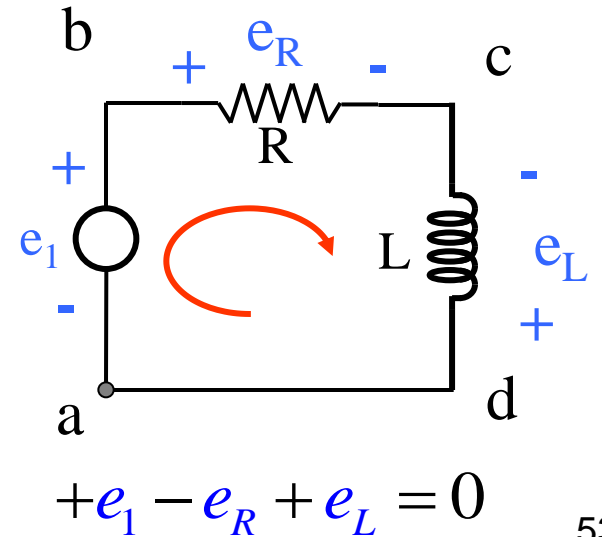
Kirchhoff Gerilim Yasası (KGY)-1

2- Kapalı bir ilmek çevresinde belirlenen bir yönde alınan tüm gerilimlerin cebirsel toplamı sıfırdır.

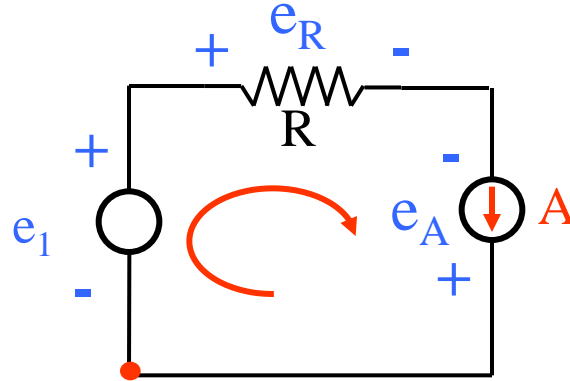


İlmeğin boyunca:

- potansiyelin arttığı noktalar (- den + ya) pozitif;
- potansiyelin azaldığı noktalar (+ dan - ye) negatif olarak alınır.



Kirchhoff Gerilim Yasası (KGY)-2



a

Kapalı ilmek

$$+e_1 - e_R + e_A = 0$$

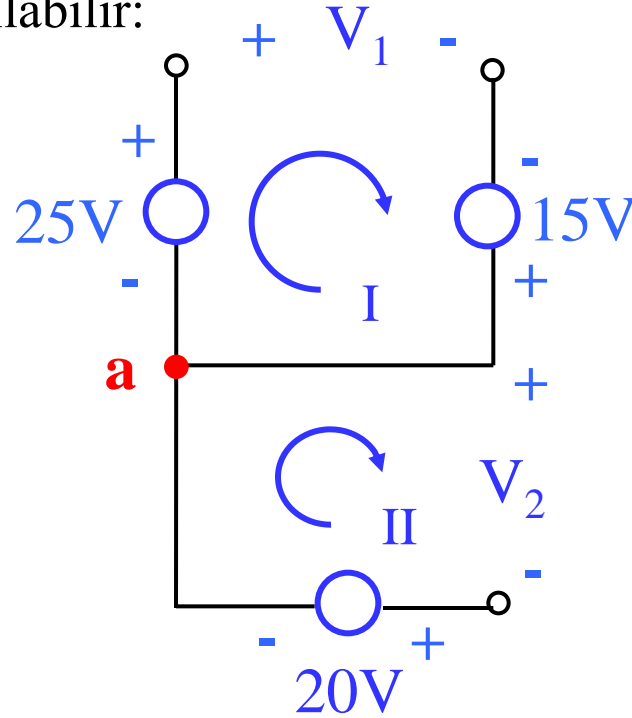
Kapalı ilmek; başlanan noktaya gelinmeyi ifade eder.

a noktasından başlayıp tekrar **a** noktasına gelinceye kadar gerilimlerin cebirsel toplamı sıfırdır.

Dönüş yönünde, gerilim artışı (+), azalışı ise (-) olarak alınır.

İlmeK Seçimi-5

Kapalı ilmek olmasa da KGY yazılabilir. Aşağıdaki devrede **a** noktasından başlayarak KGY yazılabilir:

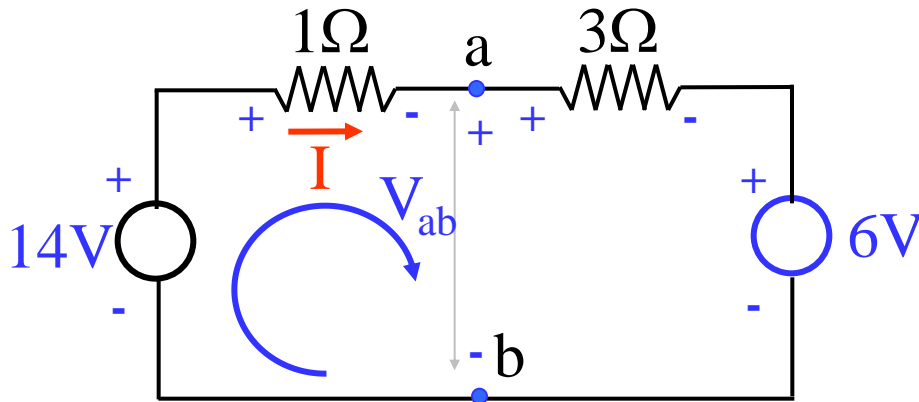


I. İlmeK

$$+25V - V_1 + 15V = 0$$
$$V_1 = 40V$$

II. İlmeK

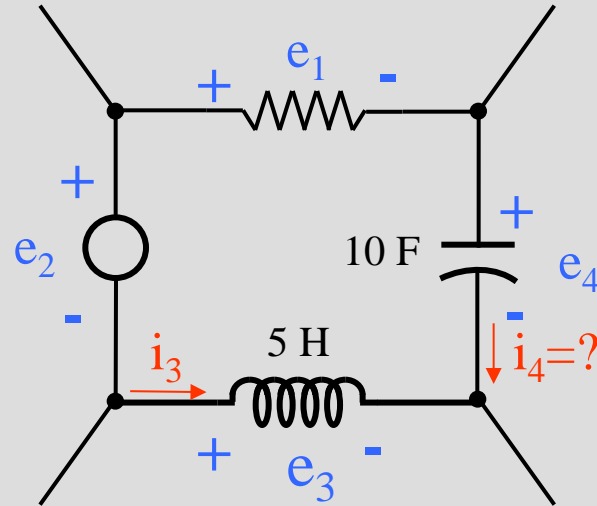
$$-V_2 - 20V = 0$$
$$V_2 = -20V$$



$$+14V - I(1\Omega) - V_{ab} = 0$$

$$V_{ab} = 14V - (2A)(1\Omega) = 12V$$

Örnek 1.6: Aşağıdaki devre bir elektrik devresinin bir kesimini göstermektedir. Bu kesimde; $e_1=4$ V, $e_2=3\cos(2t)$ V ve $i_3=2e^{-t/5}$ A ise i_4 akımını bulunuz.



Çözüm:

KGY gereği ilmek boyunca gerilimlerin cebirsel toplamı sıfır olduğundan

$$e_3 + e_2 - e_1 - e_4 = 0$$

e_1 ve e_2 gerilimleri biliniyor, e_3 gerilimi bulunabilir.

$$e_3 = L \frac{di_3}{dt} = 5 \frac{d}{dt} (2e^{-t/5}) = -2e^{-t/5} \text{ V}$$

e_4 gerilimi

$$e_4 = e_3 + e_2 - e_1$$

$$e_4 = -2e^{-t/5} + 3\cos(2t) - 4 \text{ V}$$

i_4 akımını

$$\begin{aligned} i_4 &= C \frac{de_4}{dt} = 10 \frac{d}{dt} (-2e^{-t/5} + 3\cos(2t) - 4) \\ &= 4e^{-t/5} - 60\sin(2t) \text{ A} \quad \text{bulunur} \end{aligned}$$

