1 21. FARADAY YASASI – İNDÜKSİYON

- 21.1 Faraday Yasası
- 21.2 Jeneratör ve Transformatörler
- 21.3 İndüktans – Manyetik Enerji
- 21.4 RLC Devreleri

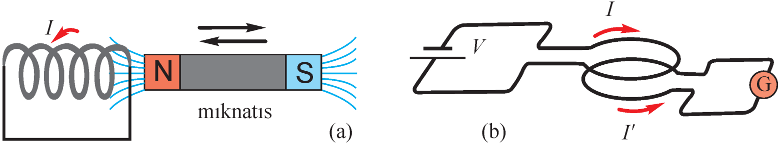
Fizik 2, Bekir Karaoğlu, Bölüm 21

seçkin
Akademik ve
Mesleki Yayınlar

Daha iyi sonuç almak için, Adobe Reader programını **Tam Ekran** modunda çalıştırınız.
Sayfa çevirmek/Aşağısını görmek için, farenin sol/sağ tuşlarını veya PageUp/PageDown tuşlarını kullanınız.

20.1 FARADAY YASASI

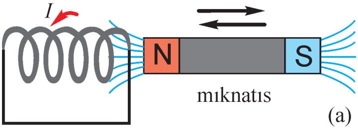
Deneysel gözlemler:

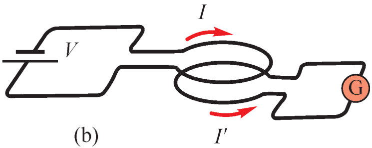


(a) Mıknatıs çubuğu iletken çerçeveye yaklaştırdığımızda, çerçevede bir akım oluşur.

Mıknatıs çubuk hareket etmezse çerçevede akım oluşmaz.

Deneysel gözlemler:





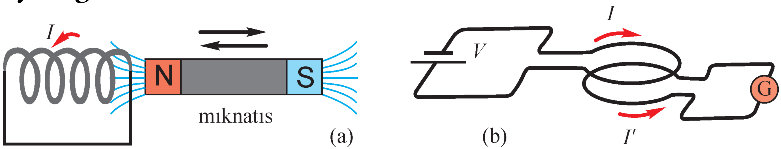
(a) Mıknatıs çubuğu iletken çerçeveye yaklaştırdığımızda, çerçevede bir akım oluşur.

Mıknatıs çubuk hareket etmezse çerçevede akım oluşmaz.

(b) Bataryaya bağlı 1. çerçevede anahtar kapatılıp akım başlatıldığında, bataryasız 2. çerçevede akım oluşur.

1. çerçeveden geçen akım sabit ise, 2. çerçevede akım oluşmaz.

Deneysel gözlemler:



(a) Mıknatıs çubuğu iletken çerçeveye yaklaştırdığımızda, çerçevede bir akım oluşur.

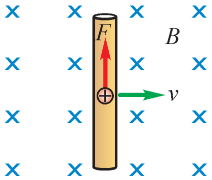
Mıknatıs çubuk hareket etmezse çerçevede akım oluşmaz.

(b) Bataryaya bağlı 1. çerçevede anahtar kapatılıp akım başlatıldığında, bataryasız 2. çerçevede akım oluşur.

1. çerçeveden geçen akım sabit ise, 2. çerçevede akım oluşmaz.

Her iki durumdan çıkan sonuç: Bir çerçeveden içinden geçen manyetik alan çizgilerinde bir *değişme olduğunda* akım üretilir.

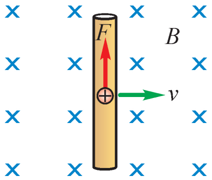
Bu etkiyi anlatan basit bir deney:



Manyetik alana dik bir düzlemde iletken bir çubuk.

Çubuğu $\vec{v}$ hızıyla hareket ettirelim.

Bu etkiyi anlatan basit bir deney:



Manyetik alana dik bir düzlemde iletken bir çubuk.

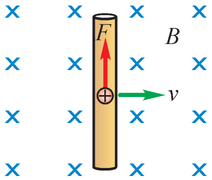
Çubuğu $\vec{v}$ hızıyla hareket ettirelim.

İletken içindeki serbest bir $+q$ yüküne etkiyen $\vec{F}$ kuvveti:

$$\vec{F} = q\,(\vec{v} \times \vec{B})$$

Kuvvet hem manyetik alana ve hem de hıza dik $\quad\rightarrow\quad$ Yukarı yönelik.

Bu etkiyi anlatan basit bir deney:



Manyetik alana dik bir düzlemde iletken bir çubuk.

Çubuğu $\vec{v}$ hızıyla hareket ettirelim.

İletken içindeki serbest bir $+q$ yüküne etkiyen $\vec{F}$ kuvveti:

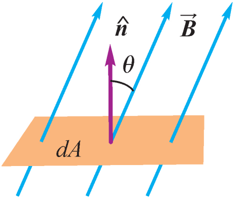
$$\vec{F} = q\,(\vec{v} \times \vec{B})$$

Kuvvet hem manyetik alana ve hem de hıza dik $\rightarrow$ Yukarı yönelik.

$+q$ yükleri iletkenin üst ucunda toplanır, altta eksi yüklü bir uç bırakır.

Böylece, iletkenin iki ucu arasında bir potansiyel farkı oluşur.

Manyetik akı:

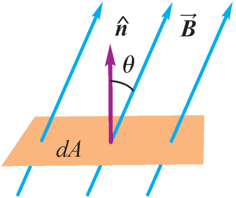


Bir A yüzeyini dik kesen manyetik alan çizgileri sayısıdır:

$$\Phi = \int_{A \text{ yüzeyi}} B \, dA \cos\theta \qquad \text{(Manyetik akı)}$$

θ açısı manyetik alan vektörüyle yüzey normali $\hat{\boldsymbol{n}}$ arasındaki açıdır.

Manyetik akı:



Bir A yüzeyini dik kesen manyetik alan çizgileri sayısıdır:

$$\Phi = \int_{A \text{ yüzeyi}} B\, dA \cos\theta \qquad \text{(Manyetik akı)}$$

θ açısı manyetik alan vektörüyle yüzey normali $\hat{\boldsymbol{n}}$ arasındaki açıdır.

Faraday Yasası

İletken çerçeveyle çevrelenmiş bir yüzeyden geçen manyetik akının zamana göre değişimi, bu çerçevede bir indüksiyon elektromotor kuvveti oluşturur:

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi}{dt}$$

↑

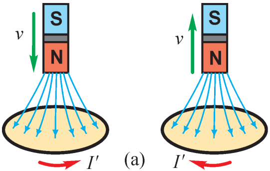
Eksi işaretinin anlamı **Lenz kuralı** ile açıklanır.

Lenz Kuralı

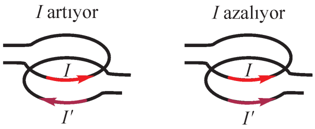
İndüksiyon emk sının oluşturacağı akım, manyetik akıdaki değişime karşı koyacak yönde olur.

Lenz Kuralı

İndüksiyon emk sının oluşturacağı akım, manyetik akıdaki değişime karşı koyacak yönde olur.



(a)

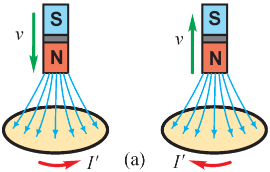


(b)

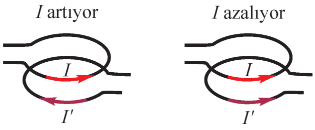
(a) Mıknatıs yaklaşırken, çerçeveden geçen manyetik akı artmakta. Çerçevedeki akımın B' manyetik alanı, bu artışa karşı koyacak yönde olmalı ki artan akıyı azaltabilsin.

Lenz Kuralı

İndüksiyon emk sının oluşturacağı akım, manyetik akıdaki değişime karşı koyacak yönde olur.



(a)

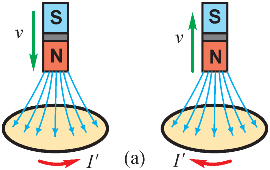


(b)

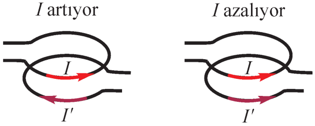
(a) Mıknatıs yaklaşırken, çerçeveden geçen manyetik akı artmakta.
Çerçevedeki akımın B' manyetik alanı, bu artışa karşı koyacak yönde olmalı ki artan akıyı azaltabilsin.
Sağ-el kuralına göre, I' akımı gösterilen yönde olmalıdır.
Mıknatıs uzaklaşırken tersi olur.

Lenz Kuralı

İndüksiyon emk sının oluşturacağı akım, manyetik akıdaki değişime karşı koyacak yönde olur.



(a)



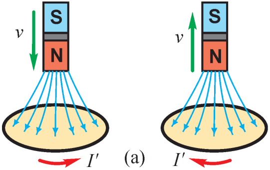
(b)

(a) Mıknatıs yaklaşırken, çerçeveden geçen manyetik akı artmakta.
Çerçevedeki akımın B' manyetik alanı, bu artışa karşı koyacak yönde olmalı ki artan akıyı azaltabilsin.
Sağ-el kuralına göre, I' akımı gösterilen yönde olmalıdır.
Mıknatıs uzaklaşırken tersi olur.

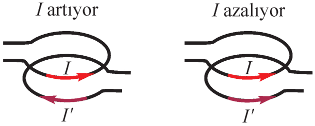
(b) Bataryaya bağlı çerçevedeki I akımı artıyorsa, onun B manyetik alanına karşı koyacak yönde B' alanı oluşmalıdır.

Lenz Kuralı

İndüksiyon emk sının oluşturacağı akım, manyetik akıdaki değişime karşı koyacak yönde olur.



(a)



(b)

(a) Mıknatıs yaklaşırken, çerçeveden geçen manyetik akı artmakta.
Çerçevedeki akımın B' manyetik alanı, bu artışa karşı koyacak yönde olmalı ki artan akıyı azaltabilsin.
Sağ-el kuralına göre, I' akımı gösterilen yönde olmalıdır.
Mıknatıs uzaklaşırken tersi olur.

(b) Bataryaya bağlı çerçevedeki I akımı artıyorsa, onun B manyetik alanına karşı koyacak yönde B' alanı oluşmalıdır.
O halde, ikinci çerçevede ters yönde I' akımı oluşur.
I akımı azalırken tersi olur.

21.2 JENERATÖR VE TRANSFORMATÖRLER

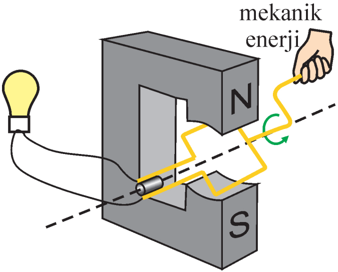
Jeneratör

Hareket enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren alet.

Jeneratör

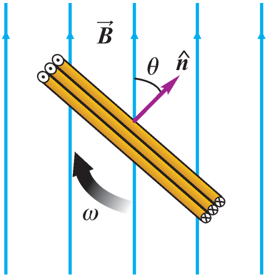
Hareket enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren alet.

$$\left.\begin{array}{lcl} \text{Hidroelektrik santral} & \rightarrow & \text{suyun potansiyel enerjisi} \\ \text{Termik santral} & \rightarrow & \text{Yanma enerjisi} \\ \text{Nükleer santral} & \rightarrow & \text{Nükleer enerji} \end{array}\right\} \rightarrow \begin{array}{l} \text{türbinin} \\ \text{dönme hareketi} \end{array}$$



Dikdörtgen çerçeve mıknatısın kutupları arasında döndürüldüğünde, çerçeveden geçen manyetik akı θ açısıyla değişmekte.

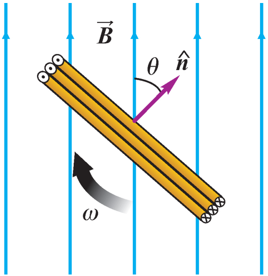
A kesitli ve N sarımlı çerçeve, mıknatısın kutupları arasında dönüyor.



N tane sarım için manyetik akı:

$$\Phi = NBA\cos\theta$$

A kesitli ve N sarımlı çerçeve, mıknatısın kutupları arasında dönüyor.



N tane sarım için manyetik akı:

$$\Phi = NBA\cos\theta$$

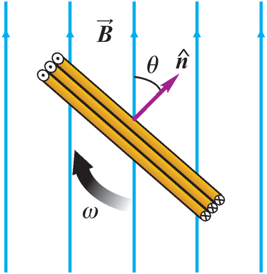
Dönme hızı ω sabit ise ($\theta = \omega t$):

$$\Phi = NBA\cos\omega t$$

Faraday yasası uygulanır:

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi}{dt} = NBA\omega\sin\omega t$$

A kesitli ve N sarımlı çerçeve, mıknatısın kutupları arasında dönüyor.



N tane sarım için manyetik akı:

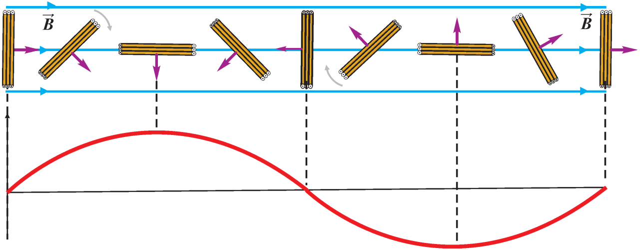
$$\Phi = NBA\cos\theta$$

Dönme hızı ω sabit ise ($\theta = \omega t$):

$$\Phi = NBA\cos\omega t$$

Faraday yasası uygulanır:

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi}{dt} = NBA\omega\sin\omega t$$



$\rightarrow$ Alternatif akım

Transformatör

Elekrik iletiminde ısı kayıpları: $W = R\,I^2 \quad \rightarrow$ Akımın karesiyle orantılı.

O halde, düşük akım/yüksek voltajda iletmek gerekir.

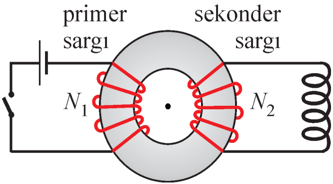
Voltaj düşüren/yükselten düzeneğe **transformatör** denir.

Transformatör

Elekrik iletiminde ısı kayıpları: $W = R\,I^2 \;\rightarrow$ Akımın karesiyle orantılı.

O halde, düşük akım/yüksek voltajda iletmek gerekir.

Voltaj düşüren/yükselten düzeneğe **transformatör** denir.



Ferromanyetik malzemeden yapılmış bir halka (çekirdek) üzerinde iki devre.

Primer denilen birinci devrede N_1 sarım.

Sekonder denilen ikinci devrede N_2 sarım.

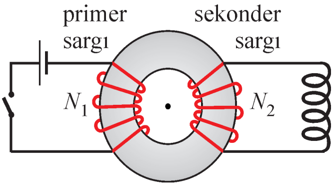
Primer devreden geçen akım I_1 olsun.

Transformatör

Elekrik iletiminde ısı kayıpları: $W = R\,I^2 \;\rightarrow\;$ Akımın karesiyle orantılı.

O halde, düşük akım/yüksek voltajda iletmek gerekir.

Voltaj düşüren/yükselten düzeneğe **transformatör** denir.



Ferromanyetik malzemeden yapılmış bir halka (çekirdek) üzerinde iki devre.

Primer denilen birinci devrede N_1 sarım.

Sekonder denilen ikinci devrede N_2 sarım.

Primer devreden geçen akım I_1 olsun.

I_1 akımının manyetik alanı ferromanyetik çekirdek içinde yoğunlaşır.

Dolayısıyla, tüm akı sekonder devrenin de içinden geçer:

$$\Phi_1 = \Phi_2 = \Phi$$

Faraday yasası her iki devre için yazılır:

$$\mathcal{E}_1 = N_1 \frac{d\Phi_1}{dt} \qquad \mathcal{E}_2 = N_2 \frac{d\Phi_2}{dt}$$

Her t anında $\Phi_1 = \Phi_2$ olduğundan, türevleri de eşit: $\dfrac{\mathcal{E}_1}{N_1} = \dfrac{\mathcal{E}_2}{N_2}$

Sonuç: Sekonder devrede sarım sayısı arttıkça $\mathcal{E}_2$ voltajı da artar. ▾

Faraday yasası her iki devre için yazılır:

$$\mathcal{E}_1 = N_1 \frac{d\Phi_1}{dt} \qquad \mathcal{E}_2 = N_2 \frac{d\Phi_2}{dt}$$

Her t anında $\Phi_1 = \Phi_2$ olduğundan, türevleri de eşit: $\dfrac{\mathcal{E}_1}{N_1} = \dfrac{\mathcal{E}_2}{N_2}$

Sonuç: Sekonder devrede sarım sayısı arttıkça $\mathcal{E}_2$ voltajı da artar.

Gerçek bir transformatörde enerji kayıpları olur:

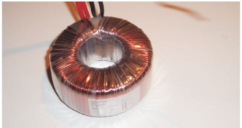
Faraday yasası her iki devre için yazılır:

$$\mathcal{E}_1 = N_1 \frac{d\Phi_1}{dt} \qquad \mathcal{E}_2 = N_2 \frac{d\Phi_2}{dt}$$

Her t anında $\Phi_1 = \Phi_2$ olduğundan, türevleri de eşit: $\dfrac{\mathcal{E}_1}{N_1} = \dfrac{\mathcal{E}_2}{N_2}$

Sonuç: Sekonder devrede sarım sayısı arttıkça $\mathcal{E}_2$ voltajı da artar.

Gerçek bir transformatörde enerji kayıpları olur:



- Manyetik akı tümüyle ferromanyetik çekirdek içinde yer almaz, manyetik akı kaybolur.

Bunu önlemek için transformatörler sıkı sarılır.

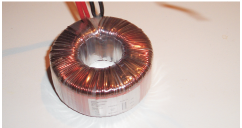
Faraday yasası her iki devre için yazılır:

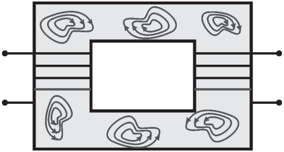
$$\mathcal{E}_1 = N_1 \frac{d\Phi_1}{dt} \qquad \mathcal{E}_2 = N_2 \frac{d\Phi_2}{dt}$$

Her t anında $\Phi_1 = \Phi_2$ olduğundan, türevleri de eşit: $\dfrac{\mathcal{E}_1}{N_1} = \dfrac{\mathcal{E}_2}{N_2}$

Sonuç: Sekonder devrede sarım sayısı arttıkça $\mathcal{E}_2$ voltajı da artar. ▾

Gerçek bir transformatörde enerji kayıpları olur: ▾





- Manyetik akı tümüyle ferromanyetik çekirdek içinde yer almaz, manyetik akı kaybolur.

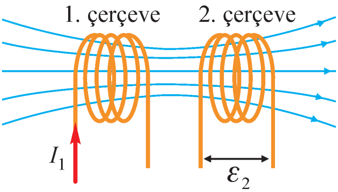
Bunu önlemek için transformatörler sıkı sarılır. ▾

- Transformatör çalışırken, ferromanyetik demir çekirdek içinde rasgele yönlerde **girdap akımları** oluşur ve enerji harcarlar.

Girdap akımlarının etkisini azaltmak için, çok sayıda demir yaprağından deste yapılır.

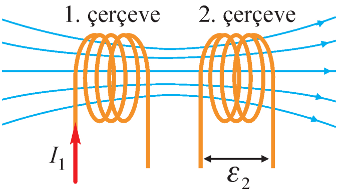
21.3 İNDÜKTANS – MANYETİK ENERJİ

Birbirlerine çok yakın iki akım çerçevesi.



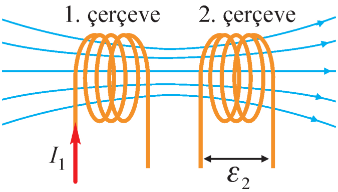
21.3 İNDÜKTANS – MANYETİK ENERJİ

Birbirlerine çok yakın iki akım çerçevesi.



1. çerçevedeki I_1 akımının manyetik alanın 2. çerçeveden geçen kısmı Φ_2 olsun.

Birbirlerine çok yakın iki akım çerçevesi.



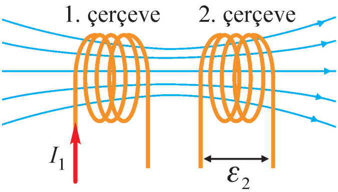
1. çerçevedeki I_1 akımının manyetik alanın 2. çerçeveden geçen kısmı Φ_2 olsun.

I_1 akımı değiştiğinde Φ_2 akısı da değişir ve 2. çerçevede $\mathcal{E}_2$ emk oluşur (Faraday):

$$\mathcal{E}_2 = -\frac{d\Phi_2}{dt}$$

21.3 İNDÜKTANS – MANYETİK ENERJİ

Birbirlerine çok yakın iki akım çerçevesi.



1. çerçevedeki I_1 akımının manyetik alanın 2. çerçeveden geçen kısmı Φ_2 olsun.

I_1 akımı değiştiğinde Φ_2 akısı da değişir ve 2. çerçevede $\mathcal{E}_2$ emk oluşur (Faraday):

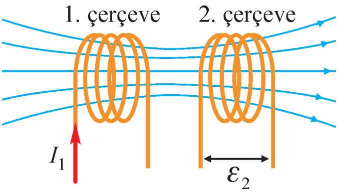
$$\mathcal{E}_2 = -\frac{d\Phi_2}{dt}$$

Eğer çerçevelerin geometrik şekilleri ve konumları sabitse, oluşan manyetik akı sadece I_1 akımıyla orantılı olacaktır:

$$\Phi_2 = M_{21}\, I_1 \qquad \text{(Karşılıklı indüktans)}$$

21.3 İNDÜKTANS – MANYETİK ENERJİ

Birbirlerine çok yakın iki akım çerçevesi.



1. çerçevedeki I_1 akımının manyetik alanın 2. çerçeveden geçen kısmı Φ_2 olsun.

I_1 akımı değiştiğinde Φ_2 akısı da değişir ve 2. çerçevede $\mathcal{E}_2$ emk oluşur (Faraday):

$$\mathcal{E}_2 = -\frac{d\Phi_2}{dt}$$

Eğer çerçevelerin geometrik şekilleri ve konumları sabitse, oluşan manyetik akı sadece I_1 akımıyla orantılı olacaktır:

$$\Phi_2 = M_{21}\, I_1 \qquad \text{(Karşılıklı indüktans)}$$

O halde, 2. devrede oluşan emk değerini I_1 cinsinden yazabiliriz:

$$\mathcal{E}_2 = -M_{21}\,\frac{dI_1}{dt}$$

Aynı düşünce yöntemi 2. çerçevenin birinciye etkisi için yürütülebilir:

$$\mathcal{E}_1 = -M_{12}\,\frac{dI_2}{dt}$$

Aynı düşünce yöntemi 2. çerçevenin birinciye etkisi için yürütülebilir:

$$\mathcal{E}_1 = -M_{12}\,\frac{dI_2}{dt}$$

M_{21} ve M_{12} katsayıları birbirine eşittir (ispat zor):

$$M_{21} = M_{12} = M$$

Karşılıklı indüktans (M) : Devrelerin tüm sabitlerini (geometrik yapı, sarım sayısı, ortamın μ geçirgenliği…) içinde barındıran katsayı.

Önemli not: N sarımlı çerçeve için, formüllerde Φ yerine $N\Phi$ alınmalıdır.

Aynı düşünce yöntemi 2. çerçevenin birinciye etkisi için yürütülebilir:

$$\mathcal{E}_1 = -M_{12}\,\frac{dI_2}{dt}$$

M_{21} ve M_{12} katsayıları birbirine eşittir (ispat zor):

$$M_{21} = M_{12} = M$$

Karşılıklı indüktans (M) : Devrelerin tüm sabitlerini (geometrik yapı, sarım sayısı, ortamın μ geçirgenliği...) içinde barındıran katsayı.

Önemli not: N sarımlı çerçeve için, formüllerde Φ yerine $N\Phi$ alınmalıdır.

Böylece emk, Φ akısı yerine akım cinsinden ifade edilmiş olur:

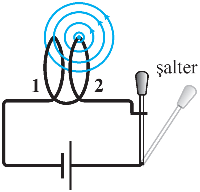
$$\mathcal{E} = M\,\frac{dI_1}{dt}$$

Özindüktans

Tek çerçeve de, üzerindeki akımdaki değişime karşı koyan bir emk üretir.

Özindüktans

Tek çerçeve de, üzerindeki akımdaki değişime karşı koyan bir emk üretir.



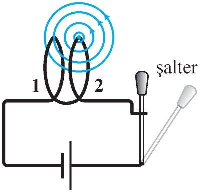
Sadece 2 sarımlı bir çerçeve.

Şalter kapalıyken geçen akım ve manyetik alan sabit.

2. sarımın manyetik akısı 1. sarımdan da geçmekte.

Özindüktans

Tek çerçeve de, üzerindeki akımdaki değişime karşı koyan bir emk üretir.



Sadece 2 sarımlı bir çerçeve.

Şalter kapalıyken geçen akım ve manyetik alan sabit.

2. sarımın manyetik akısı 1. sarımdan da geçmekte.

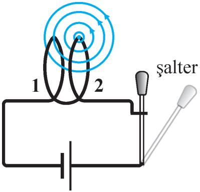
Şalteri açıp akımı keselim.

Akım kısa sürede azalırken, 1. sarımdaki manyetik akı da azalır ve dolayısıyla, bu azalmaya karşı koyan bir zıt emk oluşur.

Çerçeveden geçen manyetik akı I akımıyla orantılı yazılır: $\Phi = L\,I$

Özindüktans

Tek çerçeve de, üzerindeki akımdaki değişime karşı koyan bir emk üretir.



Sadece 2 sarımlı bir çerçeve.

Şalter kapalıyken geçen akım ve manyetik alan sabit.

2. sarımın manyetik akısı 1. sarımdan da geçmekte.

Şalteri açıp akımı keselim.

Akım kısa sürede azalırken, 1. sarımdaki manyetik akı da azalır
ve dolayısıyla, bu azalmaya karşı koyan bir zıt emk oluşur.

Çerçeveden geçen manyetik akı I akımıyla orantılı yazılır: $\Phi = L\,I$

Böylece, devrede oluşan zıt emk, sadece akımdaki değişimle orantılı olur:

$$\mathcal{E} = L\,\frac{dI}{dt}$$

L sabitine **özindüktans**, devre elemanı olan sarıma da **bobin** denir.

Manyetik Enerji

Hatırlatma: Elektrik devrelerinde en genel güç ifadesi: $P = V\,I$

Manyetik Enerji

Hatırlatma: Elektrik devrelerinde en genel güç ifadesi: $P = V\,I$

I akımı geçen bobinin uçları arasındaki voltaj ve güç:

$$V = L\,\frac{dI}{dt} \qquad \longrightarrow \qquad P = L\,I\,\frac{dI}{dt}$$

Manyetik Enerji

Hatırlatma: Elektrik devrelerinde en genel güç ifadesi: $P = V\,I$

I akımı geçen bobinin uçları arasındaki voltaj ve güç:

$$V = L\frac{dI}{dt} \qquad \longrightarrow \qquad P = L\,I\,\frac{dI}{dt}$$

dt zaman aralığında bobinde yapılan iş, potansiyel enerjideki artış olur:

$$dU = dW = P\,dt = L\,I\,\frac{dI}{\cancel{dt}}\cancel{dt} \qquad \longrightarrow \qquad dU = L\,I\,dI$$

Manyetik Enerji

Hatırlatma: Elektrik devrelerinde en genel güç ifadesi: $P = V\,I$

I akımı geçen bobinin uçları arasındaki voltaj ve güç:

$$V = L\,\frac{dI}{dt} \qquad \longrightarrow \qquad P = L\,I\,\frac{dI}{dt}$$

dt zaman aralığında bobinde yapılan iş, potansiyel enerjideki artış olur:

$$dU = dW = P\,dt = L\,I\,\frac{dI}{\cancel{dt}}\,\cancel{dt} \qquad \longrightarrow \qquad dU = L\,I\,dI$$

Akım sıfırdan son I değerine ulaşırken, bobinde depolanan manyetik enerji, bu ifadenin integrali olur:

$$U = L\int_0^I I\,dI = \tfrac{1}{2}\,L\,I^2 \qquad \text{(Bobinin manyetik enerjisi)}$$

Bu manyetik enerji bobinde depolanır ve sonra devreye geri verilebilir.

21.4 RLC DEVRELERİ (Kısa bilgi)

Buraya kadar gördüğümüz devre elemanlarını hatırlayalım:

Direnç :	R		$V_{ab} = R\,I$
Kondansatör :	C		$V_{ab} = \dfrac{q}{C}$
Bobin :	L		$V_{ab} = L\,\dfrac{dI}{dt}$
EMK :	$\mathcal{E}$		$V_{ab} = \mathcal{E}$

21.4 RLC DEVRELERİ (Kısa bilgi)

Buraya kadar gördüğümüz devre elemanlarını hatırlayalım:

Direnç :	R		$V_{ab} = R\,I$
Kondansatör :	C		$V_{ab} = \dfrac{q}{C}$
Bobin :	L		$V_{ab} = L\,\dfrac{dI}{dt}$
EMK :	$\mathcal{E}$		$V_{ab} = \mathcal{E}$

Doğru akım (DC) devresinde L ve C bulunmaz.
(Kondansatör üzerinden akım geçmez, bobin sabit akıma tepki vermez.)

21.4 RLC DEVRELERİ (Kısa bilgi)

Buraya kadar gördüğümüz devre elemanlarını hatırlayalım:

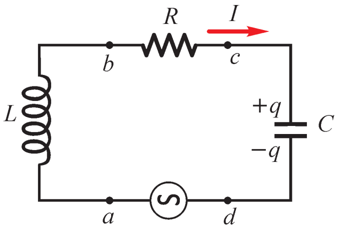
Direnç :	R		$V_{ab} = R\,I$
Kondansatör :	C		$V_{ab} = \dfrac{q}{C}$
Bobin :	L		$V_{ab} = L\,\dfrac{dI}{dt}$
EMK :	$\mathcal{E}$		$V_{ab} = \mathcal{E}$

Doğru akım (DC) devresinde L ve C bulunmaz.
(Kondansatör üzerinden akım geçmez, bobin sabit akıma tepki vermez.)

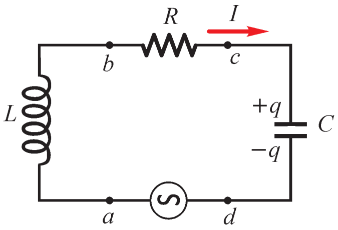
AC devreleri çok geniş bir konudur.

Burada sadece giriş yapılacaktır.

Bir emk kaynağına seri olarak bağlanmış L, R, C devre elemanları.



Bir emk kaynağına seri olarak bağlanmış L, R, C devre elemanları.

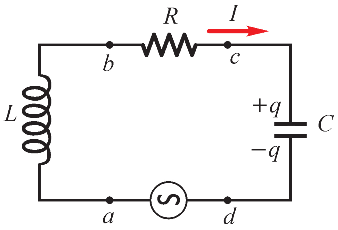


Üretecin artı ucundan giderek, herbir eleman üzerindeki potansiyel farkları toplanır:

$$V_{ad} = V_{ab} + V_{bc} + V_{cd}$$

$$\mathcal{E} = L\frac{dI}{dt} + RI + \frac{q}{C}$$

Bir emk kaynağına seri olarak bağlanmış L, R, C devre elemanları.



Üretecin artı ucundan giderek, herbir eleman üzerindeki potansiyel farkları toplanır:

$$V_{ad} = V_{ab} + V_{bc} + V_{cd}$$

$$\mathcal{E} = L\frac{dI}{dt} + RI + \frac{q}{C}$$

Denklemin türevi alınır ve $dq/dt = I$ akımı yerine konur:

$$\frac{d\mathcal{E}}{dt} = L\frac{d^2I}{dt^2} + R\frac{dI}{dt} + \frac{1}{C}\underbrace{\frac{dq}{dt}}_{I}$$

$$LI'' + RI' + \frac{1}{C}I = \frac{d\mathcal{E}}{dt}$$

Bilinmeyen $I(t)$ akımını veren bir diferansiyel denklem. Sağ taraftaki emk fonksiyonu $\mathcal{E}(t)$ verilmişse, bu denklem çözülerek akım bulunur.

* * * 21. Bölümün Sonu * * *