

## ELEKTRO MAĞNETİZMA VE ELEKTRO MAĞNETİK İNDÜKSİYON

### 9. MANYETİZMA

9.1 MIKNATIS

9.2 KULON KANUNU

9.3 MANYETİK ALAN İÇERİSİNDEKİ AKIM TAŞIYAN İLETKENE ETKİ EDEN KUVVET

9.4 İNDÜKSİYON

9.5 ÖZENDÜKSİYON

9.6 BOBİNDE DEPO EDİLEN ENERJİ

9.7 BOBİNLERİN BAĞLANTI ŞEKİLLERİ

## 9. MANYETİZMA

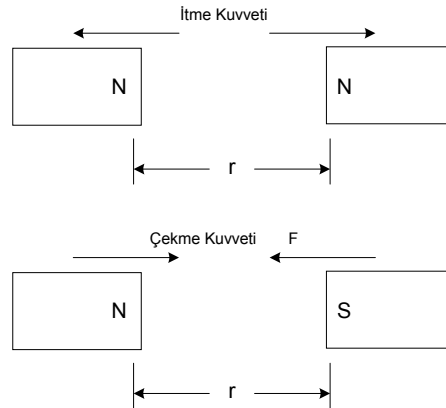
Bu gelişen dünyada her alanda kullanılan elektrikli aletlerin büyük bir çoğunluğunun yapımında mıknatıs ve onun meydana getirdiği manyetik alan özelliklerinin kullanıldığını göz önünde bulundurursak, bu aletlerin yapısını kavrayabilmek için manyetizma konusuna ne kadar önem vermemiz gerektiği ortaya çıkar.

### 9.1 MIKNATIS

Demir, nikel, kobalt ve bunların alaşımları gibi, cisimleri kendisine doğru çekme özelliği gösteren herhangi bir maddeye mıknatıs denir. Bir mıknatısın yanına yaklaşıldığında mıknatıs özelliği kazanan, yani demir, nikel, kobalt ve bunların alaşımlarını çekebilen maddelere de ferromanyetik maddeler denir. Sonradan mıknatıslanan bu maddelerin manyetik özellikleri oldukça düşüktür. Diğer bazı maddeler ise manyetik etki altına sokulduklarında çekme özelliği göstermezler, bu tip maddelere de antimanyetik maddeler denir.

### 9.2 KULON KANUNU

Mıknatıslarda aynı adlı kutupların birbirlerini ittiğini, farklı kutupların ise birbirlerini çektiğini kulon kanunu ile ispatlanmıştır.



Şekil 9.1

Şekil 9.1 deki  $Q_1$  ve  $Q_2$  yüklerinin arasındaki uzaklık  $r$  olduğuna göre, yukarıdaki sonuçlardan bu iki yük arasındaki kuvvet,

$$F = k \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

olur. Bu formül, kulon kanununun matematiksel ifadesidir. Burada k, yüklerin bulunduğu ortama ve kullanılan birim sistemine bağlı bir katsayıdır. MKS birim sisteminde,

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r}$$

dir. Burada,  $\epsilon_0$  (epsilon) “boşluğun dielektrik katsayısı” adını alır ve değeri,

$$\epsilon_0 = \frac{1}{36\pi \cdot 10^9} = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2$$

dir.  $\epsilon_r$  ise “ortamın bağıl dielektrik katsayısı”dır.  $\epsilon_r$  katsayısı birimsiz olup, bir ortamın dielektrik katsayısının, boşluğundan ne kadar büyük olduğunu gösterir. Örneğin mika için,  $\epsilon_r = 6$ dir. Bunun anlamı, mikanın dielektrik katsayısının boşluğunkine göre 6 kat daha büyük olduğudur.

Kuvvet formülünde k sabiti yerine konulursa matematiksel ifadesinde;

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r} \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

bulunur.  $\epsilon_0$  in değeri de yerine konulursa;

$$F = \frac{9 \cdot 10^9}{\epsilon_r} \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

mıknatıslar arasındaki itme veya çekme bu formüle bulunur. Formülde kullanılan karakterlerin anlamları

- F = Yükler arasındaki kuvvet (Newton)
- $m_1 m_2$  = Kutupların şiddeti, (Kulon)
- r = Yükler arasındaki uzaklık (metre)
- $\epsilon_r$  = Yüklerin bulunduğu ortamın bağıl dielektrik katsayısı,

### **9.3 MANYETİK ALAN İÇERİSİNDEKİ AKIM TAŞIYAN İLETKENE ETKİ EDEN KUVVET**

Manyetik alan içinde bulunan bir iletkenin akım geçirilirse, iletkenle manyetik alan arasında oluşan etkiden dolayı iletken manyetik alanın dışına doğru itilir. N ve S kutupları arasında düzgün bir manyetik alan vardır. Bu alanın içine soktuğumuzda iletkenin akım geçirirsek, iletken etrafında dairesel kuvvet hatları oluşur. Bu hatlar N

ve S kutbu arasındaki hatlarla aynı yönde ise birbirlerini güçlendirir., aksi yönde ise zayıflatır. Kuvvet hatlarının güçlenen tarafı iletkeni zayıf tarafa doğru iter.

Düzgün bir manyetik alandaki iletkenin akım geçirildiğinde iletkeni alanın dışına iten kuvvet, iletkenin uzunluğu, manyetik akı yoğunluğu ve iletkenin geçen akımıyla doğru orantılıdır. Buna (B.I.L) kaidesi denir.

CGS birim sistemine göre aşağıdaki formül ortaya çıkar.

$$F = \frac{B.I.L}{10} \text{ din}$$

bu formüldeki harflerin anlamları ise;

F: İletkeni alan dışına iten kuvvet (din)

L: İletkenin uzunluğu (cm)

B: Manyetik akı yoğunluğu (gauss)

I: İletkenden geçen akım (amper)

### Örnek:

Manyetik akı yoğunluğu 1500 gauss olan bir manyetik alan içindeki iletkenin geçen akımı 150 Amperdir. İletkene etki eden kuvveti hesaplayınız. İletkenin uzunluğu 10 cm dir.

### Çözüm:

$$F = \frac{B.I.L}{10} = \frac{1500.150.10}{10} = 225.10^4 \text{ din}$$

MKS birim sisteminde ise;

$$F=B.I.L$$

Formülü ile hesaplanır. Burada;

F: İletkeni alan dışına iten kuvvet (Nevton)

L: İletkenin uzunluğu (m)

B: Manyetik akı yoğunluğu (tesla)

I: İletkenden geçen akım (amper)

Örneği birde MKS birim sisteminde çözersek;

1 weber/m<sup>2</sup>=10<sup>4</sup> gauss olduğuna göre,

B=1500 Gauss=0,15 weber/m<sup>2</sup>

F=B.I.L=0,15.150.0,1=2,25 newton bulunur.

## 9.4 İNDÜKSİYON

### Manyetik Alanın Etkileri

Manyetik alan içerisinde, içinden akım geçen bir iletken konulursa, manyetik alan ile iletken arasında bir kuvvetin meydana geldiğini biliyoruz. Meydana gelen bu kuvvete “elektro manyetik kuvvet” denir.

İçinden akım geçmeyen bir iletken, manyetik alan içinde hareket ettirilirse, bu iletkenin iki ucu arasında bir potansiyel fark meydana gelir. Meydana gelen bu potansiyel farka “endüksiyon elektromotor kuvveti”denir. Bu iletkenin iki ucu bir alıcı üzerinden birleştirilecek olursa, iletkenden bir akım geçer. Şu halde, manyetik alan, içinden akım geçen iletkeni etki ederek onda bir mekanik kuvvet, hareket halindeki bir iletkeni etki ederek onda da bir endüksiyon elektromotor kuvveti meydana getirir.

### Endüksiyon Elektromotor Kuvvetinin elde Edilmesi

Bir iletken grubu manyetik alan içinde hareket ettirilirse, bu iletken grubu da bir elektrik akımı meydana gelir. Bobin şeklinde sarılmış bir iletken grubunun uçlarına galvanometre bağlayalım. Çubuk şeklinde bir mıknatıs bu iletken grubunun içine daldırılırsa galvanometrenin bir yönde saptığı görülür. Çubuk mıknatıs bobin içerisinden süratle geri çıkarılırsa, galvanometre yine sapar. Fakat bu sapma yönü birinci sapma yönüne göre ters yöndedir. Eğer çubuk mıknatıs sabit tutulup, bobin çubuk mıknatıs yönünde hareket ettirilirse, hareket yönüne bağlı olarak galvanometre iki yönlü bir sapma gösterir. Çubuk mıknatısın veya bobinin hareketi durursa galvanometre de herhangi bir sapma olmaz. Bu olaydan şu sonuçlar çıkarılabilir.

- 1) Galvanometreden geçen akım, yalnız bobin veya çubuk mıknatıs hareket ettiği zaman meydana gelmektedir. Bobin veya mıknatıs hareketsiz durursa akım meydana gelmez.
- 2) Meydana gelen akımın yönü bobinin veya çubuk mıknatısın hareket yönüne bağlıdır.
- 3) Galvanometrenin saptığı, içinden bir akımın geçtiğini gösterir. Bu akım ise endüksiyon yoluyla bobinde meydana gelen elektromotor kuvvetin etkisiyle meydana gelir.

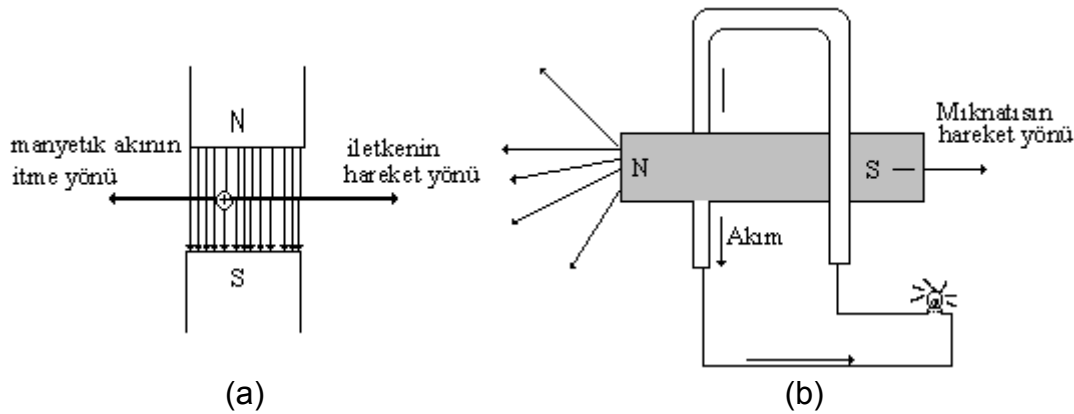
### Endüksiyon EMK'nin Yönü ve Lenz Kanunu

Manyetik alan içerisinde hareket eden bir iletkenin bir endüksiyon elektromotor kuvveti meydana geldiğini gördük. Eğer hareket eden bu iletkenin uçları birleştirilirse bir kapalı devre meydana gelir. Ve bu elektromotor kuvvetin etkisiyle iletkenden bir akım geçer. İletkenden geçen bu akımın yönü Lenz kanunu ile bulunur.

Lenz kanunu şu şekilde ifade edilir. Endüksiyon elektromotor kuvvetinin meydana getirdiği akım, kendisini meydana getiren akım değişmesine veya harekete karşı koyar.

Lenz kanunu aşağıdaki gibi açıklanabilir. Şekil9.2(a)de görüldüğü gibi bir iletkenin manyetik alan içine doğru hareket ettirildiğini düşünelim iletkenin manyetik kuvvet çizgilerini kesmesi sonucu iletkende bir endüksiyon emk meydana gelir. Bu emk iletkeninden bir akım geçirir. İletkeninden geçen akıma göre iletken etrafındaki manyetik alanın yönü iletkenin sağ tarafındaki manyetik alan şiddeti artarken, sol taraf daki alan şiddeti azalır. Bu yüzden, iletkeni sola doğru hareket ettirmeye çalışan bir kuvvet meydana gelir. Bu kuvvet ise kendini meydana getiren harekete karşıdır.

Şekil9.2(b)de çubuk mıknatıs sağa doğru hareket ettirilirse sarımda bir endüksiyon emk meydana gelir ve devreden bir akım geçmesine neden olur.



Şekil9.2

Sarımdan geçen akımın yönüne bağlı olarak meydana gelecek manyetik akının yönü, sarımın etrafındaki manyetik akının azalmasına karşı olacak şekildedir. Yani bu manyetik akı çubuk mıknatısın hareketine karşı bir kuvvet oluşturur. Bunun sonucu olarak endüksiyon emk ni meydana getiren harekete karşı konmuş olur.

### Faraday kanunu ve Endüksiyon EMK nın Değeri

Manyetik alan içinde hareket eden bir iletken, manyetik kuvvet çizgilerini keser. Bunun sonucu olarak iletkeninde bir endüksiyon emk meydana geldiği ve iletkeninden bir akım geçirdiğini biliyoruz. İletkeninde meydana gelen bu endüksiyon emk nın değeri faraday kanunu ile bulunur. Endüksiyon emk nın değeri 1851 yılında Faraday tarafından şu şekilde ifade edilmiştir.

Endüksiyon sonucu iletkende meydana gelen emk'nin değeri, manyetik akının değişim hızı ve sarım sayısı ile doğru orantılıdır. Manyetik alanın ( $\phi$ ),  $\Delta t$  zaman aralığında olan değişimi  $\Delta\phi$  olsun. Manyetik alanın değişim hızı da,

$$\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

olmaktadır. Bu ifadeyi, manyetik akının birim zamandaki değişimi olarak da söyleyebiliriz. Buna göre endüksiyon bobinin de emk'nin değeri,

$$E = N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

olmaktadır. Bu formülde,

E: Bobinde indüklenen endüksiyon emk (volt)

N: Bobinin sarım sayısı

$\Delta\phi$ :Manyetik alandaki değişim(Weber)

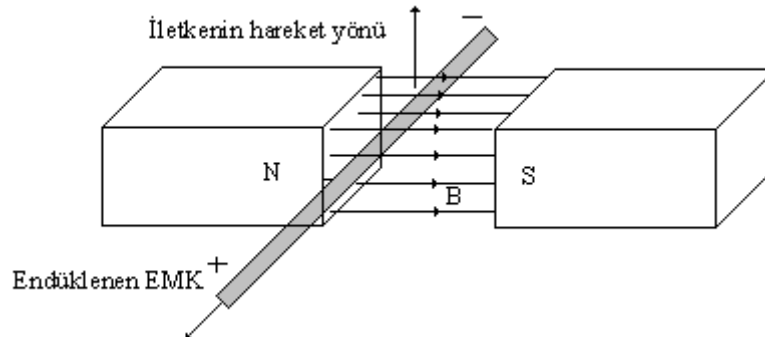
$\Delta t$ :Zaman aralığı

CGS birim sisteminde manyetik akının birimi maxwell ( $1 \text{ maxwell}=10^{-8}$  weber) idi. Buna göre bobinde meydana gelen emk,

$$E = N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \cdot 10^{-8}$$

olur. Eğer bir sarım bir saniyede  $10^{-8}$  maxwellik bir akı tarafından kesilirse, sarımda bir voltluk endüksiyon elektromotor kuvveti indüklenir demektir.

Sabit bir manyetik alan içinde bir iletkenin hareket etmesiyle, iletkende bir emk endüklendiğini gördük. İletkenin hareketinden doğan bu emk te "hareket endüksiyon emk" ti denir.



Şekil9.3 Hareket endüksiyon emk'nin meydana gelişi

Hareket endüksiyonu emk tinin değeri, manyetik akı yoğunluğuna, iletkenin uzunluğuna, iletkenin hareket hızına ve iletkenin hareket yönü ile manyetik alanın yönü arasındaki ilişkiye bağlıdır. Buna göre meydana gelen emk,

$$E = B \cdot l \cdot V$$

Olur. Bu formülde,

E=iletkende endüklenen endüksiyon emk (volt)

B=Manyetik akı yoğunluğu (Tesla)

l =İletkenin manyetik alan içindeki uzunluğu (metre)

V= İletkenin hızı (metre/saniye)

Örnek: Manyetik akı yoğunluğu 2 Tesla olan bir alan içine 0.5m uzunluğunda bir iletken 5m/sn lik bir hızla hareket ettirilirse, meydana gelen emk ne olur.

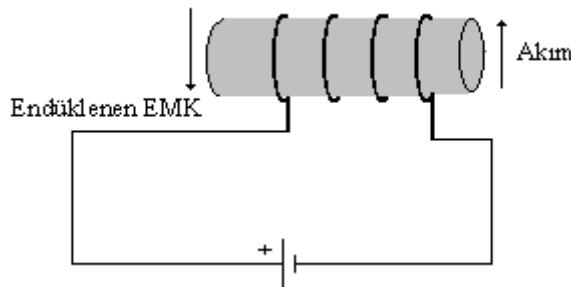
$$E = B \cdot l \cdot V = 2 \cdot 0,5 \cdot 5 = 5 \text{ Volt}$$

Olur.

## 9.5 ÖZENDÜKSİYON

### Özendüksiyon Olayı ve EMK'i

İçinden akım geçen bir iletken etrafında bir manyetik alan meydana geldiğini biliyoruz. Eğer bu iletken şekil9.4de görüldüğü gibi bobin haline getirilirse etrafındaki manyetik alan şiddetlenir. Böylece bobin içinden geçen akımın değişiminin meydana getirdiği değişken manyetik alan ortamı içinde bulunur. Yani bobin, bizzat kendisi tarafından meydana getirilen değişken manyetik alan içinde olduğundan, bobinde bir endüksiyon emek'i meydana gelir. Bobinin, kendi oluşturduğu manyetik alan içinde kalarak, kendisinde endüklediği emk'i şimdiye kadar incelediğimiz endüksiyon olayında emk bir dış manyetik alan tarafından meydana getirilir. Özendüksiyon ise manyetik alan, bobinden geçen akıma ve bobinin sarım sayısına bağlı olarak bobin tarafından oluşturulur.



Şekil9.4 Özendüksiyon olayı

Bu devredeki S anahtarı kapatılırsa bobinden bir akım geçer. Bu akım bobin etrafında bir manyetik alan meydana getirir. Manyetik alanın değeri yükseldikçe, bobinde meydana gelen endüksiyon emk'inin değeri de yükselir.

Lenz kanununa göre, bu emk bobinden geçen akım artıyorsa onu azaltmaya, azalıyorsa onu artırmaya çalışır.

### Özendüksiyon katsayısı ve Hesabı

Özendüksiyon emk'i lenz kanununa göre kendini meydana getiren manyetik kuvvet çizgilerindeki değişikliğe karşıdır. Böylece, bobinden geçen akımdaki herhangi bir değişikliğe, bobinin karşı koyma yeteneğine, bobinin "özendüktansı" denir. Kısaca bobinin endüktansı diye anılır. Endüktans L harfiyle gösterilir ve birimi Henridir. Henri H harfiyle gösterilir. Ve şu şekilde tanımlanır.

Bir bobinde saniyede 1 amperlik değişiklik 1 voltluk emk endüklüyorsa, bobinin endüktansı 1 henridir denir.

Bir bobinde manyetik akının zamana göre değişimi sonucu o bobinde meydana gelen emk'nin değerini bulmuştuk. Eğer aynı bobinde manyetik akının, zamana göre değişimi alınır, bobinin endüktansı aşağıdaki gibi olur.

$$L = N \frac{\Delta\Phi}{\Delta i}$$

Bu formülde,

L= Bobinin endüktansı (Henri)

N= Bobinin sarım sayısı

$\Delta\phi$ =Manyetik alandaki değişim (Weber)

$\Delta i$ =Akımdaki değişim (Amper)

formülde görüldüğü gibi bir bobinin endüktansı, bobinin sarım sayısı sabit kalmak koşulu ile, bobinden geçen akımdaki değişime bağlıdır. Eğer içinde demir çekirdek bulunmayan bir bobinin endüktansını, relüktansı da dikkate alınarak hesaplanmak istenirse,

$$L = \frac{N^2}{R_m} \text{ Bu formülde,}$$

L=Bobinin endüktansı (Henri)

N=Bobinin sarım sayısı

$R_m$ = Relüktans (1/henri)

Bir bobinin endüktansı, bobinin ölçüleri ile değişir. Bobinin endüktansını artırmak için ferromanyetik malzemeler çok kullanılır. Buna göre bobinin endüktansı,

$$L = \frac{N^2 \cdot \mu \cdot S}{l}$$

olarak yazılabilir. Bu formülde,

L=Bobinin endüktansı (Henri)

N=Bobinin sarım sayısı

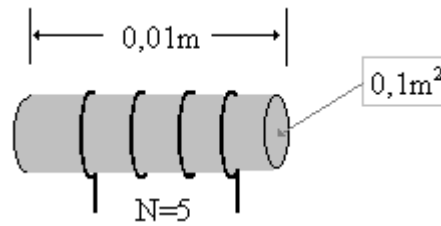
$\mu$ =ortamın geçirgenliği (henri/metre)

S=Bobinin çekirdeğinin kesiti (metre<sup>2</sup>)

l=Bobinin uzunluğu (metre)

### Örnek:

Şekil9.5de görülen değerlere göre bu bobinin endüktansını bulunuz. Ortamın geçirgenliği,  $\mu=0,25 \cdot 10^{-3}$

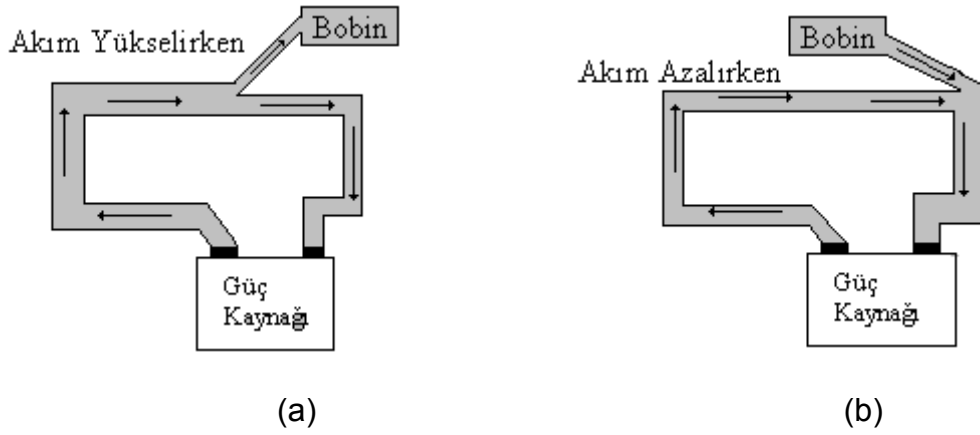


Şekil9.5

$$L = \frac{N^2 \cdot \mu \cdot S}{l} = \frac{(5^2) \cdot (0,25 \cdot 10^{-3}) \cdot (0,1)}{0,01} = 62,5 \text{mH}$$

## 9.6 BOBİNDE DEPO EDİLEN ENERJİ

İçinden akım geçen bir bobin etrafında bir manyetik alanın oluştuğunu biliyoruz. Ayrıca bu alandan dolayı bobinde bir özendüksiyon emk'nin meydana gelir. Bu emk Lenz kanununa göre bobinden geçen akım artarsa onu azaltmaya, azalırsa onu artırmaya çalışır. Yani bobinden geçen akım artarsa bu akımın bir kısmı şekil9.6(a)de görüldüğü gibi manyetik alan olarak depolanır. Eğer akım azalırsa yine şekil9.6(b)de görüldüğü gibi daha önceden manyetik olarak depo edilen bu enerji akım olarak devreye geri verilir.



Şekil 9.6

Böylece depo edilen enerjinin miktarı bobinin endüktansı biliniyorsa kolayca bulunabilir. Buna göre depolanan enerji,

$$W = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I^2$$

olur. Bu formülde,

W=Bobinde depo edilen enerji (Jul)

L=Bobinin endüktansı (Henri)

I=Bobinden geçen akım (Amper)

### Örnek:

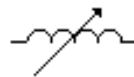
Özendüksiyonu katsayısı 20H olan bir bobinden geçen akım 10 A olduğuna göre bobinde depo edilen enerjiyi bulunuz.

$$W = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I^2 = \frac{1}{2} \cdot 20H \cdot 10^2 A = 1000 \text{ Jüll}$$

### Bobin Sembolü



(Sabit değerli bobin)

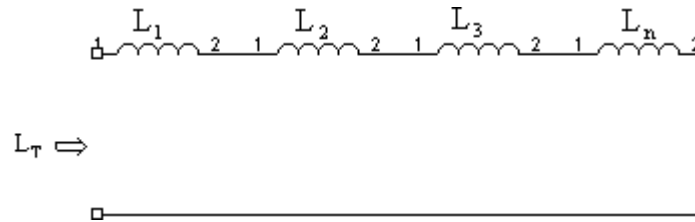


Değişken (varyabil) bobin

## 9.7 BOBİNLERİN BAĞLANTI ŞEKİLLERİ

### Bobinlerin Seri Bağlanması

Bobinlerin değerlerini artırabilmek için birbirine seri bağlanır. Bobinler seri bağlandıklarında üzerlerinden geçen akım tüm elemanlarda aynıdır.



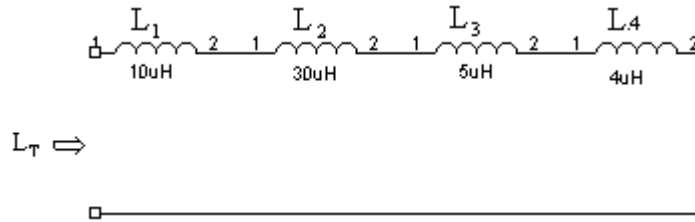
Şekil9.7 Bobinlerin seri bağlantısı

Şekildeki gibi n tane bobin seri bağlandıklarında bu bobinlerin eşdeğer (toplam) endüktansı, devredeki bobin endüktanslarının toplamına eşittir.

$$L_T = L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_n$$

### Örnek:

Şekil9.8 üzerinde verilen bobin değerlerine göre bobinlerin toplam endüktansını bulunuz.

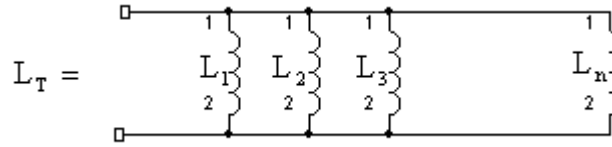


Şekil9.8

$$L_T = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 = 10\mu\text{H} + 30\mu\text{H} + 5\mu\text{H} + 4\mu\text{H} = 49\mu\text{H} = 49 \cdot 10^{-6} \text{ H}$$

### Bobinlerin Paralel Bağlanması

Paralel bağlı bobinlerde akımlar kollara ayrılarak devrelerini tamamlarlar. Uçlarındaki gerilim, tüm paralel bağlı bobinlerde aynı değeri gösterir. Şekil9.9 da görüldüğü gibi n tane bobin paralel bağlanmıştır.

**Şekil9.9 Bobinlerin Paralel Bağlanması**

N tane bobin paralel bağlandığında bunların tek bir bobin haline aldırılmasına toplam endüktans denir. Toplam endüktans formülümü aşağıdaki gibi olur.

$$\frac{1}{L_T} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \dots + \frac{1}{L_n}$$

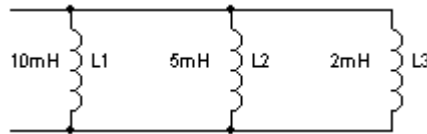
$$L_T = \frac{1}{\left(\frac{1}{L_1}\right) + \left(\frac{1}{L_2}\right) + \left(\frac{1}{L_3}\right) + \dots + \left(\frac{1}{L_n}\right)}$$

Genel formülü ortaya çıkar. Eğer sadece iki bobin paralel bağlandığında pratiklik açısından toplam endüktans aşağıdaki şekilde bulunabilir.

$$L_T = \frac{L_1 \cdot L_2}{L_1 + L_2}$$

**Örnek:**

Aşağıda şekil9.10 üzerinde değerleri verilen bobinler paralel bağlandıklarına göre eşdeğer endüktansı bulunuz.

**Şekil9.10**

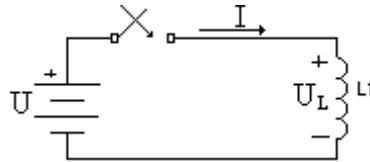
$$L_T = \frac{1}{\left(\frac{1}{L_1}\right) + \left(\frac{1}{L_2}\right) + \left(\frac{1}{L_3}\right)} = \frac{1}{\left(\frac{1}{10\text{mH}}\right) + \left(\frac{1}{5\text{mH}}\right) + \left(\frac{1}{2\text{mH}}\right)} = \frac{1}{0,8\text{mH}} = 1,25\text{mH}$$

**Bobin Uçlarındaki Gerilim**

Bobin bir DC gerilim kaynağına bağlandığı taktirde bobin uçlarında bir gerilim görülür. Bobin eğer saf bir bobinse akımın zamana göre değişimi ile bobin uçlarındaki gerilim değeri bulunur. Burada görüldüğü gibi bobin uçlarındaki gerilim

zamana ve üzerinden geçen akıma, bobinin endüktans değerine göre uçlarındaki gerilim değeri değişmektedir. Bu durumu aşağıdaki şekilde yazabiliriz.

$$U_L = L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

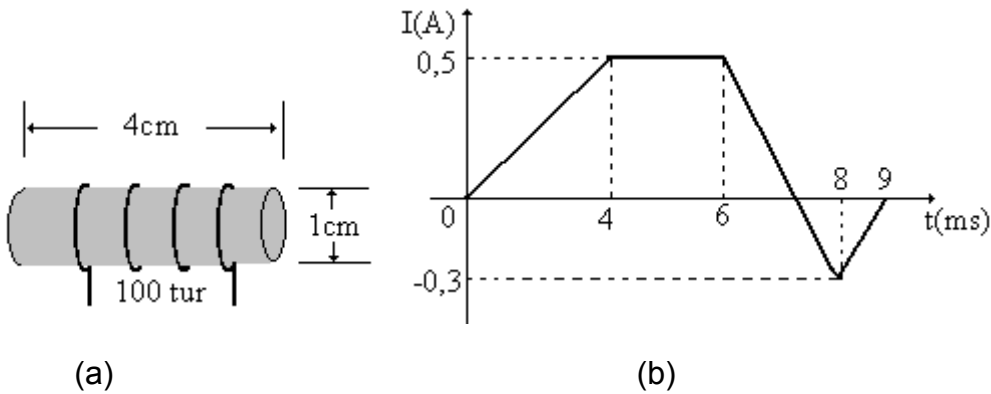


Şekil9.11 Bobinin Dc kaynağa bağlantısı

Bu formülün kullanılacağı bir örnek yaparak anlatılmak isteneni sayısal değerlerle gösterirsek konu daha iyi anlaşılacaktır.

### Örnek:

Şekil9.12(a)de bobinin sarım sayısı sarıldığı nüvenin çapı ve uzunluğu şekil üzerinde gösterilmiştir. Bobinin endüktansını bularak, Grafik de görülen bobin üzerinden geçen akımın zamana göre değişimi verilmektedir. Bu zaman aralığındaki bobin uçlarındaki gerilim değişim eğrisini ve değerini bulunuz. (Demir nüvenin geçirgenliği  $\mu_r = 400$  boşluğun geçirgenliği  $\mu_o = (4\pi \cdot 10^{-7})$ )



Şekil9.12

Önce bobinin endüktansını bulup daha sonra bu bobinin üzerinden geçen akıma göre uçlarındaki gerilim değerlerini bulalım.

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi(0,01\text{m})^2}{4} = 7,854 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \quad \mu = \mu_r \cdot \mu_o = 400(4\pi \cdot 10^{-7}) = 5,026 \cdot 10^{-4}$$

$$L = \frac{N^2 \cdot \mu \cdot S}{l} = \frac{100^2 \cdot (5,026 \cdot 10^{-4}) \cdot (7,854 \cdot 10^{-5})}{4 \cdot 10^{-2}} = 9,87 \text{ mH}$$

bobinin endüktansı bulunur. Grafikte akımın zaman aralığını kademe, kademe inceleyerek bobin uçlarındaki gerilim değerini bulalım.

$t=0$  dan  $t=4\text{ms}$   $\Delta t=4\text{ms}$  aralığındaki akım bobin üzerinden  $0\text{A}$ -  $0,5\text{A}$ ,  $\Delta I=0,5\text{A}$  geçtiği görülüyor. buna göre bobin uçlarındaki gerilim;

$$U_{L(t=0 \text{ ile } 4\text{ms})} = L \frac{\Delta I}{\Delta t} = 9,87 \cdot 10^{-3} \text{H} \left( \frac{0,5\text{A}}{4 \cdot 10^{-3} \text{s}} \right) = 1,23\text{V}$$

$t=4\text{ms}$  dan  $t=6\text{ms}$   $\Delta t=2\text{ms}$  zaman değişimi aralığında, akım grafikte görüldüğü gibi  $0,5\text{A}$  akımda zamana göre değişim olmadığı görülüyor.  $\Delta I=0$  buna göre bobin uçlarındaki gerilim bulunursa;

$$U_{L(t=4 \text{ ile } t=6)} = L \frac{\Delta I}{\Delta t} = 9,87 \cdot 10^{-3} \frac{0}{2 \cdot 10^{-3} \text{s}} = 0\text{V}$$

bulunur. Çünkü akımdaki değişim sıfırdır.

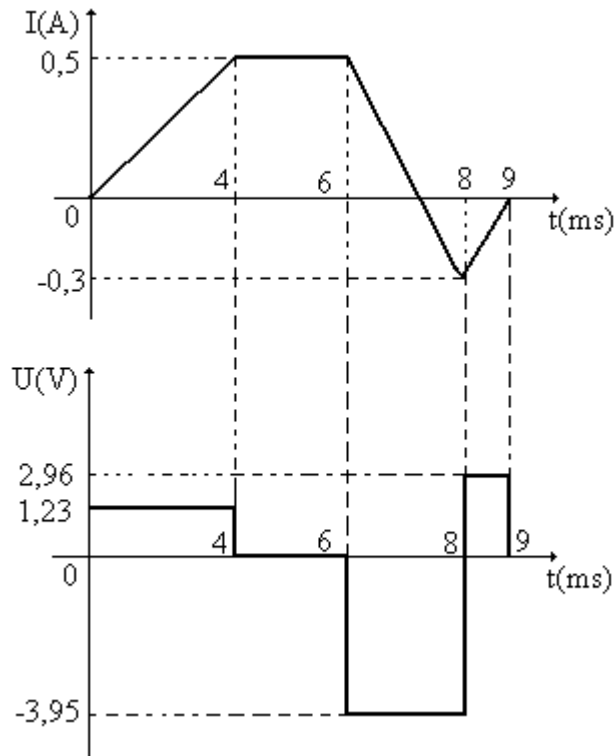
$t=6\text{ms}$  den  $t=8\text{ms}$  aralığındaki zaman değişimi  $\Delta t=2\text{ms}=2 \cdot 10^{-3}\text{s}$  akımdaki değişim ise  $\Delta I=(-0,3\text{A})-(-0,5\text{A})=-0,8\text{A}$  olmaktadır. Buna göre bobin uçlarındaki gerilim;

$$U_{L(t=6 \text{ ile } t=8)} = L \frac{\Delta I}{\Delta t} = 9,87 \cdot 10^{-3} \frac{-0,8\text{A}}{2 \cdot 10^{-3} \text{s}} = -3,95\text{V}$$

$t=8\text{ms}$  den  $t=9\text{ms}$  aralığındaki zaman değişimi  $\Delta t=1\text{ms}=1 \cdot 10^{-3}\text{s}$  akımdaki değişim ise  $\Delta I=0\text{A}-(-0,3\text{A})=0,3\text{A}$  olmaktadır. Buna göre bobin uçlarındaki gerilim;

$$U_{L(t=8 \text{ ile } t=9)} = L \frac{\Delta I}{\Delta t} = 9,87 \cdot 10^{-3} \frac{0,3\text{A}}{1 \cdot 10^{-3} \text{s}} = 2,96\text{V}$$

bulunur. Bulduğumuz gerilim değerlerini akım ve gerilim grafiği olarak birlikte göstermek gerekirse, grafik üzerinde bulunan sonuçların daha iyi irdelenmesi sağlanabilir.



Grafik: Örnek de verilen ve sonucun grafiği