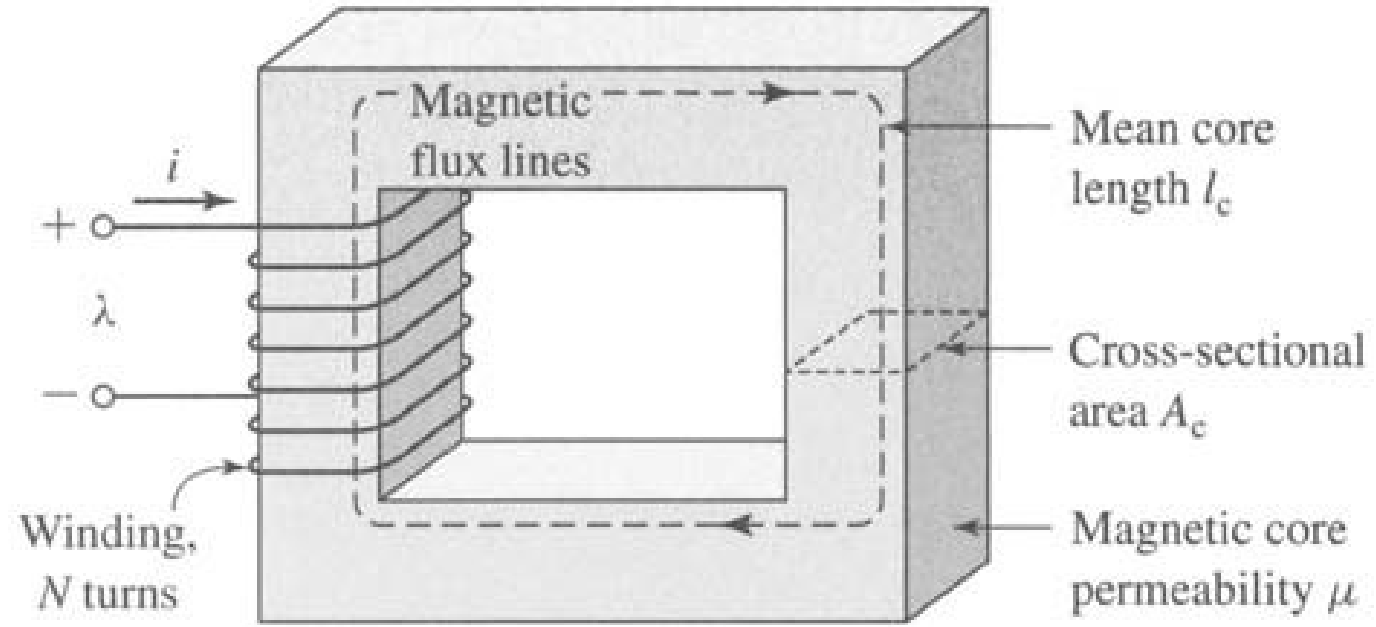


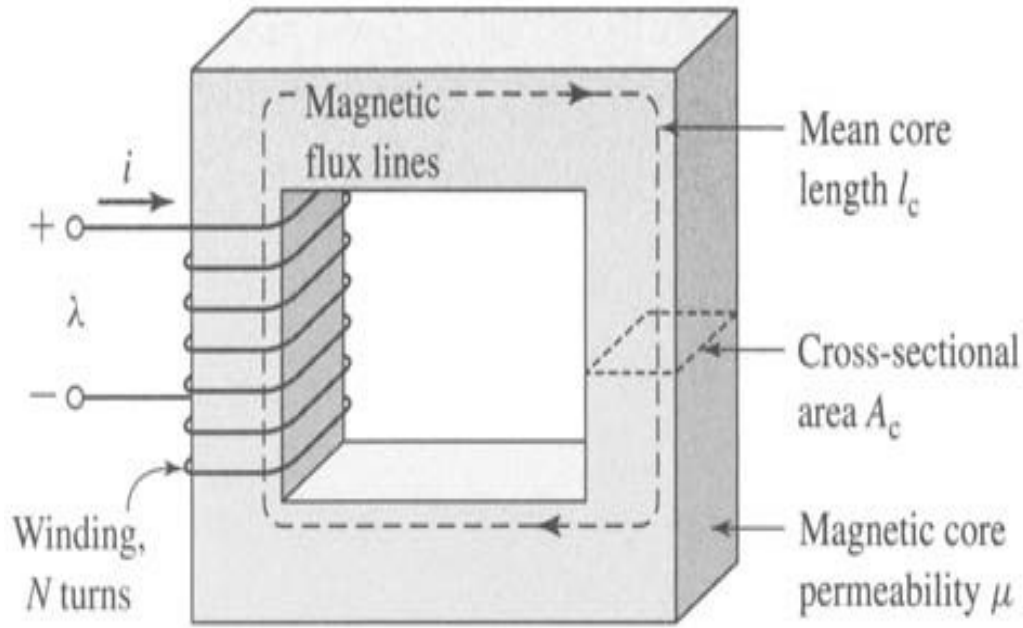
Manyetik Devrelere Giriş

- *Manyetik devre* kavramı için karmaşık geometrili bir yapıdaki manyetik alan şiddeti $\mathbf{H}$ ve manyetik alan yoğunluğu $\mathbf{B}$ için genel çözüm son derece zordur. Bununla birlikte çözümlerde kabul edilebilir mühendislik toleransları kullanarak çoğunlukla tek boyutlu devre denklemine indirgenebilir.
- Bir manyetik devre parçaları çoğunlukla yüksek geçirgenlikli manyetik malzemedен meydana getirilmiş bir yapıdan oluşur. Yüksek geçirgenlikli malzemenin varlığı, elektrik devresinde akımın çoğunun iletkenден akmaya zorlanması gibi manyetik akı da yapı tarafından belirlenmiş yollarla sınırlanma eğilimi gösterir.



Şekil 1: Basit Manyetik Devre

- Çekirdeğin kendisini çevreleyen havadan çok daha yüksek geçirgenliği olan ($\mu \gg \mu_0$) manyetik malzemeden yapıldığı düşünülmüştür. Çekirdek homojen kesit alanlıdır ve üzerine i amper taşıyan N sarımlı bir sargı sarılmıştır. Bu sargı şekilde görüldüğü üzere çekirdeğin içinden akan bir manyetik alan üretir.
- Manyetik çekirdeğin yüksek geçirgenliği sebebiyle, alan çizgileri çekirdek tarafından belirlenmiş yolu izler ve kesit alanı da homojen yapıda olduğundan akı yoğunluğu da kesitin her yerinde homojendir.



- Şekildeki manyetik devrede çekirdeğin manyetik alan kaynağı *amper-sarım* çarpımıdır, Ni . Manyetik devrede Ni gösterimi manyetik devreye etkileyen *manyeto motor kuvvet* (mmk)'dır, F.
- Şekilde sadece bir bobin gösterilmesine rağmen transformatör ve çoğu döner makine en az iki sargılıdır ve bu durumda Ni yerine tüm sargılardaki amper-sarımların toplamı konulmalıdır.

- S yüzeyinden geçen *manyetik akı* ϕ değeri B'nin normal bileşeninin yüzey integralidir; böylece

$$\phi = \oint_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{a}$$

- Φ birimi SI birim sisteminde *weber* (Wb) ile gösterilir.
- Kapalı bir yüzeye giren veya çıkan net manyetik akının sıfırdır. Bu, bir hacimle kuşatılmış yüzeye giren akının başka bir yüzeye geçerken bu hacmi tamamen terk etmesi ifadesine eşittir. Çünkü manyetik akı çizgileri kapalı yollar oluşturur.

- Denklem basit sayısal denkleme indirgenebilir.

$$\phi_c = B_c A_c$$

SI birim sisteminde

H, amper/metre,

B weber/metrekare veya Tesla,

μ ise weber/amper-sarım-metre veya henry/metre ile gösterilir.

- Burada,

ϕ_c = çekirdekteki akı,

B_c = çekirdekteki akı yoğunluğu,

A_c = çekirdek kesit alanı.

- Bir manyetik devreye doğru hareket eden mmk ve bu devredeki manyetik alan şiddeti arasındaki ilişki

$$F = N i = \oint H dl$$

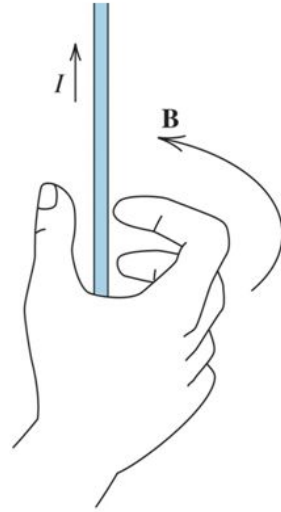
- Çekirdek boyutları cinsinden akı çizgilerinin kat ettiği yol yaklaşık olarak ortalama çekirdek yolu l kadardır. Sonuçta denklemin çizgisel integrali basitçe, H genliği ile l ortalama akı yolunun skaler çarpımına eşit hale gelir,

$$F = N i = H_c l_c$$

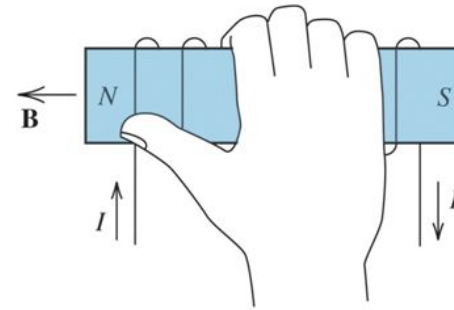
- Burada H_c ifadesi çekirdekteki H'nin ortalama genliğidir.

- Çekirdekteki H 'ın yönü sağ-el kuralı ile bulunur ve iki şekilde de ifade edilebilir.
 - a) Sağ elinizde akım taşıyan bir iletken tuttuğunuzu düşünün, başparmak akım yönünü gösterebilir; bu durumda diğer parmaklar bu akım tarafından oluşturulan manyetik alanın yönünü gösterir.
 - b) Benzer şekilde bobin, parmaklar akımın yönünü gösterecek şekilde sağ elde tutulduğunda başparmak manyetik alanın yönünü gösterir.

Illustrations of the right-hand rule



(a) If a wire is grasped with the thumb pointing in the current direction, the fingers encircle the wire in the direction of the magnetic field



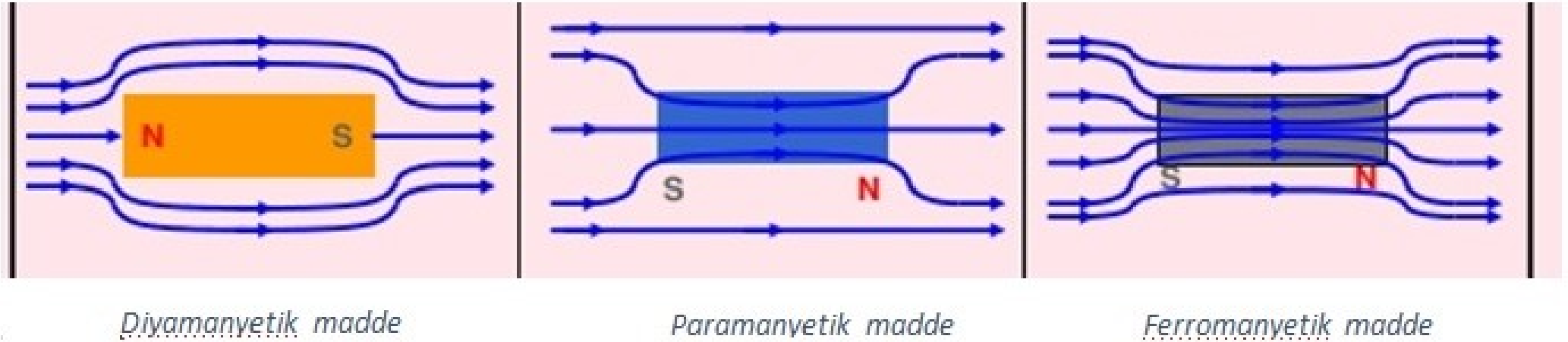
(b) If a coil is grasped with the fingers pointing in the current direction, the thumb points in the direction of the magnetic field inside the coil

Manyetik alan şiddeti H ile manyetik alan yoğunluğu B arasındaki ilişki, alanın oluştuğu malzemeyle ilgili bir özelliktir.

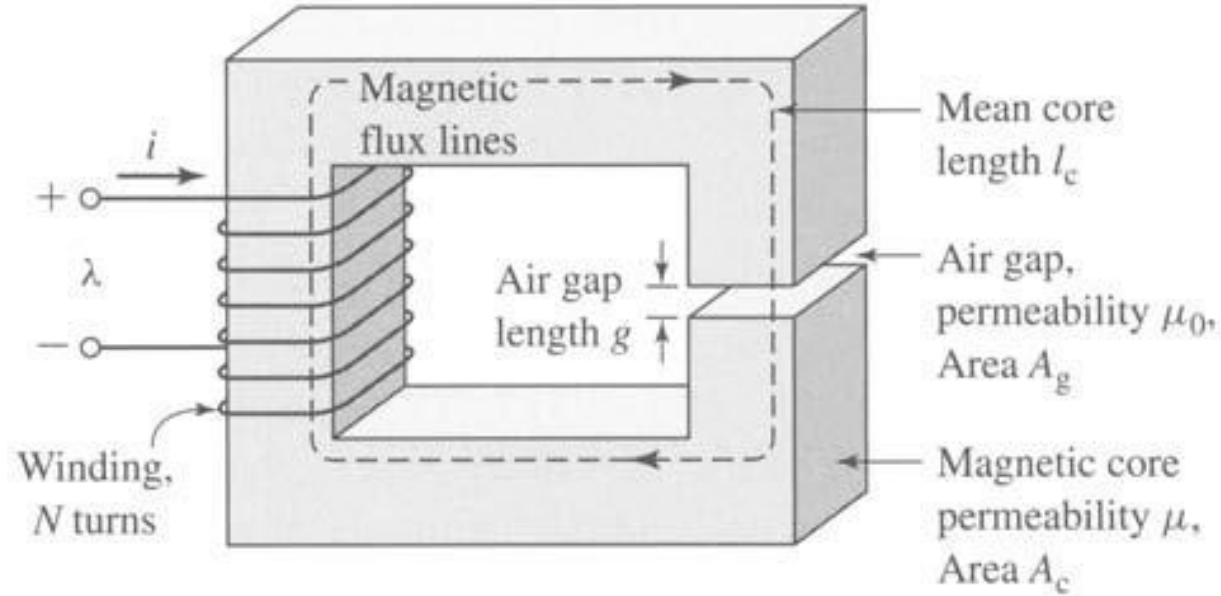
$$B = \mu H$$

Burada μ manyetik geçirgenliktir. SI sisteminde serbest uzayın geçirgenliği $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ Henry/metre'dir. Lineer manyetik malzemenin geçirgenliği de μ_r olarak ifade edilirse, değeri havaya göre $\mu = \mu_r \mu_0$ formülüyle ifade edilir.

Transformatör ve döner makinelerde μ_r değeri 2000 ile 80000 arasında değişmektedir.



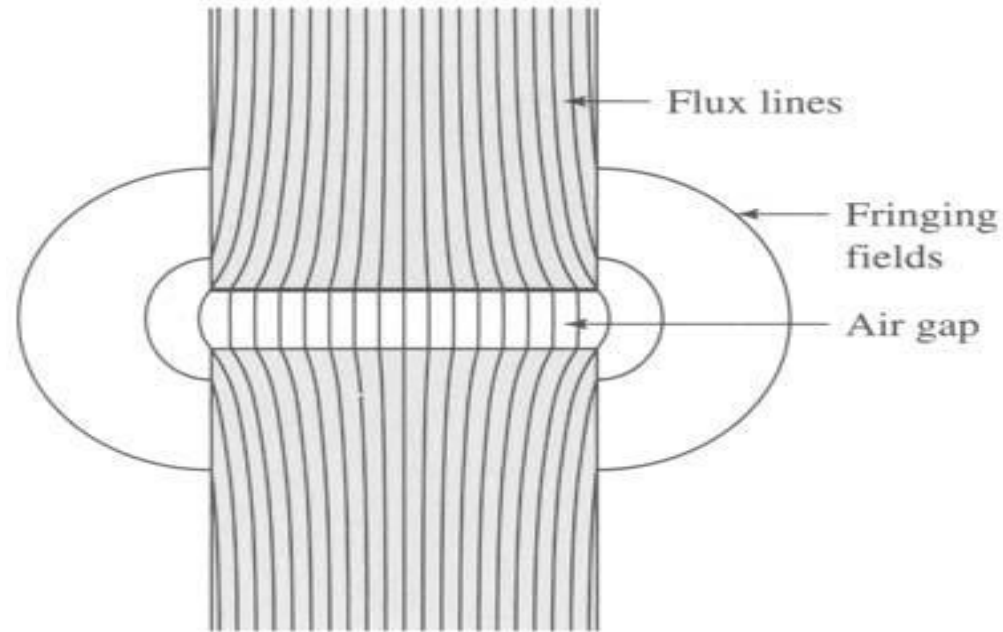
Transformatörler Şekil 1.1’de gösterildiği gibi kapalı bir çekirdek üzerine sarılır. Halbuki enerji dönüşümü yapan hareketli parçası olan cihazların manyetik devreleri hava aralıklıdır. Hava aralıklı bir manyetik devre Şekil 1.2’de görülmektedir.



g hava aralığı karşılıklı çekirdek yüzlerine kıyasla çok küçük olduğundan, manyetik akı çekirdek tarafından tanımlanan yolu izler ve manyetik devre analizi tekniği geçerlidir. Eğer hava aralığı çok büyürse, akının hava aralığının yanlarına kaçak yollar izlediği görülür ve analiz tekniği uygulanamaz hale gelir.

Hava aralıklı manyetik devrenin analizi

- Hava aralıklı manyetik devre iki dizi bileşenle analiz edilebilir.
 - 1) Manyetik çekirdeğin geçirgenliği μ , kesit alanı A_c ve ortalama yolu l_c ,
 - 2) Hava aralığının geçirgenliği μ_0 , kesit alanı A_g ve boyu g .



$$B_c = \frac{\phi}{A_c}$$

$$B_g = \frac{\phi}{A_g}$$

$$F = H_c l_c + H_g g$$

$$F = \frac{B_c}{\mu} l_c + \frac{B_g}{\mu_0} g$$

$$F = \phi \left(\frac{l_c}{\mu A_c} + \frac{g}{\mu_0 A_g} \right)$$

$$F = \phi (R_c + R_g)$$

$$\phi = \left(\frac{F}{R_c + R_g} \right)$$

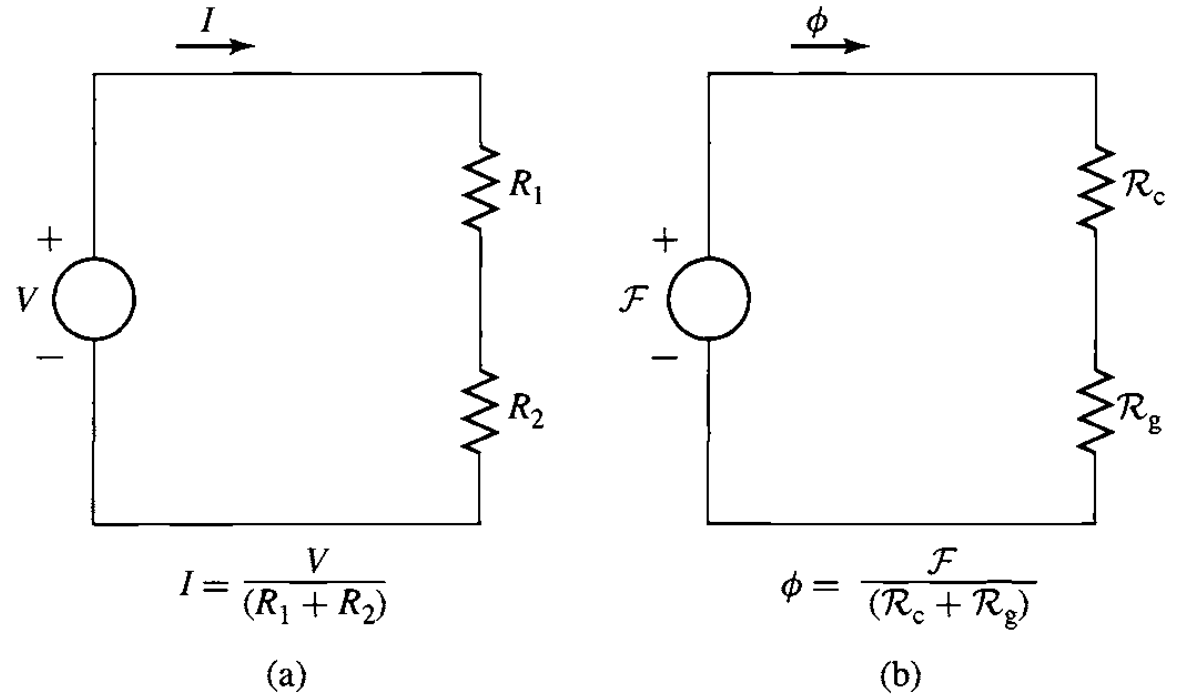


Figure 1.3 Analogy between electric and magnetic circuits.
(a) Electric circuit, (b) magnetic circuit.

Denklemler bir elektrik devresindeki akım ve gerilim arasındaki ilişkiye benzerdir. Bu benzerlikten faydalanarak karmaşık manyetik devre akıları için basit çözümler üretilebilir.

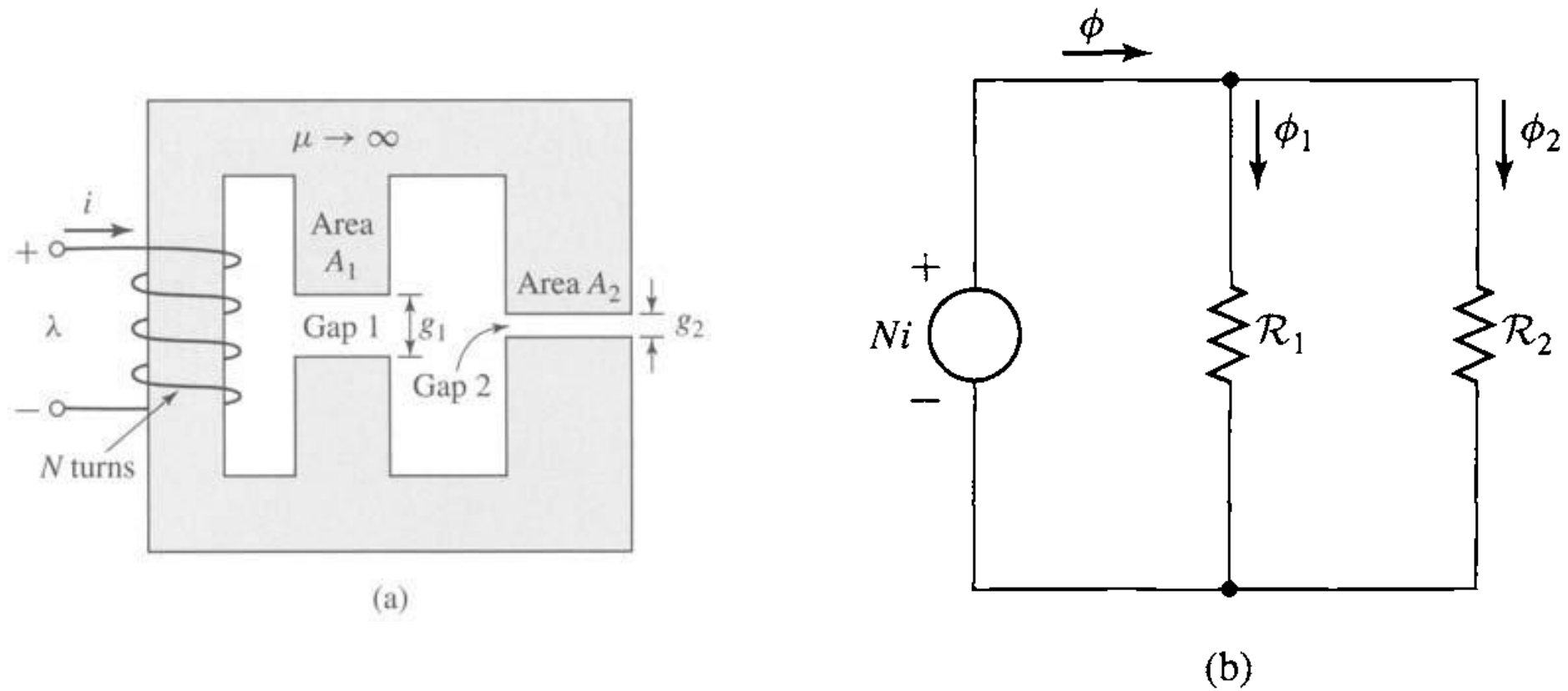
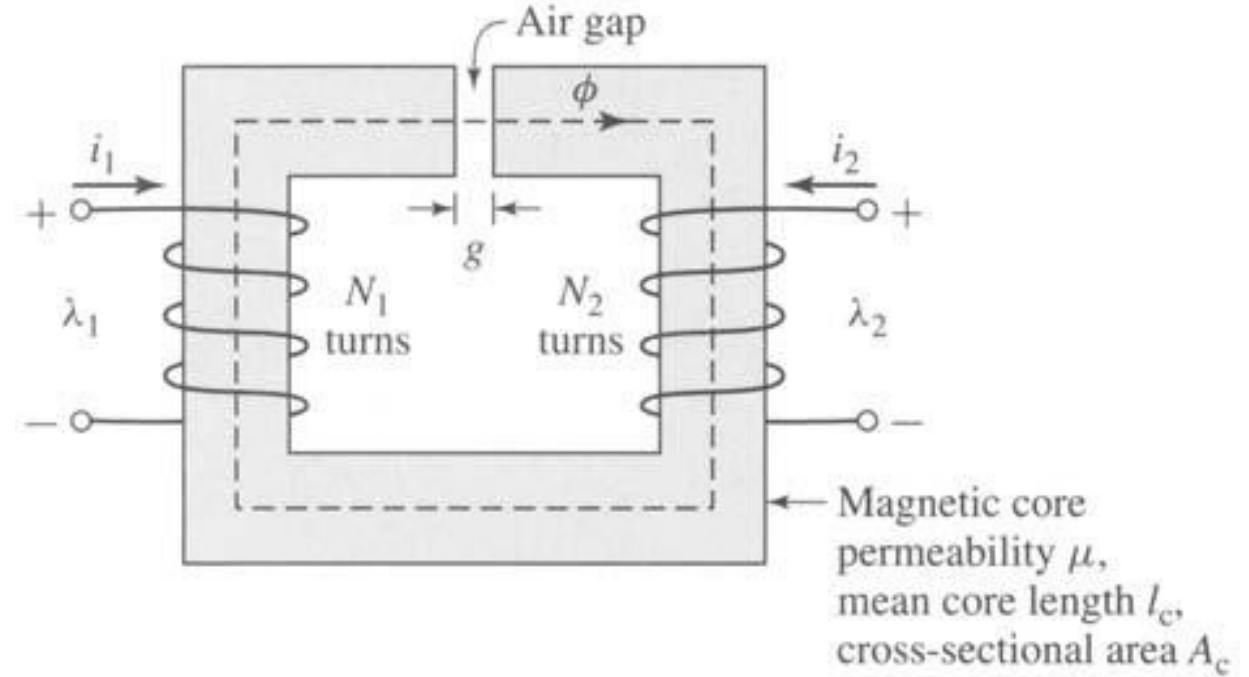


Figure 1.6 (a) Magnetic circuit and (b) equivalent circuit for Example 1.3.

İki sargılı manyetik devre

- Şekilde bir hava aralıklı ve iki sargılı manyetik devre görülmektedir. Bu durumda, manyetik devreye etkiyen mmk'nın manyetik devreye etkiyen toplam amper-sarım tarafından oluşturulduğu ve aynı yönde akı oluşturmak için akımların referans yönünün seçildiği bilinmelidir.



İki sargılı devrede toplam mmk

$$F = N_1 i_1 + N_2 i_2$$

Çekirdeğin manyetik direncini ihmal ve $A_c = A_g$ kabul edersek çekirdek akısı ϕ ,

$$\phi = (N_1 i_1 + N_2 i_2) \frac{\mu_0 A_c}{g}$$

Bobin 1'e ait toplam akı λ_1 ise şu şekilde yazılabilir,

$$\lambda_1 = L_{11} i_1 + L_{12} i_2$$

Burada

$$L_{11} = N_1^2 \frac{\mu_0 A_c}{g}$$

bobin 1'in öz endüktansdır.

Bobin 1 ile bobin 2 arasındaki ortak endüktans ise

$$L_{12} = N_1 N_2 \frac{\mu_0 A_c}{g}$$

ile ifade edilir.

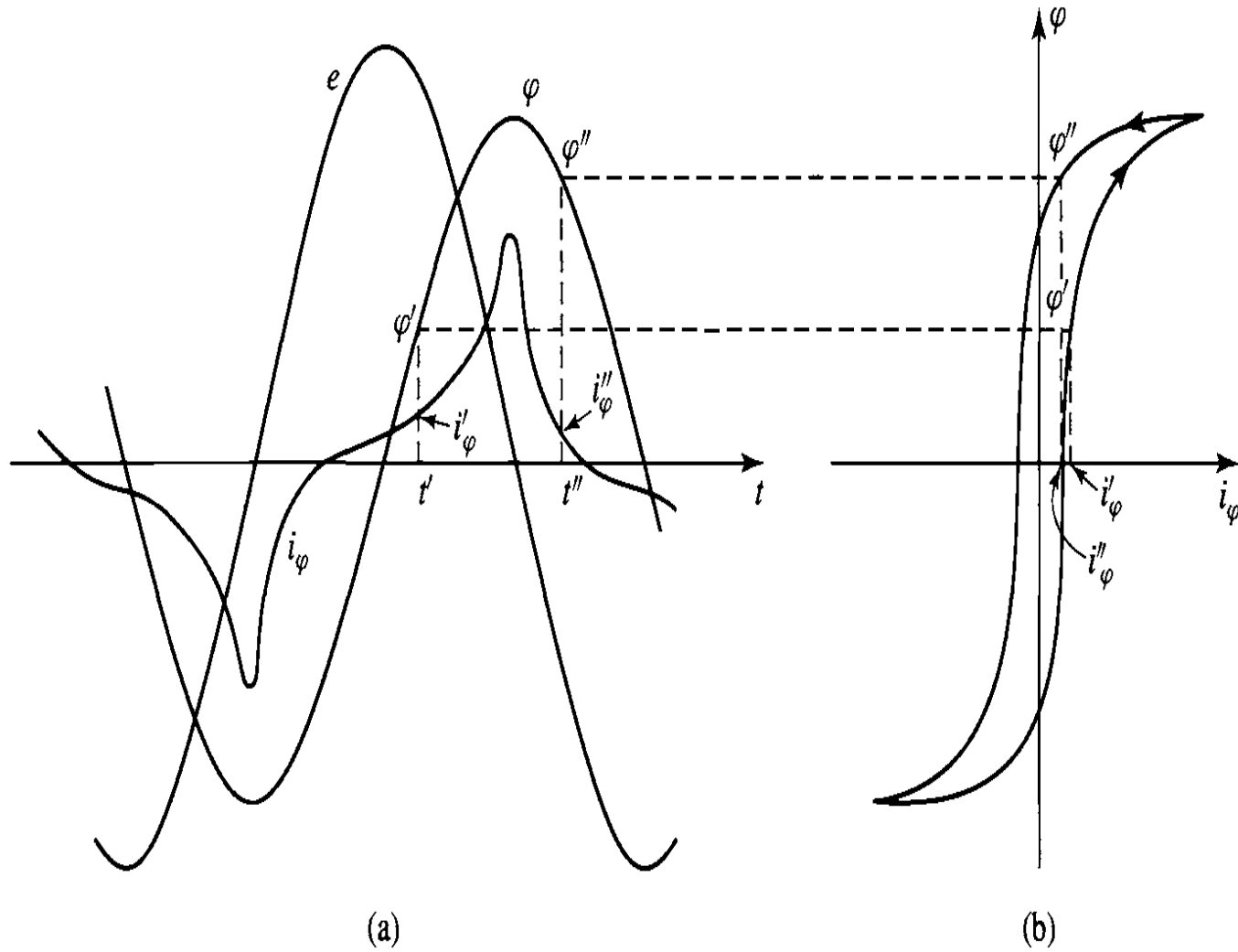
AA UYARMA

Kararlı AA çalışmada akımlar ve gerilimler için sıklıkla etkin değerle ilgileniriz.

N sarımlı sargıda endüklenen gerilim ifadesi,

$$E_{etkin} = \frac{2\pi}{\sqrt{2}} f N A_c B_{max} = 4,44 f N A_c B_{max}$$

şeklindedir.



Çekirdekte manyetik akı oluşturmak için sargıda i_ϕ olarak isimlendirilen akım gereklidir. Çekirdeğin doğrusal olmayan manyetik özellikleri yüzünden uyartım akımının dalga formu akınıninkinden farklı olarak sinüs değildir. İndüklenen gerilim e ve akının sinüs dalga formları yanda gösterilmiştir.

Figure 1.11 Excitation phenomena. (a) Voltage, flux, and exciting current; (b) corresponding hysteresis loop.