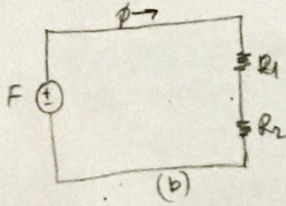
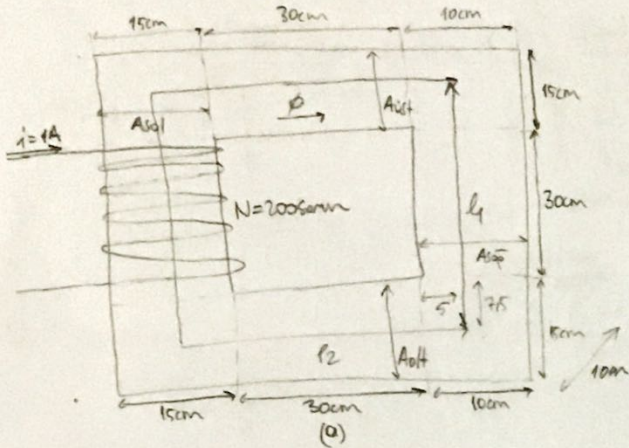


# 1. Makina İlkelerine Giriş Örnek Problemler

## 1.3 Manyetik Daireler

- 1) Şekilde ferromanyetik bir çekirdek gösterilmiştir. Bu çekirdeğin üç kenarı aynı genişlikle, dördüncü kenarı ise biraz incedir. Çekirdeğin derinliği (sayfaya içine doğru) 10 cm'dir ve diğer boyutlar şekilde gösterilmiştir. Çekirdeğin soldaki bacağına 200 sarım sarılmıştır. Göreceli geçirgenlik  $\mu_r$ 'nin 2500 ve güç kaynağı 1 A olması durumu için üretilecek akı değeri hesaplanacaktır.



$$F = N \cdot i$$

$$= 200 \cdot 1 = 200 \text{ A}$$

$$\phi = \frac{F}{R}$$

$$= \frac{200 \text{ A}}{41900 \text{ A/Wb}}$$

$$= 0.00477 \text{ Wb}$$

$$A_{\text{sol}} = 15 \times 10 = 150 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{üst}} = 15 \times 10 = 150 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{alt}} = 15 \times 10 = 150 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{ort}} = 10 \times 10 = 100 \text{ cm}^2$$

$$l_1 = 30 + 7.5 + 7.5 = 45 \text{ cm}$$

$$l_2 = 10 + 15 + 15 + 30 = 130 \text{ cm}$$

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0}$$

$$\mu = \mu_r \cdot \mu_0$$

$$\mu = 2500 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}$$

$$R_1 = \frac{l_1}{\mu \cdot A_1} = \frac{0.45 \text{ m}}{(2500)(4\pi \cdot 10^{-7})(0.01 \text{ m}^2)} = 14,300 \text{ A/Wb}$$

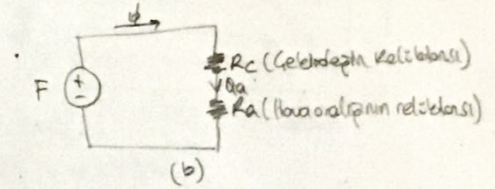
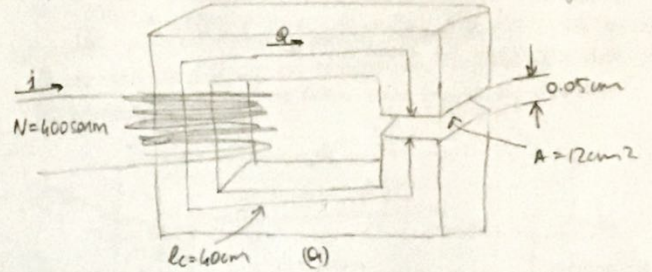
$$R_2 = \frac{l_2}{\mu \cdot A_2} = \frac{1.3 \text{ m}}{(2500)(4\pi \cdot 10^{-7})(0.01 \text{ m}^2)} = 27,600 \text{ A/Wb}$$

$$R_{\text{eq}} = R_1 + R_2$$

$$= 14,300 + 27,600$$

$$= 41,900 \text{ A/Wb}$$

- 2) Şekilde orijinal akı yolu 40 cm olan ferromanyetik bir çekirdek gösterilmiştir. Çekirdeğin kesit alanı  $12 \text{ cm}^2$ , göreceli geçirgenliği 4000'dir. Çekirdek üzerinde 400 sarım vardır. Hava aralığındaki soğutucunun; etkin hava aralığı kesit alanını 90° kadar arttırdığını kabul edelim.
- a) akı yolumuz (demir ve hava aralığı) toplam direkansı  
b) hava aralığında 0.5 T'lik bir akı çekmek için gereken akı değeri bulunur.



a)  $\mu_r = 4000$   
 $A_c = 12 \text{ cm}^2 = 0.0012 \text{ m}^2$   
 $A_a = 12 + 12 \cdot (0.05) = 12.6 \text{ cm}^2 = 0.00126 \text{ m}^2$

$$R_c = \frac{l_c}{\mu \cdot A_c} = \frac{0.4 \text{ m}}{4000 \cdot (4\pi \cdot 10^{-7}) \cdot (0.0012 \text{ m}^2)} = 66,300 \text{ A/Wb}$$

$$R_a = \frac{l_a}{\mu_0 \cdot A_a} = \frac{0.005 \text{ m}}{(4\pi \cdot 10^{-7}) \cdot (0.00126 \text{ m}^2)} = 316,000 \text{ A/Wb}$$

$$R_{\text{eq}} = R_c + R_a$$

$$= 66,300 + 316,000$$

$$= 382,300 \text{ A/Wb}$$

b)  $B_a = 0.5 \text{ T}$   
 $N = 400$   
 $i = ?$

$$\phi = \phi = B_a \cdot A_a$$

$$\phi = 0.5 \text{ Wb/m}^2 \cdot (0.0012 \text{ m}^2)$$

$$\phi = \frac{F}{R_{\text{eq}}} = \frac{N \cdot i}{R_{\text{eq}}}$$

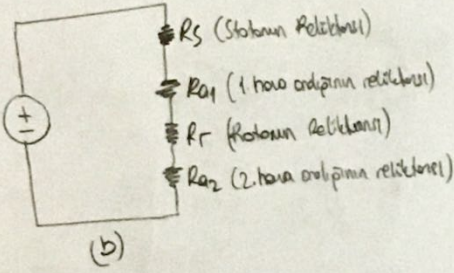
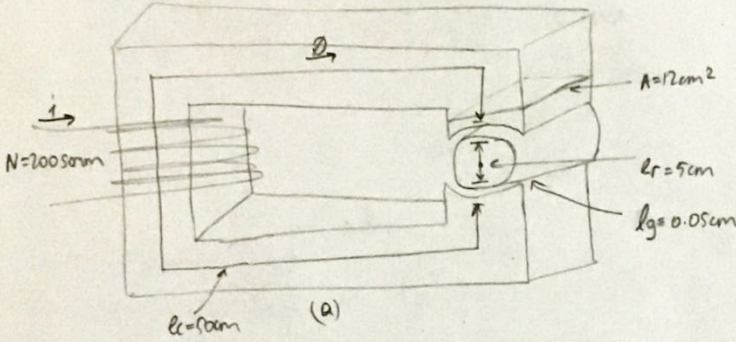
$$400 \cdot i = (0.5)(0.0012) \text{ Wb} \cdot 382,300 \text{ A/Wb}$$

$$i = 0.602 \text{ A}$$



3

Selütlede bir DA motorunun basitleştirilmiş rotor ve statoru gösterilmektedir. Statorun ortalama ağırlık yolu uzunluğu 50 cm ve kesit alanı  $12 \text{ cm}^2$ 'dir. Rotorun ortalama ağırlık yolu uzunluğu 5 cm ve kesit alanı da  $12 \text{ cm}^2$  kabul edilebilir. Rotor ve stator arasındaki her bir hava aralığı  $0.05 \text{ cm}$  ve her bir hava aralığının kesit alanı da (soğaklar için)  $14 \text{ cm}^2$ 'dir. Gelecekte demirinin (nüvenin) geçirgenliği 2000'dir. Gelecekte 200 sarım vardır. Sarımdan geçen akım 1 A'e ayarlanırsa, hava aralığındaki manyetik alan yoğunluğu ne olacaktır?



$$A_a = 14 \text{ cm}^2 = 0.0014 \text{ m}^2$$

$$\mu_r = 2000 \text{ H/m}$$

$$i = 1 \text{ A}$$

$$B_a = ?$$

$$R_s = \frac{l_s}{\mu A_s} = \frac{0.5 \text{ m}}{2000 (4\pi \cdot 10^{-7}) (0.0012 \text{ m}^2)} = 166,000 \text{ A} \cdot \text{Wb}$$

$$R_r = \frac{l_r}{\mu A_r} = \frac{0.05 \text{ m}}{2000 (4\pi \cdot 10^{-7}) (0.0012 \text{ m}^2)} = 16,600 \text{ A} \cdot \text{Wb}$$

$$R_a = \frac{l_g}{\mu A_a} = \frac{0.0005 \text{ m}}{2000 (4\pi \cdot 10^{-7}) (0.0014 \text{ m}^2)} = 284,000 \text{ A} \cdot \text{Wb}$$

$$\begin{aligned} R_{\text{eq}} &= R_s + R_{a1} + R_r + R_{a2} \\ &= 166,000 + 284,000 + 16,600 + 284,000 \\ &= 751,000 \text{ A} \cdot \text{Wb} \end{aligned}$$

$$F = N \cdot i$$

$$F = 200 \cdot 1$$

$$F = 200 \text{ A} \cdot \text{Wb}$$

$$\phi = \frac{F}{R} = \frac{200 \text{ A} \cdot \text{Wb}}{751,000 \text{ A} \cdot \text{Wb}} = 0.00266 \text{ Wb}$$

$$B = \frac{\phi}{A}$$

$$B = \frac{0.00266 \text{ Wb}}{0.0014 \text{ m}^2}$$

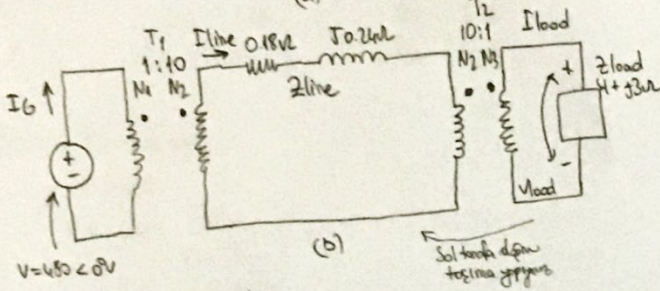
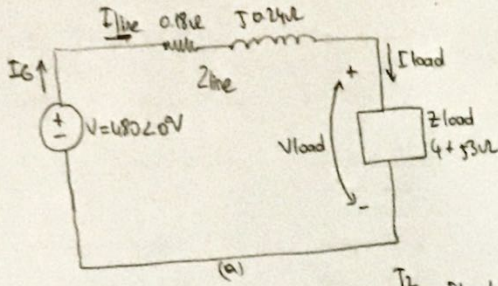
$$B = 0.19 \text{ T}$$



## 2. Transformatörler Örnek Problemler

### 2.2.1 İdeal Transformatörler

1



a) Hat akımı;

$$I_{line} = \frac{V}{Z_{line} + Z_{load}}$$

$$Z = a + jb$$

$$Z = Z_{line} + Z_{load}$$

$$Z_{line} + Z_{load} = (0.18j\Omega) + (4\Omega + j3\Omega)$$

$$= 4.18\Omega + j3.24\Omega$$

$$[Z = |Z| \angle \theta]$$

$$|Z| = \sqrt{a^2 + b^2} \Rightarrow |Z| = \sqrt{(4.18)^2 + (3.24)^2} = 5.29$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{b}{a}\right) \Rightarrow \theta = \tan^{-1}\left(\frac{3.24}{4.18}\right) = 37.8^\circ$$

$$I_{line} = \frac{480 \angle 0^\circ}{5.29 \angle 37.8^\circ} = \frac{480}{5.29} \angle (0 - 37.8^\circ) = 90.8 \angle -37.8^\circ A$$

Yük gerilimi;

$$[V_{load} = I_{line} Z_{load}]$$

$$= (90.8 \angle -37.8^\circ A) (4\Omega + j3\Omega)$$

$$= (90.8 \angle -37.8^\circ A) (5 \angle 36.9^\circ \Omega)$$

$$= 90.8 \times 5 \angle (-37.8 + 36.9)^\circ V$$

$$= 454 \angle -0.9^\circ V$$

Hat Kaybı;

$$[P_{loss} = (I_{line})^2 R_{line}]$$

$$= (90.8 A)^2 (0.18\Omega)$$

$$= 1484 W$$

Tek fazlı güç sistemi;  $Z_{line} = 0.18 + j0.24\Omega$ 'lık empedansa sahip bir iletim hattı üzerinden  $Z_{load} = 4 + j3\Omega$ 'lık bir yükü besleyen 480V, 60Hz'lik bir generatörden ibarettir. Bu sistem için aşağıdaki soruları cevaplayınız

a) Güç sistemi a'daki gibi kurulursa, yük gerilimi ve iletim hattı kayıpları ne olacaktır?

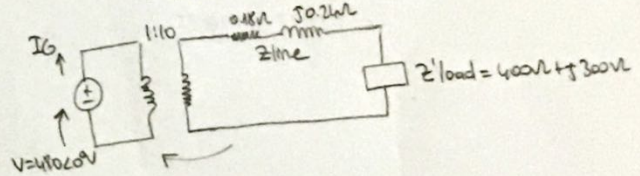
b) Generatör çıkışına 1:10'lük yükseltici transformatör ve iletim hattının sonuna 10:1'lik düşürücü bir transformatör bağlandığını kabul ediniz. Bu durumda yük gerilimi ve iletim hattı kayıpları ne olacaktır?

$$b) \frac{N_1}{N_2} = \frac{1}{10}, \frac{N_2}{N_3} = \frac{10}{1}$$

$$[Z'_{load} = a^2 Z_{load}]$$

$$= \left(\frac{10}{1}\right)^2 (4\Omega + j3\Omega)$$

$$= 400\Omega + j300\Omega$$



$$[Z'_{line} = a^2 Z_{line}]$$

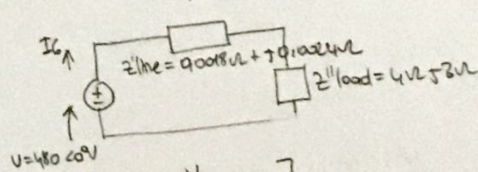
$$= \left(\frac{1}{10}\right)^2 (0.18\Omega + j0.24\Omega)$$

$$= 0.0018\Omega + j0.0024\Omega$$

$$[Z''_{load} = a^2 Z_{load}]$$

$$= \left(\frac{1}{10}\right)^2 (400\Omega + j300\Omega)$$

$$= 4\Omega + j3\Omega$$



$$[I_6 = \frac{V}{Z_{line} + Z'_{load}}]$$

$$= \frac{480 \angle 0^\circ}{0.0018\Omega + j0.0024\Omega}$$

$$= \frac{480 \angle 0^\circ}{5.0028 \angle 36.87^\circ \Omega}$$

$$= 95.94 \angle -36.87^\circ A$$

$$[N_1 I_6 = N_2 I_{line}]$$

$$I_{line} = \frac{N_1}{N_2} I_6$$

$$= \frac{1}{10} (95.94 \angle -36.87^\circ A)$$

$$= 9.594 \angle -36.87^\circ A$$



$$N_2 \cdot I_{line} = N_3 \cdot I_{load}$$

$$I_{load} = \frac{N_2}{N_3} I_{line}$$

$$= \frac{10}{1} (9.594 \angle -36.87^\circ \text{ A})$$

$$= 95.94 \angle -36.87^\circ \text{ A}$$

$$V_{load} = I_{load} \times Z_{load}$$

$$= 95.94 \angle -36.87^\circ \text{ A} \times (5 \angle 36.9^\circ \text{ A})$$

$$= 479.7 \angle -0.03^\circ \text{ V}$$

$$P_{loss} = (I_{line})^2 \cdot R_{line}$$

$$= (9.594 \text{ A})^2 (0.18 \Omega)$$

$$= 16.7 \text{ W}$$



## 2.2.3 Transformator Eşdeğer Devresi

- 2) 20 kVA, 8000/240V, 60 Hz'lik bir transformatorun eşdeğer devre empedansları belirlenecektir. Açık devre ve kısa devre deneyleri transformatorün primer tarafında yapılmıştır ve aşağıdaki veriler elde edilmiştir.

Başlı Çalışma Durumu (Primer tarafı)	Kısa Devre Durumu Primer tarafı
$V_{OC} = 8000V$	$V_{SC} = 489V$
$I_{OC} = 0.214A$	$I_{SC} = 2.5A$
$P_{OC} = 400W$	$P_{SC} = 240W$

Başlı çalışma durumunda;

Güç faktörü,  

$$PF = \cos \theta = \frac{P_{OC}}{V_{OC} \cdot I_{OC}}$$

$$\cos \theta = \frac{400W}{8000V \cdot (0.214A)}$$

$$\cos \theta = 0.234$$

Uygun admittans,

$$Y_E = \frac{I_{OC} \angle -\theta}{V_{OC}}$$

$$Y_E = \frac{0.214A \angle -\cos^{-1}(0.234)}{8000V}$$

$$Y_E = 0.0000268 \angle -76.5^\circ \Omega$$

$$Y_E = 0.0000063 - j0.0000261$$

$$Y_E = \frac{1}{R_L} - j \frac{1}{X_M}$$

$$\frac{1}{R_L} - j \frac{1}{X_M} = 0.0000063 - j0.0000261$$

$$R_L = \frac{1}{0.0000063} = 159k\Omega$$

$$X_M = \frac{1}{0.0000261} = 38.4k\Omega$$

Kısa çalışma durumunda;

Güç faktörü,  

$$PF = \cos \theta = \frac{P_{SC}}{V_{SC} \cdot I_{SC}}$$

$$\cos \theta = \frac{240W}{489V \cdot (2.5A)}$$

$$\cos \theta = 0.196$$

Seri empedans,

$$Z_{E\theta} = \frac{V_{SC} \angle \theta}{I_{SC}}$$

$$Z_{E\theta} = \frac{489V \angle \cos^{-1}(0.196)}{2.5A}$$

$$Z_{E\theta} = 195.6 \angle 78.7^\circ$$

$$Z_{E\theta} = 38.4 + j191\Omega$$

$$R_{E\theta} = 38.4\Omega$$

$$X_{E\theta} = 191\Omega$$



## 2.2.4 Transformasyonun Gerilim Regülasyonu ve Verimi

- 3) Bir 15 kVA, 2300/230V transformatorinde, uyarım kolu bileşenlerini, seri empedanslarını ve gerilimi regülasyonunu belirlemek için deneyler yapılmıştır. Aşağıdaki deney verileri transformasyonun primer tarafından alınmıştır.

Bosla Çalışma Deneji (Primer tarafı)	Kısa Dene Deneji (Primer tarafı)
$V_{oc} = 2300V$	$V_{sc} = 47V$
$I_{oc} = 0.21A$	$I_{sc} = 6A$
$P_{oc} = 50W$	$P_{sc} = 160W$

- a) Yüksek gerilim tarafına göre bu transformasyonun eşdeğer devresini bulunuz.  
b) Düşük gerilim tarafına göre bu transformasyonun eşdeğer devresini bulunuz.  
c) 0.8 geri, 1 ve 0.8 ileri güç faktörlerinde tam yük gerilim regülasyonu bulunuz.  
d) 0.8 geri, 1 ve 0.8 ileri güç faktörlerinde yükte durumdan tam yük durumuna ulaşmıncaya kadar gerilim regülasyonunu hesaplayınız ve çiziniz.  
e) Transformasyonun 0.8 geri güç faktöründe tam yükteki verimini nedir?

- a) Bosla çalışma denejinde;

$$PF = \cos \theta = \frac{P_{oc}}{V_{oc} \cdot I_{oc}}$$

$$\cos \theta = \frac{50W}{2300V \cdot 0.21A}$$

$$\cos \theta = 0.1035$$

$$Y_E = \frac{I_{oc} \angle -\theta}{V_{oc}}$$

$$Y_E = \frac{0.21A}{2300V} \angle -\cos^{-1}(0.1035)$$

$$Y_E = 0.000091 \angle -84^\circ$$

$$Y_E = 0.0000035 - j 0.0000308$$

$$R_c = \frac{1}{0.0000035} = 105k\Omega$$

$$X_m = \frac{1}{0.0000308} = 11k\Omega$$

- Kısa Dene Denejinde;

$$PF = \cos \theta = \frac{P_{sc}}{V_{sc} \cdot I_{sc}}$$

$$\cos \theta = \frac{160W}{47V \cdot 6A}$$

$$\cos \theta = 0.567$$

$$Z_{E\theta} = \frac{V_{sc} \angle 0}{I_{sc}}$$

$$Z_{E\theta} = \frac{47V}{6A} \angle \cos^{-1}(0.567)$$

$$Z_{E\theta} = 7.833 \angle 55.4^\circ$$

$$Z_{E\theta} = 4.45 + j 6.45$$

$$R_{E\theta} = 4.45\Omega$$

$$X_{E\theta} = 6.45\Omega$$



### 3.Asenkron Makineler Örnek Problemler

①

②



③

④