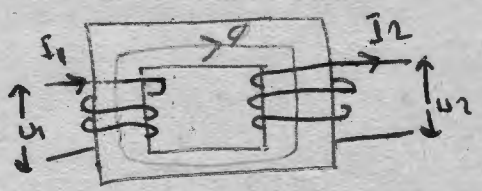


### 3-1 Transformatörlerde dönüştürme oranları



Bir iletkende gerilim endüklebilmesi için daha önce söylediğimiz gibi 1) iletken sabit olmayan bir manyetik alan içinde bulunmalı

veya 2) Sabit alan içinde bulunan iletken hareket halinde olmalıdır. Biz söylediklerimizden birincisi; transformatörlerin çalışma ilkesinin, ikincisi ise doğru akım generatörlerinin çalışma prensipleridir. İşlemlerde kolaylık sağlanabilmesi bakımından bazı koballer yapılır.

1-) Primer akımı tarafından oluşturulan manyetik alanın tamamının eşit yöre tarafından sekonda aktarıldığını (yani kaçak akı olmadığını) belirtir.

2-) Trafonun demir ve bakır kayıplarının (Fosko ve akı kayıpları) Sıfır olduğunu varsayalım.

$$e_1 = -N_1 \frac{d\phi_1}{dt} = E_1, \quad e_2 = -N_2 \frac{d\phi_2}{dt} = E_2$$

ve ayrıca  $\phi_1 = \phi_2 = \phi$  (kabulünden dolayı) olduğu

hathılarsa  $E_1 = -N_1 \frac{d\phi}{dt}, \quad E_2 = -N_2 \frac{d\phi}{dt}$  olur.

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{-N_1 \frac{d\phi}{dt}}{-N_2 \frac{d\phi}{dt}} = 1 \quad \frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} \text{ elde edilir.}$$

Daha önce transformatörün çalışma prensibini anlatırken transformatörün bir enerji dönüştürücü olarak değil, enerjinin bileşenlerini aktaran ve/veya azaltan bir aygıt olarak çalıştığını belirttik. Enerji bileşenlerinde  $E$  (gerilim) ve  $I$  (akım) olduğunu söyleyip. Primer akım ve gerilimin eşliğinin sekonda akım ve gerilimin eşliğine elid olduğunu belirttik.

$$E_1 I_1 = E_2 I_2 \quad \frac{E_1}{E_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{E_2}{I_1} \text{ olur.}$$

$$k = \frac{\text{Transformatörün Primer gerilimi}}{\text{Sekonder gerilimi}}$$

SPIC basına endüklenen gerilim

örnek

primeri 600 voltluk bir t.r.f. Sekonderinde 120 sifir.  
vardur. Sekonder akımı 100 Ampere olan bu t.r.f. devresinde  
me oranı  $k=100$  dur. bu t.r.f.

- a-) Primerin sifir sayısı b-) Sekonder gerilimi,  
c-) Primer akımını d) sifir basına eşdeğer olan gerilimi  
bulunuz.

(a)  $U_P = 600 \text{ V}$   
 $N_S = 120$   
 $I_S = 100$   
 $k = 100$

$$k = \frac{N_P}{N_S} = 100 = \frac{N_P}{120} \Rightarrow N_P = 12.000 \text{ sifir}$$

(b)  $100 = \frac{U_P}{U_S} \Rightarrow 100 = \frac{600}{U_S} \Rightarrow U_S = 6 \text{ Volt}$

(c)  $\frac{U_P}{U_S} = \frac{I_S}{I_P} \Rightarrow \frac{600}{6} = \frac{100}{I_P} \Rightarrow I_P = 1 \text{ A}$

(d)  $I_S = \frac{U_1}{N_1} = \frac{U_2}{N_2} = \frac{U}{N} \Rightarrow U_S = \frac{600}{12.000}$  ve  $U_1 = \frac{6}{120} = \frac{1}{20} \text{ volt/sifir}$   
 $U = \frac{1}{20} \text{ volt/sifir}$

örnek. verimi çok büyük olan 20 kVA lık bir t.r.f. Primeri  
10 A, Sekonderi 200 V luktur.

Bu transformatorde sifir basına 9,4 volt endüklendiği bilindiğine göre

- a-) primer gerilimi, b-) sekonder akımını,  
c-) primer ve sekonder sifir sayılarını bulunuz?

(a)  $P_P = 20.1000 = 20000 \text{ Volt A}$

$I_P = 10 \text{ A}$

$U_S = 200 \text{ V}$

$20.000 = I_P U_P$

$20.000 = 10 \cdot U_P$

$U_P = 2000 \text{ Volt}$

(b)  $20.000 = U_S \cdot I_S$

$20.000 = 200 \cdot I_S$

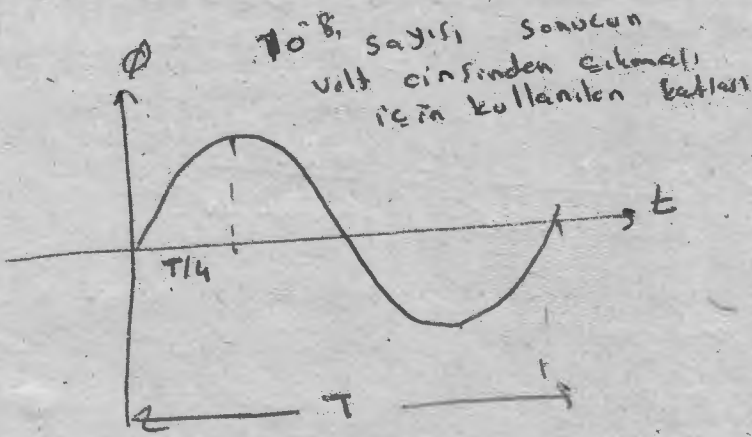
$I_S = 100 \text{ A}$

(c)  $U_S = 9,4 = \frac{U_P}{N_S} = \frac{U_P}{N_P}$

$N_S = \frac{100}{9,4} \Rightarrow N_P = \frac{2000}{9,4}$

Transformatörlerde Endüklenen gerilimin hesaplanması (9)

Bir iletkende endüklenen emf. saniye başına kuvvet eşitliğiyle orantılıdır.  $E = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \cdot 10^{-8}$



Şekilde değişken manyetik alanın bir Hz'lik süre içindeki değişimi, aynı uytulanon gerilimin değeri-mine benzer.

Bir Hz'lik sürenin  $\frac{1}{4}$ 'ünde

manyetik alan en büyük değerini alır. o zaman ortalaması  $\Phi_{max}$  en büyük mende alır.

$$E_{or} = \frac{\Phi_{max} \cdot 10^{-8}}{\frac{T}{4}} = \frac{\Phi_{max} \cdot 4}{T} \cdot 10^{-8}$$

Saniye başına  $10^8$  kuvvet eşitliği kesen iletkende bir volt başına endüklenir.

$$T = \frac{1}{f}$$

$$E_{or} = \Phi_{max} \cdot f \cdot 4 \cdot 10^{-8} \text{ olarak ifade edilir.}$$

Transformatörün primerinde  $N_1$  spire olduğu düşünülürse.

$$E_{or} = \Phi_{max} \cdot f \cdot 4 \cdot N_1 \cdot 10^{-8} \text{ olur.}$$

Akım ve gerilimin ortalama değeri ile etkin değeri arasında  $E = 1,11 \cdot E_{or}$  ilişkisi vardır.

$$E = \Phi_{max} \cdot f \cdot 4,44 \cdot N_1 \cdot 10^{-8} \text{ volt}$$

Primer ve Sekonder için

$$U_1 = 4,44 \cdot f \cdot \Phi_{max} \cdot N_1 \cdot 10^{-8} \text{ volt}$$

$$U_2 = 4,44 \cdot f \cdot \Phi_{max} \cdot N_2 \cdot 10^{-8} \text{ volt}$$

$$\Phi_{max} = B_{max} S_n \text{ Maxwell}$$

$B$  yalın yoğunluğu Gauss  $S_n$  manyetik nüve kesiti cm<sup>2</sup>

$$K = \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} \text{ elde edilir.}$$



örnek Bir transformatörde 100 Hz lik frekans altında gerilim sarğı balına endüklenen gerilim  $U_s = 0,888$  V/sarın olarak belirlenmiştir. Buna göre max akı değeri ve 25 Hz lik işareet altında sarğıda endüklenen gerilimi bulunur.

$$U_s = \frac{d\Phi}{dt} = 4,44 \cdot f \cdot \Phi_{max} \cdot 10^{-8} N_1$$

$$U_s = \frac{U_1}{N_1} = 0,888 \text{ V/s}$$

$$\Phi_{max} = \frac{U_s}{4,44 \cdot f \cdot 10^{-8}} = \frac{0,888}{4,44 \cdot 100 \cdot 10^{-8}} = \frac{0,888}{0,444 \cdot 10^{-5}}$$

$$\Phi_{max} = 2 \times 10^5 = 200.000 \text{ maxwell}$$

$$f = 25 \text{ Hz}$$

$$U_s = 4,44 \cdot 25 \cdot 200.000 \times 10^{-8} = 4,44 \times 50.000.000 \cdot 10^{-8}$$

$$U_s = 4,44 \times 5 \times 10^{-2} = 22,2 \times 10^{-2} = 0,222 \text{ V/sarın}$$

örnek Nüve kesiti  $54 \text{ cm}^2$  olan 22 kVA. lik bir trafonun mangetik akı yoğunluğu  $B = 10.000$  Gauss'dur. Bu trafonun primeri 220 Voltluk ve 50 Hz lik gerilime bağlanacak ve sekonderde 50 A akım çekilecektir.

a-1 primerin sarğı sayısını b) sekonder gerilimini;

c-1 primer akımını d-1 sekonder sarğı sayısını bulunur.

$$a-1) U_p = 4,44 \cdot \Phi_{max} \cdot N_1 \cdot f \cdot 10^{-8}$$

$$\Phi = B \cdot S = 10.000 \cdot 54 = 540.000$$

$$220 = 4,44 \cdot 540.000 \cdot 50 \cdot N_1 \cdot 10^{-8}$$

$$N_1 = \frac{220}{4,44 \cdot 54 \cdot 10^4 \cdot 50 \cdot 10^{-8}} = 184$$

$$b) P = 22.000 = 2200 \text{ watt}$$

$$2200 = I_p \cdot U_p = 2200 = 50 \cdot U_s \Rightarrow U_s = 44 \text{ volt}$$

$$c) 2200 = 220 \cdot I_p \Rightarrow I_p = 10 \text{ A}$$

$$d) \frac{U_1}{U_2} = k \Rightarrow k = \frac{220}{44} = 5$$

$$5 = \frac{184}{N_2}$$

## Transformatörlerin Sarım Sayılarının Bulunması (10)

Sarım sayılarının bulunması için yukarıdaki denklemlerden uygun olan biri kullanılır. Bu denklemlerin kullanılmasında ise verilen derecede eleman hakkında bilgi verilmelidir. Verilen değerleri uygun yerlere yerleştirilerek istenilen sarım sayısı bulunur.

manyetik birimler

$$1 \text{ Tesla} = 10^4 \text{ Gauss}$$

$$B \rightarrow 1 \text{ weber/m}^2 = 1 \text{ volt saniye/m}^2$$

$$N \cdot m = V \cdot C$$

$$N = \frac{V \cdot C}{m}$$

$$B \rightarrow \frac{N}{C \cdot m} \rightarrow \frac{V \cdot C}{C \cdot m^2} \rightarrow \frac{V \cdot s}{m^2}$$

$$1 \text{ Gauss} = 10^{-8} \text{ wb/cm}^2$$

$$1 \text{ Tesla} = 1 \text{ wb/m}^2 = 1 \frac{\text{volt saniye}}{\text{m}^2} = 10^4 \text{ Gauss}$$

Transformatörlerin Boş ve yükte çalışmaları ve vektör diyagramları

### 4-1 Tanım

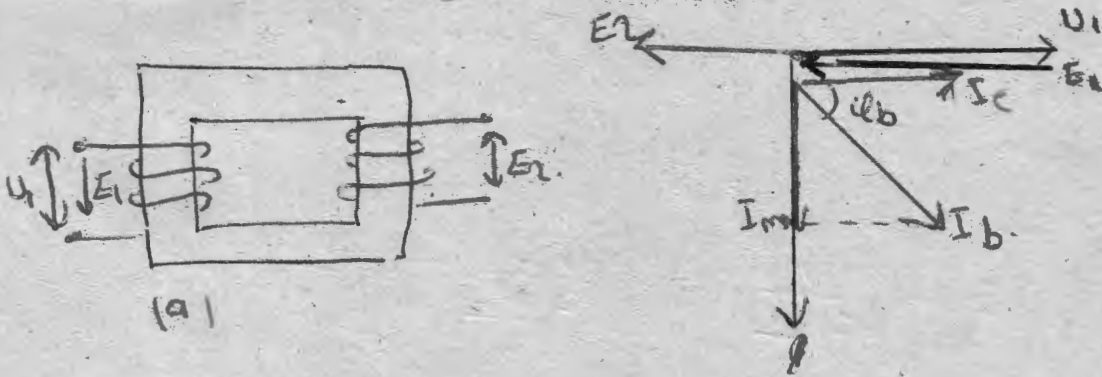
Sarım sayısı hesaplamaları ve diğer formüller için transformatorü ideal sayarak çözüm yapmıştık. Halbuki teoride böyle olmasına rağmen, pratikte böyle olmamasına rağmen durum hiç de öyle değildir. Şimdi bu durumları göz önünde alarak çözüm yapalım.

Primer devresine ve alternatif bir gerilim uygulanan transformatorün ikinci devresine herhangi bir yük bağlanmazsa (yani sekonder açık) bu çalışma sekline transformatorün boşta çalışması denir.

Sargıları ve transformatorü ideal düşünmediğimiz zaman primere  $U_1$  gerilim uygulandığında sekonder açık olduğu için sekonderde gerilim endüklemez.

Ancak primer sargılarının omik iletken direnci olduğu için primerden çok

ve  $U_1$  geriliminde  $\phi_b$  acısı kadar geri fazdadır. Çünkü A.A. devresindeki seri RL devresi hatırlanırsa gerilimle aynı fazlı  $I_L$  akımı ve  $90^\circ$  geri fazlı  $I_C$  akımı vardır. Bu iki akımın bileşkesiyle de toplam  $I_b$  akımı gerilimden  $\phi_b$  kadar geri fazlı olur. Bu durum aşağıdaki şekilde vektörel çizim olarak gösterilmiştir. Bu çizimden kolayca anlaşılabilir.



Bosta çalışma akımının küçük olması, hatta hiç olmaması istenir. Vektörel diyagramdan da görüleceği gibi bost çalışma akımının küçük olması için bileşenlerinin küçük olması gerekir. Bunlardan mıknatıslanma bileşeni  $I_m$ 'nin küçük olması, manyetik nüvede hava eyleminin çok az olması veya hiç bulunmaması ile, enerji bileşeni  $I_e$ 'nin küçük olmasında çok iyi kalitede sac kullanılması ve düşük endüksiyon yoğunluğunda çalışması lazımdır.

Daha öncede söylenildiği gibi  $E_1$  ve  $E_2$  emkida primer ve sekonder sarım sayıları ile ilgilidir. Eğer  $N_1$  ve  $N_2$  birbirine eşit değilse  $E_1$  ve  $E_2$  de birbirine eşit değildir.

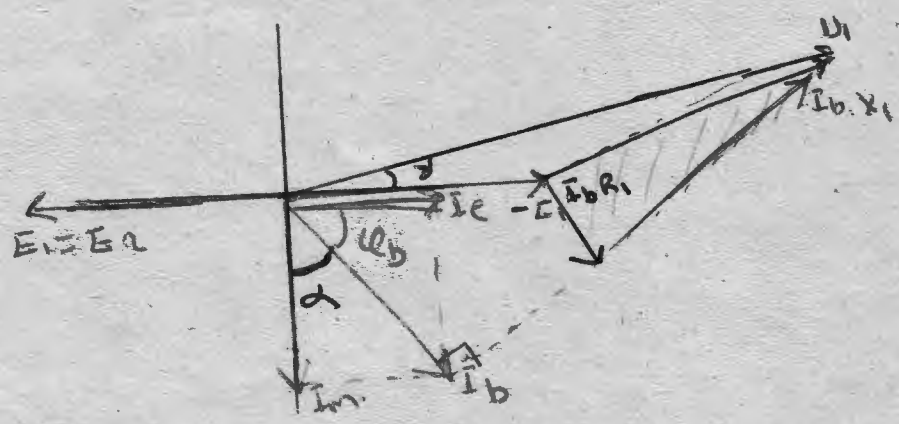
Diyagramlardan da görüleceği gibi bosta çalışmada oluşan  $\phi_b$  acısı büyük ve güç katsayısı çok düşüktür. Buna göre transformator bosta çalışmada hemen, hemen endüktif çalışmaktadır. pratikte ise güç katsayısı 0,05 ile 0,1 arasında,  $\phi_b$  acısı ise  $86^\circ$  ile  $87^\circ$  arasında değişir.



Yukarıda çizilen diyagramda Primer Sargılarının ideal olduğunu kabul etmiş  $U_1 = E_1$  olduğunu düşünmüştük. Ancak Sargıların üzerinde aktif ve reaktif gerilim düşmeleri olur. Bunlarda göz önüne alarak velbi. diyagramını yeniden çizelim.

Bu işte çalışma akımı primerden etkilenen, burada  $R_1 = \rho \frac{L}{A}$  dan hesaplanan primer sargı direnci,

üzerinde  $I_b$  ile aynı fazlı  $I_b R_1$  gerilim düşümü olur. yine kayrak akılardan oluşan kayrak reaktans  $X_1$  üzerinde  $I_b$  den 90 derece fazlı endüktif  $I_b X_1$  gerilim düşümü olur. Bunları göz önüne alarak diyagramı çizelim.



Bu çizimde  $-E_1$  olarak çizmemizin sebebi, daha önce çizdiğimiz  $\mu$  c. şeklindeki kabulümüzde ilgili bir şeydi.

Dikkat edilirse teorit olarak  $U_1 = E_1$  olarak almanın, ta rağmen pratikte ortaya çıkan kayrak ve problemler sonucu gerçekte  $U_1 \neq E_1$  olduğu sonucu çıkarılır. Diyagramdan da görüleceği gibi,  $E_1$  emki'si ile  $U_1$  gerilim, arasında  $\alpha$  kadar bir faz farkı vardır. yine  $E_1$  ile  $E_2$  aynı manyetik akı tarafından oluşturulduğundan  $\omega$  aynı fazdadırlar.

Şekilde tarafa atana bat çalışmadaki gerilim düşümü  $\omega$  gen denir. Bu wegen ne kadar küçük olursa transformator okadar iyidir denir.

Bos çalışmada akım bileşeni ( $I_b$ ) ile m. l. Naktirleme  
bileşeni  $I_m$  arasındaki ağırlık demir ağırlı demir.

Sayıta transformatorde oluşan boşta çalışmada,  
bakır kayıpları dikkate alınmazsa ( $I_b^2 R_i$ ) boşta  
çalışmada çekilen güç demir kayıplarını verir.

o halde aynı geriliminde ve boşta çalışan bir  
transformatorde çekilen güç ölçülürse demir  
kayıpları çok az bir hatayla bulunmuş olur.