

Örnek $U_2 = 115$ volt, $U_0 = 220$ volt olan bir fazlı bir transformatorün primere göre eşdeğer direnci $R_g = 0,5$ ohm eşdeğer reaktansı $X_g = 1$ ohmdur. Sekondere omik bir yük bağlandığında, sekonder akımı $I_2 = 10$ A olmaktadır.

a-1) yükü durumda sekonder gerilimin 115 volt olması için primere uygulanması gereken U_1 gerilimini bulunuz.

b-1) $U_1 = 220$ V $I_2 = 10$ A iken U_2 gerilimini bulunuz!

a) Bu traf. dönüştürme oranı

Kece ~~ke~~ $U_1 = \sqrt{(U_0 + IR_g)^2 + (IX_g)^2}$

$$k = \frac{U_0}{U_2} = \frac{I_2}{I} \Rightarrow \frac{220}{115} = \frac{10}{I} \Rightarrow I = \frac{115}{22} \text{ A} = 5,23 \text{ A}$$

$$U_1 = \sqrt{\left(220 + \frac{115 \cdot 0,5}{22}\right)^2 + \left(\frac{115}{22} \cdot 1\right)^2} = 223 \text{ volt}$$

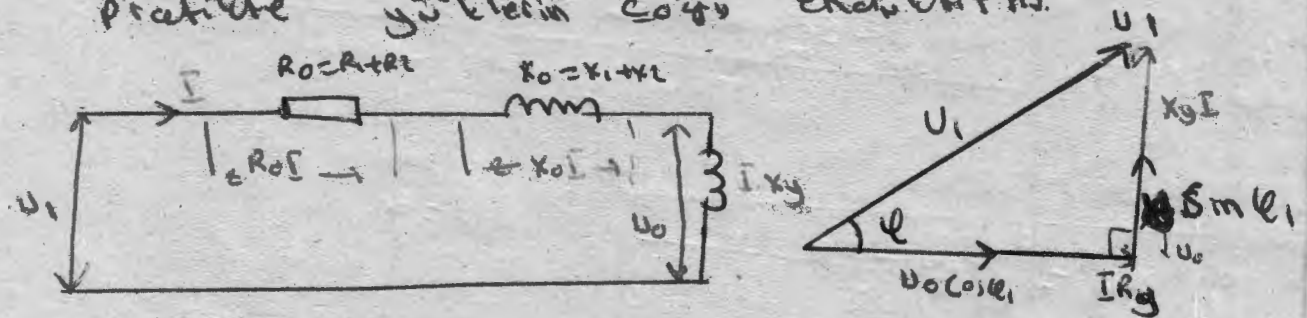
223 - 220 = 3 voltluk bir gerilim düşmesi var.

$U_0 = 220 - 3 = 217$ volt olur. olması olur.

b-1) $U_2 = \frac{U_0}{k}$ $U_0 = U_1 - 220$ $k = \frac{220}{115} = 1,92$

$$U_2 = \frac{217}{1,92} \approx 113 \text{ Volt}$$

b) transformatorlerin endüktif yüklemeleri pratikte yüklerin çoğu endüktiftir.



Bu diyagram dikkat edilirse yük endüktif olduğu için U_1 ve E arasında faz farkı büyüyecektir.

$$U_1 = \sqrt{(U_0 \cos \phi_1 + I \cdot R_0)^2 + (U_0 \sin \phi_1 + I \cdot X_g)^2}$$

çin bel. üstteki verileri kullanarak aynı yük akımı
 $\cos \phi_2 = 0,8$ geri durumdaki sekonder gerilimin; ve
 Sekonder geriliminin 110 V olması için primere uygulanması
 gereken gerilim bulunur.

$$U_1 = \sqrt{(220 \cdot 0,8 + 5 \cdot 0,5)^2 + (220 \cdot 0,6 + 5 \cdot 1)^2} = 225 \text{ volt.}$$

$225 - 220 = 5$ voltluk bir düşme var.

5'inci 110 volt alabilmek için primere gerilimi 5V fazla
 olmalıdır. $U_p = 220$ dir.

$$k = \frac{220}{110} = 2 \quad U_0 = 220 - 5 = 215 \text{ volta düşer.}$$

$$K = \frac{215}{2} = 107,5 \text{ volt.}$$

Transformatörlerde Regülasyon

Bir transformatörde primer gerilimi anma değerinde
 sabit tutulup, sekonderden anma yük akımı çekilirse
 sekonder gerilimin, boşta çalışma değerinden küçük
 olduğu görülür. Sekonderin boşta ve tam yükli durum-
 daki gerilimleri arasındaki farka, transformatörün gerilim
 düşmesi veya Gerilim REGÜLASYONU denir.

Buna göre Regülasyon

$$\% \text{ Reg} = \frac{\text{Yüksüz Sekonder Gerilim} - \text{Tam yükteki sekonder gerilim}}{\text{Tam yükteki Sekonder gerilim}}$$

olarak ifade edilir.

$$\% \text{ Reg} = \frac{U_{20} - U_2}{U_2}$$

$$U_{20} = E_2$$

Regülasyonun sebebiyle boşta çalışırken traf. de sekonderde
 gerilim endükleneri. Ancak yükte olmadığı için sekonder-
 den akım akmaz. Böylece sekonder devresinin kaçak
 reaktans ve sarfı direnci etkili olmaz. yükte çalışınca
 traf. devresinde etkili olduğu için sekonderde gerilim düşümü

örnek $U_{20} = 115$ volt, $U_1 = 220$ volt, $U_2 = 113$ volt, $U_0 = 217$ V. (16)

transformatörün regülasyonunu aynı yük için primer ve sekonder için bulunuz.

$$\% Reg = \frac{U_{20} - U_2}{U_2} \cdot 100 = \frac{115 - 113}{113} \cdot 100 = \% 1,75$$

$$\% Reg = \frac{U_1 - U_0}{U_0} \cdot 100 = \frac{220 - 217}{217} \cdot 100 = \% 1,38$$

5 Transformator Kayıpları ve verimleri

5.1 Transformator Kayıpları
Transformator kayıpları ikiye ayrılabilir.

- 1-) Transformator Demir Kayıpları (Bosta kayıpları)
- 2) " Bakır " (yükte ")

1 Transformator Demir (Bosta) Kayıpları

Transformatorlarda boş çalışmada oluşan kayıplara demir kayıpları denir. Bosta çalışmada da çok küçük bir bakır kaybı olur. Ancak bu dikkate alınmaz. Demir kayıplarına nüve veya çekirdek kayıpları denir.

Demir kayıpları Histerisiz ve Fuko kayıpları olarak ikiye ayrılır.

Histerisiz kaybi, nüve moleküllerinin frekansa bağlı olarak yön değiştirmesi sırasında birbirleriyle sürtünmeleri sonucu ortaya çıkan ısı şeklindedir.

Fuko kaybi ise nüve üzerinde endüklenen akımlar sonucu yine ısı şeklinde ortaya çıkar. Her iki kayıpta frekans ve akı yoğunluğuna bağlıdır.

Histerisiz kaybi $P_{hi} = k_{hi} \cdot f \cdot (B_{max})^2$ watt

Fuko kaybi $P_f = k_f \cdot f^2 \cdot (B_{max})^2$ watt

Formülde görüleceği gibi frekans ve gerilim değişiminde kayıplar Sabit kalır. Toplam demir kayıpları ise

$$P_b = P_{hi} + P_f \text{ olarak bulunur.}$$

Bosta çalisan güç transformatorun demir kayıpları olduğuna göre

$$P_b = U_1 \cdot I_b \cos \varphi_b$$

formülüyle istenilen

değerler bulunabilir. mesela I_e ve I_m ^{enerji} ^{mutlaklanma} ^{bileşen} ^{istenir}

$$I_e = I_b \cos \varphi_b$$

$$I_m = I_b \sin \varphi_b$$

den bulunur

Bosta çalışma akımının enerji bileşeninde I_e histeretik ve fuko kayıplarının karşılanması için çalisan akımdır.

örnek 110 kVA 220/110 voltluk bir fazlı transformatorde boş çalışma deneyinde demir kayıpları 150 watt olarak ölçülmüştür. deney primer sargıda yapılmış sekonder sargı uçları boş bırakılmıştır. Boş çalışma akımı 5 A olarak ölçülen bu transformatorün

a.) Baitaki akımın enerjisi ve mutlaklanma akımı bileşenlerini:

b.) ikinci devreye bir voltmeter bağlayıp 110 volt ölçüldüğüne göre dönüştürme oranını bulunuz.

$$\cos \varphi_b = \frac{P_b}{U_1 \cdot I_b} = \frac{150}{220 \cdot 5} = 0,136 \Rightarrow \varphi = 82,2^\circ$$

$$\sin \varphi_b = 0,99 \quad I_e = I_b \cos \varphi_b = 5 \cdot 0,136 = 0,68 \text{ A}$$

$$I_m = I_b \sin \varphi_b = 5 \cdot 0,99 = 4,95 \text{ A}$$

$$b.) k = \frac{U_1}{U_2} = \frac{220}{110} = 2$$

2) transformatorde yuktaki kayiplar (Bakir kayiplari)

Transformatorun sekonder tarafina yuk baglandigi zaman primer ve sekondelerden I_1 ve I_2 akimlari akar. Bu akimlerden dolayi sarfi dirençleri sebebiyle $I^2 R$ 'ye bagli olarak bakir kayiplari ortaya cikar. Örnekte primer sarfigilarinda $I_1^2 R_1$ ve sekonder sarfigilarinda $I_2^2 R_2$ olarak bakir kayiplari bulunur. Toplam bakir kayiplari ise

$$P_{cu} = I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2 \text{ olur}$$

Aynı zamanda bakir kayiplarina göre kayiplarida denir. Eger bir transformatorun bostu satima durumundaki akimi (I_2) ve gücü (P_{cu}) biliniyorsa istenilen bir akim degerindeki bakir kayiplari bulunabilir. Bunun için akimlerin oraninin karesi, toplam bakir kayiplariyla eşittir.

$$P_{cu}' = P_{cu} \left(\frac{I_2'}{I_2} \right)^2$$

P_{cu}' : istenilen I_2' akimindeki bakir kayiplari

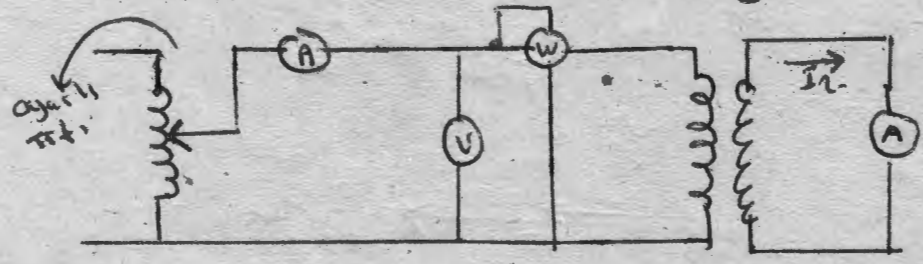
P_{cu} : yuktaki anma bakir kayibi
 I_2 : sekonder anma akimi

örnek Anma akimi 20 A olan bir transformatorun bu yuktaki bakir kayibi 400 watttir. Bu transformatorun 1/5 yuktaki bakir kayiplarini bulunur.

$$P_{cu}' = 400 \left(\frac{4}{20} \right)^2 = 400 \frac{1}{25} = 16 \text{ watt}$$

Bakir kayiplarinin bulunmasi (kisa devre deneyi)

Transformatorun bakir kayiplari kisa devre deneyi ile bulunur.



transformatorun kisa devre baglantisi

Sekonder bir ampermetre üzerinde kapatilan transformatorun primarına wattmetre voltmetre ve ampermetre baglanir. primere uygulanacak gerilim anma degerinden çok küsüldür. Çünkü kisa devre deneyinde primere uygulanan gerilim çok düşüktür.

Bu sebeple primere uygulanacak gerilimin ayarlı bir transformator üzerinde verilmesi uygulanacak gerilim sifidan baslayarak gaves gaves artırilir. Sekonderde anma akimi gectiginde gerilim astirmaya son verilir. Bu anda transformatorun primere uygulanan gerilime KISA DEVRE GERILIMI denir. Kisa devre gerilimi genelde U_k ile gasterilir.

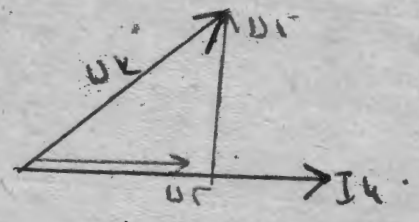
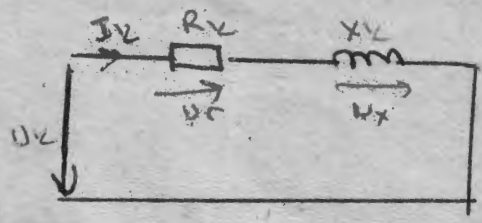
* Transformatorun sekonderinde anma akimi gectigi sirada wattmetreden okunan deger transformatorun beler kayiplarini verir. Alinan bu deger icinde basta sakima akiminin olutordugu cok kucuk degedeki demir kaybi vardir. Ancak kucuk gerilimde bu deney yapildigi icin demir kayiplarida ihmal edilecek kadar kucuk tur.

Bakir kayiplari bazen transformatorun kisa devre gerilimi, anma geriliminin yuzdesi olarak belirtilir.

$$U_k = \frac{U_N}{U_1} \cdot 100$$

Transformatorun kisa devre gerilimi empedans icin de bir oledur. Kisa devre gerilimi kucukse empedans da kucuktur. U_k ic gerilim dusumude az olir. Ancak anma geriliminde kisa devre yapilrsa bu durumda U_k gerilim dusumude buyuk olur.

Kisa devre deneyi, transformatorun primere kisa devre edilerek de yapilabilir. Bu durumda sekondere uyru-tanan gerilim yine ayarlı bir transformator yardimile veya seri bir direnci uzerinden verilmelidir. Tr-f. kisa devre icin esdeger semasi ve diyagrami azerinde gibilu



$$R_{k1} = R_{e1} = R_1 + k^2 R_2$$

$$X_{k1} = X_{e1} = X_1 + k^2 X_2$$

k savirme oranı