

Örnek 1.5 :

$E = 100 \text{ V}$ ve frekansı 60 Hz olan bir kare dalga gerilimi demir çekirdekli bir bobine uygulanıyor. Bobinde 500 sarım vardır. Kesit ise $0,001 \text{ m}^2$ dir. Bobinin iç direnci ise ihmal edilir.

- (a) Akının maksimum değerini bulunuz ve zamana bağlı olarak gerilim ve akının dalda şekillerini çiziniz.
(b) Akı yoğunluğunun maksimum değeri 1.2 T yi geçmeyecek şekilde E nin maximum değerini bulun:

Çözüm:

(a) $e(t) = N \chi \frac{d\Phi}{dt} \Rightarrow N \cdot d\Phi = e \cdot dt \quad (1.41)$

$$N \cdot \Delta\Phi = E \cdot \Delta t \quad (1.42)$$

Akı-sarım değişimi = gerilim-zaman çarpımı

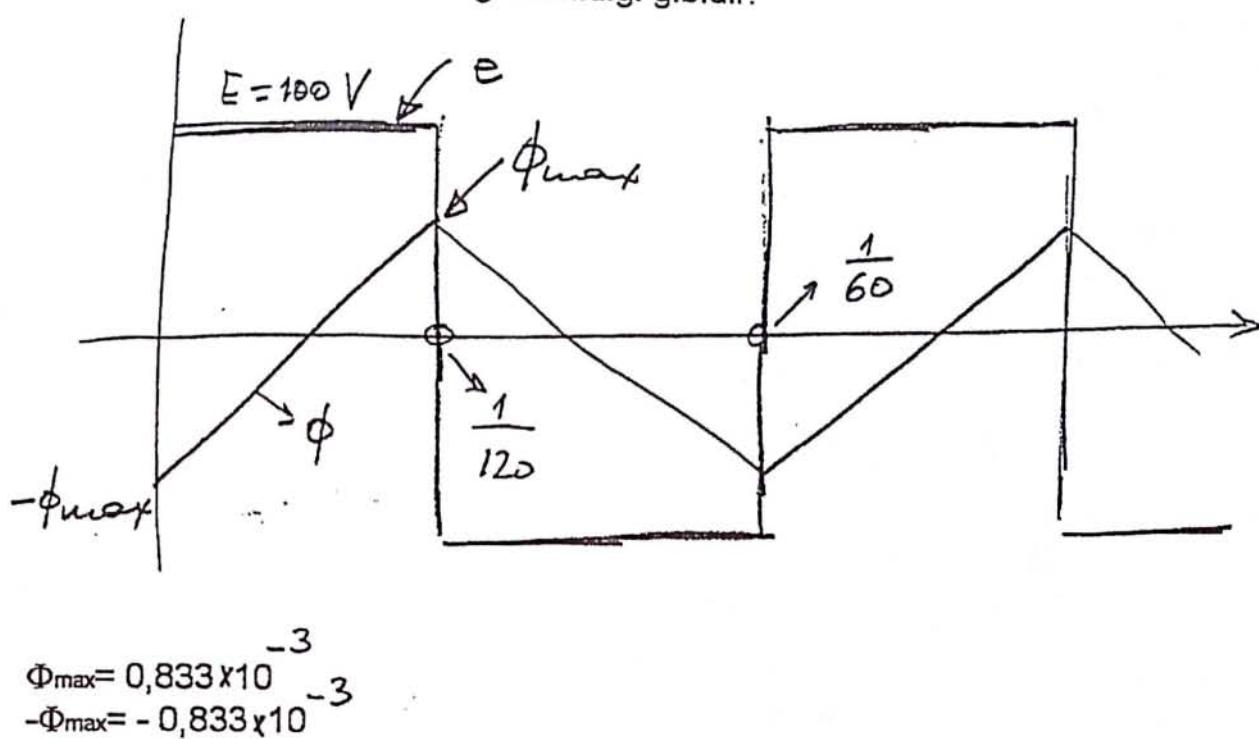
Sürekli rejimde, pozitif yarı peryotta, pozitif gerilim-zaman alanı, akıyi negatif maksimum aki değerinden ($-\Phi_{\max}$), pozitif maksimum değere ($+\Phi_{\max}$) getirecektir. Akıda toplam değişim $2\Phi_{\max}$ olacağından, yarı peryot süre için (1.42) denklemini kullanarak, eğer E sabit ise, aki zamana göre değişecektir.

(1.42) den $N \cdot d\Phi = e \cdot dt \Rightarrow 500 \cdot (2\Phi_{\max}) = E \cdot (1/120)$
 $\Phi_{\max} = \frac{100}{1000 \times 120} (\text{Wb}) = 0,833 \times 10^{-3} \text{ Wb}$

veya $N \frac{d\Phi}{dt} = e$ yazarsak $\frac{d\Phi}{dt} = e/N$ olacaktır.

$$\Phi = \frac{1}{N} \int_{1/120}^{1/240} e \cdot dt = \frac{1}{500} \int_{1/240}^{1/120} 100 \cdot dt =$$
$$= \frac{1}{500} (100/120 - 100/240) = (1/500) \cdot 100 (2/240 - 1/120)$$
$$\Phi_{\max} = (1/500) \cdot 100 \cdot 1/240 = 0,833 \cdot 10^{-3} \text{ Wb}$$
 olarak aynı sonuç bulunur.

Dalga şekilleri şekil E1.5 de gösterildiği gibidir:



(b) $B_{\max} = 1,2 \text{ T}$ için

$$\Phi_{\max} = B_{\max} \times A = 1,2 \times 0,001 = 1,2 \times 10^{-3} \text{ Wb}$$

$$N(2\Phi_{\max}) = E \times 1/120$$

$$E = 120 \times 500 \times 2 \times 1,2 \times 10^{-3} = 144 \text{ V}$$

1.3.1 Uyarma Akımı (exciting current)

Şekil 1.17 a daki bobin, sinüzoidal bir gerilim kaynağına bağlanırsa, bobinden akan akım, çekirdekte sinüzoidal bir akı oluşturmaya çalışır. Bu akıma uyarma akımı denir.(exciting current) İ. Ferromanyetik malzemelenin B-H karakteristiği non-lineer olduğundan, uyarma akımı da sinüzoidal olmaktan çıkar.

Histerizis olmayan durum :

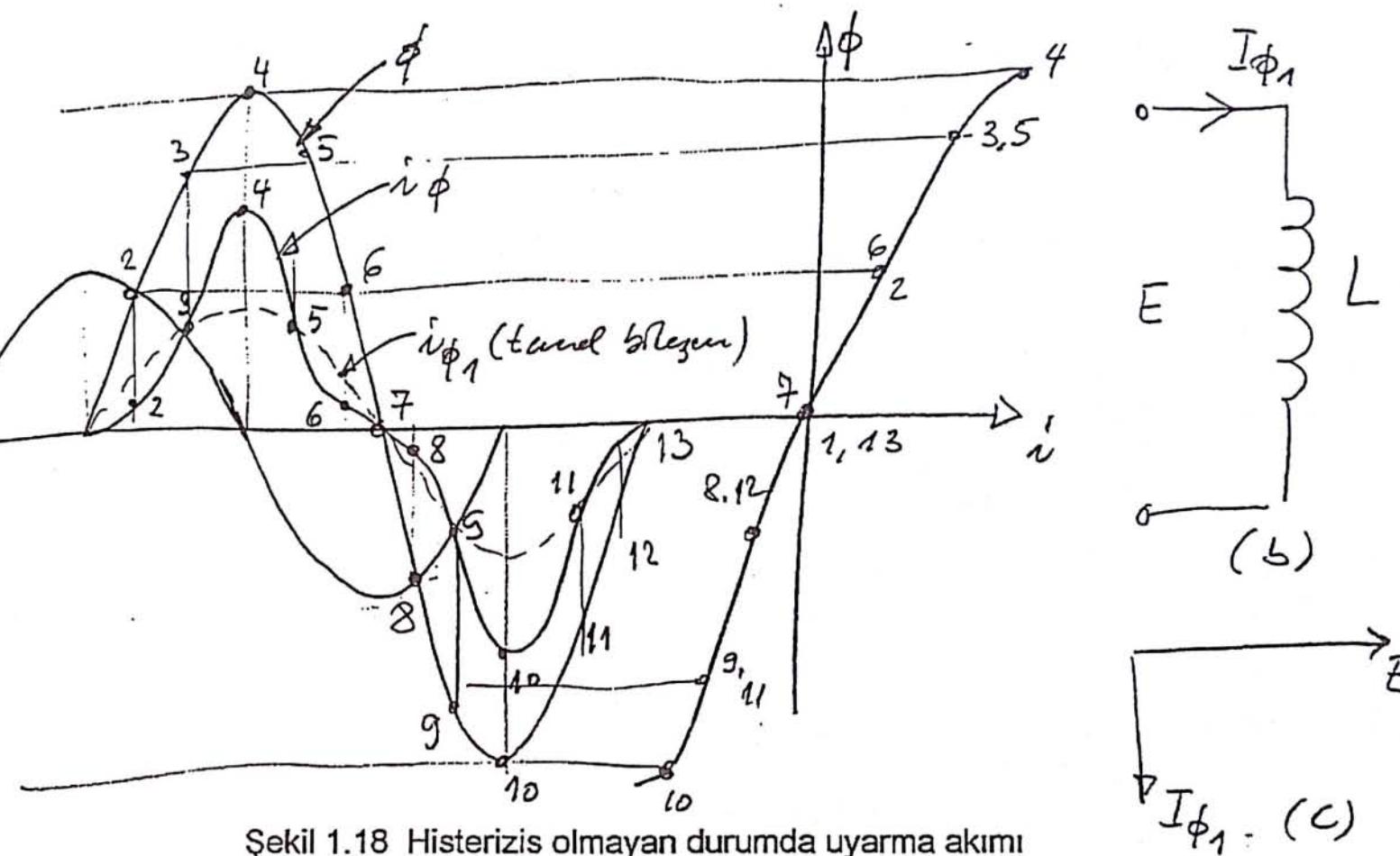
Önce B-H karakteristiğinin histerizis özelliğinin olmadığını kabul edelim:

B-H eğrisi için :

$$\Phi = B \cdot A, \quad i = \frac{H \cdot l}{N} \quad \text{den hareket ederek;}$$

Φ -i eğrisini elde etmeye çalışalım. Bu şekil 1.18 de gösterilmektedir.

Sinüzoidal akı dalga şeklärinden ve Φ -i eğrisinden, uyarma akımı dalga şeklär elde edilmektedir. İ. akımı sinüzoidal değildir. Ancak akı ile aynı fazdadır.



Şekil 1.18 Histerizis olmayan durumda uyarma akımı
 (a) $\Phi-i$ karakteristiğe uyarma akımı
 (b) Eşdeğer devre
 (c) Fazör diyagramı

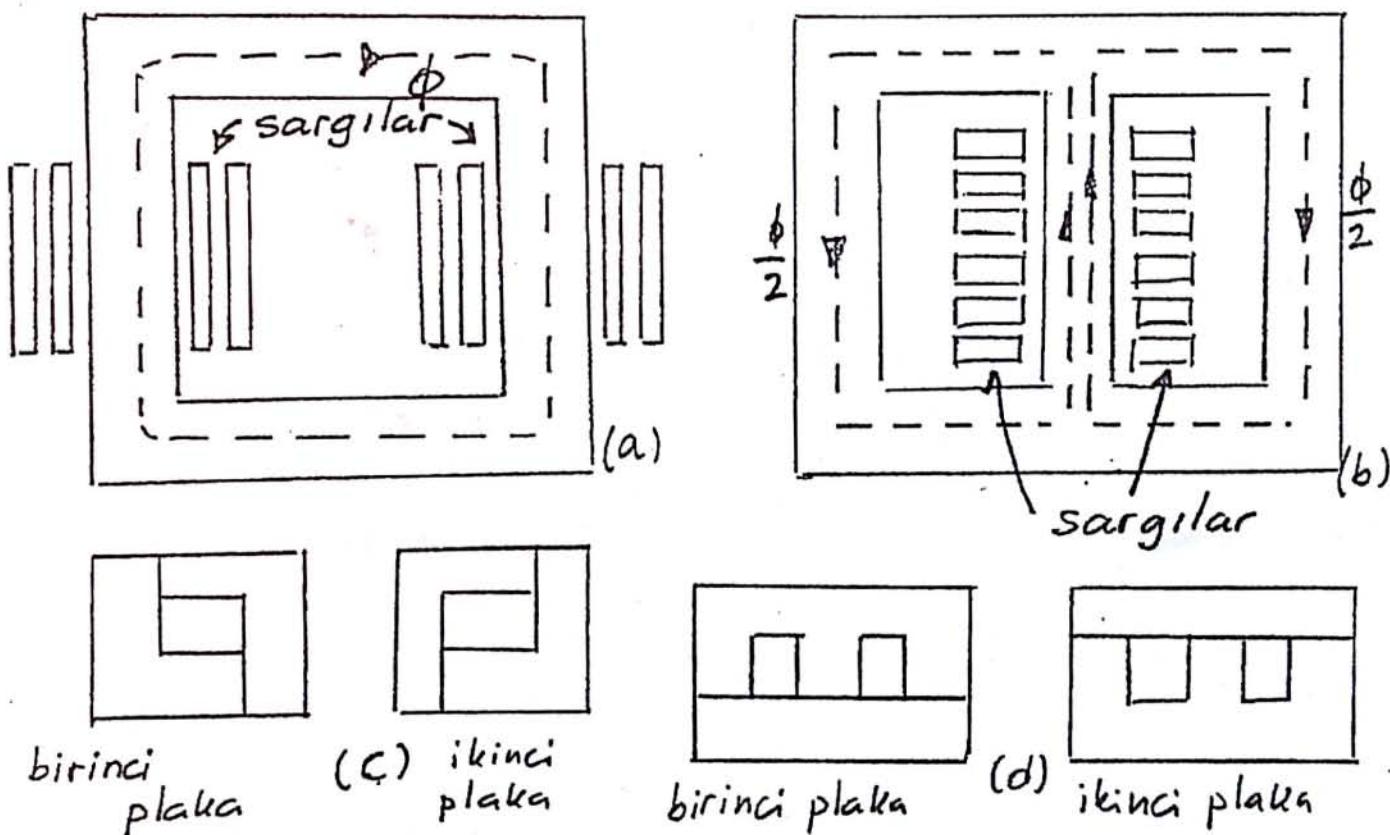
Aynı zamanda e gerilimi ile de simetiktir. Uyarma akınının temel bileşeni i_{ϕ_1} gerilime göre 90° faz farklıdır. Bu nedenle güç kaybı yoktur. Histerizis çevrimi göz önüne alınmadığından zaten bu beklenmeli idi. Bu nedenle uyarma akımı 90° endüktiftir, ve uyarma sargası ideal endüktans gibi düşünülebilir.

TRANSFORMATÖRLER

Transformatörler statik bir makinadır. Basitliği ortak bir magnetik alanda iki ya da daha fazla elektrik devresi olmasıdır. Anlaşılmaması elektirik makinaları ile çok benzer olduğundan elektrik makinaları ile beraber incelenir.

Yüksek akı yoğunluğu elde etmek için, bu cihazlarda da ferromagnetik malzeme kullanılır. Demir çekirdekli transformatörler, yüksek güçlerde kullanılır. Bu tip trofaların magnetik kuplajları da çok önemlidir.

Genelde iki tip çekirdek konstrüksiyonu kullanılır (şekil 2.1). Çekirdek tipi (şekil 2.1a) da sargılar, magnetik çekirdeğin iki ayağına yerleştirilmiştir.



Şekil 2.1 Çekirdek konstrüksiyonu

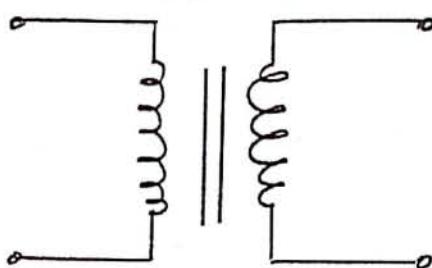
- a) Çekirdek tipi
- b) Kabuk (shell) tipi-mantel
- c) L-kesimli laminasyon
- d) E-kesimli laminasyon

Mantel ya da kabuk tipi çekirdekte ise, sargılar üç bacaklı magnetik çekirdeğin orta bacağına sarılırlar. Çekirdek kayıplarını azaltmak için, ince laminasyonlar seçilir.

Birkaç yüz Hz frekansa kadar, silikon çelik ve kalınlıkları 0,014 inch(0.035cm) olan laminasyonlar seçilir. Trafolarda "L" ve "E" tipi laminasyonlar kullanılır. Hava aralığını ortadan kaldırmak için, bu laminasyonlar uygun şekilde yerleştirilir (Şekil 2.1 c ve 2.1 d).

Komunikasyon devrelerinde (kHz ve MHz) kullanılan küçük güçlü trafolarda, sıkıştırılmış toz halinde ferromagnetik karışımalar kullanılır.

İki sargılı bir trafonun şematik gösterilişi şekil 2.2'dedir.

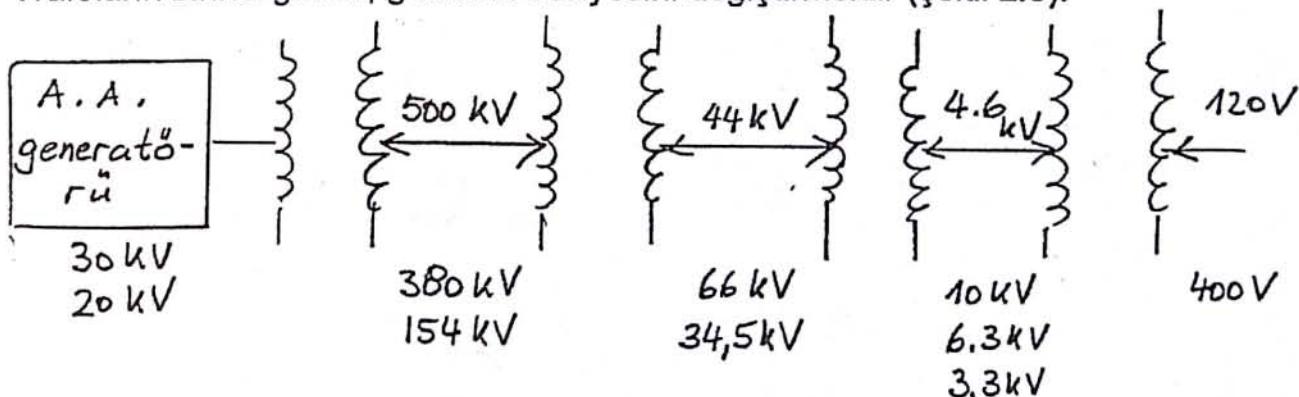


Şekil 2.2 İki sargılı transformatörün şematik gösterilişi

Sargılar arasına çizilen düşey iki çizgi, sargılar arasındaki magnetik kupleji gösterir. Bu sargı bir alternatif gerilim kaynağına bağlanır. Bu sargıya primer sargı denir. Diğer sargı, elektriksel yükle bağlanır. Bu sargıya ise sekonder sargı denir.

Sarımlı sayısı yüksek olan sargıda daha yüksek bir gerilim olduğundan, bu sargıya aynı zamanda yüksek gerilim sargası da denir. Diğer sargı, alçak gerilim sargası adını alır. Magnetik kuplejin sıkı olmasını temin etmek amacıyla, sargılar bobinler şeklinde yapılmış; diğerinin üzerine veya yanına konulur. Genelde alçak gerilim sargıları, çekirdeğe daha yakın konur.

Trafoların birinci görevi, gerilimin seviyesini değiştirmektir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 Trafo kullanılarak enerjinin taşınması

$$V_2 = \epsilon_2 = N_2 \cdot \frac{d\phi}{dt} \quad (2.2)$$

(2.1) ve (2.2) denklemlerini kullanarak

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = a \quad (2.3)$$

bulunur. a , sargıların sarım sayısının oranıdır.

Son denklemden, gerilimlerin oranının sargılarının oranına eşit ve doğru orantılı olduğunu gösterir.

Şekil 2.4 deki anahtarı kapatarak, trafoonun sekonder sargılarına bir yük bağlandığında, sekonder sargıda i_2 akımı akar. Sekonder sargı, çekirdekte magnetomotor kuvvetini oluşturur. Bu kuvvet primer sargıda i_1 akımının akmasına neden olur. $N_1 \cdot i_1$, $N_2 \cdot i_2$ yi karşılar. Şekil 2.4 deki akım yönleri oluşturacakları mmk'ler ters olacak şekilde, çizilmiştir.
Akı oluşturmak için, ideal bir çekirdekte mmk sıfır olduğu için:

$$N_1 \cdot i_1 - N_2 \cdot i_2 = \text{net mmk} = 0 \quad (2.4)$$

$$N_1 \cdot i_1 = N_2 \cdot i_2 \quad (2.5)$$

$$\frac{i_1}{i_2} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{1}{a} \quad (2.6)$$

Buradan, çekirdek akımlarının sarım sayıları oranı ile ters orantılı olduğu görülür. Yük, sekonder sargıdan fazla akım çekerse, trafo da kaynaktan fazla akım çeker. Bu tamamen, (2.5) deki mmk dengelemesidir.

(2.3) ve (2.6) dan

$$V_1 \cdot i_1 = V_2 \cdot i_2 \quad (2.7)$$

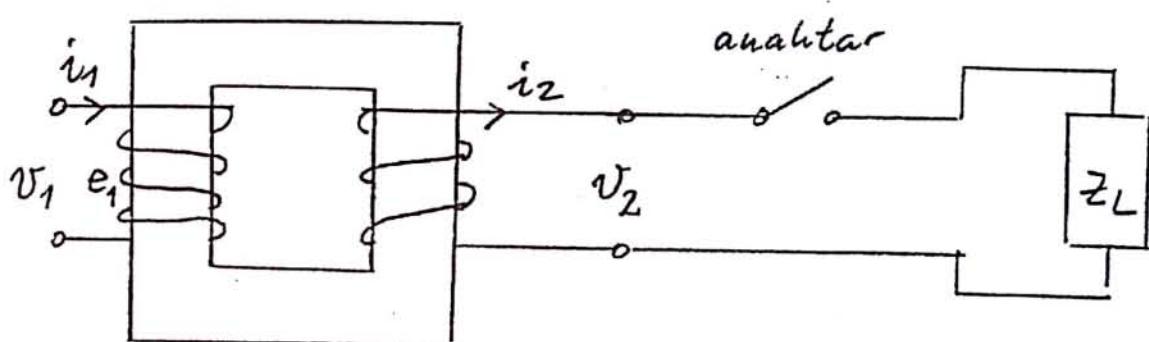
giriş tarafındaki ani gücün, çıkış tarafındaki ani güçe eşit olduğu görüldür. Bu da tabiidir, çünkü tüm kayıplar ihmal edilmiştir. Besleme kaynağı ile yük arasında fiziksel hiçbir bağlantı olmamasına rağmen, besleme kaynağının çıkan gücü, tamamen yüké aktarılmaktadır. Bu bakımından transformatör, elektriksel sürekliliği muhafaza ederek, kaynağın gücünü izole edilmiş olarak yüké aktarmaktadır. Besleme gerilimi V_1 sünizoidal ise, (2.3), (2.6) ve (2.7) nolu denklemlerden, efektif değerleri göz önüne alarak

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = a \quad (2.8)$$

Trafoların diğer kullanım alanı, güç ve kontrol devrelerinde bir devreyi diğerinden galvanik olarak yalıtmak içindir. Veya bir kaynağın empedansını maksimum güç transferi sağlamak için yüküyle birlikte, yine trafo kullanılır. Trafolar ayrıca, gerilim ve akım ölçmek için kullanılır (enstruman trafoları).

2.1 İDEAL TRANSFORMATÖR

İki sargılı bir trafo göz önüne alalım. Primer sargasında N_1 sarım, sekonderde N_2 sarım olsun (Şekil 2.4). Trafoların sarılış şekilleri yapraklı olmasına rağmen, sembolize şekli ile gösterilirler.



Şekil 2.4 İdeal transformatör

İdeal trafonun özelliklerinde şu kabulleri yapalım:

1. Sargı dirençleri ihmal edilmektedir.
2. Kaçak akı yoktur. Çekirdek kayıpları ihmal edilmektedir.
3. Çekirdeğin permeabilitesi sonsuzdur ($\mu = \infty$). Bu sebeften, çekirdek akı oluşturmak için gerekli uyarma akımı ihmal edilebilir. Yani, çekirdekte akı oluşturmak için gerekli net mmf sıfırdır.

Primer sargiya, zamanla değişen bir alternatif gerilim uygulanırsa (V_1), çekirdekte, zamanla değişen bir ϕ akısı meydana gelir. Sargedə e_1 gerilimi endüklenir ve bu gerilim uygulanan gerilime eşittir (sarginin direnci ihmal edildiği için).

$$V_1 = e_1 = N_1 \cdot \frac{d\phi}{dt} \quad (2.1)$$

Cekirdekteki akı, sekonder sargedə bir gerilim endükler:

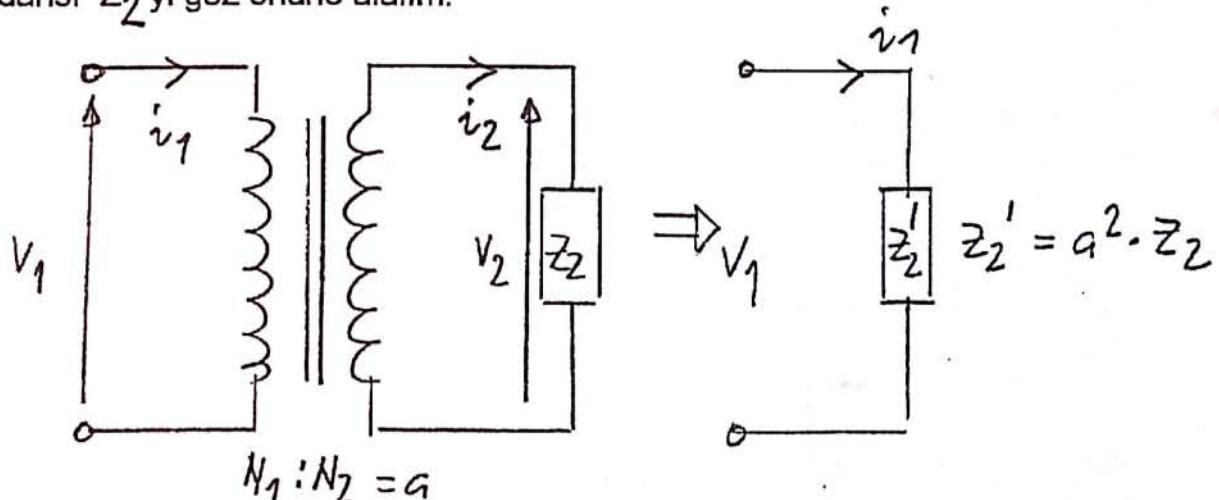
$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{1}{a} \quad (2.9)$$

$$V_1 \cdot J_1 = V_2 \cdot J_2 \quad (2.10)$$

giriş gücü (V.A) = çıkış gücü (V.A)

2.1.1. Empedans Transferi

Şekil 2.5 a daki, trafoya uygulanan sünizoidal gerilim ve sekonder yük empedansı Z_2 yi göz önüne alalım:



Şekil 2.5. İdeal transformatörde empedans transferi

$$Z_2 = \frac{V_2}{I_2}$$

Giriş empedansı

$$Z_1 = \frac{V_1}{I_1} = \frac{a \cdot V_2}{I_2/a} = a^2 \cdot \frac{V_2}{I_2} = a^2 \cdot Z_2$$

$$Z_1 = a^2 \cdot Z_2 = Z_2'$$

Bir transformatörün sekonderine bağlanan Z_2 empedansı primer taraftan bağlılığında Z_2 olarak görülür. Bu nedenle şekil 2.5 a , 2.5 b ye denktir. Sekonder empedansı, primer empedansa, sarım sayıları oranı karesi çarpımı ile dönüştürülebilir . Primer empedansı da, benzer şekilde sekondere dönüştürülebilir:

$$Z_1' = \frac{1}{a^2} \cdot Z_1$$

$$Z_1 = \frac{V_1}{I_1} \quad \text{Giriş empedansı} = Z_2 = \frac{V_2}{I_2}$$

$$Z_2 = \frac{\frac{1}{a} \cdot V_1}{a \cdot I_1} = \frac{V_1}{I_1} \cdot \left(\frac{1}{a^2}\right)$$

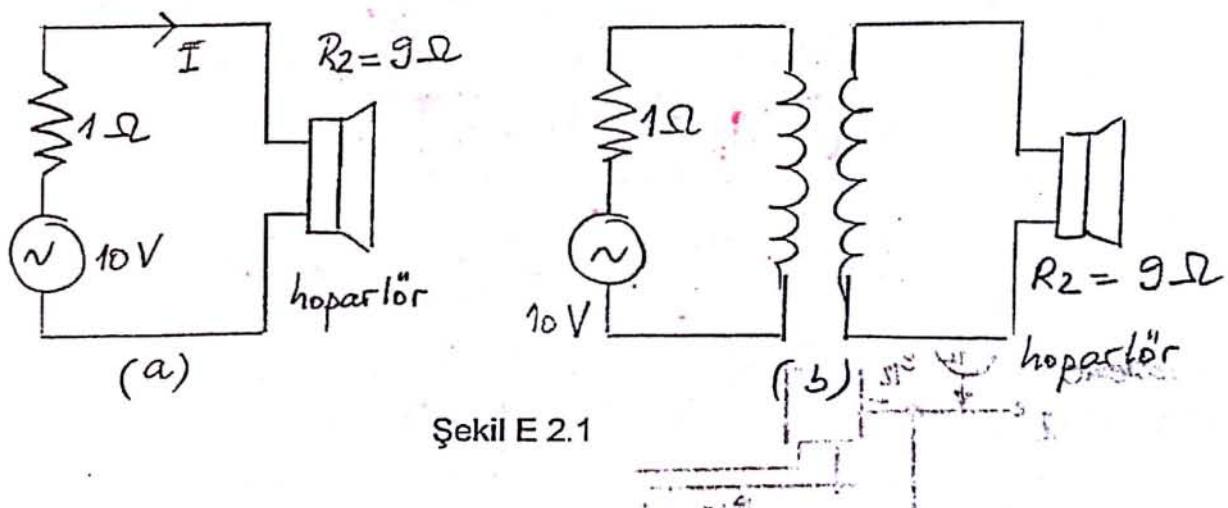
$$Z_2 = \left(\frac{1}{a^2}\right) \cdot \frac{V_1}{I_1} = \left(\frac{1}{a^2}\right) Z_1 = Z_1'$$

Örnek 2.1

9 Ω omik empedansı olan bir hoparlör 10 V luk ve iç direnci (omik) 1 Ω olan kaynağa bağlanmaktadır (şekil E 2.1 a)

(a) Hoparlörün çektiği gücü hesaplayınız.

(b) Hoparlöre transfer edilen gücü maksimize etmek amacıyla 1/3 sarım sayıları oranı olan bir trafo kullanılmaktadır. (şekil E 2.1.b). Hoparlörün çektiği gücü bulun.



Çözüm:

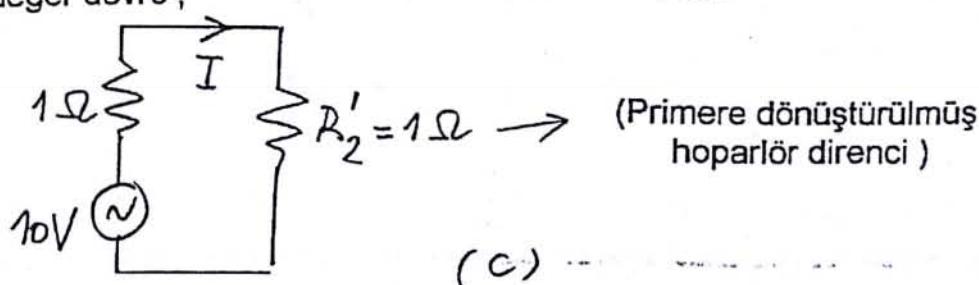
$$(a) I = \frac{10 \text{ V}}{9 + 1} = 1 \text{ A}$$

$$P = I^2 \cdot R_2 = (1)^2 \cdot 9 = 9 \text{ W}$$

(b) Hoparlörün direnci, primer tarafa transfer edilirse:

$$R'_2 = a^2 \cdot R_2 = \left(\frac{1}{3}\right)^2 \cdot 9 = 1 \Omega$$

Böylece eşdeğer devre,



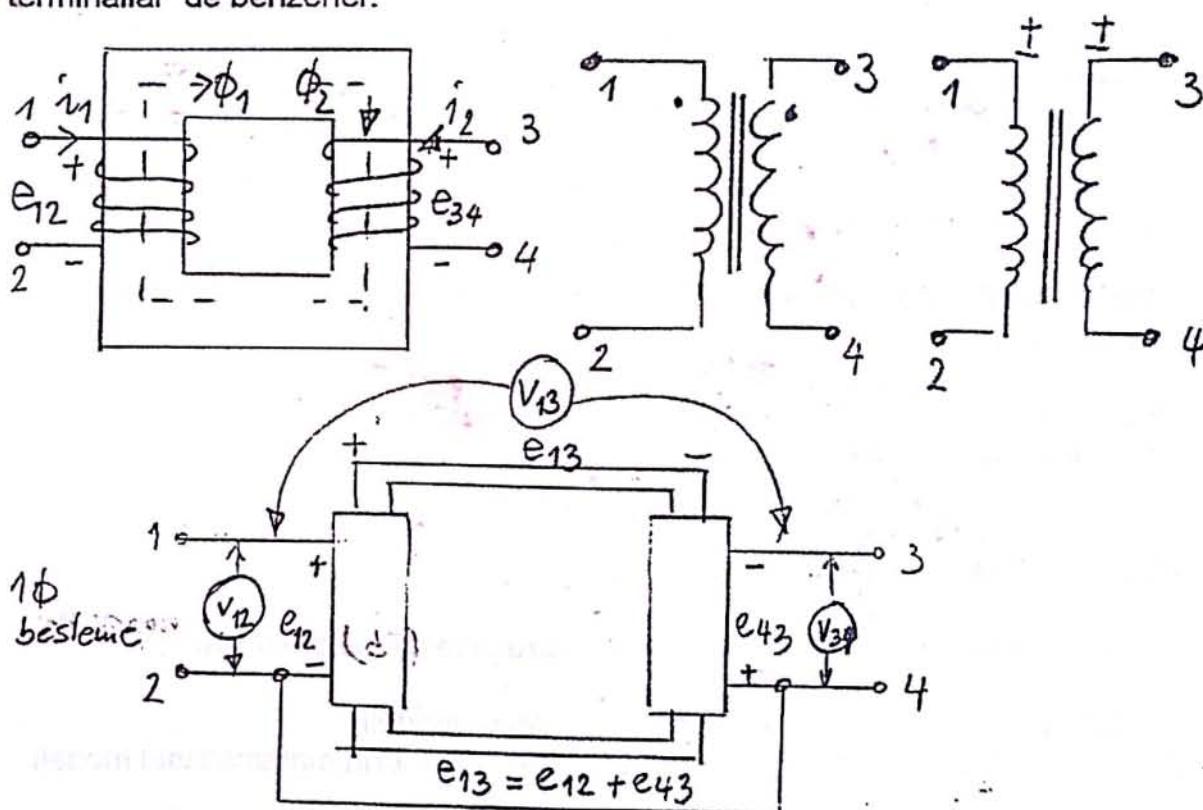
şekline dönüşür.

$$I = \frac{10V}{2\Omega} = 5A$$

$$P = (5)^2 \cdot 1\Omega = 25W$$

2.1.2. POLARİTE

Transformatörlerin sargıları, polariteleriyle ifade edilir. Şekil 2.6 (a) daki iki sargıyı inceleyelim. (1) ve (3) nolu terminaller birbirine benzer. Her iki terminalden akım içeriye doğru akar, çekirdek aynı yönde akı oluşturur ve bunlar magnetik yolda akı oluştururlar. Benzer şekilde (2) ve (4) nolu terminallar de benzerler.

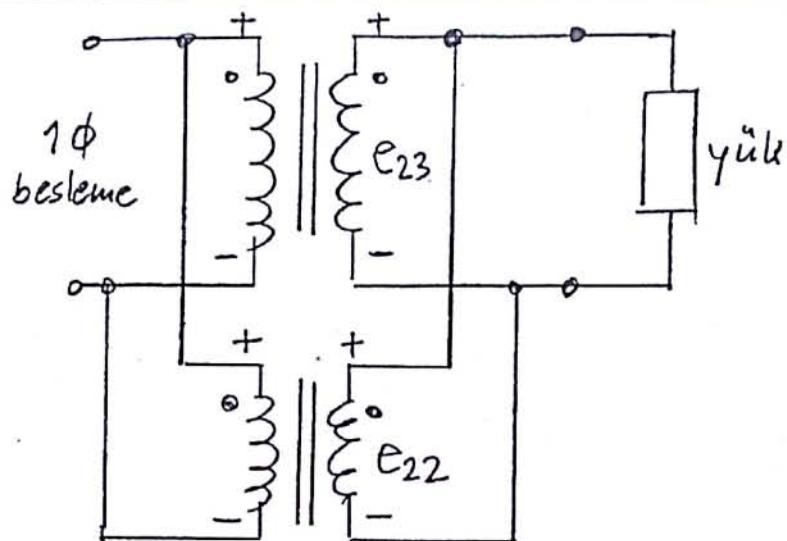


Şekil 2.6 Polarite belirlemesi

Endüklenen gerilimler e_{12} ve e_{34} aynı fazdadırlar. Bu sebepten 1 ve 3 ile 2 ile 4 şekil 2.6 b deki gibi gösterilirler.

(1) ve (2) nolu terminaller a.a kaynağına bağlanılmışlardır. (2) ile (4) birbirileyle bağlantılıdır.

Şekil 2.7 Bir fazlı iki transformatörün paralel bağlantısını göstermektedir.



Şekil 2.7 Bir fazlı transformatörün paralel bağlantısı

2.2. Pratikte transformatör

Pratikte, bir transformatörde

- sargıların dirençleri mevcuttur;
- her sargı aynı akımı oluşturmaz
- çekirdek malzemesinin pesmeabeteni değişildir.
- çekirdek kayipları mevcuttur.

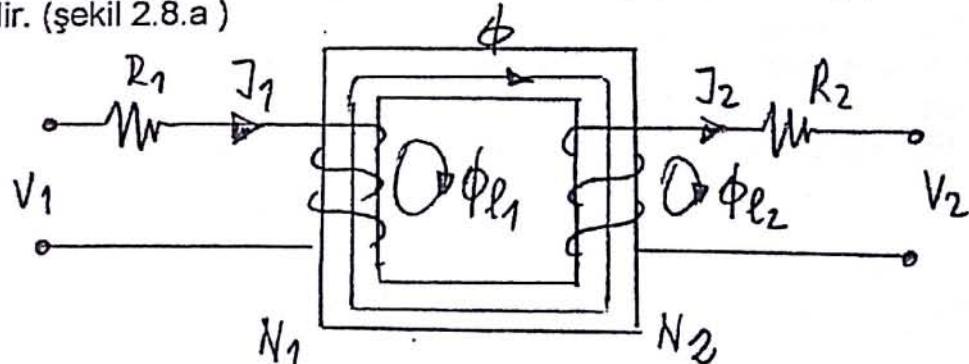
Pratikte, gerçek trafonun analizinde, yukarıdaki özelliklerin göz önüne alınması gereklidir.

Pratik trafonun analizinde ideal trafodan hareketle iki metot kullanılır:

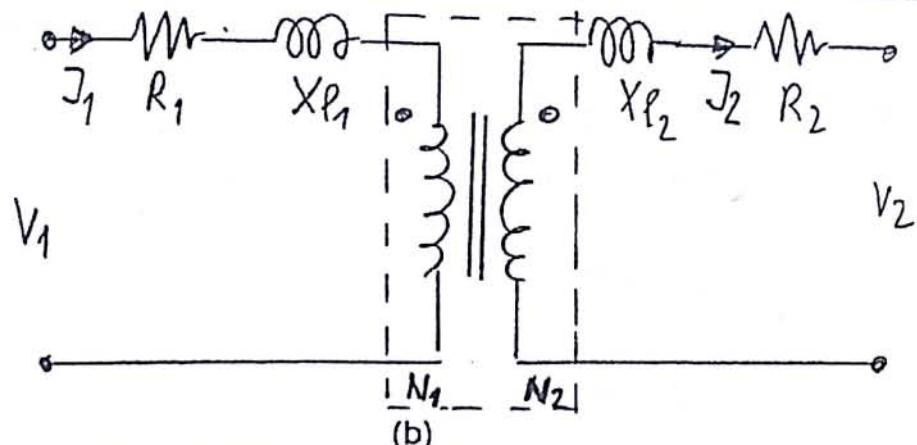
1. Fiziksel yapıdan hareketle bir eşdeğer devre modeli
2. Klasik teoriden hareketle magnetik kuplejli devrelerin matematiksel modeli

Burada genellikle 1. metot daha anlaşılır olarak kullanılır:

Pratikte bir sarginın direnci mevcuttur. Bu direnç, pratikte sargiya seri olarak gösterilir. (şekil 2.8.a)



(a)



Şekil 2.8 Trafonun eşdeğer devresi temeli

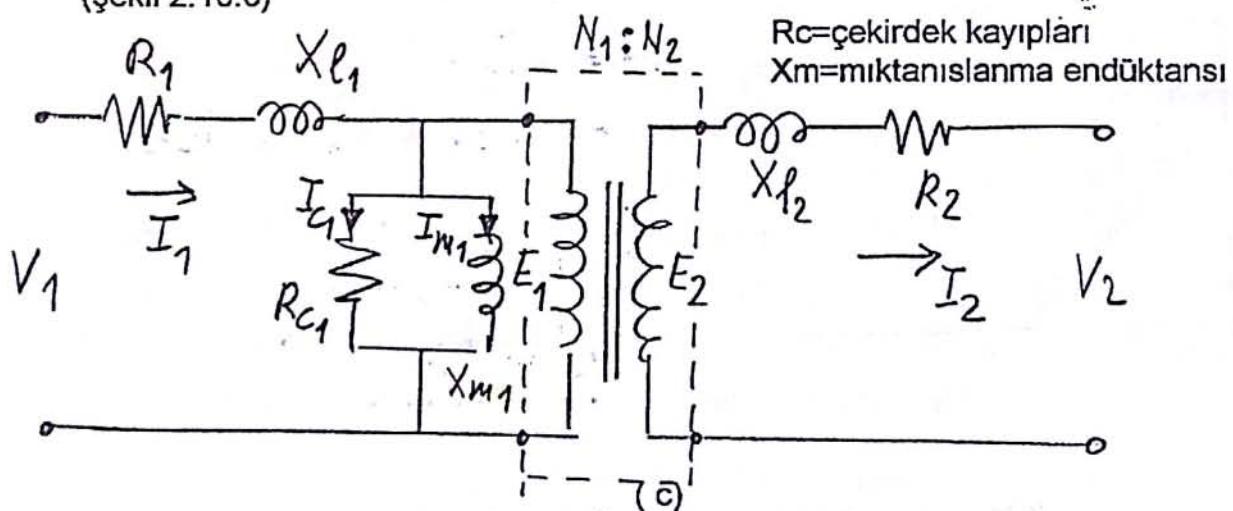
Transformatörlerde ve diğer ferromagnetik malzemelerde, ortak akı ϕ_m in dışında ϕ_1 olarak (şekil 2.8 a da gösterildiği gibi) kaçak akılar da oluşur. Bu akılar, bir sargıda akar ve magnetik devreyi etkilemez. Kaçak yol genellikle havadır ve akan akıma göre değişir (lineer). Kaçak akı genellikle bir endüktans ile sembolize edilir:

$$L_{el_1} = \frac{N_1 \cdot \phi_{el_1}}{i_1} = 1. \text{sarginin kaçak endüktansi}$$

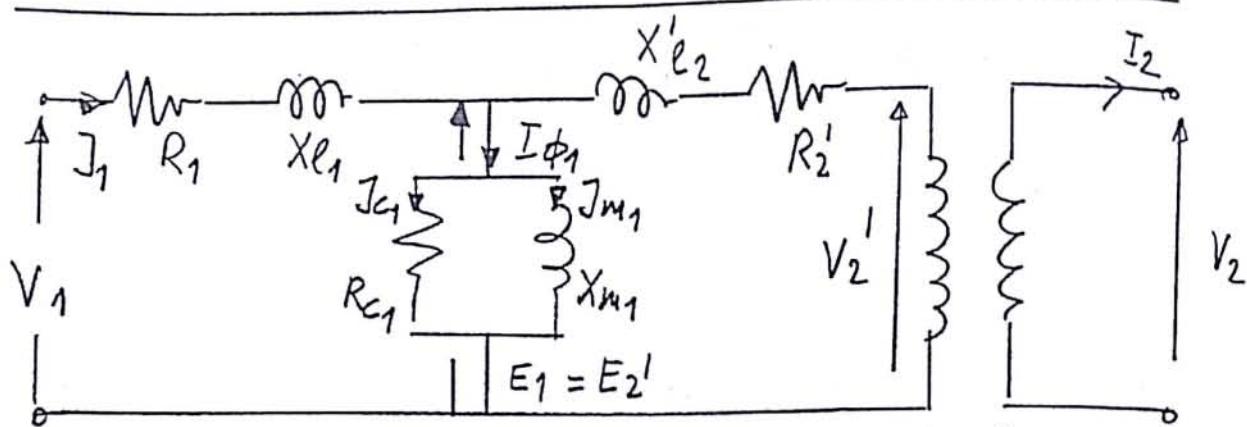
$$L_{el_2} = \frac{N_2 \cdot \phi_{el_2}}{i_2} = 2. \text{sarginin kaçak endüktansi}$$

Sargı dirençleri ve kaçak akıların oluşturduğu endüktanslar $X_l (= 2\pi f \cdot L_l)$ ile, primer ve sekonder bağlantıları tanımlanmış olur.

Pratik olarak magnetik bir çekirdekte sonlu geçirgenlik ile, çekirdekte bir mıknatışlanmayı oluşturmak üzere I_m mıknatışlanma akımı akar. Bu olay, mıknatışlanma endüktansı L_m ile sembolize edilir. Aynı şekilde, çekirdek kayıpları da magnetik malzeme için R_c direnci ile ifade edilir. Böylece, şekil 2.8 (a) ve (b) de verilen eşdeğer devreler, yani semboller ile genişletilebilir (şekil 2.10.c)



Şekil 2.8. İdeal transformatör



$$E_1 = E_2' = a E_2 \quad X_{l2}' = a^2 \cdot X_{l2} \quad \text{ideal transformator}$$

$$V_2' = a V_2 \quad R_2' = a^2 \cdot R_2$$

$$I_2' = \frac{1}{a} \cdot I_2$$

(d)

Şekil (2.8) İdeal trafonun sağa kaydırılmış eşdeğer devresi

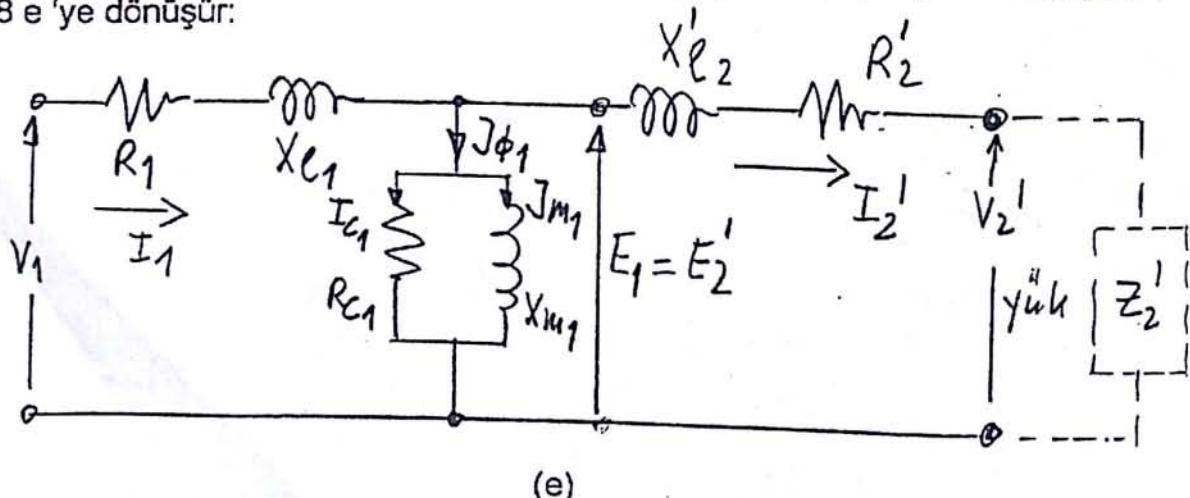
Bu nedenlerle, pratik transformatör ideal transformatöre ilave olarak, harici empedanslar, çekirdek kayıpları (R_c) ve mıknatışlama endüktansı (X_m) ile genişletilebilir.

2.2.1 Eşdeğer devreler

Şekil 2.8 c deki ideal eşdeğer devre, bu eşdeğer devredeki büyüklükleri sağa ve sola kaydırarak, (yani primer veya sekonder tarafa) incelenebilir.

İdeal transformatörün şekil 2.8 c deki eşdeğer devrenin sağa kaydırılmış durumu şekil 2.8 d de verilmiştir.

Bütün akım, gerilim ve empedansları bir tarafa geçirerek, eşdeğer devre, şekil 2.8 e 'ye dönüşür:



(e)

Şekil 2.8
İdeal trafonun gösterilmediği eşdeğer devre

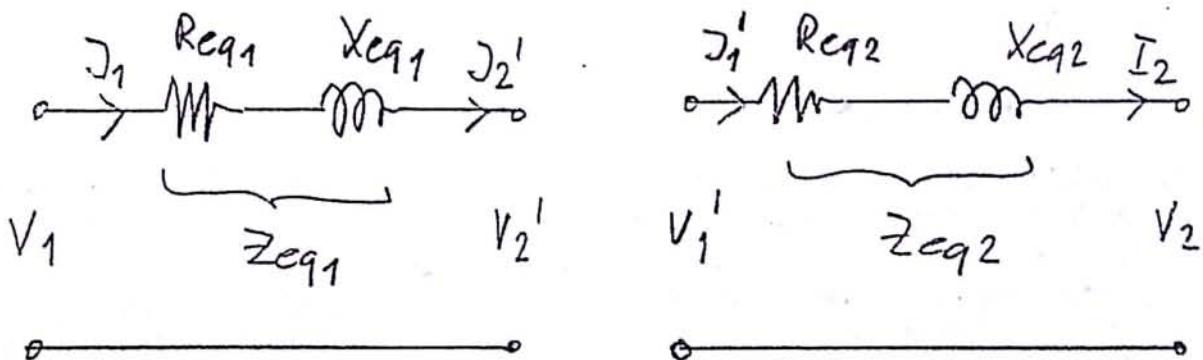
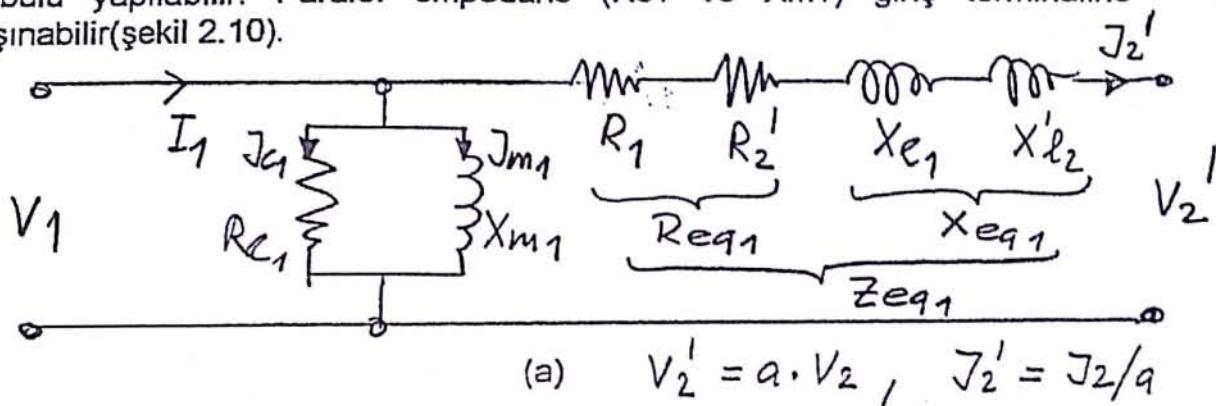
Şekil 2.8 e deki tüm değerler, giriş kısmına refere edilmiştir. Sarım oranının belinmesi halinde tüm analizler yapılabilir.

Yaklaşık eşdeğer devre :

Şekil 2.8 e de görülen $J_1 \cdot R_1$ ve $J_1 \cdot X_{e_1}$ gerilim düşümleri, normalde relativ olarak küçütür ve buradan hareketle

$$|E_1| \approx |V_1|$$

kabulu yapılabilir. Paralel empedans (R_{c1} ve X_{m1}) giriş terminaline taşınabilir (Şekil 2.10).



$$Z_{eq1} = R_{eq1} + j X_{eq1}$$

$$Z_{eq2} = R_{eq2} + j X_{eq2}$$

(1) e indirgenmiş

(2) ye indirgenmiş

2 ye indirgenmiş değerler

$$R_{eq2} = \frac{R_{eq1}}{a^2} = R_2 + R_1'$$

$$V_1' = \frac{V_1}{a}; \quad I_1' = J_2 = a \cdot J_1$$

$$X_{eq2} = \frac{X_{eq1}}{a^2} = X_{e2} + X_1'^2$$

(Şekil 2.9) Yaklaşık eşdeğer devreler

Böylece akımların hesabı kolaylaşır. Dirençler ve endüktanslar birleştirilebilir. Bu eşdeğer devre (şekil 2.9a) pratik bir transformatörün analizinde kullanılabilir.

$$R_1 + R_2' = R_1 + a^2 \cdot R_2 = R_{eq1} \quad V_2' = a \cdot V_2$$

$$X_{\ell 1} + X'_{\ell 2} = X_{\ell 1} + a^2 \cdot X_{\ell 2} = X_{eq1} \quad J_2' = I_2/a$$

Bir transformatörde, I_ϕ uyarma nominal akımının bir yüzdesidir (%5 den küçük). Bazı durumlarda, uyarma akımı ihmal edilir (şekil 2.11 b)

$$R_{eq1} = R_1 + a^2 \cdot R_2 \quad Z_{eq1} = R_{eq1} + j X_{eq1}$$

$$X_{eq1} = X_{\ell 1} + a^2 \cdot X_{\ell 2}$$

Sekonder tarafa indirgenmiş hali ile şekil 2.9 c elde edilir:

$$R_{eq2} = \frac{R_{eq1}}{a^2} = R_2 + R_1'$$

$$X_{eq2} = \frac{X_{eq1}}{a^2} = X_{\ell 2} + X_{\ell 1}'$$

$$V_1' = \frac{V_1}{a} \quad | \quad J_1' = J_2 = a \cdot J_1$$

2.2.2 . Transformatörün eşdeğer devre parametrelerinin belirlenmesi

Şekil 2.8 e deki eşdeğer devre, transformatörün davranışının belirlenmesi için kullanılır. Parametreler $R_1 ; X_{\ell 1} ; R_{eq1} ; X_{m1} ; R_2 ; X_{\ell 2}$ ve $a = (N_1 / N_2)$ olup, eşdeğer devrenin kurulması için bunların belirlenmesi gereklidir. Transformatörün imalat değerleri biliniyor ise, bu parametreler belli olur. R_1 ve R_2 değerleri, sarıların direnç değerleridir.

L_m endüktansı, sarım sayısı, magnetik yolun reluctansından hesaplanabilir. L_ℓ endüktansının hesabı ise komplikedir. Ancak hepsinin hesabı için yaklaşık formüller mevcuttur.

Bu parametreler, transformatöre uygulanan bazı performans testleri ile belirlenebilir. İki test; boşta çalışma karakteristiği ve kısa devre testi bu parametrelerin belirlenmesine yardımcı olur.

Trafonun plaka değerleri

Trafonun gücü kilovolt -amper (kVA) olarak plakasında belirlenir. Örneğin bir trafoda

10 kVA, 1100/110 Volt

değeri basılıdır.

Gerilim oranı aynı zamanda akım da belirler. Bu örnekte $a = 1100/110V = 10$ dur.
10 kVA'nın anlamı, primer ve sekonder sargılarının gücü 10 kVA demektir.
Yani primer akımı

$$J_1 = \frac{10000}{1100} = 9,09 \text{ A}$$

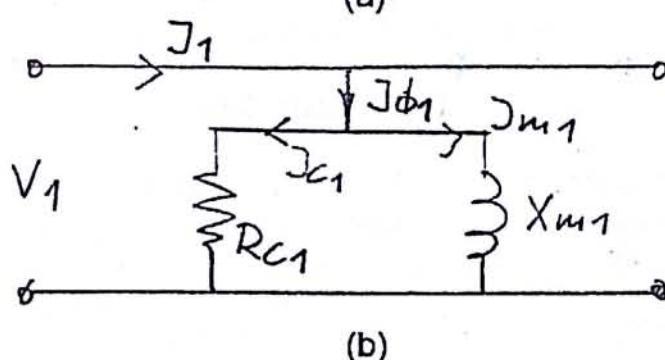
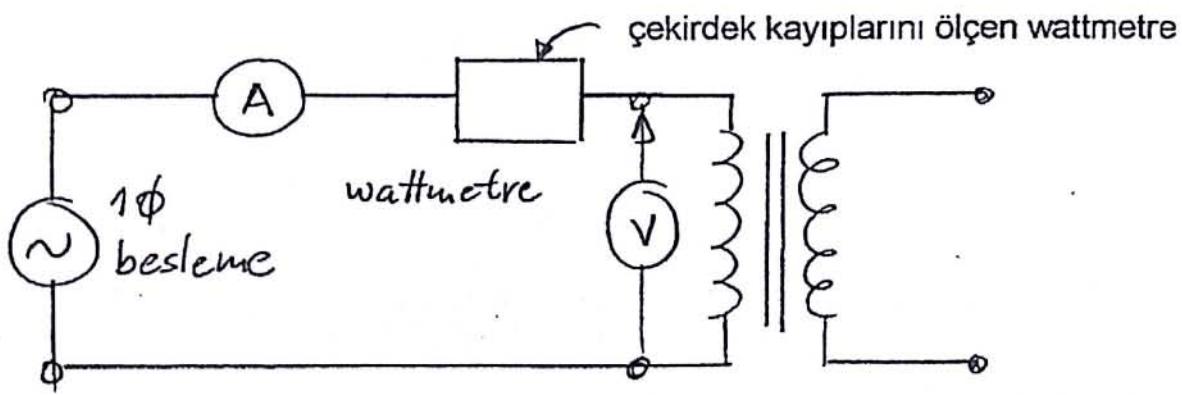
Sekonder akım

$$J_2 = \frac{10000}{1100} = 90,9 \text{ A},$$

bulunur.

Primer akımı, ayrıca ilave bir bileşeni daha taşımaktadır (I_{ϕ}).

Boşta çalışma: (veya açık devre testi)



Şekil 2.10 Trafonun boşta çalışması
a-boşta çalışma montajı, b-Eşdeğer devre

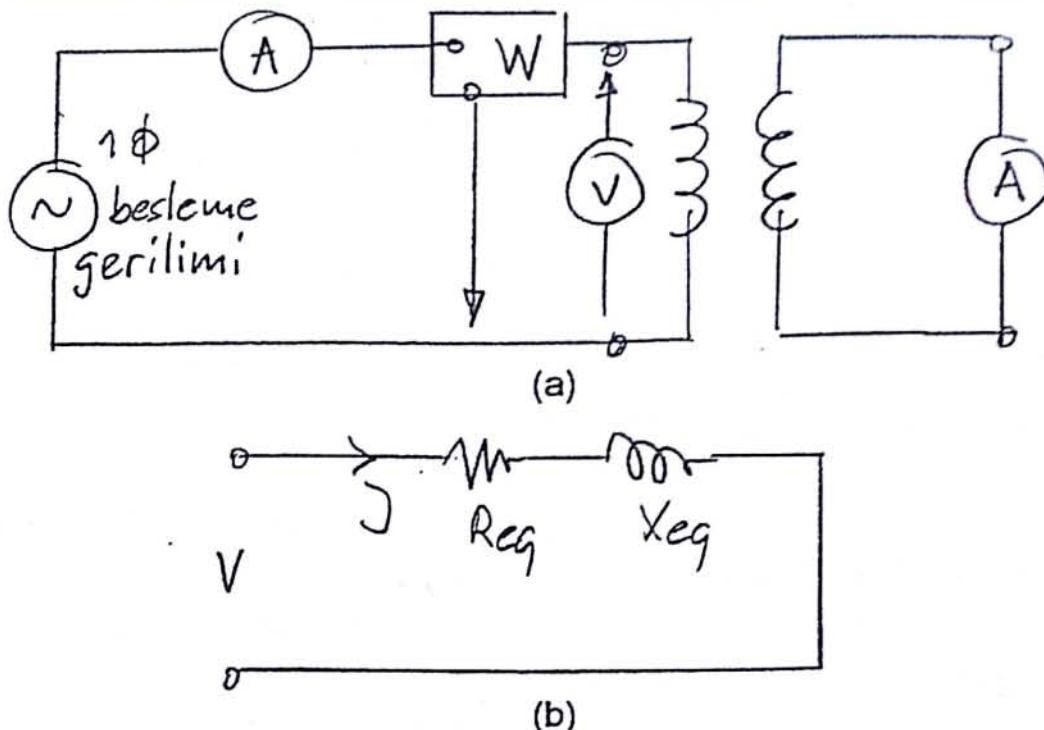
Boşta çalışma deneyi için R_m ve X_m , ihmal edilebilir. Wattmetre değerinden R_C belirlenir. Voltmetre, wattmetre ve ampermetre değerleri ile R_C ve X_m belirlenebilir.

Çekirdek kaybı, çekirdekdeki akının maksimum değerine bağlıdır.

$$E_{rms} = 4,44 \times N \times f \times \Phi_{max}$$

Kısa devre karakteristiği:

Kısa devre karakteristiği, trafonun çıkışını kısa devre edilerek elde edilir. Primerden trafoya küçük bir gerilim uygulanır.



Şekil 2.11

Kısa devre karakteristiği

(a) Bağlama şeması ,(b) Eşdeğer devre

R_c ve X_m değerleri, büyük olduğundan, R_{eq} ve X_{eq} yanında ihmal edilir. Sekonder kısa devre edildiğinde, bu ihmal doğrudur.

$$Z_{eq} = R_{eq} + X_{eq}$$

değeri küçük olduğundan, giriş gerilimi, bu devreden nominal akım akacak şekilde oldukça küçük bir değere ayarlanır.

Transformatörde, eğer iyi tasarlanmış ise

$$R_1 = g^2 \cdot R_2 = R_2'$$

$$X_{L1} = g^2 \cdot X_{L2} = X_{12}'$$

bağıntıları geçerlidir.

Wattmetreden R_{eq} değeri belirlenir.

Örnek 2.2

1 φ lı bir trafoda, 10kVA, 2200/220V, 60 Hz aşağıdaki değerler okunmuştur:

Açık devre (yüksek gerilim tarafı açık)	Kısa devre (alçak gerilim kısa devre)
Voltmetre	220V
Ampermetre	2,5A
Wattmetre	100W
	150V
	4,55A
	215W

- (a) Alçak ve yüksek gerilim sargıları için parametreleri bulun.
- (b) Uyarma akımını, nominal akımın yüzdesi olarak bulun
- (c) Boşta çalışma ve kısa devre deneyi için güç faktörlerini bulun.

Çözüm:

$$\frac{2200}{220} = 10 = \alpha$$

$$V_1 = V_H = 2200 \text{ V}$$

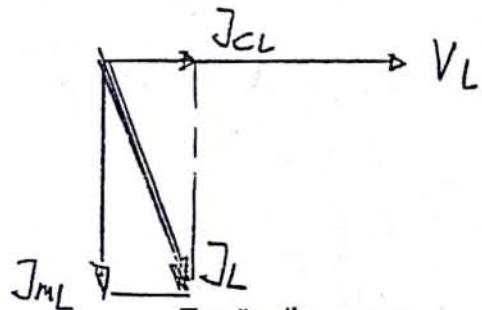
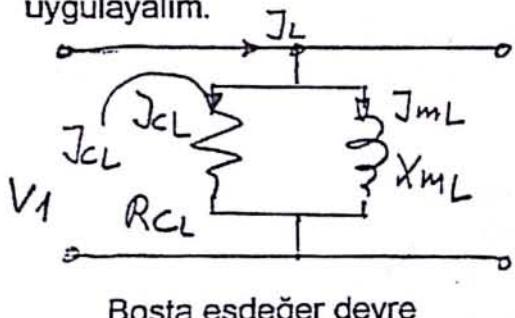
$$V_2 = V_L = 220 \text{ V}$$

$$J_1 = J_H = \frac{10000}{2200} = 4,55 \text{ A}$$

$$J_2 = J_L = \frac{10000}{220} = 45,5 \text{ A}$$

$$V_1 \cdot J_1 = V_2 \cdot J_2 = 10 \text{ kVA}$$

a) Eşdeğer devre (boşta çalışma karakteristiği için) sekonder tarafa 220 V uygulayalım.



(a)

Güç, $P_{DC} = \frac{V_L^2}{R_{CL}}$; $R_{CL} = \frac{(220)^2}{100}$

$$\frac{P_{DC}}{R_{CL}} = 484 \Omega$$

$$\frac{J_{CL}}{J_{CL}} = \frac{220}{484} = 0,45 \text{ A}$$

$$J_{mL} = \sqrt{(J_L^2 - J_{CL}^2)} = \sqrt{2,5^2 - 0,45^2}$$

$$J_{mL} = 2,46 \text{ A}$$

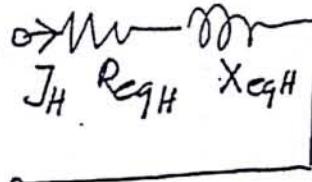
$$X_{mL} = \frac{V_L}{J_{mL}} = \frac{220}{2,46} = 89,4 \Omega$$

Yüksek gerilim tarafına ilişkin parametreler:

Sarım oranı: $a = \frac{2200}{220} = 10$

$$R_{CH} = a^2 \cdot R_{CL} = 10^2 \cdot 484 = 48400 \Omega$$

$$X_{eqH} = 10^2 \cdot 89,4 = 8940 \Omega$$



Kısa devre karakteristiğinden (alçak gerilim kısa devre)

Güç $\Rightarrow P_{SC} = J_H^2 \times R_{eqH}$

Alçak gerilim tarafı kısa devre edilmiş eşdeğer devre

$$R_{eqH} = \frac{215 \text{ W}}{4,55^2} = 10,4 \Omega$$

$$Z_{eqH} = \frac{V_H}{J_H} = \frac{150}{4,55} = 32,97 \Omega$$

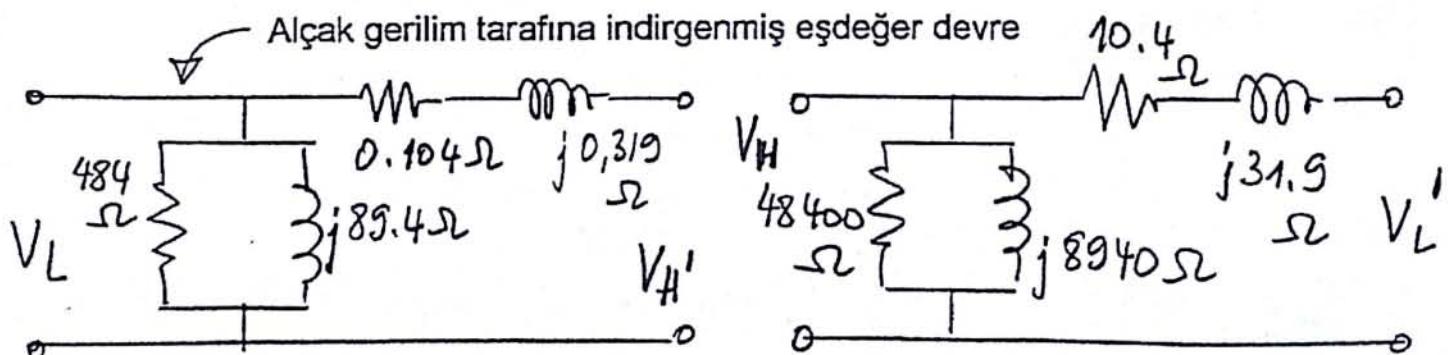
$$X_{eqH} = \left(Z_{eqH}^2 - R_{eqH}^2 \right)^{1/2} = \left(32,97^2 - 10,4^2 \right)^{1/2}$$

$$X_{eqH} = 31,9 \Omega$$

Bu parametreleri alçak gerilim kısmına indirgersek:

$$R_{eqL} = \frac{R_{eqH}}{a^2} = \frac{10,4}{100} = 0,104 \Omega$$

$$X_{eqL} = \frac{31,9}{100} = 0,319 \Omega$$



(b) Eşdeğer devreler

Şekil E 2.2

Burada, parel empendansın seri empendansa göre çok daha büyük olduğu görülmektedir.

(b) Boşta çalışma ölçmelerinden, alçak gerilim sargılarına uygulanan 220 V, 2,5A lik mıknatışlanma akımı oluşturmaktadır.

$$J_\phi = 2,5 \text{ A}$$

$$\frac{2,5 \text{ A}}{4,55 \text{ A}} \cdot 100 = \% 5,5$$

Uyarma akımı, nominal yük akımının %5,5 idir.

Boşta güç faktörü:

$$\text{güç faktörü} = \frac{\text{güç}}{\text{gerilim} \times \text{akım}}$$

$$\cos \varphi = \frac{100}{220 \times 2,5} = 0,182$$

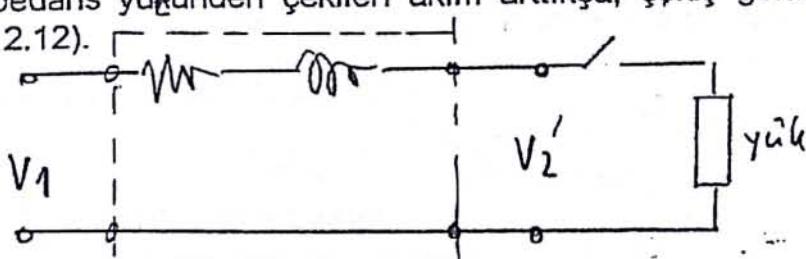
Kısa devre güç faktörü

$$\text{güç faktörü} = \frac{\text{güç}}{\text{gerilim} \times \text{akım}}$$

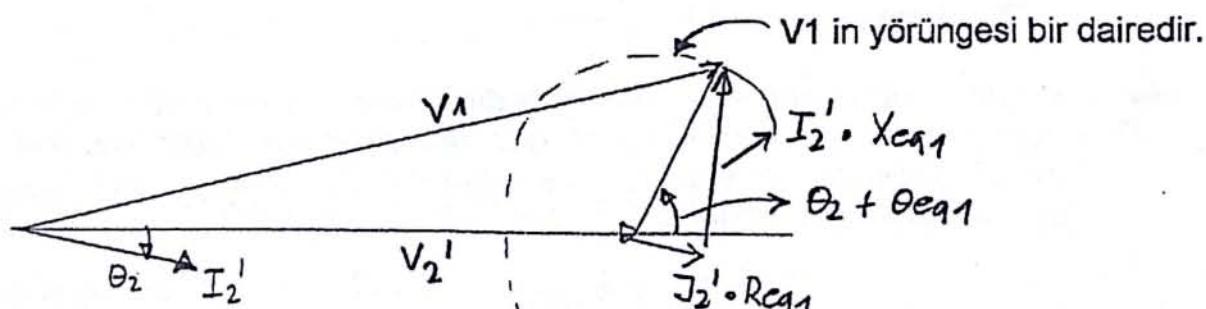
$$\cos \varphi = \frac{215}{150 \times 4,55} = 0,315$$

2.3 Gerilim ayarı

Trafolara bağlanan yüklerin normalde sabit çıkış gerilimi ile çalışması gereklidir. Ancak iç empedans yükünden çekilen akım arttıkça, çıkış gerilimi düşme gösterir (Şekil 2.12).



(a) Trafo



(b) Fazör diyagramı
Şekil 2.12. Gerilim ayarı

Trafoya gerilim uygulanıp, $yük=0$ ise açık devre durumu için

$$\vec{V}_{2\text{ boşta}} = \vec{V}_{2\text{ NL}} = \frac{\vec{V}_1}{a} \quad NL = \text{boş təq}$$

geçerlidir.

Yük trafoya bağlanırsa, yükteki gerilim

$$\vec{V}_{2\text{ yük}} = \vec{V}_{2L} = \vec{V}_{2NL} \pm \Delta \vec{V}_2$$

Cıkış gerilimi, yükün durumuna göre azalır veya artar. Bu değişim iç empedanstan ($J\cdot\varphi$) kaynaklanır. Değişik yükler göz önüne alınırsa, bu değişim büyük boyutlar alabilir.

Büyük değişimleri önlemek için Zeq empedansının küçük olması gereklidir. Gerilim ayar metodu ile, değişik yük altında trafonun davranışları hesaplanır. Gerilim ayarı ile, sekonder gerilimin, yük yok ve nominal iken ki değişimini anlaşılır.

$$\text{Gerilim ayarı} = \frac{|V_{2\text{ boş}} - V_{2\text{ yük}}|}{|V_{2\text{ yük}}|}$$

Mutlak değerler, yük performansı için bunların kullandığını gösterir. Yukarıdaki denklemlerdeki gerilimler, primer ya da sekondere indirgenmiş eşdeğer devreler ile hesaplanır. Primere indirgenmiş eşdeğer devre ile şu eşitlik yazılabilir:

$$\text{Gerilim ayarı} = \frac{|V'_2|_{\text{boş}} - |V'_2|_{\text{yük}}}{|V'_2|_{\text{yük}}}$$

Yük gerilimi normalde nominal (anma) gerilimi olarak alınır, yani

$$|V'_2|_{\text{yük}} = |V'_2|_{\text{anma}}$$

Primere indirgenmiş eşdeğer devre modelinden,

$$V_1 = V'_2 + I'_2 \cdot R_{eq1} + j I'_2 \cdot X_{eq1}$$

yazılır. Eğer $I'_1 = I'_2 = 0$ ise

$$V_1 = V'_2$$

olarak belirir.

Çünkü $|V'_2|_{\text{boş}} = |V_1|$

$$\text{Gerilim ayarı} = \frac{|V_1| - |V'_2|_{\text{anma}}}{|V'_2|_{\text{anma}}} \times \% 100$$

Gerilim ayarı, yükün güç faktörüne bağlıdır. Primere indirgenmiş eşdeğer devre için yazılan çevre denklemini göz önüne alarak fazör diyagramı çizilebilir. V_1 geriliminin yarıçapı $I'_2 \cdot Z_{eq1}$ olan bir dairedir. V_1 , $I'_2 \cdot Z_{eq1}$ ile V'_2 aynı fazda ise, maximum olur. Bu ise

$$\theta_2 + \theta_{eq1} = 0$$

demektir.

θ_2 = yük empedansının faz açısı

θ_{eq1} = Z_{eq1} in faz açısı

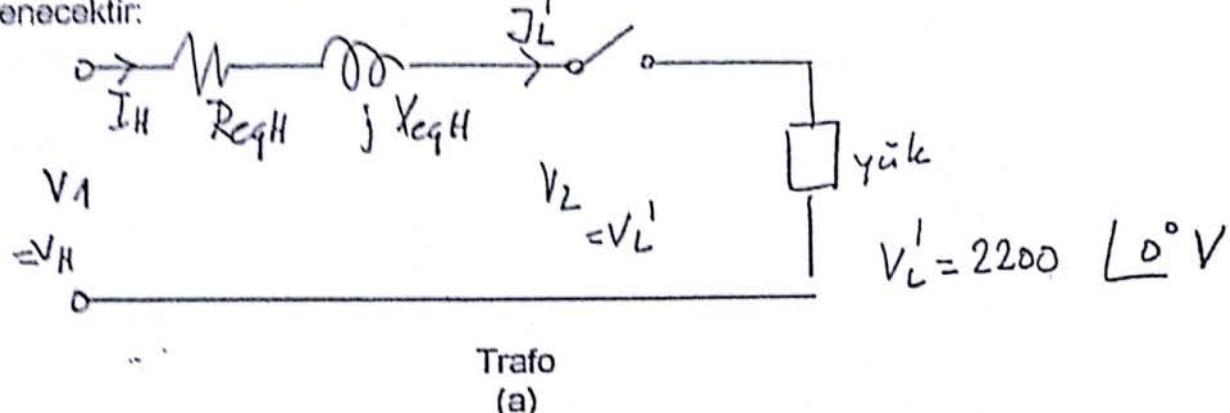
Maximum gerilim ayarı için

$$\theta_2 = -\theta_{eq1}$$

yani θ_{eq1} in faz açısı, yük tarafından kompanze edilmelidir.

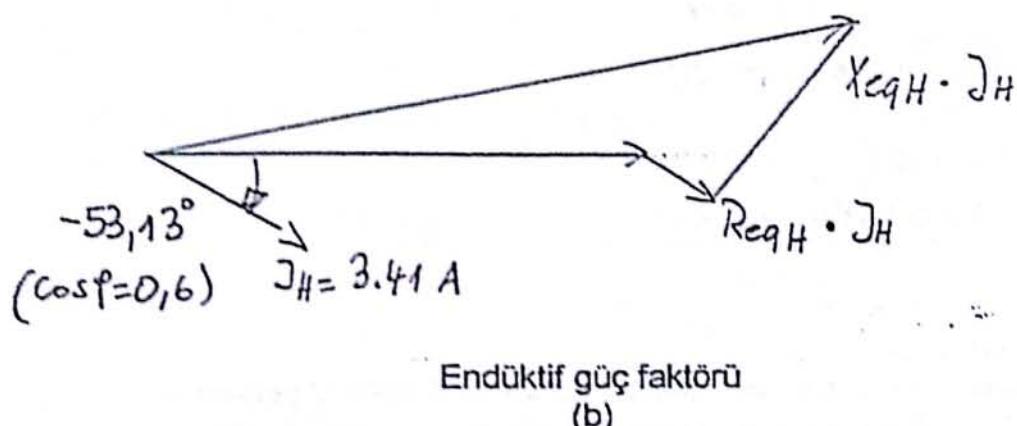
Örnek 2.3

Bir transformatörde, aşağıdaki yük şartlarına göre yüzde olarak gerilim ayarı incelenecektir:



- (a) 75% yük, güç faktörü = 0,6 (endüktif)
- (b) 75% yük, güç faktörü = 0,6 (kapasitif)
- (c) (a) ve (b) şekli için fazör diyagramlarını çizin.

1 Φ, 10 kVA, 2200/220 V, 60 Hz



Çözüm:

(a) %75 yük, anıma akımının %75 ine karşı gelmektedir. Bu nedenle $I_N = \frac{10000}{2200}$

$$I_H = I'_L = 0,75 \cdot 4,55 = 3,41 \text{ A} \quad I_N = 4,55 \text{ A.}$$

Güç faktörü = 0,6 verildiğine göre

$$\cos \theta_2 = 0,6 \quad \theta_2 = -53,13$$

Endüktif yük $\theta_2 = -53,13^\circ$ için

$$I_H = 3,41 \angle 53,13^\circ A$$

$$V_H = V_L^I + I_L^I \cdot Z_{eqH}$$

$$= 2200 \angle 0^\circ + 3,41 \angle 53,13^\circ (10,4 + j 31,3) \rightarrow 36,87^\circ$$

$$= 2200 + 35,46 \angle -53,13^\circ + 106,73 \angle 90^\circ - 53,13^\circ$$

$$= 2200 + 35,46 \cdot \cos(53,13) - j 35,46 \cdot \sin(53,13)$$

$$+ 106,73 \cdot \cos(36,87^\circ) + j 106,73 \sin(36,87^\circ)$$

$$= 2200 + 21,28 - j 28,37 + 85,38 + j 64,04$$

$$= 2200 + 21,28 + 85,38 + j(-28,37 + 64,04)$$

$$= 2306,67 + j(35,67)$$

$$\text{arc tan} \frac{35,67}{2306,67} = 0,88 = 0,9^\circ$$

$$V_H = 2306,94 \angle 0,9^\circ V$$

$$\text{gerilim ayarı} = \frac{2306,94 - 2200}{2200} = 4,86\%$$

%4,86 nin anlamı şu demektir:

Eğer, trafodan yük kaldırılırsa, sekonder gerilim 220 V dan 230,69 V değerine yükselir. Veya, %75 yük ($0,6 = \cos \phi$) ile trafoya yüklenirse , çıkış gerilimi 230,69 V dan 220 V a iner.

(b) güç faktörü kapasitif ise

$$\theta_2 = -53,13 \quad \cos \theta_2 = -0,6$$

$$V_H = 2200 \angle 0^\circ + 3,41 \angle 53,13^\circ \cdot (10,4 + j 31,3)$$

$$= 2200 \angle 0^\circ + 35,46 \angle 53,13^\circ + j (106,73) \angle 53,13^\circ$$

$$= 2200 \angle 0^\circ + 21,27 + j 28,38 - 85,38 + j 64,04$$

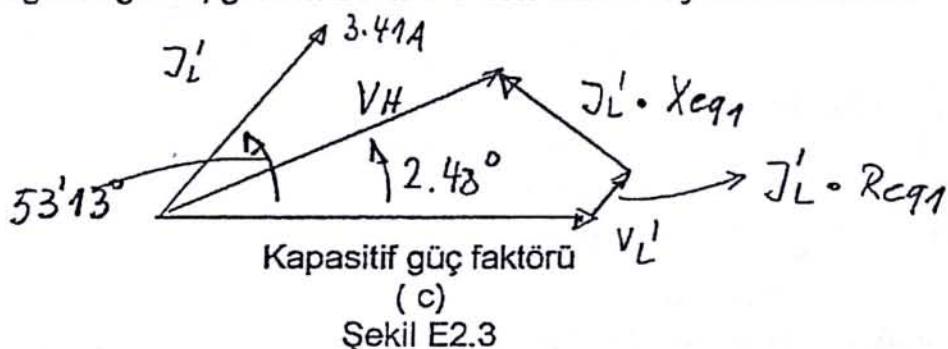
$$= 2135.9 + j 92.42$$

$$V_H = 2137.9 \angle 2.48^\circ V$$

gerilim ayarı = $\frac{2137.9 - 2200}{2200} \times 100$
 $= - 2,82 \%$

Değer negatif çıkmaktadır. Bunun anlamı şudur: Yük açık devre yapılrsa, gerilim 220 den 213.79 V değerine inmektedir.

Veya yük bağlandığında, gerilim 213.79 V dan 220 V a yükselmektedir.



2.4 Verim

Trafoların, her cihazda olduğu gibi yüksek ~~gerilimde~~ çalışması istenir. Transformatör statik bir sistem olduğu için, verimleri %99 a kadar yükselebilir. Verim şöyle tamamlanabilir:

$$\eta = \frac{\text{çıkış gücü} (P_{çıkış})}{\text{giriş gücü} (P_{giriş})}$$

$$\eta = \frac{P_{çıkış}}{P_{çıkış} + P_{kayıp}}$$

Kayıplar, bakır kaybı (P_{cu}) ve çekirdek kaybıdır (P_c). Bu nedenle

$$\eta = \frac{P_{çıkış}}{P_{çıkış} + P_{cu} + P_c}$$

yazılır.

$$\begin{aligned} P_{cu} &= I_1^2 \cdot R_1 + I_2^2 \cdot R_2 \\ &= I_1^2 \cdot R_{eq1} \quad (\text{primere indirgenmiş}) \\ &= I_2^2 \cdot R_{eq2} \quad (\text{sekondere indirgenmiş}) \end{aligned}$$

Bakır kaybı, yük akımına bağlıdır.
Pc çekirdek kaybı ise, trafo donelerinden hesaplanır.

$$\text{Pçıkış} = V_2 \cdot I_2 \cdot \cos \theta_2$$

$$\eta = \frac{V_2 \cdot I_2 \cdot \cos \theta_2}{V_2 \cdot I_2 \cdot \cos \theta_2 + P_c + I_2^2 \cdot R_{eq2}}$$

Normalde yük gerilimi sabit olduğundan verim I_2 ve $\cos \theta_2$, yani yükle bağlıdır.

2.4.1 Maximum verim

Maximum verim, $V_2 = \text{sabit}$ ve $\theta_2 = \text{sabit}$ için

$$\frac{d\eta}{dI_2} = 0$$

iken elde edilir. Bu kural en son denkleme uygulanırsa, maximum verim için

$$P_c = I_2^2 \cdot R_{eq2}$$

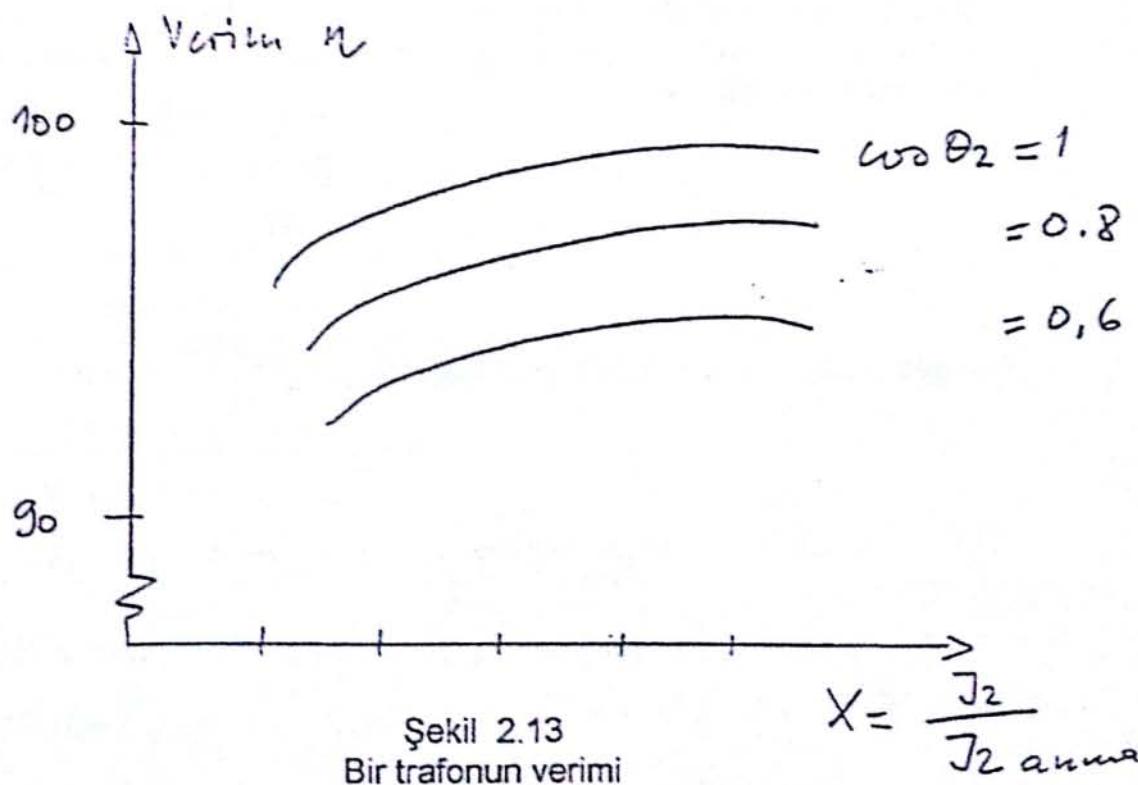
elde edilir. Bu:

(1) çekirdek kaybı = bakır kaybı
demektir. Tam yükte çalışmada

$$P_{c_{\text{tam}\text{ yük}}} = I_2^2 \cdot R_{eq2}$$

Ancak $V_2 = \text{sabit}$ ve $I_2 = \text{sabit}$ için ayrıca

(2) max.verim $\theta_2 = 1$ ise elde edilir.



Örnek 2.4.

İncelenen trafoda

- (a) %75 yük ve $\cos \theta_2 = 0,6$ da verim nedir ?
(b) Maximum verimde çıkış gücü nedir, ve maximum verim değeri nedir ?

Çözüm:

$$P_{\text{çıkış}} = V_2 \cdot J_2 \cdot \cos \theta_2 = 0,75 \cdot 10000 \cdot 0,6$$

$$P_{\text{çıkış}} = 4500 \text{ W}.$$

Bakır kaybı:

- $P_c = 100 \text{ W}$ (tablodan) açık devre testi wattmetre değeri

$$P_{\text{cu}} = I_H^2 \cdot R_{eqH}$$

$$P_{\text{cu}} = (0,75 \cdot 4,55)^2 \cdot 10,4 = 121 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{4500}{4500 + 100 + 121} \times 100 = 95,32\%$$

(b) Maximum verim için

$$P_{\text{çekirdek}} = P_{\text{bakır}} \quad \text{ve} \quad \theta_2 = 1$$

$$P_{\text{çekirdek}} = 100 \text{ W} = I_2^2 \cdot R_{eq2} = P_{\text{cu}}$$

$$I_2 = \left(\frac{100}{0,104} \right)^{1/2} = 31 \text{ A}$$

$$P_{\text{çıkış}} = \max_{I \text{ için}} = V_2 \cdot J_2 \cdot \cos \theta_2 \\ = 220 \times 31 \times 1$$

$$P_{\text{çıkış}} = \max_{I \text{ için}} = 6820 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{6820}{6820 + 100 + 100} \times 100$$

$$\underline{\eta = 97,15 \%}$$

Çıkış Gücü 6,82 kVA $\cos \theta_2 = 1$
Plaka Gücü 10 kVA

Maximum verim % 97,15 olup, % 68,2 yük değerinde elde edilir.

2.4.2. Enerji verimliliği η (24 saat boyunca)

Bir endüstri tesisinde, transformator tam kapasitesi ile çalıştırılır. Gerekli zamanda da devreden çıkarılır. Bu tip traflolara güç transformatoru denir. Bu traflolar tam güçte maximum verimi verecek şekilde tasarılanırlar. Elektrik dağıtımlı için kullanılan traflolar ise şehir şebekelerinde kullanılırlar, bunlara dağıtım transformatoru denir. Bunlar, genellikle güçlerinin altında çalışırlar. Bu sebepten, dağıtım traflolarında, verim, ortalama çıkış gücüne göre maximumda tutulur.

Ortalama verimlilik:

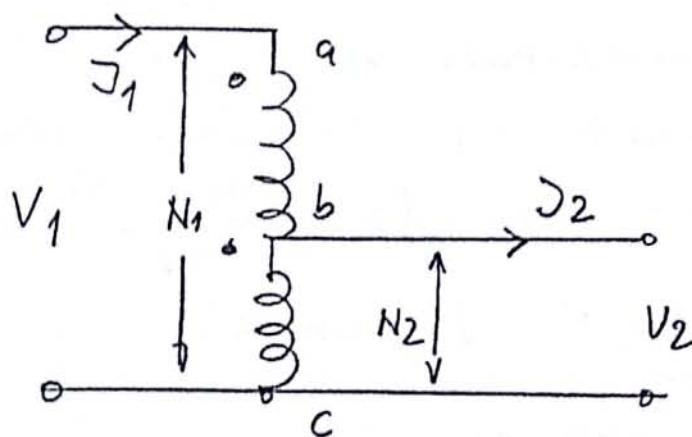
$$\eta_{AD} = \frac{24 \text{ saatte verilen enerji}}{24 \text{ saatte giriş enerjisi}}$$

AD :all day

$$\eta_{AD} = \frac{24 \text{ saatte verilen enerji}}{24 \text{ saatte verilen enerji} + 24 \text{ saatte kayıp}}$$

2.5 Ototransformatör

Cıkışından değişken alternatif gerilim alınabilen transformatörlere, ototrafo denir.



Şekil 2.14
Ototransformatör

Ortak sargı bir çekirdeğe sarılır ve sekonder, bir sargıdan çıkış alınarak elde edilir. Burada primer ve sekonder sargılar fiziksel olarak birbirlerine bağlıdır.

Bütün sargılar, aynı akımı ilettiklerinden

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = a$$

Sekonder sargısının, bağlantısı kaydırılarak

$$0 < V_2 < V_1$$

arasında değiştirilebilir.

Üst bölümdeki (a-b) amper - sarım;

$$F_{\text{ü}} = (N_1 - N_2) I_1 = \left(1 - \frac{1}{a}\right) N_1 \cdot J_1$$

Alt bölümdeki (b- c) amper sarım;

$$F_a = N_2 (J_2 - J_1) = \frac{N_1}{a} (J_2 - J_1)$$

şeklindedir. Amper- sarım dengesinden

$F_{\text{ü}} = F_a$ yazılıarak

$$\left(1 - \frac{1}{a}\right) N_1 \cdot J_1 = \frac{N_1}{a} \cdot (J_2 - J_1)$$

$$\frac{J_1}{J_2} = \frac{1}{a} \quad \text{bulunur.}$$

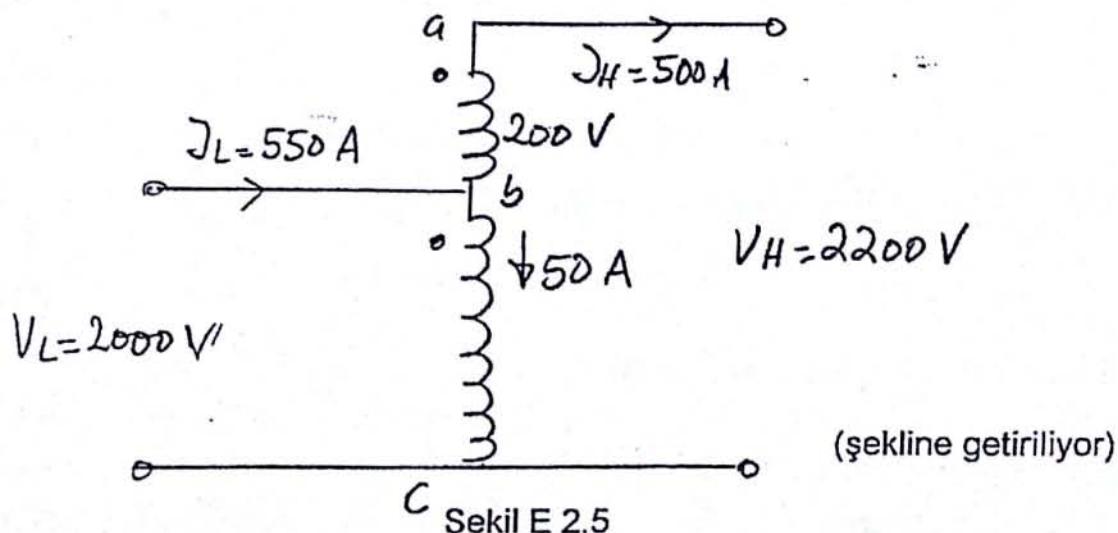
Bu denklemlerden, ototransformatörün gerilim, akım ve sargı oranları bağlantılarının iki sargılı trafo ile aynı olduğu görülür. Ototransformatörün avantajı,

- daha küçük kaçak reaktansı
- küçük kaybı
- daha büyük kVA gücü
- değiştirilebilen çıkış gerilimi

Dezavantajı ise, primer ve sekonder arasının direkt bağlantılı olmasıdır.

Örnek 2.5.

1 φ , 100 kVA, 2000 / 200 V iki sargılı bir trafo, bir ototrafo şeklindedir.



a - b kismi ile ilave 200 V kazanılmaktadır. b - c parçasına 2000 V uygulanmaktadır. Ototransformatörün kVA gücü hesaplanacaktır.

Çözüm:

Trafonun akım değerleri

$$I_{ab} = \frac{P_{ab}}{V_{ab}} = \frac{100000}{200} = 500 A$$

$$I_{bc} = \frac{P_{bc}}{V_{bc}} = \frac{100000}{2000} = 50 A$$

Bu nedenle $I_H = 500 A$

$I_L = 550 A$ dir.

$V_L = 2000 V$ ve $V_H = 2000 + 200 = 2200 V$

Bu nedenle:

$$\text{primer güç kVA} / L = 2000 \times 550 = 1100000 VA$$
$$= 1100 KVA$$

$$\text{sekonder güç KVA} / H = 2200 \times 500 = 1100000 VA$$
$$= 1100 KVA$$

verebilmektedir.

Bir fazlı 100 kVA, iki sargılı bir trafo, ototrafo şecline getirilince 1100 KVA verebilmektedir. 1100 kVA gücüne elektromagnetik endüksiyon ile erişilmektedir. 200 V luk sarginin 2200 V luk izolasyona sahip olması gerekmektedir.

2.6. Üç fazlı Transformatörler

Güç iletiminde, gerilimi yükseltmek ve alçaltmak için üç fazlı transformatörler kullanılır.

Üç fazlı trafoolar, ya

- üç tane bir fazlı trafo ile elde edilir, veya
- ortak magnetik yapıya üç fazlı sargılar yerleştirilir.

2.6.1. Üç adet bir fazlı trafo

Üç adet bir fazlı trafo kullanarak üç fazlı trafo elde edilebilir. Primer ve sekonder sargılar değişik şekillerde bağlanabilir.

- wye (Y) veya
- delta (Δ)

Bu sebepten dört değişik bağlama yapılabılır:

Y - Δ
 Δ - Y
 Δ - Δ
Y - Y

Bu bağlama tipleri şekil 2.15 de görülmektedir.

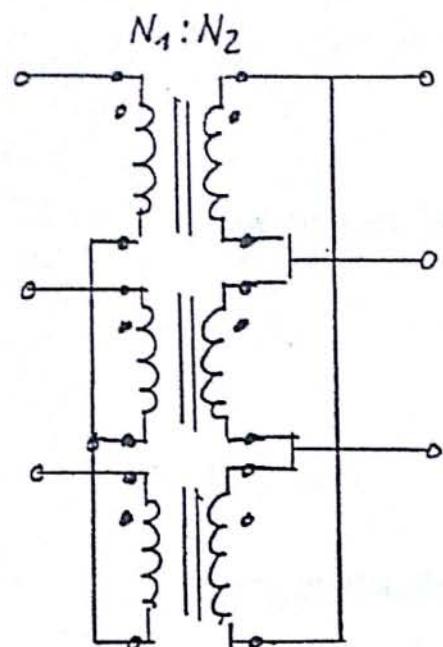
(a) şıklıkta, ortak bir nötr noktasına üç sargı bağlanmıştır. Sekonder tarafta ise sargılar seri bağlıdır. Primer ve sekonder akımlar/gerilimler (b) de görülmektedir. Primer sargılardaki V gerilimi faz arası gevildir ve N_1/N_2 oranı ise bilinen a değeridir. (c), (d) ve (e) de diğer mümkün bağlama şekilleri görülmektedir.

Bütün mümkün bağlama şekillerinde üç fazlı trafoonun gücü, her faz arasında uygun şekilde dağılmaktadır. Kullanılan bağlama tipine göre ise akım ve gerilimler değişmektedir.

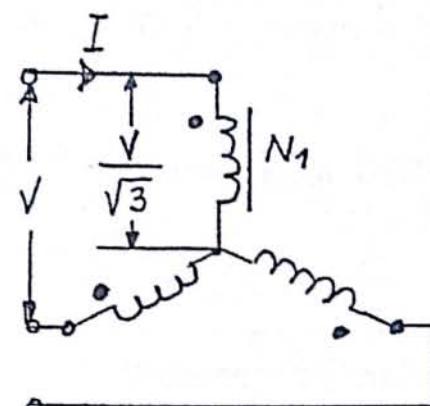
$Y - \Delta$ = Yüksek gerilimi alçak gerilime dönüştürmek için genellikle kullanılan bağlantı türüdür. Yüksek gerilim sargılarının ortak noktası genelde topraklanır.

$\Delta - Y$ = Bu bağlantı türü gerilimi yükseltmek için kullanılır.

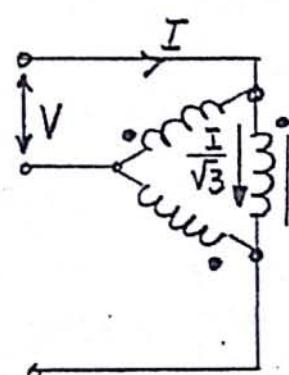
$\Delta - \Delta$ = Bu bağlantının amacı yedeklemeli çalışmayı temin etmesidir. Bir taraf bakıma alındığında, geriye kalan kısım, toplam gücün % 58 ini verebilir. Bu sistem, açık DELTA veya V-bağlantısı olarak anılır.



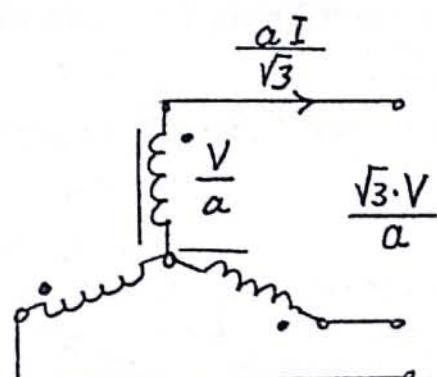
(a) $Y-\Delta$



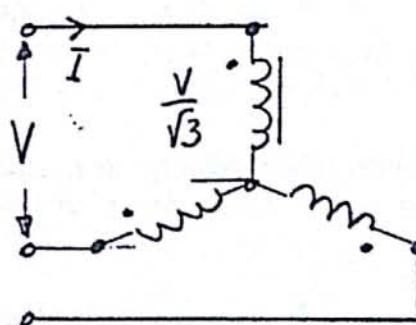
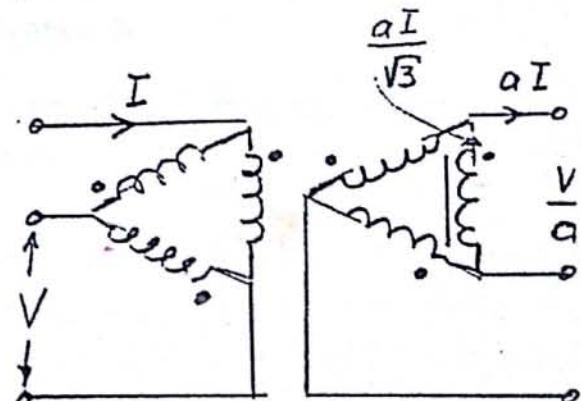
(b) $Y-\Delta$



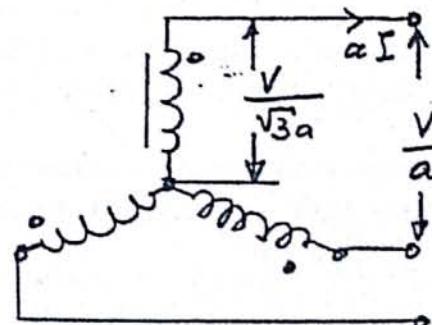
(c) $\Delta-Y$



(d) $\Delta-\Delta$



(e) $Y-Y$

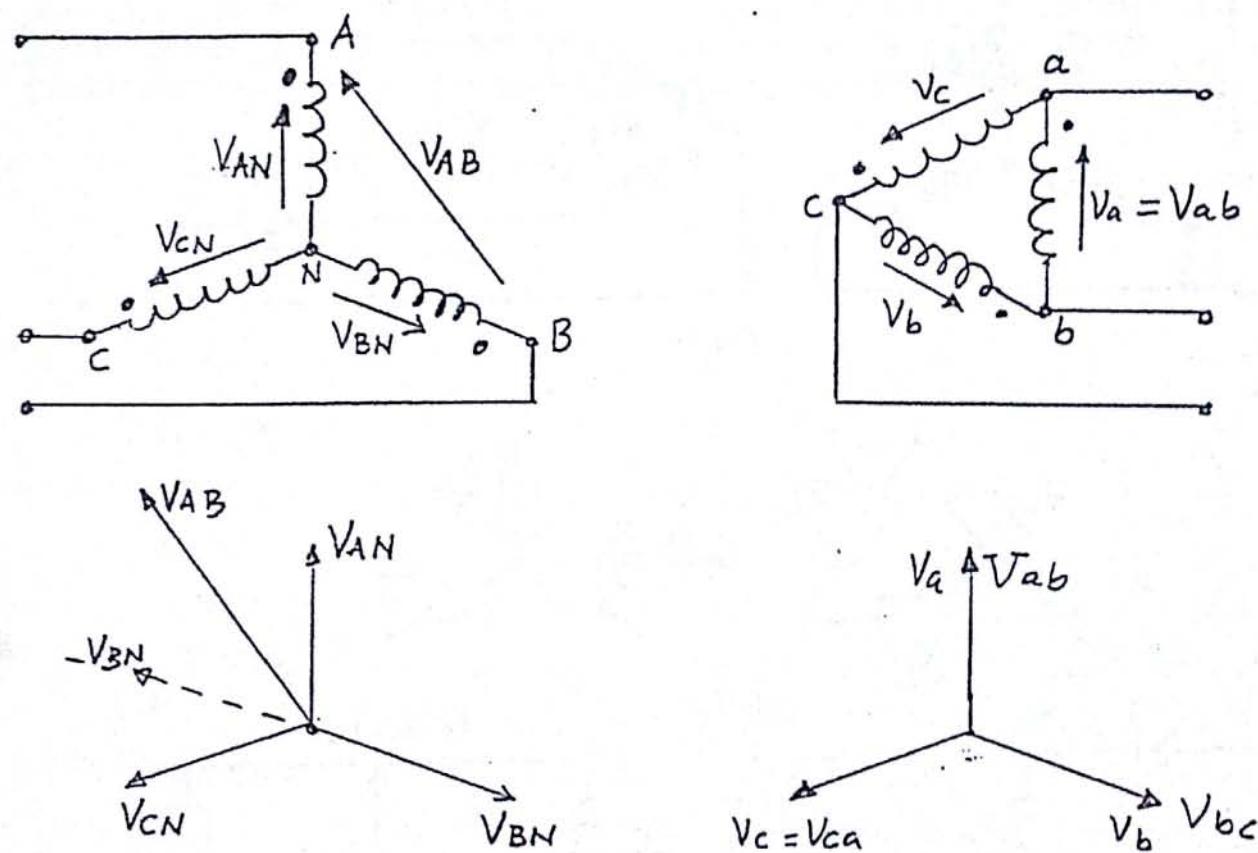


Şekil 2.15 Üç fazlı trafo bağlantıları

$Y - Y$ = Uyarma akımı ve endüklenen gerilimler yüzünden bu bağlantı çok az kullanılır.

2.6.1 Faz kaydırma

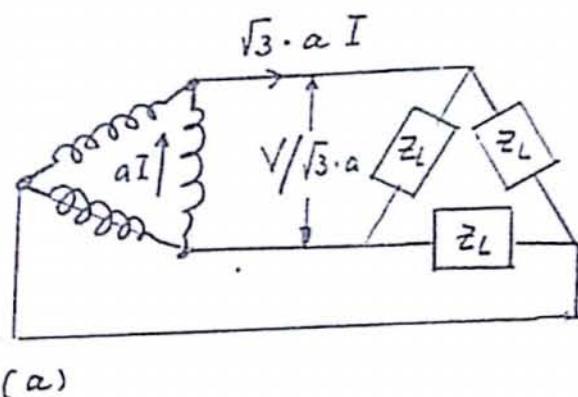
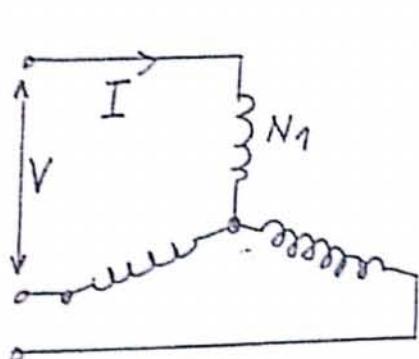
Bazı üç fazlı trafolar,faz arası gerilimlerde,faz kaymasına neden olurlar.Şekil 2.16 daki fazör gerilimlerini göz önüne alırsak, $Y - \Delta$ bağlantısında V_{AN} ve V_a gerilimleri aynı fazdadır.Ancak fazarası gerilimi V_{AB} ,primer gerilimi olarak, V_{ab} gerilimine göre (sekonder) 30° öndedir. $\Delta - Y$ bağlantı sisteminde fazarası gerilimlerde (primer-sekonder) 30° faz farkı oluşur. $\Delta - \Delta$ ve $Y - Y$ gerilimlerde faz farkı oluşmaz. $Y - \Delta$ ve $\Delta - Y$ sistemlerindeki faz farkı, bazı devrelerde avantaj olarak kullanılır.



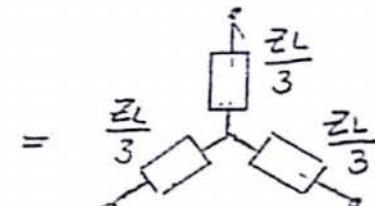
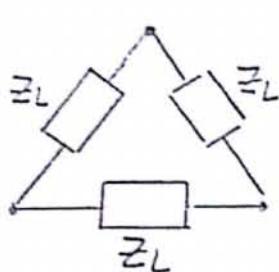
Şekil 2.16. Üç fazlı transformatörlerde faz kaydırma

2.6.2. Bir fazlı eşdeğer devre

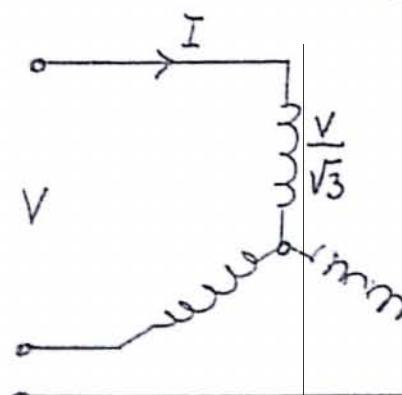
Eğer üç fazlı sir sistemde, üç trafo da eşdeğer ve hem kaynak, hem de yük dengeli ise, primer ve sekonder gerilim ve akımlar da dengelidir. Bir fazdaki akım ve gerilimler, denge bozulmaksızın diğer fazlarla 120° faz farkını taizdirler. Bu bakımdan, bir fazın analizi, diğer iki fazın analizi için yeterlidir. Bir fazlı olarak elde edilen eşdeğer devre, tüm kaynak gerilimleri simetrik, trafo sargıları aynı ve yük empedansı da simetrik ve üçgen (Δ) ise geçerlidir.



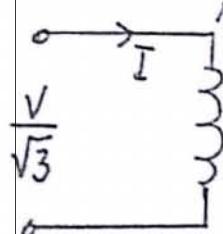
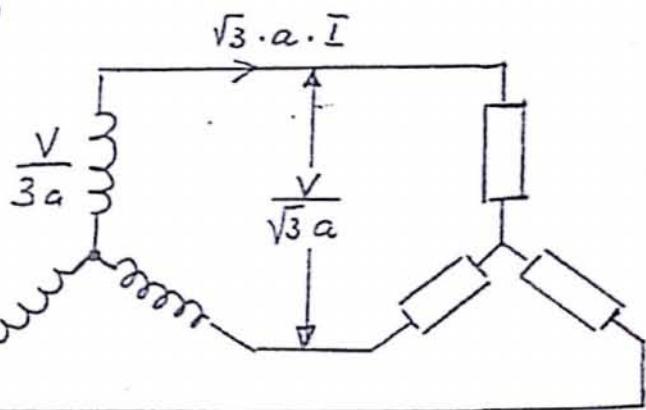
(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 2.17 Üç fazlı trafo

Y - Δ transformasyonu olarak bilinen bu yöntem, Δ - yükten Y- yükün hesabını gerçekleştirir (Şekil 2.17 a-b). Aktüel devrenin eşdeğer Y gösterimleri, Şekil 2.17 c de olup primer ve sekonder hat akımları ve fazarası gerilimler Şekil 2.17 a daki gerçek değerler ile aynıdır. Eşdeğer transformatör Y -Y nin sanım sayıları oranı

$$a' = \frac{V/\sqrt{3}}{\sqrt{3}a} = \sqrt{3} a$$

Aktüel transformatör için, $\frac{\text{Primer fazarası ger.}}{\text{Sekonder fazarası ger.}} = \frac{V}{V/\sqrt{3} \cdot a} = \sqrt{3} \cdot a$

bulunur. Bu bakımından bir faza indirgenmiş eşdeğer devrenin sanım sayıları oranı, aktüel transformatörün primer fazarası geriliminin sekonder fazarası gerilime oranıdır. Şekil 2.17 d de bir faza indirgenmiş eşdeğere devre görülmektedir. Bu eşdeğer devre trafo hesaplarında yaygın şekilde kullanılır.

Örnek 2.6

Üç adet 1-fazlı, 50 kVA, 2300 / 230 V, 60 Hz trafo üç fazlı 4000/230 V bir transformatör oluşturmaktadır. Her trafonun, alçak gerilim tarafına indirgenmiş eşdeğer empedansı

$$0,012 + j 0,016 \Omega \text{ dur.}$$

Üç fazlı transformatör, üç fazlı, 120 kVA, 230 V ve $\cos \phi = 0,85$ (endüktif) yükü beslemektedir.

(a) Transformatörün şematik bağlantısını çizin (Y/Δ),

(b) Trafo sargı akımlarını bulun,

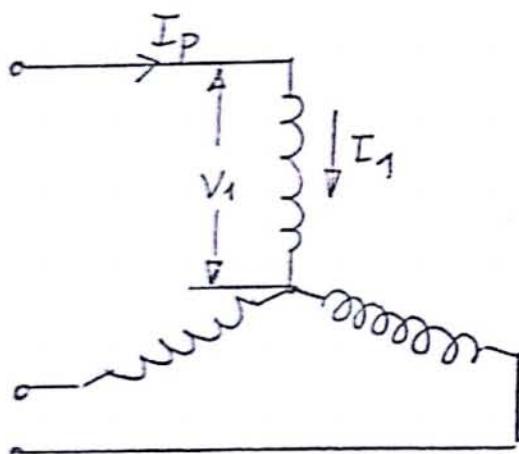
(c) Primer fazarası gerilimi bulun,

(d) Gerilim ayarını hesaplayın.

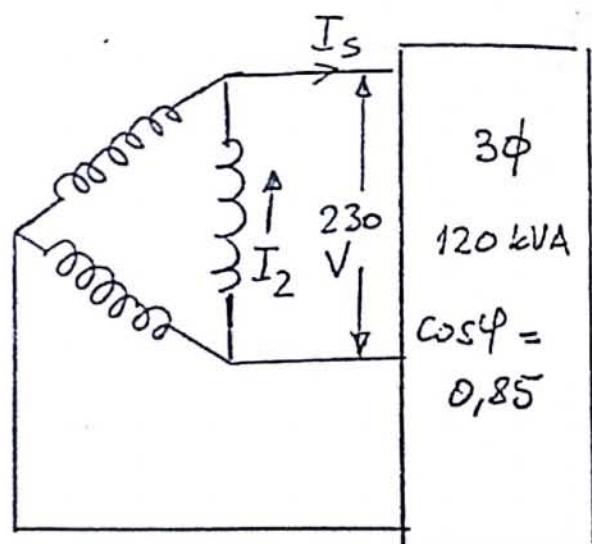
Çözüm:

Trafo, primer tarafı 4000 V'a bağlanacak şekilde Y olarak seçilir. Sekonder taraf ise 230 V'a irtibatlandırılır.

(a)



(a)



$$1,2 \quad j 1,6 \quad 17,39 \angle -31.8^\circ$$

V_1

$$V_L' = 2300$$

$$V_2' = a \cdot V_2$$

(b)

Primere indirgenmiş
eşdeğer deere

Şekil E 2.6. (a) ve (b)