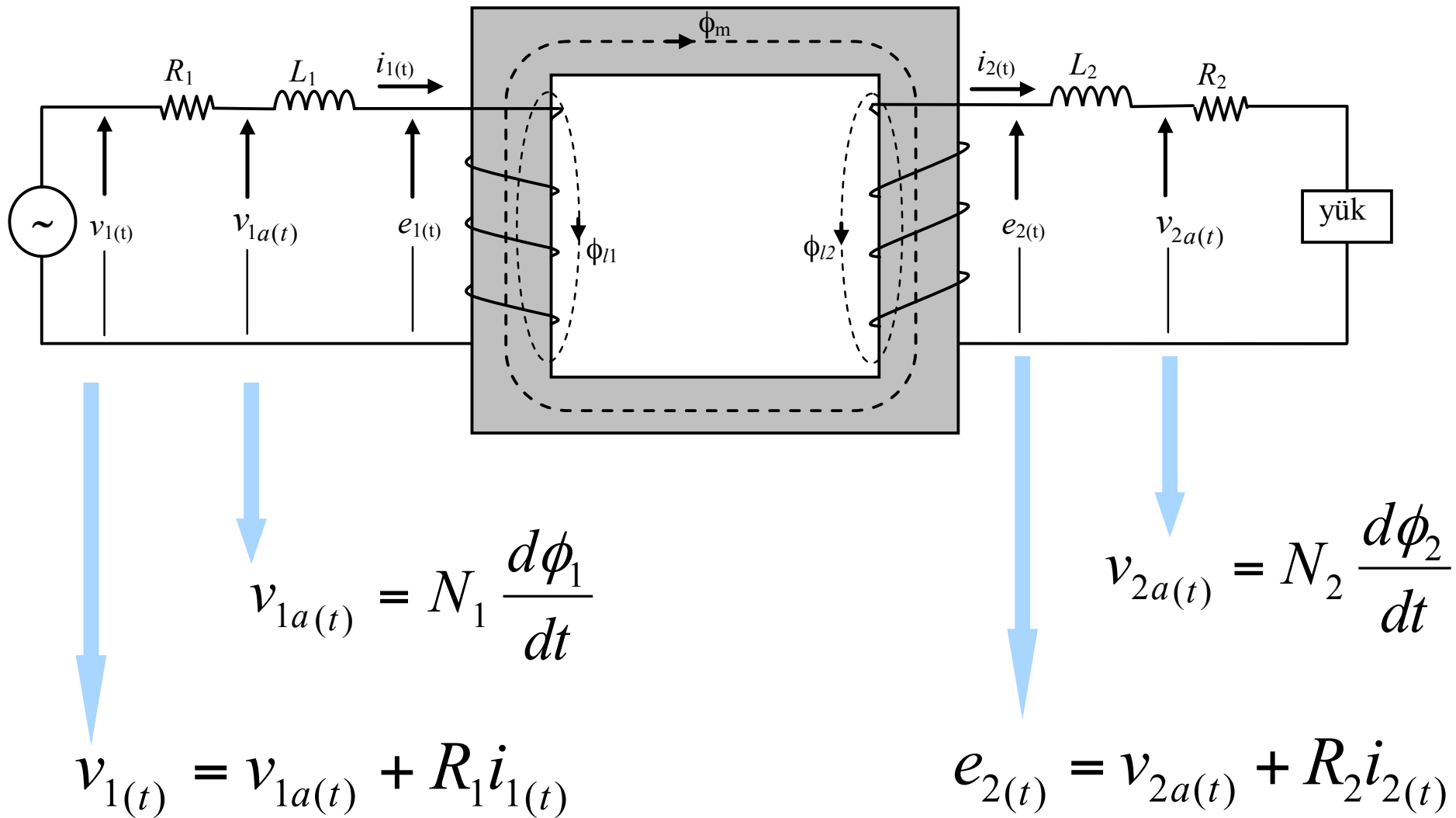


GİRİŞ

İdeal transformatör modeli sadece gerilim, akım ve empedans transformasyonlarını dikkate aldığı için çok basittir. Bu kısımda daha gerçekçi bir transformatör modeli çıkarılacaktır.

Primer ve sekonder sargılarının küçük de olsa dirençleri vardır ve sargılara seri bağlı olarak temsil edilirler. Sargı dirençlerinin ilave edilmesi neticesinde; terminal gerilimi endüklenen gerilime eşit olmayacak, transformatör giriş gücü çıkış gücünden daha büyük olacak ve verim %100'den küçük olacaktır.

Gerçek Transformatörler



Gerçek Transformator

ϕ_1 akısı primer sargısını keser. Eğer nüvenin geçirgenliği sonsuz kabul edilir ise, relüktans (manyetik direnç) sıfırdır ve böylece sadece demir nüve yolundan devresini tamamlar. İdeal durumdan farklı olarak ϕ_1 'in çok küçük bir oranı hava aralığından devresini tamamlar (kaçak ϕ_{l1}), sekonder sargısını kesmez ve L_1 kaçak endüktansı veya X_1 kaçak reaktansı ile temsil edilir. Geri kalan akı ϕ_m hem primer hem sekonder sargılarını kesen demir nüvedeki ortak akıdır.

$$\phi_1 = \phi_{l1} + \phi_m$$

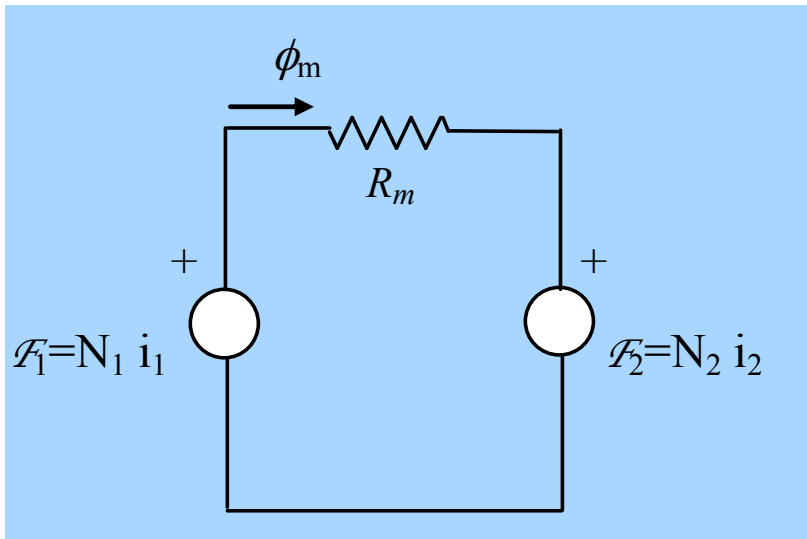
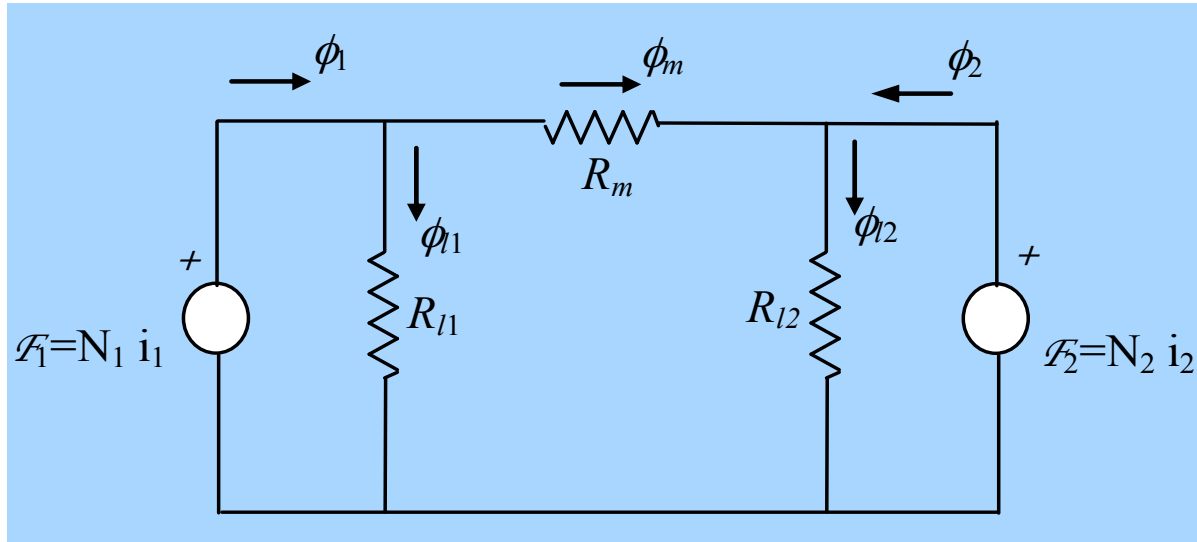
$$v_{1(t)} = R_1 i_{1(t)} + N_1 \frac{d\phi_{l1}}{dt} + N_1 \frac{d\phi_m}{dt}$$

$$L_1 \frac{di_1}{dt} = N_1 \frac{d\phi_{l1}}{dt}$$

$$e_1 = N_1 \frac{d\phi_m}{dt}$$

$$v_{1(t)} = R_1 i_{1(t)} + L_1 \frac{di_1}{dt} + e_{1(t)}$$

Gerçek Transformator-Manyetik yapı



Şekildeki manyetik eşdeğer devreye bakılırsa, $\mathcal{F}_1$ ve $\mathcal{F}_2$ arasındaki fark sonucu manyetik devrede ϕ_m akısının üretildiği açıkça görülür.

Gerçek bir transformatorun manyetik eşdeğer devresi

Gerçek Transformator - Uyartım devresi

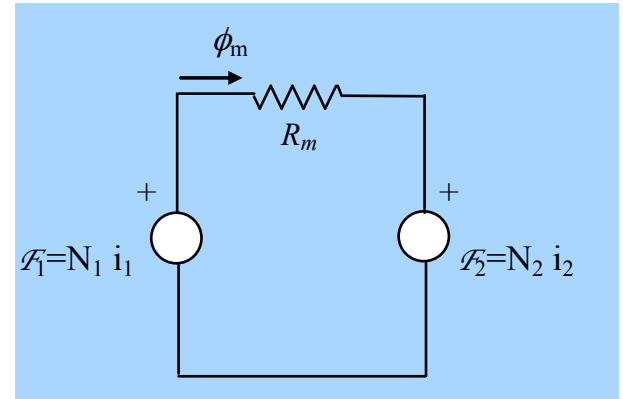
$$\phi_m R_m = N_1 i_1 - N_2 i_2$$

$$\phi_m R_m = i_\phi N_1$$

$$N_1 i_\phi = N_1 i_1 - N_2 i_2$$

$$i_1 = i_\phi + \frac{N_2}{N_1} i_2$$

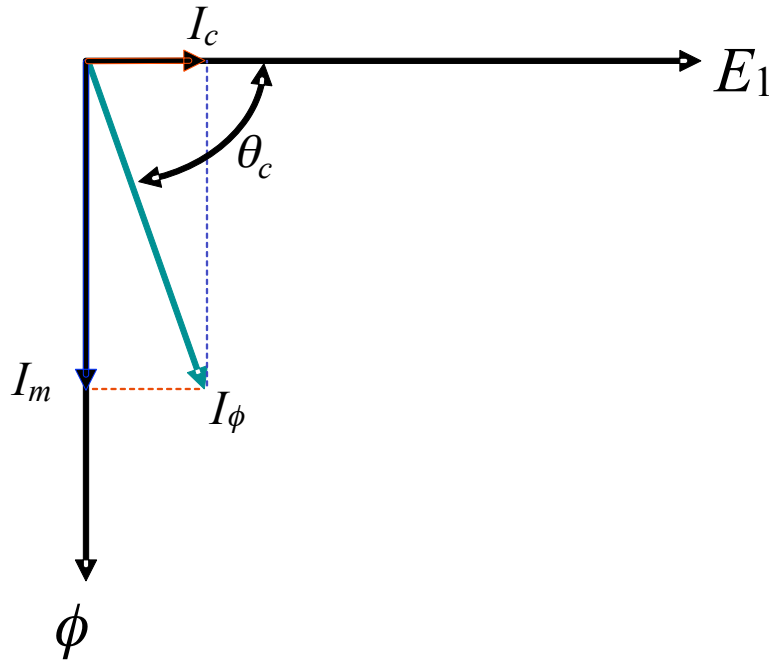
$$i_1 = i_\phi + i_2'$$



Primer akımı, uyartım akımı ile primere aktarılmış sekonder akımının toplamı olarak ifade edilebilir.

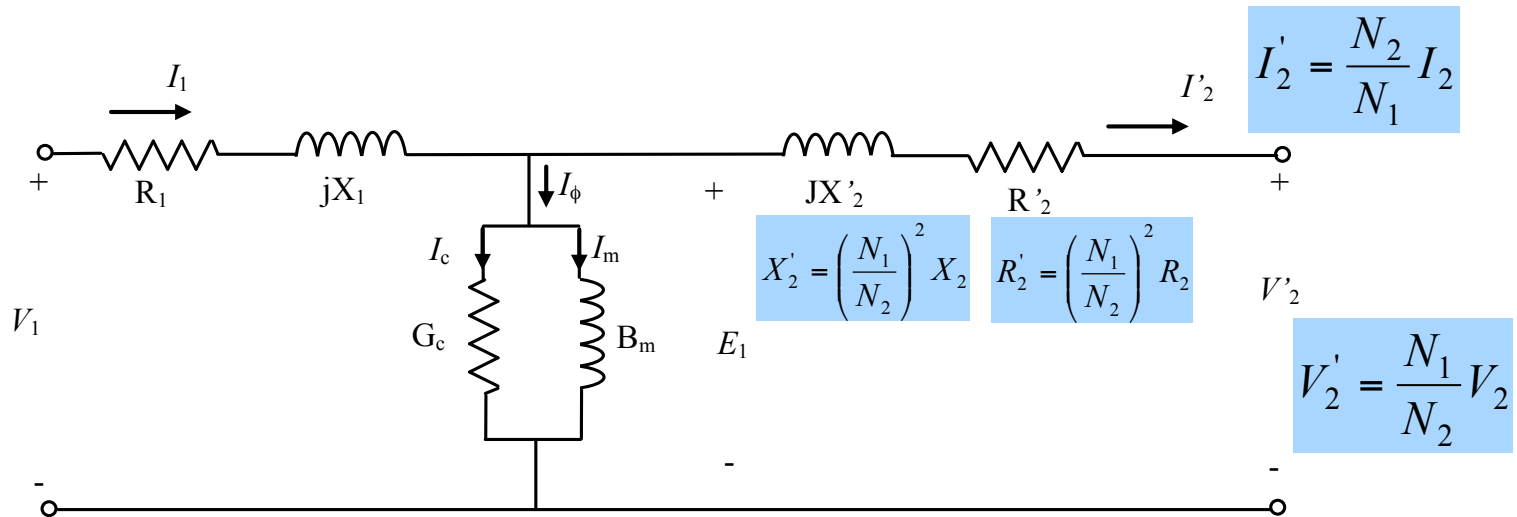
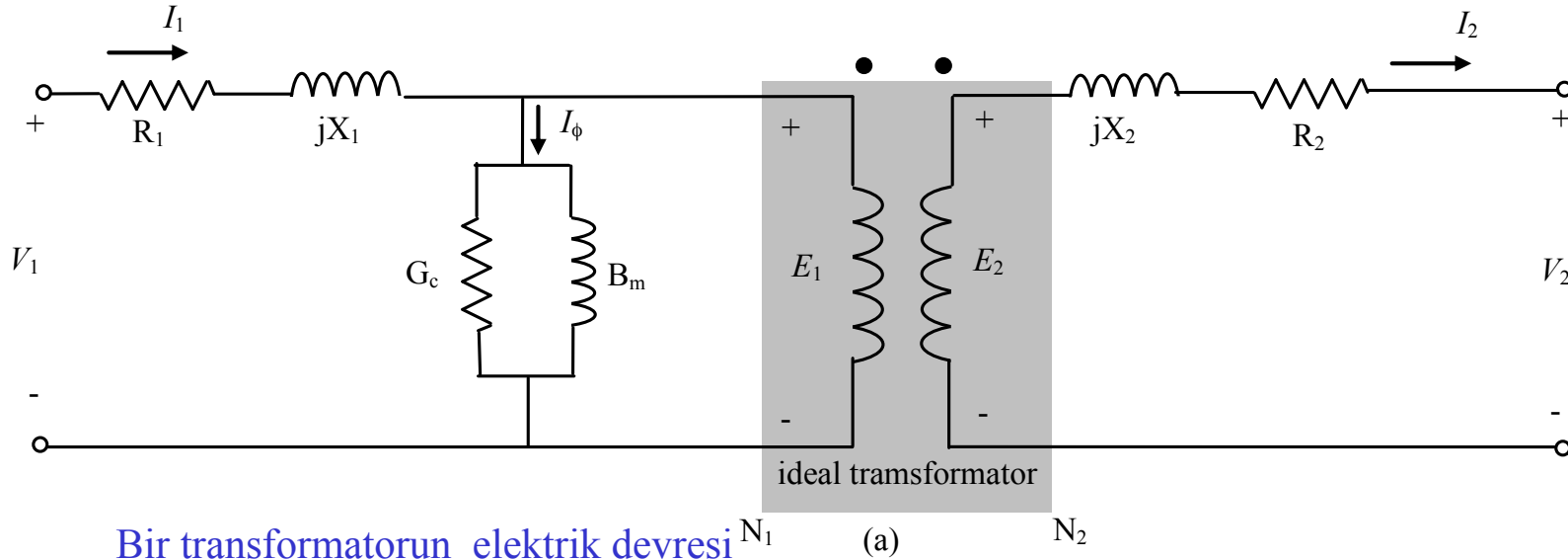
Gerçek Transformator - Uyartım akımı

Uyartım akımı nüvede kullanılan manyetik malzemenin histerisis eğrisinden dolayı sinüsoidal değildir. Ancak burada uyartım akımının sadece temel dalga bileşeni dikkate alınarak işlemler yapılacaktır.



Uyartım akımının fazör diyagramı

Gerçek Transformator - Eşdeğer devre

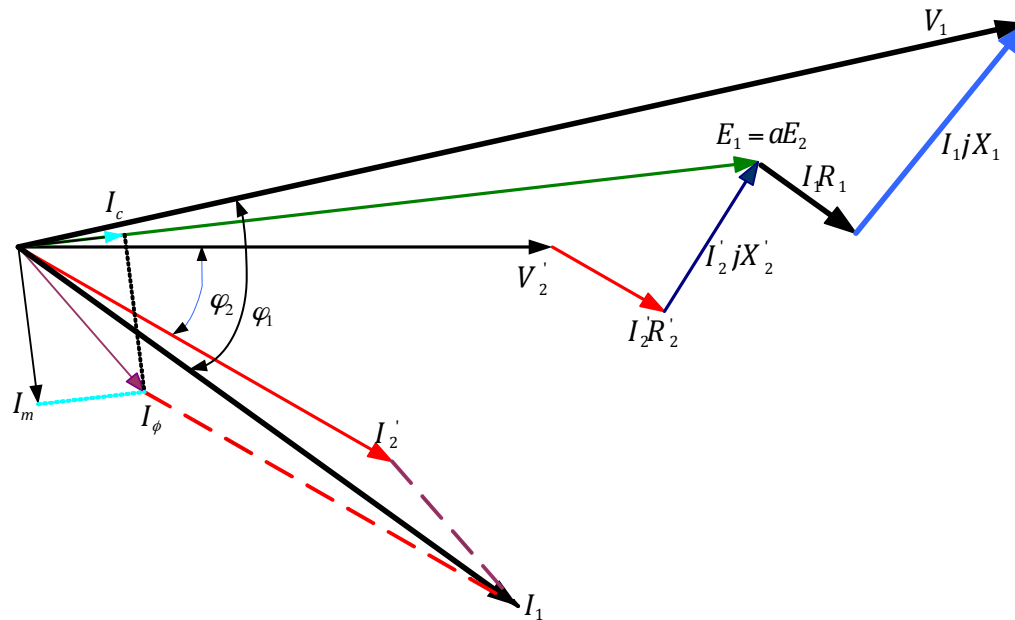


Bir transformatorun T- eşdeğer devresi

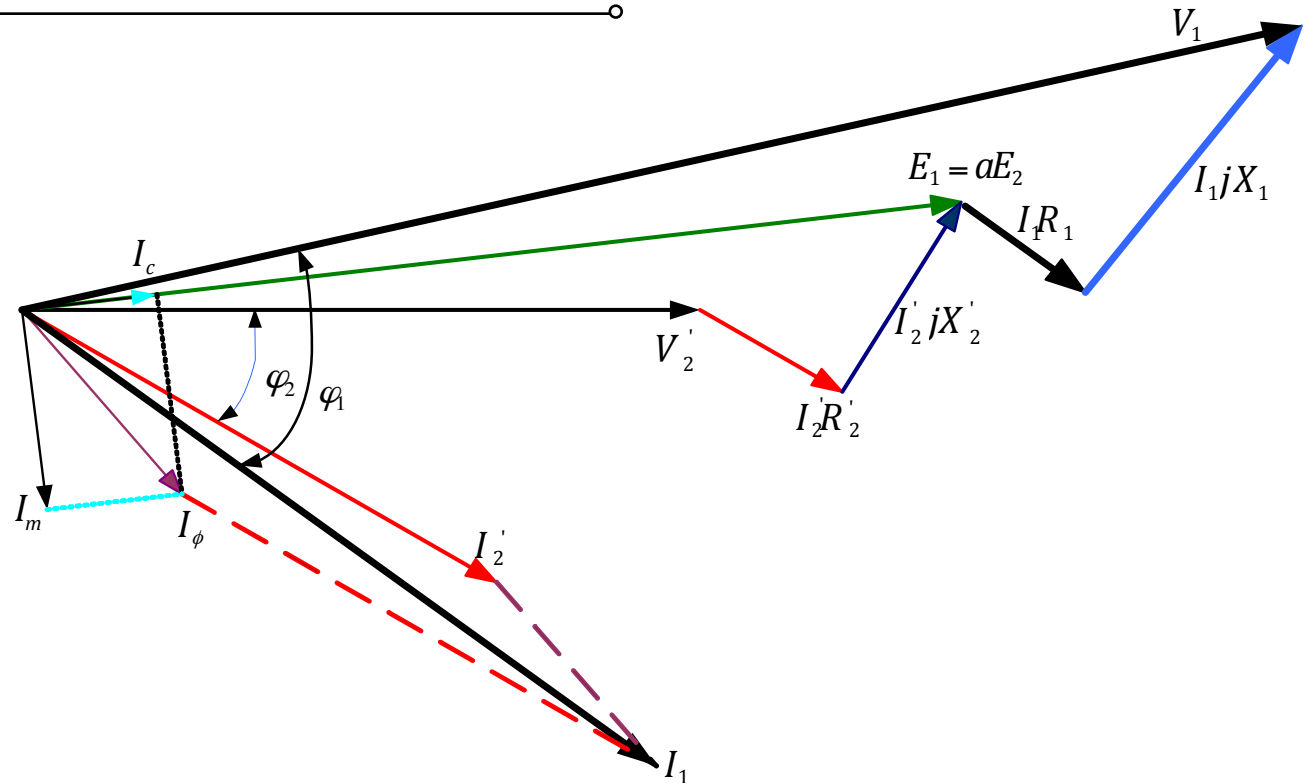
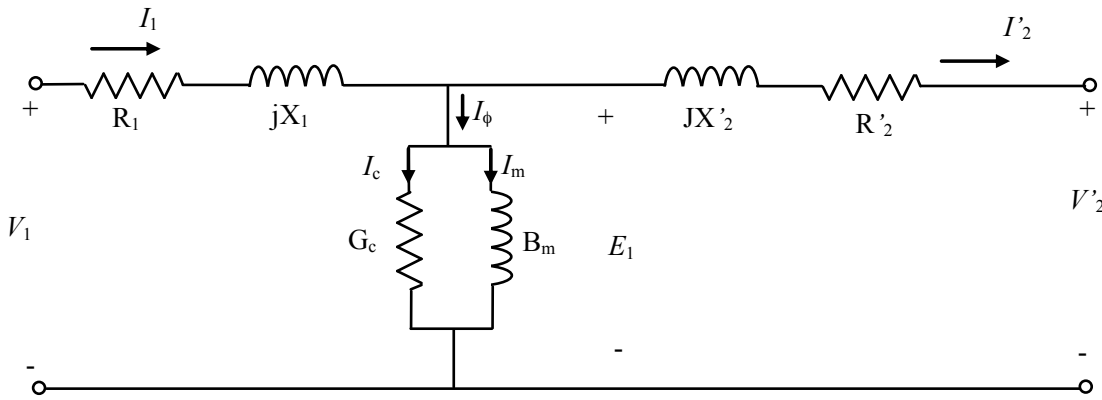
Gerçek Transformator - Fazör diyagramı

Fazör diyagramı: Kararlı durum şartlarında çalışan bir transformatorda akımlar, gerilimler ve faz açıları arasındaki bağıntıyı görmeye ve anlamaya yardımcı olması için fazör diyagramı çizilir.

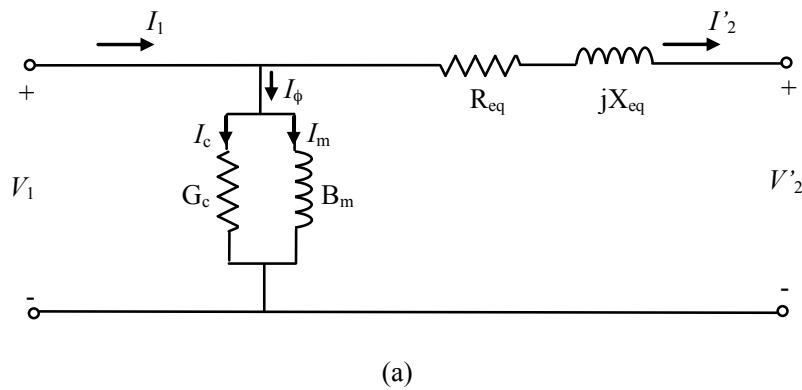
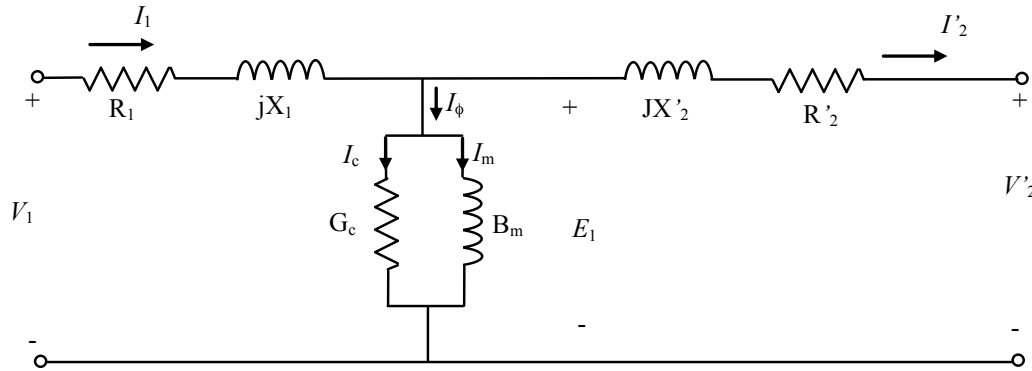
T-eşdeğer devre için fazör diyagramı herhangi bir büyüklük referans alınarak çizilebilir. Ancak, transformator için genellikle bilinen bir büyüklük olan sekonder gerilimi referans büyüklük olarak kullanılmaktadır.



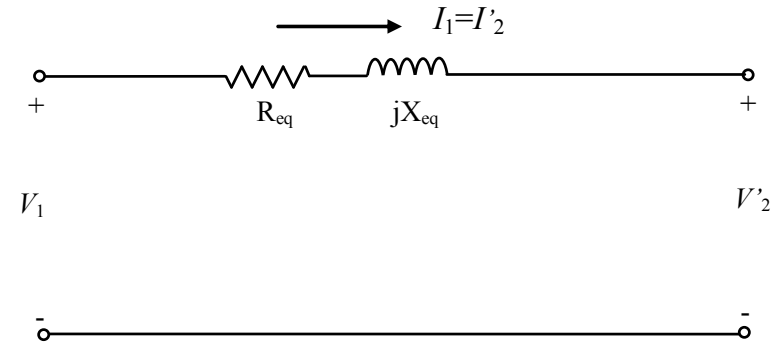
Gerçek Transformator - Fazör diyagramı



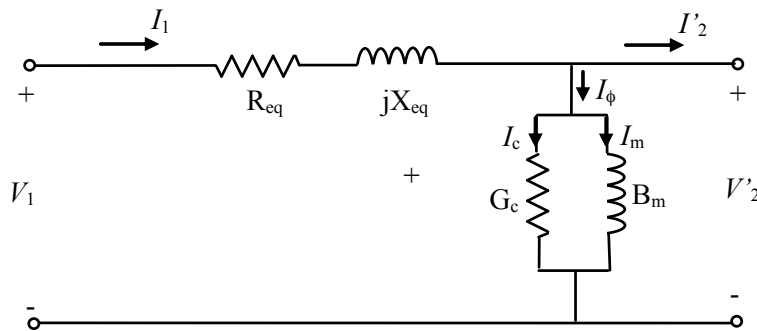
Gerçek Transformator – Yaklaşık eşdeğer devreler



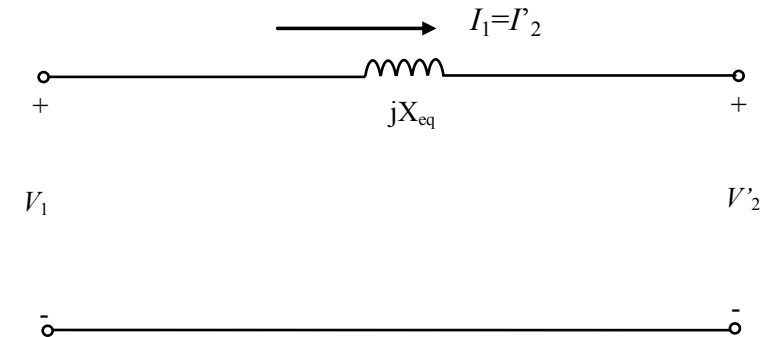
(a)



(c)



(b)



(d)

Transformatorların Performans Ölçütleri

Belirli bir uygulama için uygun transformatorun seçimi önemli performans ölçütlerinin değerlendirilmesini gerektirir.

Önemli performans ölçütleri:

- Gerilim regülasyonu
- Verim

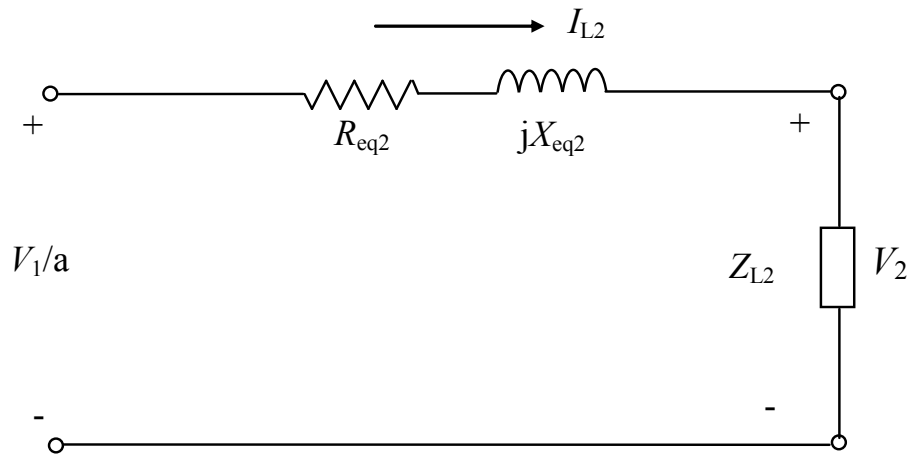
Performans Ölçütleri - Gerilim regülasyonu

- Gerilim regülasyonu

Sabit bir güçkatsayısında yükün sıfırdan anma değerine kadar değişmesi sonucu sekonder gerilimindeki değişimdir.

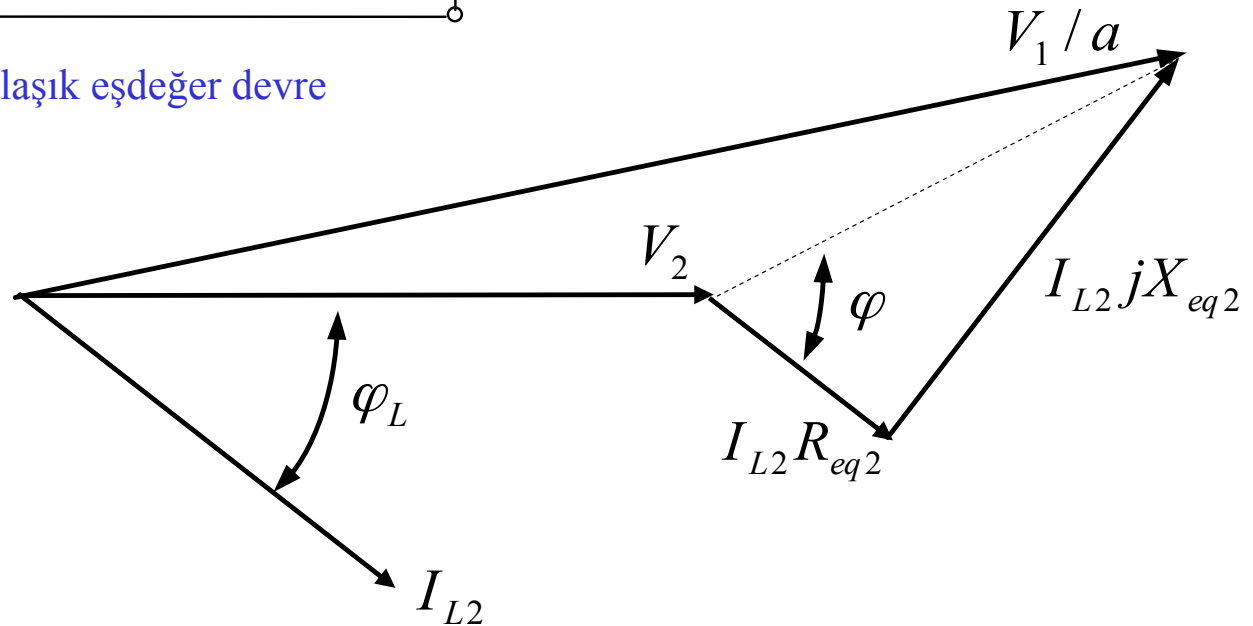
$$\%VR = \frac{V_2(yüksüz) - V_2(anma)}{V_2(anma)} \times 100$$

Performans Ölçütleri - Gerilim regülasyonu



$$\%VR = \frac{(V_1 / a) - V_2}{V_2} \times 100$$

Sekondere göre yaklaşık eşdeğer devre



Gerilim regülasyonunun çıkarılması için fazör diyagramı

Performans Ölçütleri - Verim

Verim:

Transformatorun çıkış gücünün giriş gücüne oranıdır.

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}$$

$$P_2 = V_2 I_L \cos \varphi_L$$

$$P_l = P_c + I_L^2 (R_{eq})$$

$$P_1 = P_2 + P_l$$

$$\eta = \frac{V_2 I_L \cos \varphi_L}{V_2 I_L \cos \varphi_L + P_c + I_L^2 (R_{eq})}$$

Transformatorların güçleri arttıkça verimlerinin de arttığı genellemesi yapılabilir. Bir transformatorun verimi yük akımı ile değişir.

Performans Ölçütleri - Maksimum Verim

Maksimum verim şartı:

$$\frac{\partial \eta}{\partial I_L} = 0$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}$$

$$\frac{\partial \left(\frac{P_2}{P_1} \right)}{\partial I_L} = 0$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial I_L} = \frac{P_1 \left(\frac{\partial P_2}{\partial I_L} \right) - P_2 \left(\frac{\partial P_1}{\partial I_L} \right)}{P_1^2} = 0$$

$$\frac{P_1 \left(\frac{\partial P_2}{\partial I_L} \right) - P_2 \left(\frac{\partial P_1}{\partial I_L} \right)}{P_1^2} = 0$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{\partial P_1 / \partial I_L}{\partial P_2 / \partial I_L}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{\partial (V_2 I_L \cos \varphi_L + P_c + I_L^2 R_{eq}) / \partial I_L}{\partial (V_2 I_L \cos \varphi_L) / \partial I_L}$$

Performans Ölçütleri - Maksimum Verim

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_2 \cos \varphi_L + 2I_L R_{eq}}{V_2 \cos \varphi_L}$$

$$P_c = 2I_L^2(R_{eq}) - I_L^2(R_{eq})$$

Böylece maksimum verim şartı:

$$P_1 = P_2 + 2I_L R_{eq} I_L$$

$$P_c = I_L^2(R_{eq})$$

$$P_1 = P_2 + 2I_L^2 R_{eq}$$

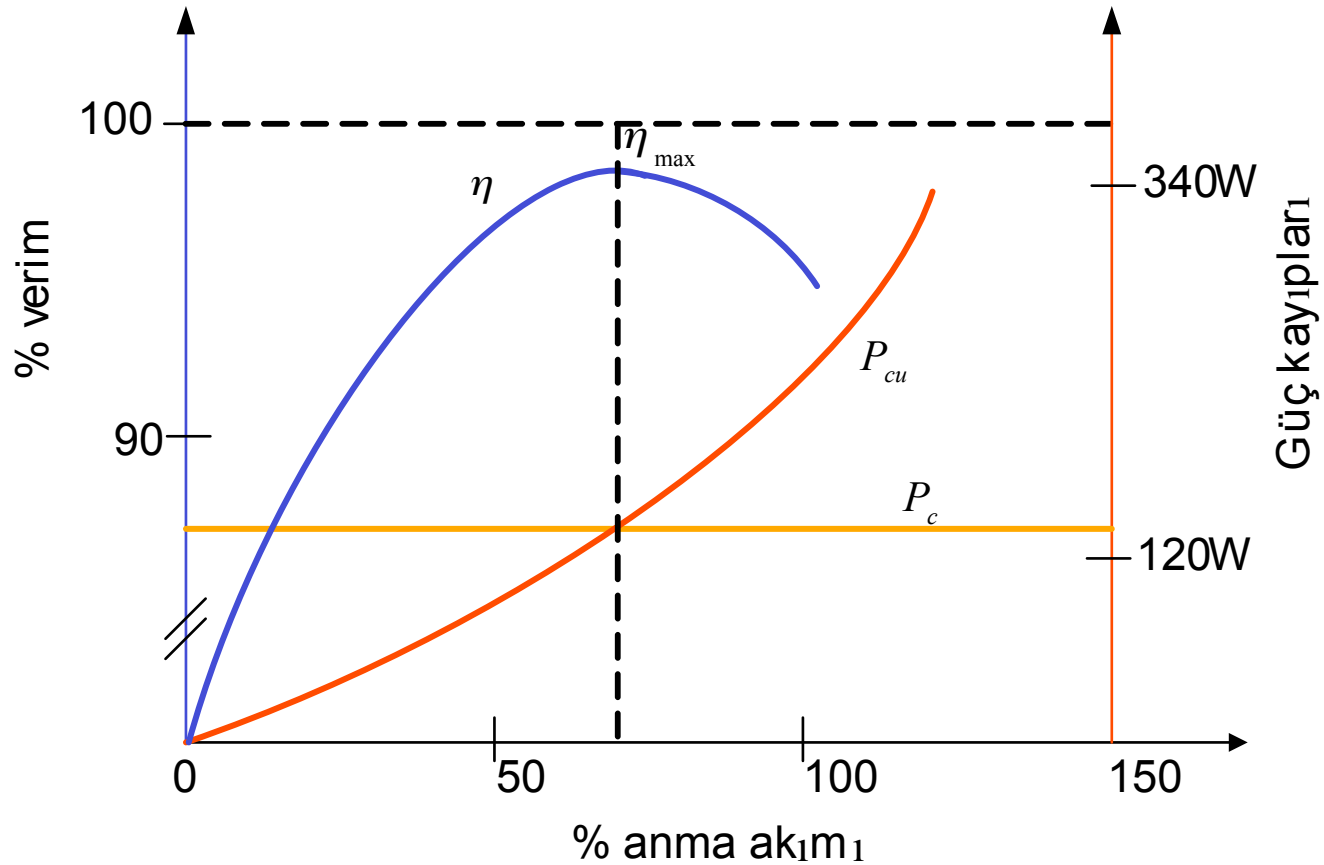
$$P_1 = P_2 + P_l$$

$$P_l = P_c + I_L^2(R_{eq})$$

$$2I_L^2(R_{eq}) = P_c + I_L^2(R_{eq})$$

Maksimum verim şartı; nüve kayıpları ile sargıların direnç kayıpları eşit olduğunda sağlanmaktadır.

Performans Ölçütleri - Verim



Yük akımı ile verim, bakır kayıpları ve nüve kayıplarının değişimi