



**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
GAMA MESLEK YÜKSEKOKULU
ELEKTRİK VE ENERJİ BÖLÜMÜ
ALTERNATİF ENERJİ KAYNAKLARI
TEKNOLOJİSİ**

ELEKTRİK MAKİNALARI

4.HAFTA

İçindekiler

Transformatörlerde Eşdeğer Devreler

Transformatör Kayıpları

TRANSFORMATÖRLERDE EŞDEĞER DEVRELER

Transformatörde Eşdeğer Devrenin İndirgenmesi

- Bilindiği üzere transformatörlerde sekonder ve primer devreler arasında fiziksel bir bağlantı mevcut değildir. Transformatörler ile ilgili analizler yapılırken hesap ve gösterim kolaylığı açısından sekonder ve primerdeki büyüklüklerin bir tarafta toplanması sıkça uygulanan bir yöntemdir. Bu durum transformatörlerde indirgenme işlemi olarak isimlendirilir ve dönüştürme oranı 'a' kullanılarak gerçekleştirilir. Her iki taraftaki büyüklüklerin dönüştürülmesi mümkünse de uygulamada genellikle sekonder sargı, primer sargıya indirgenir ve indirgenmiş değerler (') işaretiyle gösterilirler. Aşağıda sekonder büyüklüklerin primere indirgenmesi için kullanılan ifadeler yer almaktadır.

$$E_2' = aE_2$$

$$V_2' = aV_2$$

$$N_2' = aN_2$$

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

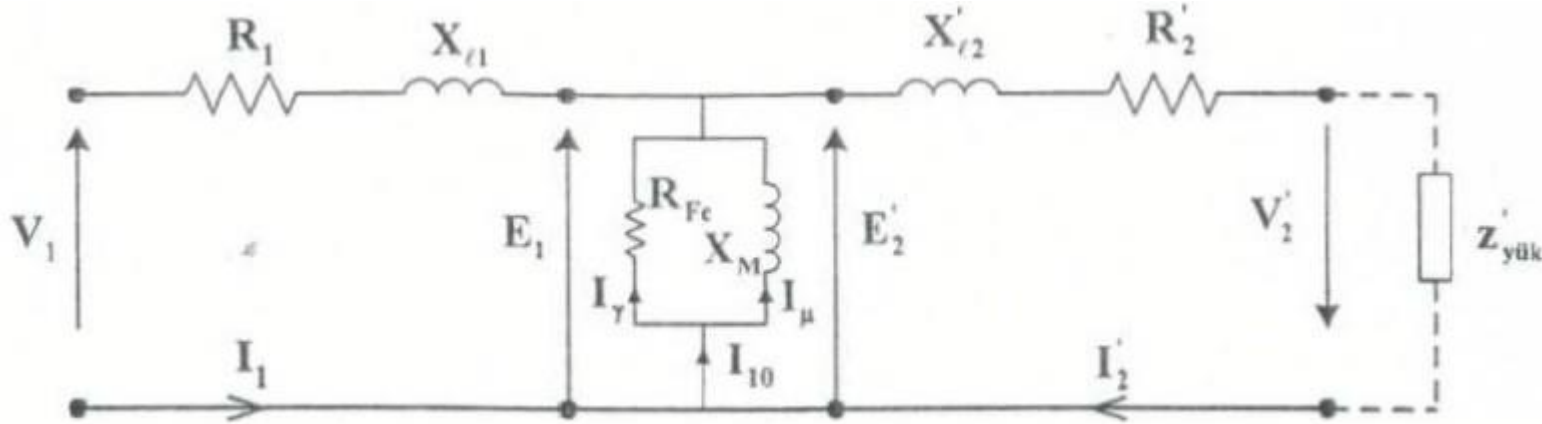
$$X_{\ell 2}' = a^2 X_{\ell 2}$$

$$I_2' = I_2 / a$$

TRANSFORMATÖRLERDE EŞDEĞER DEVRELER

Transformatörün Tam Eşdeğer Devresi ve Analizi

- Şekilde bu transformatora ait iki bobinin (primer ve sekonder) iç direnç ve kaçak reaktanslarını temsil eden fakat arada elektriksel bağlantısı olmayan devresi verilmişti. Gerilimleri ve parametreleri birbirinden farklı olan bu iki devrede çözüme ulaşabilmek için, iki devre için ayrı ayrı hesap yapmak gerekir. Halbuki eğer devreler endüklenen emk'ların uçlarında birleştirilebilirlerse, meydana gelecek tek devre ile istenilen çözüme ulaşmak mümkün olur. Şekil 2.5 'te böyle bir eşdeğer devre görülmektedir. Tam eşdeğer devre olarak isimlendirilen bu eşdeğer devrede, sekonder büyüklükler primere indirgenerek indisli (') olarak gösterilmiş ve demir kayıpları da temsil edilmiştir.



Sekonderin Primere İndirgenildiği Tam Eşdeğer Devre

TRANSFORMATÖRLERDE EŞDEĞER DEVRELER

- Demir kayıplarını temsil etmek için kullanılacak direncin iki ucunda var olacak potansiyel farkı, endüklenen emk'ya eşit olmalıdır. Bu nedenle demir kaybını temsil edecek Rf direncinin, eşdeğer devrede ortada olması gerekir. Diğer taraftan transformatörde mıknatıslanmayı sağlayan manyetik akının endüktansla temsil edilmesi mümkündür. Ayrıca endüktans açısal frekansla çarpılarak “mıknatıslanma reaktansı” adını alır ve tam eşdeğer devrede XM indisi ile gösterilirler. Bunun dışında akımların tanımları aşağıdaki gibidir:

I_1 :Şebekeden çekilen akım

I_2 :Yüke giden veya yükün çektiği akım

I_{10} :Boşta çalışma akımı

I_γ :Boşta çalışma akımı demir kayıplarını karşılayan bileşeni

I_μ :Boşta çalışma akımı mıknatıslanma bileşeni

TRANSFORMATÖRLERDE EŞDEĞER DEVRELER

- Boşta çalışması kayıpları anma kayıplarının %25-30'u mertebesindedir. Demir kayıpları boşta çalışma kayıpları arasında en büyük yeri tutar. $\varphi_0 = \delta + \psi_0$ ifadesinde, uygulanan V_1 gerilimi ile endüklenen E_1 gerilimi arasındaki δ açısının çok küçük olmasından dolayı ihmal edilmesi halinde $\varphi_0 \cong \psi_0$ olur. Yani boşta çalışma güç faktörünün açısı, sonuca kolay ulaşabilmek için demir açısına eşit alınabilir. Boşta çalışmada yapılan ölçümler yardımıyla eşdeğer devre parametrelerinden R_{fe} , X_M , I_μ ve I_γ değerleri hesaplanır. Transformatörlerin boşta çalışmasında $P_0 = P_{fe}$ olduğundan, aşağıda verilen denklemler yardımıyla yukarıda bahsedilen parametreler hesaplanabilir.

$$R_{fe} = \frac{P_0}{I_\mu^2}$$

$$\cos \varphi_0 = \frac{P_0}{V_1 \cdot I_{10}}$$

$$X_M = \frac{Q_0}{I_\mu^2}$$

$$I_\mu = I_{10} \sin \varphi_0$$

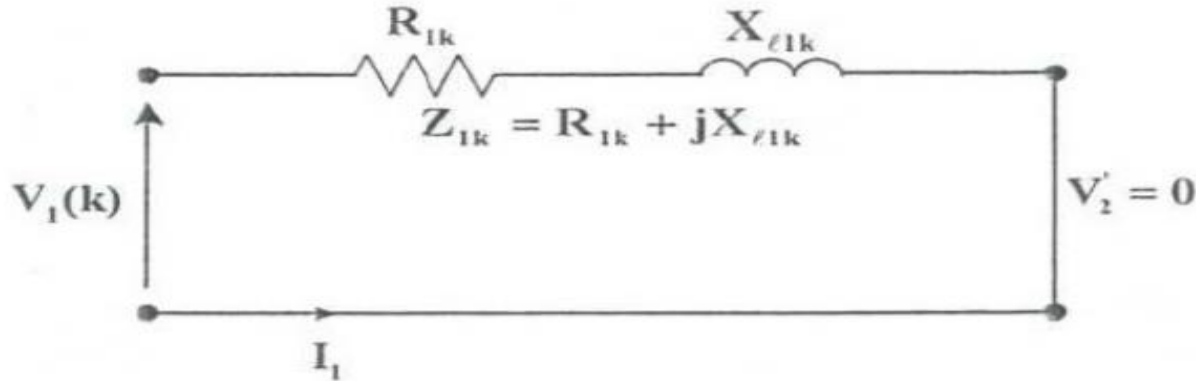
$$\sin \varphi_0 = \frac{Q_0}{V_1 \cdot I_{10}}$$

$$I_{10} = \sqrt{I_\mu^2 + I_\gamma^2}$$

$$I_\gamma = I_{10} \cos \varphi_0$$

TRANSFORMATÖRLERDE EŞDEĞER DEVRELER

- Transformatorün T eşdeğer devresinde sekondere bağlı olduğu varsayılan yük empedansının sıfır olması ($Z_y = 0$), transformatorün kısa devre edilmesi demektir. $Z_y = 0$ ise, çıkış gerilimi, yani yük uçlarında primere indirgenmiş gerilim $V_2 = 0$ olur. Şekilde kısa devre edilen bir transformatorün eşdeğer devresi gösterilmektedir. Kısa devre çalışmada nominal gerilim ve nominal akım uygulanması şeklinde iki farklı çalışma mevcuttur. İlkinde primere V_1 gerilimi uygulandığında akan akıma “kısa devre akımı” denir.



Transformator Kısa Devre Eşdeğer Devresi

$$I_k = \frac{V_1}{Z_{1k}}$$

TRANSFORMATÖRLERDE EŞDEĞER DEVRELER

- Kısa devre akımı olarak tanımlanan bu akımın genliği anma akımından çok büyüktür ve sargılarda meydana getireceği aşırı joule kaybından dolayı çok fazla ısınmaya ve neticede çok kısa sürede sargının kavrulup yanmasına neden olur. Bu nedenle kısa devre deneyini transformatöre zarar vermeden yapmak için ikinci uygulama daha yaygındır. Bu uygulamada kısa devre akımı, sargıların zarar görmeyeceği nominal akım değeri ile sınırlandırılmaktadır. Bu sebeple kısa devre çalışmada transformatörün primerine uygulanana gerilim ayarlanarak, akan akımın anma akımından büyük olmamasına dikkat edilir. Bu ayarlanan gerilim V_k ile gösterilir kısa devre akımı ise I_1 'dir.
- Kısa devre esnasında primer tarafta bağlı bir wattmetre ile ölçülen güce kısa devre gücü denilir ve pratikte transformatörün çalışma akımındaki toplam bakır kayıplarını gösterir. sekonder empedanslarının toplamı olan Z_{1k} 'ya "kısa devre empedansı", R_{1k} kısa devre direnci ve X_{11k} denir ve aşağıda verildiği gibi hesaplanırlar.

$$V_k = I_1 \cdot Z_{1k}$$

$$R_{1k} = \frac{P_{cu}}{I_1^2}$$

$$Z_{1k} = R_{1k} + jX_{11k}$$

$$X_{11k} = \sqrt{Z_{1k}^2 - R_{1k}^2}$$

TRANSFORMATÖR KAYIPLARI

- Transformatörlerin döner parçaları olmadığından sürtünme ve rüzgar kayıpları gibi bir takım kayıpları yoktur. Bu nedenle verimleri diğer elektrik makinelerine göre daha yüksektir. Ancak bütün elektrik makinelerinde olduğu gibi transformatörlerin de kayıpları vardır. Bu kayıplar; demir kayıpları ve bakır kayıpları olmak üzere iki çeşittir.

Demir Kayıpları: Transformatörde boş çalışmada oluşan kayıplardır. Çok küçük olan boşdaki akımın oluşturduğu bakır kayıpları dikkate alınmazsa, boş çalışmada yalnız demir kayıpları söz konusu olur. Demir kayıpların nüve veya çekirdek kayıpları da denilmektedir.

Demir kayıpları histerisiz ve fuko (fukolt) kayıpları olmak üzere ikiye ayrılır.

Histerisiz Kaybı: Demir gibi bazı ferromanyetik maddeler haricî manyetik alana maruz kaldıklarında geçici ya da kalıcı olarak manyetiklik sergilemeye başlar. Bu manyetiklik transformatör üzerinde var olan manyetik alana ters yöndedir ve ısı olarak enerji kaybına neden olur. Bu kayba histerisiz kaybı denir. Histerisiz kaybı, nüve moleküllerinin frekansa bağlı olarak yön değiştirmesi sırasında moleküllerin birbirleri ile sürtünmeleri sonucu ısı şeklinde ortaya çıkar.

Fuko (Fukolt) Kaybı: Bir nüve üzerine sarılmış bir bobinden değişken akım geçirildiğinde nüve üzerinde gerilim indüklenir. Bu gerilim nüvede kapalı çevrimler halinde çok sayıda akım yollarının oluşmasına neden olur. Bu olay yalnızca nüve yüzeyinde değil içinde de meydana gelir. Kapalı minik halkalar şeklinde oluşan bu akımlara fuko akımları (eddy akımları) denir. Her bir kapalı akım yolundaki akım şiddeti doğrudan indüklenen gerilim ile orantılıdır. Akım şiddeti bu akım yolunun elektriksel direnci ile ters orantılıdır.

TRANSFORMATÖR KAYIPLARI

Bakır Kayıpları: Bakır kaybı genellikle transformatör sargıları veya diğer elektrikli cihazların iletkenlerinde elektrik akımının ürettiği ısı için kullanılan bir terimdir. Transformatörlerdeki bakır kayıpları sargıda kullanılan iletkenin direnci ve iletkenden geçen akımın karesi ile doğru orantılıdır. Düşük frekanslı uygulamalarda kalın kesitli ve düşük dirençli iletkenler kullanılması ile bakır kaybı minimum seviyelere çekilebilir. Bakır kayıpları 1000 kVA'nın altındaki güçlerde transformatörün görünür gücünün %3 ile %4'ü kadardır.

KAYNAKLAR

- http://www.robotiksystem.com/transformator_nedir_transformator_yapisi.html
- <http://afguven.com/depo/ESM210/emds-bolum-2.pdf>