

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

Mühendislik Fakültesi

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

ELEKTRİK ÖLÇME LABORATUVARI

TRANSFORMATORLER

Deneyin gayesi: Bu deneyi yaptıktan sonra;

- * Aynı manyetik yolu paylaşan ikinci bir bobindeki akımı değiştiren bir bobinin etkisini,
- * Transformatorün çalışmasını açıklayabilmeyi,
- * Primer sekonder sargılarının oranından bir transformatorün sekonderinde emdüklenen gerilimi tahmin edebilmeyi ,
- * Farklı frekanslarda kullanılabilcek çekirdek malzemelerini belirleyebilmeyi,
- * Transformatorün verimli çalışabilmesi için kapalı bir yola ihtiyaç olduğunu bilmeyi öğreneceksiniz.

Deneyde Kullanılacak Aletler: DS1 Deney Seti Modülü,

Sinyal(Function) Generatörü,

Osiloskop,

Analog Multimetre,

Dijital Multimetre.

Deneyde kullanılacak komponentler: L1 ve L2/L3 endüktansları ve manyetik çekirdek malzemesi nümuneleri.

Ortak Endüktans: İki bobin birbirine yakın olarak yerleştirilmiş ve birinden akan akı diğeri ile irtibat sağlıyorsa, bobinlerden birine değişen bir gerilim uygulandığında bu bobinin akımı ve kendisini çevreleyen akı da değişir. Değişen bu akı ikinci bobinle bir link yaparak ikinci bobinde bir EMK endüklenmesini sağlar. Bu ikinci bobin bir devreye bağlandığında bu devreden akım akabilir ve bu devrede bir güç harcanabilir. Direk fiziki bir bağlantı olmadan bir yük beslenebilir. Bu , bir transformatorün çalışma prensibidir.

Tanım: Bir bobinden 1A/s hızıyla akan değişen bir akım bu bobinle manyetik olarak bağlantılı diğeri bir bobinde 1V'luk bir gerilim endükliyorsa bu iki bobin arasındaki **ortak enüktans** 1 Henry'dir.

1.Ortak Endüktansın Ölçülmesi. Deneyin Yapılışı: *Deney masanızda bulunan sayfalardan (s.59 Şekil 5.2'de) görüldüğü şekilde deney seti üzerine elemanları yerleştirin. S. G. Sinyal generatörü, O/P Output : Çıkış, CRO: Katot Işınli Osiloskop , CH1: Osiloskopun 1.kanalı, CH2: osiloskopun 2. Kanalıdır.

*Deney seti üzerinde L1 ve L2/L3 endüktörlerini birbirine yakın olarak yerleştirin. Kısa kablolarla 1.1 ve 1.12 noktalarını toprağa birleştirin.

* Osiloskop proplarını takın CH1'in canlı ucunu 1.2'ye CH2'nin canlı ucunu da 1.16'ya bağlayın. CH1'e bağlı L1 ve CH2'ye bağlı L2'nin uçlarındaki gerilimlerin dalga şekillerini ekranda görebilirsiniz.

* Sinyal generatörünü 1.4 ve 1.5 soketlerine bağlayın. Maximum genlikte **ana besleme frekansını** (main supply frequency) seçin. L1'de değişen alandan dolayı L2'de endüklenen çok küçük bir EMK'i gözleyebilirsiniz. Bu, L1'in ürettiği akının büyük bir kısmının L2 ile ortak olmamasından dolayı çok zayıftır. Çok büyük bir miktarda kaçak akı(leakage flux) vardır.

* 2 adet demir çekirdeği alın, L1 ve L2 bobinlerine sürün, osiloskobu gözlemleyin.

* Bu işlem sırasında CH2'nin kazancını (gerilim bölme oranını) ayarlamanız gerekecektir. Bunun iki türlü etkisi vardır: 1) Demir çekirdeğin geçirgenliğinden dolayı(permeabilite) L1'in meydana getirdiği akı büyük ölçüde artmıştır.

2) Çekirdekler birbirine yakın olarak itildiklerinden dolayı manyetik alan L2 ile daha yakın bir link kurar.

Kuplaj katsayısı (coefficient of coupling) artmıştır. Bu katsayı 0 ile 1 arasında herhangi bir değer alabilir ve ikinci bobinle irtibatlı olan birinci bobinin ürettiği akının bir kesridir. Akının yarısı ikinci bobinle bağlantılı ise kuplaj katsayısı 0,5'dir. Bu gerilimin tepeden-tepeye(peak to peak) değerini ölçün $L2'de\ endüklenen\ EMK=.....\ V.$

Bu devre primer sargısı L1 ve sekonder sargısı L2 olan bir transformatör gibi davranır.

* CH2 kanalının probunu 1.16 soketinden 1.15'e alın ve 750 sarımlı L3 bobininin çıkışını inceleyin. Sekonder sargısının sarım sayısı artmış demektir. L3'de endüklenen EMK , L2'de endüklenenin 3 katı olduğunu bulacaksınız çünkü L3 üç kat sarım sayısına sahiptir.

$L3'de\ endüklenen\ EMK=.....\ V.$

*1.12 bağlantısını 1.16'ya alarak sarım sayısını daha da artırın. 1000 sarımlık sekonder için EMK'i okuyun. $L2+L3'de\ endüklenen\ EMK=.....\ V.$

Sarım sayıları oranının etkisini doğrulamak için L2+L3'de endüklenen EMK'i L2'de endüklenen EMK'e bölün.

Demir çekirdekleri bobinlerden çıkarın, L1 bobinini de deney setinden çıkarın ve devreyi Şekil 5.4'deki gibi(sayfa 62) yeniden kurun.

*Osiloskobun CH1'in giriş gerilim bölme oranını (Y amplifier gain) 1V/div,

CH2'nin giriş gerilim bölme oranını(Y amplifier gain) 0,2V/div konumuna alın.

Sinyal generatörünü daha önce olduğu gibi maximum genlik ve 50 Hz frekansına alın, ekranda L3'ün uçlarındaki giriş gerilimini ve L2'nin uçlarındaki sekonder gerilimini göreceksiniz.

*Ferrit çekirdeği L2/L3 bobinine doğru sürün ve osiloskobu izleyin. Sekonder geriliminin arttığını göreceksiniz.

*Diğer ferrit çekirdek ve iki yumuşak demirli çekirdekle (soft iron core) Şekil 5.5'dek gibi bir köprü şekli meydana getirin. Bir elin başparmağı vr işaret parmağı ile bunları tutun.

* Ferrit çekirdek bobinin içinde olmak üzere manyetik alan için hava aralığı olmadan kapalı bir manyetik devreyi oluşturmak üzere köprüyü bobinin üzerine bütün çekirdekler birbirine temas edecek şekilde yerleştirin. Köprüyü çekirdeğe yaklaştırırken Osiloskobu gözleyin.

Kuplajın etkisinin arttığını göreceksiniz. Manyetik alan magnet etrafında kuzey kutuptan güney kutba doğru çekirdek malzemeleri yoluyla daha geçirgen(permeable) bir yol takibeder ve kaçak akı azalır.

Alçak frekanslarda transformatörün maximum verimi için tam olarak kapalı bir yol a ihtiyaç vardır. Yüksek frekanslarda kuplaj daha kolay elde edildiği için çekirdeğe gerek yoktur.

*Frekansı 10 kHz'e çıkarın ve osiloskobun zaman bazını(Time/cm) 50 μ s/div'e ayarlayın.

*L3'ün giriş gerilimini sinyal generatörünün genlik kontrolunu kullanarak tepeden-tepeye 3 V'a ayarlayın. Genliklerin oranının sarım sayılarının oranı gibi 3:1 civarında olduğunu görebileceksiniz.

*Ferrit çekirdeği çıkarın, bunun bu frekansta performansı gerçekte artırdığını göreceksiniz ve oran hemen hemen tam 3:1'dir.

Yüksek frekanslarda akının kaçığı çok daha azdır. Bir sonraki deney için devrenin bağlantısını bozmayın.

2. Çekirdek Malzemelerinin Frekans Cevabı

Deneyin Yapılışı:

*Devredeki bobinleri çıkarın *Sinyal generatörünün frekansını 16 Hz' e ayarlayın * Osiloskobun Zamanbazını(Time/div) 5ms/div ve CH.2'nin kazancını 10 mV/div değerine ayarlayın * L3'ün genliğini tepeden-tepeye 4 V olacak şekilde sinyal generatörünün çıkışını ayarlayın * osiloskoptan sekonder gerilimini(tepeden-tepeye) okuyun Tablo 5.1'de **Hava Çekirdekli(Air Core)** süununa yazın* Frekansı 160 Hz'e, 1600Hz', 16 k Hz'e, 160 kHz'e ve 1,6 MHz' e ayarlayarak L2'nin gerilimini okuyup tabloya kaydedin. Devreye ferrit bir çekirdek koyarak aynı frekanslardaki değerleri tekrar okuyun ve tablodaki i Ferrit çekirdek sütununa kaydedin * Sekonder geriliminin frekansla değişimini Grafik 5.1'deki gibi eksen takımı üzerinde çizin(Not: Grafikte frekans eksenini logaritmik skala ile işaretlenmiştir).

Ferrit çekirdeğin geniş bir frekans aralığında lineer bir cevap verdiğini, fakat hava çekirdekli bir kuplajla karşılaştırıldığında yüksek frekanslarda bir miktar kayıpların meydana geldiğini göreceksiniz. Bu **histerezis** diye bilinen kalıcı mıknatıslanma etkisinden dolayı meydana gelir.

Kayıplara sebep olan bu kalıcı mıknatıslanma çekirdeğin ters yönde mıknatıslanabilmesinden önce akımın sıfıra inmesinin (coersed) sağlanmasıdır.

3.Transformatörün Akım Oranı

Sekonder sargıya bir yük bağlanırsa sekonder sargıda bir EMK endüklenir ve yükten bir akımın akmasına ve bir güç sarfedilmesine sebep olur. Bu gücün biryerden gelmesi gerekir, Lenz kanunu bunun cevabını verir. Endüksiyon olayı kendisine ters bir olayı(reaction) meydana getirecektir. Sekonder sargısından akan akım bir manyetik alan meydana getirecek, bu manyetik alan da primerden akan akımın meydana getirdiği ilk manyetik alanı sıfırlamaya yönelecektir. Primerdeki akım manyetik alanı yenilemek için artacaktır. Primer sargısında akan bu artan akımın miktarı, sekonder akımının meydana getirdiği ters yönlü kuvvete karşı koyacak şekilde yeterli mıknatıslama kuvvetini sağlayacaktır.

Sekonder sargının sarım sayısı primer sargının 1/3 ' ü kadar ise, aynı mıknatıslama kuvvetini verebilmesi için sekonder sargının akımı primer sargının akımının 3 katı olmalıdır(N x I). Bu aynı zamanda sekonder ve primer sargılarındaki gücün aynı olduğunu gösterir.

$$(1/3) \times V \times 3I = V \times I$$

Sekonder sargının iç direnci yük olarak yeterlidir. Yük akımını elde etmek için sekonder sargısını kısa devre edebiliriz.

Deneyin yapılışı:

*Şekil 5.7'deki(sayfa 68) gibi devreyi kurun L2/3 bobinine bir ferrit çekirdek koyun.

*L3'ün uçlarına analog ölçü aletini bağlayın.

*Dijital mültmetreyi 1.6 ve 1.16 soketleri arasına bağlayın

*Sinyal generatörünü 1.4 ve 1.5 soketleri arasına bağlayın. Frekansı 10 kHz'e ayarlayın ve L3'ün uçlarında 6V(RMS=Efektif) gerilim ölçecek şekilde sinyal generatörünün genliğini ayarlayın(veya uygun herhangi bir değere).

*L3'den geçen mıknatıslama akımının değerini ölçü aletinden okuyun. Bu akım 10 kHz frekansta çok küçük bir değerde olacaktır, çünkü bu frekansta endüktörün reaktansı yüksektir.

L3'den akan mıknatıslama akımı=mA *L2'yi kısa devre etmek için 1.8 ve 1.9 soketlerini birleştirin. *Bu işlem sinyal generatörünün yükünü artırır ve çıkış gerilimi azalır. Bu gerilimi 6 V'a ayarlayın. *Bu durumda L2'den akan akımdan dolayı L3'den akan akımın yeni değerini okuyun.

$$L3'den\ akan\ akım = \dots\dots\dots mA$$

*1.8 ve 1.9 soketleri arasındaki kısa devreyi ve 1.6 ve 1.16 soketleri arasındaki ampermetreyi kaldırın, L2'den akan akımı ölçmek için ampermetreyi 1.8 ve 1.9 soketleri arasına bağlayın 1.6 ile 1.16 soketleri arasını kısa devre edin. *Gerekli ise giriş gerilimini 6 V'a ayarlayın *L2'den akan akım okuyun.

$$L2'den\ akan\ akım = \dots\dots\dots mA \quad Akımlar\ Oranı = L2'den\ akan\ akım / L3'den\ akan\ akım$$

Hesaplama öncesi mıknatıslama akımını L3'ün akımından çıkarın. Böylece transformatörün akım oranı hakkında yukarıdaki tezi doğrulamış olacaksınız.

Empedans Yansımaları

Bu transformatör 3:1 oranında gerilim düşümü fakat 1:3 oranında akım artışı verir. Gerilim/Akım oranı empedanstır. Primerin gerilimi sekonderin geriliminin 3 katıdır fakat primer akımı sekonderdeki yükün çektiği akımın sadece 1/3'ü oranındadır. Bu nedenle primerin empedansı sekonderin empedansının (3x3) dokuz katıdır. Genel olarak, transformatör tarafından primere aktardığı empedans sekonderdeki yükün T^2 katıdır, burada T transformatörün sarım sayıları oranıdır (primerin sekondere oranı).

Primer ve sekonder empedansları yukarıdaki açıklamalar göre hesaplanabilir

$$Z_p = T^2 \times Z_s$$

Yukarıdaki örnekte sekonder yük altında iken primere yansıyan empedansı hesaplayın

$$\text{L3'ün uçlarındaki gerilim / L3'den akan akım} \quad Z_p = \dots\dots\dots\Omega$$

Yukarıda olduğu gibi sekonderde endüklenen gerilimin primer geriliminin 1/3'ü olduğunu kabul edelim, sekonderdeki yük empedansını hesaplayın.

$$0,33 \times V / L2'den akan akım \quad Z_s = \dots\dots\dots\Omega$$

Öğrenci Değerlendirme Soruları

- 1) Aşağıdakilerden hangi durumda iki bobin arasında bir ortak endüktans meydana gelir?
- (a) Bobinlerin herhangi birinden değişen akım akıyorsa,
 - (b) Her iki bobin de aynı sarım sayısına sahip ise,
 - (c) İkinci bobin akım akıtacak kapalı bir yola sahip ise,
 - (d) Bobinlerin birinden akan değişen akımın meydana getirdiği akı diğer bobinle bir link sağlıyorsa.
- 2) Bir transformatörün L1 primer sargısına uygulanan 4 V rms(efektif) bir gerilim L2 sekonderinde 2 V'luk bir gerilim endüklüyorsa sarım sayılarının oranı aşağıdakilerden hangisi olmalıdır?
- (a) L1= 400 sarım, L2= 100 sarım
 - (b) L1= 100 sarım , L2= 200 sarım
 - (c) L1= 400 sarım, L2= 200 sarım
 - (d) L1= 200 sarım, L2= 400 sarım
- 3) Bir güç transformatöründe en iyi kuplaj katsayısı için çekirdek malzemesi hangisinden yapılmalıdır?
- (a)** Pirinç **(b)** Çelik **(c)** Hava **(d)** İnce demir levhalardan
- 4) Hava çekirdekli bir devre ile ferrit çekirdekli bir devrenin çalışmasını farklı frekanslar için karşılaştırın
- (a) Hava çekirdeği hiçbir zaman verimli değildir
 - (b) Yüksek frekanslarda hava çekirdeği daha iyidir
 - (c) Alçak frekanslarda hava çekirdeği daha iyidir
 - (d) Ferrit çekirdek hiçbir zaman daha verimli değildir
- 5) Primeri 200 sarımlı sekonderi 100 sarımlı olan bir transformatörde mıknatıslama akımı ihmal edilirse sekonderdeki akım aşağıdakilerden hangisi olmalıdır?
- (a) Primer akımının iki katı
 - (b) Primer akımının yarısı
 - (c) Primer akımı ile aynı
 - (d) Primer akımının dört katı.