



T.C.
KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
Mühendislik Fakültesi

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

KABLOSUZ ELEKTRİK İLETİMİ

İbrahim Sert
Zeynel A. Aydın

Prof. Dr. İsmail H. Altaş

Mayıs 2012
TRABZON



T.C.
KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
Mühendislik Fakültesi

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

KABLOSUZ ELEKTRİK İLETİMİ

İbrahim Sert
Zeynel A. Aydın

Prof. Dr. İsmail H. Altaş

Mayıs 2012
TRABZON

LİSANS BİTİRME PROJESİ ONAY FORMU

İbrahim Sert, Zeynel A. Aydın tarafından Prof. Dr. İsmail H. Altaş yönetiminde hazırlanan “Kablosuz Elektrik İletimi” başlıklı lisans bitirme projesi tarafımızdan incelenmiş, kapsamı ve niteliği açısından bir Lisans Bitirme Projesi olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. İsmail H. Altaş

Jüri Üyesi 1 :

Jüri Üyesi 2 :

Bölüm Başkanı : Prof. Dr. İsmail H. Altaş

ÖNSÖZ

Bu tez KTÜ Elektrik Elektronik Mühendisliği öğrencileri tarafından hazırlanmıştır. Proje seçiminde yol gösterici olan proje danışmanı ve değerli hocamız Prof. Dr. İsmail H. Altaş'a, bitirme projesi boyunca tecrübe ve deneyimlerini bizimle paylaşan Sayın Öğr. Gör. Emre Özkop ve Oğuzhan Çakır'a, Elektrik Laboratuvarları Teknisyeni Yüksel Salman'a, KTÜ Mühendislik Fakültesi Satın Alma Birimi çalışanlarına bölüm olanaklarını bitirme çalışmamızda kullanılmasına izin verdiği için Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölüm Başkanlığına, desteklerinden dolayı Mühendislik Fakültesi Dekanlığına ve KTÜ Rektörlüğüne teşekkür ederiz.

Ayrıca eğitim hayatımız boyunca bize maddi ve manevi konularda her türlü desteği sağlayan ailelerimize teşekkürlerimizi sunarız.

Mayıs 2012

İbrahim Sert

Zeynel A. Aydın

İÇİNDEKİLER

Lisans Bitirme Projesi Onay Formu	ii
Önsöz	iii
İçindekiler	iv
Özet	vi
Şekiller ve Çizelgeler Dizini	vii
Semboller Ve Kısaltmalar	viii
1. Giriş	1
2. Teorik Altyapı	3
2.1. Kullanılan Malzemelerin Teorik Bilgisi	3
2.1.1. Kutu Tipi Kondansatör Seçimi	3
2.1.2. Tetikleme Elemanın Seçimi	4
2.1.3. Direnç Seçimi	5
2.1.4. Bobin Seçim	6
2.1.5. Bakır Çember Seçimi	6
2.1.6. Devrenin Beslenmesi	7
2.1.7. Koruma ve Enerji Kontrol	7
2.1.8. Alıcı Kısma Eklenecek Kondansatör Özellikleri	7
2.1.9. Soğutucu	8
2.2. Fiziksel Teorik Bilgiler	8
2.2.1. Endüktif Kuplaj	8
2.2.2. Fiziksel Yasalar	8
2.2.3. Deri Olayı	9
2.2.4. Rezonans	9
3. Tasarım	10
3.1. Kablosuz enerjiye neden ihtiyaç duyulur?	10
3.1.1. Kablosuz elektrik iletiminin günümüzdeki durumu	11
3.2. Elektriksel Kısım Tasarımı	11
3.2.1. Devre Şeması Tasarımı	11
3.2.2. Devre Şemasının Boarda Aktarımı	12
3.3. Mekanik Kısım Tasarımı	14
3.4. Kullanılan Malzeme Listesi ve Maliyet Hesabı	16
4. Simülasyon çalışmaları	17
4.1. Multisim Üzerinde Simülasyon Çalışması	17
4.2. Multisim ile Ara yüz Oluşturma	17
4.3. Simülasyon Devre Parametrelerinin Belirlenmesi	19
4.4. Simülasyon Gözlem ve Sonuçları	19
5.Devre gerçekleştirme ve deneysel çalışmalar	21

5.1. Devre Gerçekleşmesi	21
5.2. Devrenin Çalışması	23
5.3. Kondansatör Tipinin Deneysel Belirlenmesi	23
5.4. Mesafeye Göre Lamba Parlaklığı Deneyi	25
5.5. Açığa Bağlı Lamba Parlaklığı Deneyi	27
5.6. Sönüm Gözlemlenmesi	28
5.7. Zorluklar ve Kolaylıklar	29
5.8. Güvenlik Önlemleri	29
5.9. Standartlar Ve Kısıtlamalar	30
6. Sonuç	31
7. Yorum ve Değerlendirme	32
KAYNAKLAR	33
EK-1 Standartlar ve Kısıtlar Formu	35
ÖZGEÇMİŞ	37

ÖZET

Günümüzde elektrik enerjisi yaşamsal önemi olan bir enerji kaynağıdır. Bu enerji kaynağının nasıl üretildiği, dağıtıldığı ya da iletiminin nasıl yapıldığı önemlidir. Hepsi ile ilgili farklı farklı dağıtım, üretim ve iletim yöntemleri mevcuttur. Teknolojinin günden güne geliştiğini düşünürsek 90'lı yıllarda internete sadece kablo aracılığı ile bağlanabiliyordu fakat günümüzde çeşitli alternatifler mevcuttur. Bunlardan birisi de kablosuz bağlantı seçeneğidir. Bu iletim çeşidinin benzeri elektrik iletiminde de gerçekleştirilmeye çalışılmıştır.

Kablosuz elektrik iletimi projesi ile elektrik enerjisinin hava ortamında arada herhangi bir iletken olmadan belirli bir mesafeye kadar iletimi hedeflenerek bu çalışma yapılmıştır. Kablosuz elektrik iletimi tasarlanırken amacımız günden güne çevremizi saran kabloların sayısını azaltmak hatta tamamen ortadan kaldıracak bir prototip oluşturulmuştur. Bununla birlikte iletim esnasında kablodaki enerji kayıplarının azaltılması da hedeflenmiştir.

Kısaca kablosuz elektrik iletimi şu şekilde çalışmaktadır; verici kısım ve alıcı kısımdan oluşan rezonans devreler karşılıklı olarak birbirinin etkileşim alanı içerisinde belirli bir frekans değerinde elektromanyetik alan etkileşimi yaparak verici kısımdaki enerji alıcı kısma aktarılmıştır. Kablosuz elektrik iletim devresi tasarlanırken 2 adet tek çevrimden oluşan bakır iletken çemberler tam karşılıklı olacak şekilde dizayn edilerek verici devre tarafından oluşturulan manyetik alanın alıcı kısımdaki çemberi yüksek frekansla etkilemesi sağlanmıştır. Oluşan bu alan sayesinde iletken çemberler ne kadar birbirine yakın ve tam karşılıklı olursa alıcı kısma monte edilen lamba parlaklığı o kadar iyi olmuştur. Alıcı kısma aktarılan enerjinin büyüklüğüne göre lamba yerine motorda bağlanabilmektedir.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Kondansatör gösterimi	3
Şekil 2.2. Mkp ve Fkp tip kondansatörlerin resimleri	4
Şekil 2.3. N tipi mosfet gösterimi	5
Şekil 3.1. Kablosuz elektrik iletimi devre şeması	12
Şekil 3.2.Devre elemanlarının board üzerine dizilimi	13
Şekil 3.3. Bağlantı gösterimi	13
Şekil 3.4. Kablosuz elektrik iletimi yapılacak devrenin monte edilmiş hali	15
Şekil 4.1. Simülasyon devre şeması	18
Şekil 4.2. Uygulanan sönüm işareti	19
Şekil 4.3. Çıkışta gözlemlenen sinüzoidal işaret	20
Şekil 5.1. Devrenin montaj edilmiş hali	22
Şekil 5.2. Mkp tip kondansatörlerin bağlantısı	23
Şekil 5.3. Mkpli devre ile yapılan aktarım	24
Şekil 5.4. Mesafeye göre iletim	25
Şekil 5.5. Mesafeye göre aktarılan enerji veriminin ideale durumu	26
Şekil 5.6. Açıya göre enerji aktarımı	27
Şekil 5.7. Açıya göre parlaklık değişimi grafiği	27
Şekil 5.8. Sönüm gözlemlenmesi	28

SEMBOLLER VE KISALTMALAR

V	volt
A	amper
DC	doğru akım
AA	alternatif akım
W	watt
PCB	Devre Basma Bordu
MKP	Metalik yapılı kondansatör
FKP	Film yapılı kondansatör
IEEE	Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
ANSI	Amerikan Ulusal Standart Enstitüsü

1. GİRİŞ

Elektrik enerjisi günlük hayatımızın vazgeçilmez bir parçasıdır. Elektrikli cihazların ve sanayinin gelişmesiyle birlikte elektrik enerjisinin kullanımı daha da yaygınlaşmıştır. Bugün kullandığımız sistemlerin çalışması büyük çoğunlukla elektrik enerjisi üzerine kuruludur. Evlerimizde kullandığımız cihazların hemen hepsi elektrikle çalışır ve elektriği iletmek için kablolar kullanırız. Fakat kablolar birtakım problemlere sebep olmaktadır. Bu projeye en azından yakın mesafelerde verimli kablosuz elektrik iletimi sağlayarak ciddi bir ekonomik yükten kurtarılıp insanların daha rahat ortamlarda çalışması sağlanabilir.

Kablosuz elektrik iletiminin amacı kablo kalabalığını ortadan kaldırmak ve kablo maliyetlerinin önüne geçmektir. Kablosuz elektrik iletimi alıcı ve verici arasındaki manyetik alan üzerinden belirli frekansta olur. Aynı rezonansa sahip alıcı ve verici arasında enerji transferi olur. Rezonans durumunda birbirleriyle enerji alışverişi çok güçlü bir şekilde gerçekleşir. Kablosuz elektrik iletiminde rezonansı farklı sistemlerle ve cisimlerle etkileşim yok denecek kadar azdır.

Bu teknoloji günümüzde bazı alanlarda kullanılmaktadır. Kablosuz enerji iletimi konusundaki çalışmalar henüz araştırma düzeyindedir ve kısa mesafeler için bazı çalışmalar yapılmıştır. Sony firması da belirli mesafeden kablosuz elektrik iletimi çalışmaları yapmıştır.[1] Hedef olarak 50W değerindeki ampullerin yakılması hedeflemiştir. Bizim yaptığımız çalışma hem kullanılan devre elemanlarının güç değeri hem de çemberin çap ve sarımı daha küçüktür. Bu sebeple proje maliyeti ve iletilen güç miktarı [1] deki çalışmalara göre daha az olmaktadır. Daha fazla bilgiye [1] den ulaşılabilir.

Kablosuz elektrik iletimi projesi mekanik ve elektrik kısım olmak üzere iki kısma ayrılarak gerçekleştirilmiştir. İlk olarak verici kısım Eagle programı üzerinde tasarlanmıştır. Daha sonra devre elemanlarının bacak aralıkları, gerilim, akım değerleri göz önüne alınarak aynı program içindeki board üzerine aktarılarak tasarlanmıştır. Yine bir elektronik devre çizim programı olan Multisim üzerinden çeşitli elektriksel gözlemler yapılmıştır. Devrenin mekanik kısmı; üzerinde dengeli hareket etmesi sağlayacak ayaklar, monte edilecek olduğu plaketi şekil ve boyutundan, bakır çemberin kalınlığı ve çapından oluşmaktadır. Elektriksel kısım ise geneli güç elemanı olan devre elemanlarından oluşmaktadır. Bunlar; güç mosfeti, yüksek güçte dirençler, ileri yönlü akım değeri yüksek

diyotlar, kapasitif tip ve direnç tipi olmak üzere akım değeri yüksek bobinler, kutu tipi kondansatörler, devrenin enerjilenip enerjilenmediğini gösteren led, sigorta ve anahtardan oluşmaktadır.

Çizelge 1.1 de projenin iş zamanı belirtilmiştir. Tasarımdan bitirmenin son gününe kadar olan zamanı kapsamaktadır.

Çizelge 1.1 İş-Zaman çizelgesi

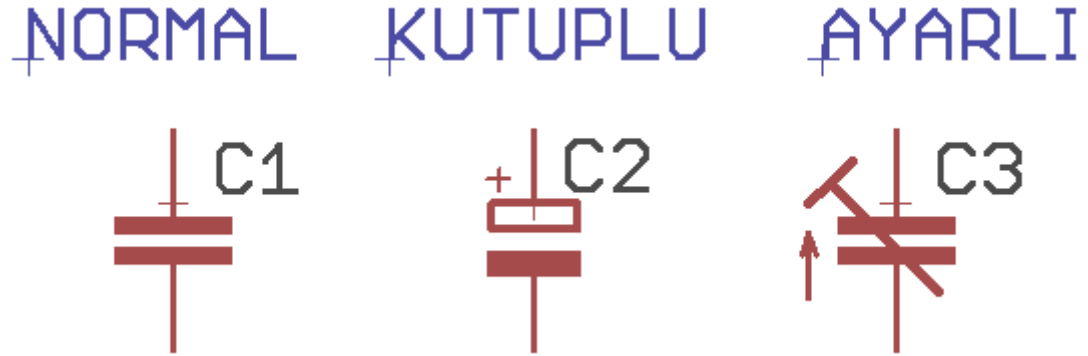
MART	
1.Hafta	Malzemeler Mühendislik Fakültesi Dekanlığına ilgili yönetmelik çerçevesinde bildirilmiştir.
2.Hafta	Benzer projeler hakkında araştırmalar yapılmıştır.
3.Hafta	Rezonans devreler hakkında bilgiler toplanmıştır.
4.Hafta	Dekanlıkla iletişime geçilerek malzemelerin bazı teknik özellikleri ilgili firmaya güncellettirilmiştir.
NİSAN	
1.Hafta	KTÜ Müh. Fakültesi Dekanlığından malzemeler temin edilmiştir.Bölüm başkanı ve proje danışmanı bilgilendirilmiştir.
2.Hafta	Elektronik lab. teslim alınan malzemelerin sağlamlık kontrolleri yapıldı.
3.Hafta	Teslim alınan malzemelerden devre için gerekli olanların datasheetleri toplandı.
4.Hafta	Hem alıcı kısım hemde verici kısım için sanayiden 6mm bakır borular temin edildi.Eagle programı pcb için öğrenilmeye başlandı.
MAYIS	
1.Hafta	Verici kısmın devresi eagle üzerinde düzenlenmeye başlandı.Board üzerinde devre çalışması control edildi.
2.Hafta	Devre baskı aşamasına gelecek şekilde rezonansı sağlandı.
3.Hafta	Devre alıcı ve verici kısmı bakır plakete monte edildi.
4.Hafta	Son kontroller yapıldı.

2. TEORİK ALTYAPI

2.1. Kullanılan Malzemelerin Teorik Bilgisi

2.1.1. Kutu Tipi Kondansatör Seçimi

Karşılıklı iki iletken yüzey arasında bulunan bir yalıtıktan oluşan devre elemanına kondansatör denir. Birimi farad olan kondansatörler kullanım amaçlarına göre çeşitli değer ve şekillerde üretilmektedirler. Kullanılan dielektrik malzemenin cinsine ya da şekline göre isimlendirilirler. Kondansatörlerin değerlerini doğrudan üzerlerinde yazanları vardır; yazmayanlarda ise aynı dirençlerde olduğu gibi renk kodları kullanılarak değeri belirlenir ancak bunun standardı yoktur. Yönlü olan kondansatörler daha çok elektrolitik tip olan kondansatörlerdir, bunlarda bağlantı yönü önemlidir aksi halde yanabilir. Kutuplu olan kondansatörlerin devre üzerinde gösterimi de farklıdır. Şekil 2.1 de gösterildiği gibi elektrolitik tip, kutupsuz tipin ve ayarlı tiplerin gösterimi farklıdır.



Şekil 2.1. Kondansatör gösterimi

Kondansatörler hem DC hem de AC olarak çalışabilirler. Kondansatörlerin sağlamlık kontrolleri ohm metre ya da lcr metre ile yapılabilir. LCR metre ile yapılan ölçümde direk kondansatörün değeri okunuyorsa sağlam eğer farklı bir değer okunuyorsa bozuktur. Ohm metre ile yapılan kontrollerde ilk önce kapasitenin iki ucu kısa devre yapılır daha sonra ohm metrenin uçlarıyla ölçüm yapılır eğer ibre hareket edip tekrar eski

konumuna geliyorsa sağlamdır tersi durumlarda yani hareket edip orda kalıyorsa veya hiç sapmıyorsa kondansatörün bozuk olduğunu gösterir.

Projemizde kullanılan tip kondansatör normal kutu tipi polyester malzemeden yapılmış, dielektrik alanı metalik olan mkp tip kondansatördür. Toplamda 8 adet olan bu kondansatörlerin özelliği gerilim aralığının yüksek ve kapasite değerinin düşük olması sebebiyle hızlı ve ısınmadan çalışmasıdır. [2] Fkp tip kondansatöre göre filtreleme özelliği düşük olsa da Türkiye de fkp tip kondansatörün bulunmaması ve yurt dışı siparişte firma fiyat teklifinin istenmesi nedeni ile mkp tip kullanılmak durumunda kalmıştır. En büyük dezavantajı kablosuz iletim sırasında her ne kadar mkt, mks ve diğerlerine göre daha iyi verimlilik göstermişse de fkp'ye göre kayıpların yüksek olmasıdır. Daha fazla bilgi için [2] ye bakınız. Şekil 2.2 de kullanılacak kondansatörlerin şekilleri gösterilmektedir.



Şekil 2.2. Mkp ve Fkp tip kondansatörlerin resimleri

2.1.2. Tetikleme Elemanın Seçimi

Metal oksit yarı iletken alan etkili transistör olarak bilinen mosfetlerin drain, source ve gate olmak üzere 3 ucu vardır. Bu devre elemanlarının giriş direncinin oldukça büyük olmasından dolayı güç elektroniğinde kullanımı yaygındır. Kanal bölgesinde kullanılan maddenin çeşidine göre n kanallı ya da p kanallı olarak isimlendirilirler.

Çalışma şekli olarak depletion ya da enhancement olarak sınıflandırılırlar. Şekil 2.3 de devrede kullanılan güç mosfetinin şekli gösterilmektedir.



Şekil 2.3 N tipi mosfet gösterimi

Projemizde kullanılan IRFZN44 marka mosfettir. Bu mosfet yüksek dv/dt özelliği ve anahtarlama süresinin çok kısa olması nedeni ile güç elemanı olarak bu mosfet tercih edilmiştir. Kullanılan mosfet n kanallıdır. Bazı sınır değerleri ise şöyledir;

- $V_{DSS} = 55V$
- $R_{DS(on)} = 17.5m\Omega$
- $I_D = 49A$

Bu değerlerden de anlaşıldığı üzere mosfet çok yüksek akım değerlerine dayanabilmektedir. Devreye monte edip enerjilendiği zaman çok çabuk ısındığı gözlemlenmiştir. Soğumasını sağlamak için her bir mosfete soğutucu monte edilmiştir

2.1.3. Direnç Seçimi

Devreden geçen akımı sınırlayan, devreye uygulanan gerili bölen, hassas bir devre elemanına seri bağlanarak onu korumaya yarayan devre elemanıdır. Çok çeşitli türleri vardır. Yapıldığı malzeme türüne ya da güç değerine göre de sınıflandırılabilirler. Değerleri üzerlerindeki renk şeritlerine bakılarak okunabilir.

Kablosuz elektrik iletim projesinde ilk başta 100Ω 1W değerinde karbon direnç kullanılmıştır. Fakat aşırı ısınma ve güç yüklenmesinden dolayı aynı değerde olan 100Ω 5W taş tipi direnç kullanılmaya başlanmıştır. Bu sayede devreye istenilen seviyede güç uygulama imkanına ulaşılmıştır.

2.1.4. Bobin Seçim

Yalıtılmış telin bir nüve etrafına sarılmasıyla ya da nüve olmadan telden sarım oluşturulmasıyla elde edilen elemandır.

Projede rezonans üzerinde etkisi en fazla olan elemanlardan biriside 2 adet 100 μ H değerindeki bobinlerdir. Elektromanyetik uygulamalarda daha çok toroid tip bobin kullanılır ancak bu tip bobinle ancak yaklaşık değer elde edebildiğimiz için kablosuz elektrik iletimi projesinde ilk başta direnç tipi bobin kullanılmıştır. Verici devrenin verimini arttırmak için kapasitif tip bobinde kullanılmıştır.

2.1.5. Bakır Çember Seçimi

Hem verici devresinin çıkışında hem de alıcı devresinin girişinde yüksek frekansa dönüştürülerek elektromanyetik alan yardımı ile iletilecek olan elektrik enerjinin alınıp verilmesini sağlayan bakırdan yapılmış çevrimdir.

Bu projede kullanılan çevrimler içi boş boru şeklinde olan 6 mm çapındaki bakır borulardır. Bunlar karşılıklı olacak şekilde hem alıcı devreye hem de verici devreye monte edilmişlerdir. Aslında alıcı kısma daha fazla güç aktarmak için 3mm çapında bakır boru kullanmak gerekmektedir fakat temini noktasında yaşanan sıkıntı nedeni ile çeşitli seçeneklerden yararlanılmıştır. Örneğin; 1.2 mm olan bakır tellerden içten dışa doğru çemberler oluşturularak verimli kablosuz elektrik iletimi denemeleri yapılmıştır. Eldeki imkanlar en iyi şekilde kullanılarak 15 cm çapında 6mm'lik bakır borulardan bir verici çember ve bir tanesi tek çevrim diğeri iki çevrim olacak iki tane şekilde iki tane çember oluşturulmuştur. Burada çemberin çapı verilen enerjinin miktarına göre artırılıp azaltılabilmektedir. Mesela 12v 1.03 A güç kaynağı ile besleme yapıldığı zaman 30 cm çaplı çemberde kayıplar artmaktadır. Alıcı taraftaki çemberde artırılmak durumunda olduğundan hem verim azalmakta hem de maliyet artmaktadır. Ayrıca çemberin iletkenliğinde yüzeysel kayıpları azaltmak için kir, pas vb. unsurlar olmamalıdır.

Çemberler devre üzerinde rezonans sağlanması için endüktif etki gösteren devre elemanı gibi çalışmaktadır. Bu açıdan düşünüldüğünde üzerinden yeterli akımın akması sağlanmalıdır. Bakır plakatin üzerindeki iletken yollarla olan teması en iyi şekilde sağlandığı zaman istenilen iletim yapılabilir. Çemberin bir ucu ile temassızlık

olması durumunda temassızlığın bulunduğu taraftaki mosfet elemanı çok hızlı bir şekilde ısınıp arızalanmaktadır.

2.1.6. Devrenin Beslenmesi

Projede devre elemanları olarak genelde güç elemanları tercih edilmiştir. Bu sebeple verici kısmı beslemek için ileri yönlü akım değeri en küçük olan eleman referans alınarak uygulanacak akım aralığına göre ve en düşük V_d değerine göre gerilim uygulanmıştır. Farklı akım ve gerilim güç kaynakları kullanıldığında iletilen elektrik miktarı artmaktadır. Farklı bir şekilde ifade etmek istersek alıcı kısma bağlı lambanın parlaklığı çok net değişmektedir. Burada dikkat edilecek nokta uygulanacak akım ve gerilim değerlerinin devredeki elemanların sınır akım ve gerilimlerini aşmamalıdır. Eğer aynı rezonanstaki daha fazla elektrik enerjisi iletmek istersek devredeki elemanların değerlerini değiştirmeden güç dayanımı daha yüksek elemanlar seçilerek iletim miktarı artmaktadır.

2.1.7. Koruma ve Enerji Kontrol

Devredeki elemanların korumasını sağlamak için bir adet 2A sınır akım değerine sahip sigorta elemanı ve direkt enerjiden korumak için 2 konumlu anahtar elemanı kullanılmıştır. İlk başta korunması gereken sınır akım değeri en düşük olan 4148n tip diyot elemanları olduğu için onların üzerinden akacak olan giriş sınır akımına göre sigorta devreye yerleştirilmiştir.

Devreye enerji verilip verilmediğini anlamak içinse 1k değerinde direnç elemanı ile led seri bağlanarak uygun şekilde devreye yerleştirilmiştir.

2.1.8. Alıcı Kısma Eklenicek Kondansatör Özellikleri

Güç Verici kısım ile alıcı kısım arasında uyumun sağlanıp verimli iletim yapılması için alıcı kısma bağlanacak kondansatör elemanın farad değeri ve gerilim değeri önem arz etmektedir. Elektrolitik tip kondansatörlerde kayıp yüzde4 yüzlere yakın olmaktadır. Düşük gerilim değerli ya da düşük faradlı kondansatörler kullanıldığında rezonans sağlansa da kondansatör ısınma problemi yaşanmaktadır.

2.1.9. Soğutucu

Devreye enerji verdiğimizde en çabuk ısınan mosfetlerdir. Bu ısınma çok uzun süreli yüksek değerlerde olursa tedbir alınmadığı durumda kullanılamaz hale gelmektedir. Hem daha yüksek performans sağlamak hem de çalışmaya devan ettirmek için mosfet elemanlarına soğutucu monte edilmiştir.

2.2. Fiziksel Teorik Bilgiler

2.2.1. Endüktif Kuplaj

Bir iletken üzerinden akım geçirdiğimiz zaman çevresinde çembersel bir elektromanyetik alan oluşmaktadır. İletkeni büküp halka haline getirdiğimiz zaman ise elektromanyetik alanı değeri büyümektedir. Üzerinden akım geçen halka sayısını arttırdığımızda da manyetik alanın etkisi artmaktadır. Manyetik alanın etkilediği çevre boyunca başka bir halka bu alandan etkilenirse bu olay halka üzerinde gerilim indüklenmesine ve akım akmasına neden olacaktır. Şu aşamada kablosuz olarak şarj edilen dış fırçalarında bu yöntem kullanılmaktadır. Dış fırçasını yerleştirdiğimiz yüzeydeki manyetik alan dış fırçasını bulunduğu halka üzerinde gerilim endükler ve gerilimle dış fırçası şarj edilir.

2.2.2. Fiziksel Yasalar

Kablosuz elektrik iletiminde çemberler arasında manyetik alanın bir çemberden diğerine doğru hareketi sırasında hareket etmeyen alıcı çemberde gerilim endüklenmektedir. Bu endüklenme ve akım oluşması bazı fiziksel yasalarla ifade edilebilmektedir.

Amper yasası: Amper yasasına göre üzerinden akım geçen telin çevresinde manyetik alan oluşur. Telden geçen akımla doğru orantılı olarak manyetik alan büyütülebilir ya da küçültülebilir. İletkenden geçen akımın yönü değiştirilirse manyetik alanın da yönü değişmektedir.

Lenz yasası: Çember veya tel üzerinde indüklenen akımın yönünü lenz yasasından yararlanarak bulabiliriz. Bu yasaya göre indüklenen emk'nın yönü, akımın geçtiği telin çevrelediği alandan geçen manyetik akı değişimine karşı koyacak şekilde manyetik akı oluşturan akım yönündedir. Aslında başlangıçtaki akı değişimini önlemeye çalışmaktadır.

2.2.3. Deri Olayı

Üzerinden akım geçirilen bir telin, akım frekansına göre kesitinin bir kısmı ya da tamamı kullanılabilir. Bu olay malzeme özelliği olarak da adlandırılabilir. Belirli frekans değerlerinin üzerinde akım, belirli malzemelerin (demir, alüminyum, bakır, gümüş, altın) kesitinin tamamından değil de sadece yüzeyinden geçebilmektedir.

Kablosuz elektrik iletiminde kullanılan bakır çember yüzeyleri de bu şekilde kullanılarak kayıplar azaltılmıştır. Bu olay sayesinde kablolu iletimde de şehir şebekelerine düşük kayıplarla elektrik iletilmektedir.

2.2.4. Rezonans

Rezonans tınlama olarak adlandırılan bir fiziksel olaydır. Bir sistem başka bir sisteme enerji aktarırken bu teknik kullanılabilir. Rezonansta bulunan sistemler arasında sönüm adı verilen dönüşüm kayıpları meydana gelmektedir. Eğer bir sistem başka bir sistemin doğal frekansına eşit frekansa sahip olursa bu olaya rezonans denir. Mesela bir bardağın tiz bir ses sonucu sesteeki titreşimden etkilenerek kırılması rezonans için çok iyi bir örnektir.

Kablosuz elektrik iletiminde 1.6Mhz değerinde bir frekans değeri ile elektromanyetik alan üretmek için en az sönümle alıcı kısma aktarılmaya çalışılmıştır. Bu rezonans frekansını elde etmek için 8 adet 6.8nF değerindeki kondansatör paralel bağlanmıştır. Alıcı kısımda aynı rezonansa sahip olursa aradaki sönümler hariç yüksek verimli çalışmaya gidilmiş olur.

3. TASARIM

3.1. Kablosuz enerjiye neden ihtiyaç duyulur?

Kablosuz elektrik iletimi kaynakla yük arasında herhangi bir iletkenin bulunmasının istenmediği veya iletken kullanmanın zor olduğu durumlarda kullanılır ayrıca kablo kalabalığının önüne geçmek için de bu düşünce geliştirilmek istenmektedir. Bu fikir ilk olarak Nicole Tesla tarafından ortaya atılmıştır. *Kablosuz elektrik iletiminin avantajları ;*

- Kablo karmaşasının önüne geçilir.
- Kablo kullanılmadığı için ekonomik olarak avantajlıdır.
- Kablolarla bağlı arızaların önüne geçmiş oluruz.
- Elektrik kaçağına veya bilinçsiz kullanımlara bağlı yaralanmaları ve ölümleri engellemiş oluruz.
- Elektrik kaçağı nedeniyle birçok defa yangınlar çıkmıştır. Bu problem kablosuz enerjiyle çözülebilir.
- Elektrik kullanılmadığı cihaza uzaktan iletilmesi gereken yerlerde kullanabiliriz.
- Havuz içi aydınlatmaları ve akvaryum aydınlatmalarında canlıların güvenliği açısından kullanımı daha uygun olabilir.
- Çocuk yuvalarında, çocuk odalarında ve okullarda can güvenliği için kullanılabilir.
- Kimyasal etkileri bulunan sağlık açısından sakıncalı olabilen pillerin kullanımını ortada kaldırabilir.

Kablosuz elektrik iletiminin dezavantajları ise şöyledir;

- Günümüzde yakın mesafeler için araştırma yapılmaktadır. Uzak mesafeler için kullanılamaz.
- Sistemi besleyen kaynakta bir problem olursa bütün cihazlara aktarılan elektrik kesilir.
- İnsan vücudu için az da olsa bir zararı vardır.
- Enerji iletiminde verim problemi vardır.

3.1.1. Kablosuz Elektrik İletiminin Günümüzdeki Durumu

Kablosuz elektrik iletiminin pek çok şekli vardır. Bunlardan biri radyo dalgaları yardımıyla elektrik iletimidir. Radyo dalgaları bir tür radyasyon özelliği gösterdiğinden çevreye ve uzaya düzensiz bir şekilde dağılarak zararlı etkiler oluşturmaktadır. Bir diğer yöntem yoğunlaştırılmış lazer yöntemi ile kablosuz elektrik iletimidir. Bu yöntemin en büyük dezavantajı alıcı ile verici arasında herhangi bir engelin bulunmaması gerekir. Aksi takdirde kablosuz elektrik iletimi gerçekleşmez. Ayrıca alıcı ile verici sabit bir noktada durmalıdır. Elektromanyetik rezonans yolu ile yapılan kablosuz iletimde ise alıcı ile verici rezonans frekansında tam iletim yapmakta diğer yöntemlere nazaran sönüm kayıpları çok az olmaktadır.

Günümüzde bu teknolojinin mimarisi olan WiTricity projesinin temelinde çift rezonans mantığı yatmaktadır. Bu olgunun daha iyi anlaşılmasını sağlamak için şu örneği irdeleyelim; aynı ortamda bulunan bardaklar aynı boyutta fakat doluluk oranları farklı olsun. Bir kaynaktan bu ortama belirli frekansta ses yayılırsa bu sese duyarlılığı en fazla olan bardak doluluk oranı bu frekansa uygun olan bardaktır. Diğer bardaklar neredeyse bu frekanstan hiç etkilenmezler yani dilleri farklıdır.

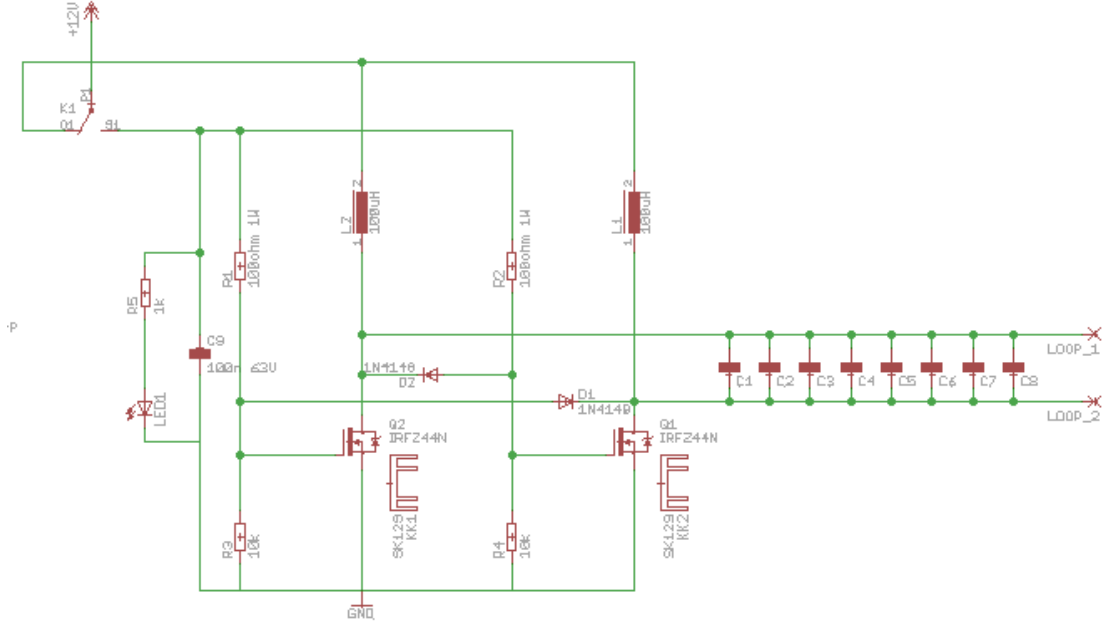
3.2. Elektriksel Kısım Tasarımı

3.2.1.Devre Şeması Tasarımı

Kablosuz elektrik iletim için tasarlanan devre şeması şekil 3.1 de gösterilmektedir. Şekil üzerinde her bir devre elemanın ismi ve değerleri belirtilmiştir. Aşağıdaki şekil Eagle 5.8 programı yardımıyla çizilmiştir. Şekilde 2 adet IRFZ44n tip güç mosfeti anahtarlama devre elemanı olarak kullanılacaktır. Gate uçlarına gerilim sağlamak için $10k\Omega$ 1/4 W ve 100Ω 1W değerinde karbon tip direnç kullanılacaktır. Ayrıca drain uçlarından akım akmasını sağlamak için 4148n tip diyot kullanılacaktır. Kondansatörlerle birlikte rezonans sağlayabilmek için $100\mu H$ değerinde 2 adet bobin kullanılacaktır. Rezonans frekansını sağlayabilmek için 8 adet $6.8nf$ değerinin polipropilen tip ısıya dayanıklı gerilim değeri en az 1000V olan tercihen FKP kutu tip kondansatör kullanılacaktır.

Devre elemanları sınır akım ve gerilim aralıkları yüksek olacak şekilde seçilecektir. Bunun sebebi düşük akım ve gerilim değerlerinde hızlı çalışmalarını sağlamak ve yüksek

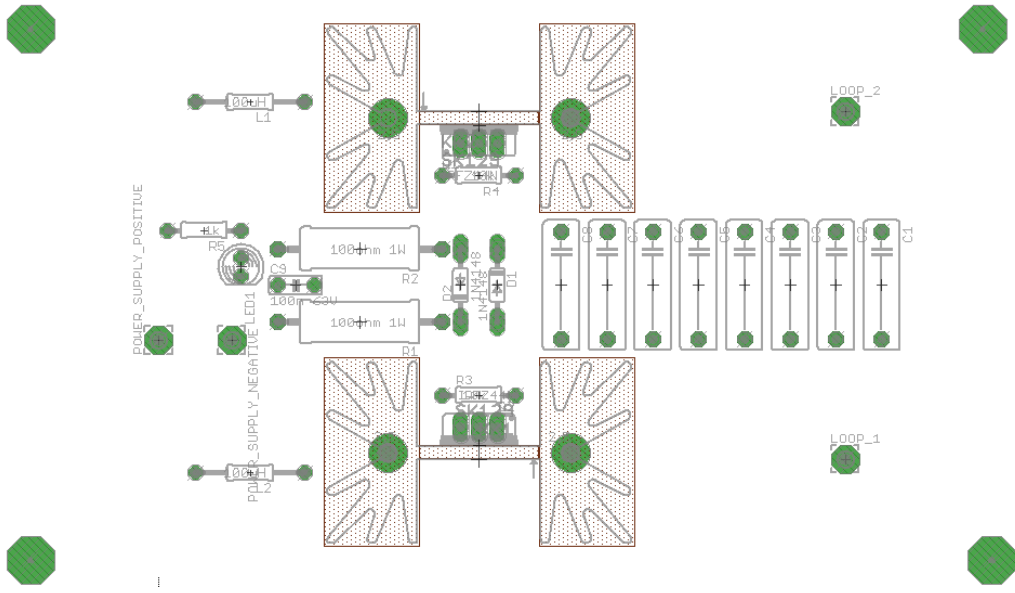
değerlerdeki akım ve gerilime dayanımı arttırmaktır. Ayrıca güç mosfetinin ısınmasını engellemek için soğutucu monte edilerek devrenin seri bir şekilde anahtarlanması sağlanacaktır.



Şekil 3.1. Kablosuz elektrik iletimi devre şeması

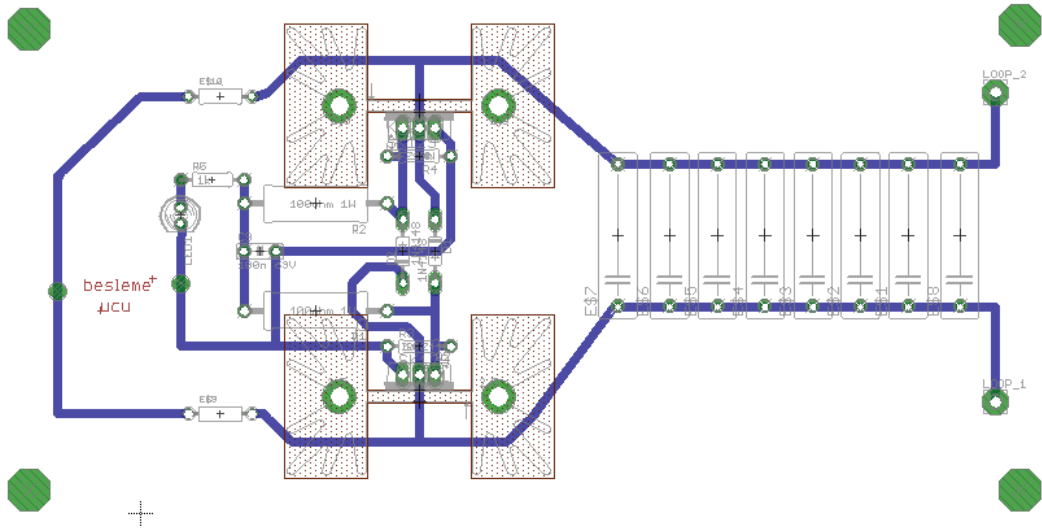
3.2.2. Devre Şemasının Boarda Aktarımı

Devre şeması board üzerine aktarımı Eagle 5.8 programı ile yapılacaktır. Bu program tamamen profesyonel anlamda şemayı board üzerine aktarmayı sağlamaktadır. Şekil 3.2 de tasarlanan devrenin board üzerine aktarılacak hali gösterilmektedir. Boarda aktarım işlemi baskı devre yardımıyla yapılacaktır. Kullanılacak bakır plaketin boyu 13 cm eni ise 6 cm olacak şekilde ayarlanacaktır. Alıcı kısımda kullanılacak bakır plaketin eni aynı olmakla birlikte boyu verici kısmın yarısı uzunluğunda olacaktır



Şekil 3.2. Devre elemanlarının board üzerine dizilimi

Şekil 3.3 te devre elemanlarının board üzerindeki bağlantıları mavi çizgilerle gösterilmiştir. Burada bakır çizgi kalınlıkları yeteri akımı akıtacak kalınlıkta olacaktır. Loop1 ve loop2 olarak ifade edilen kısımlar çemberin monte edilecek olduğu yerlerdir.



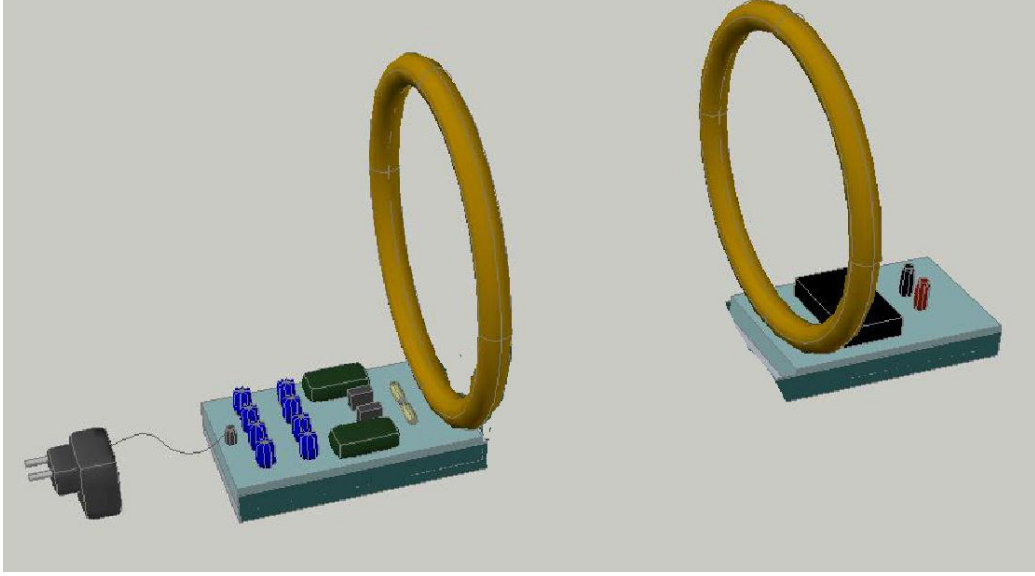
Şekil 3.3. Bağlantı gösterimi

Devre bakır levha üzerine basılırken simetrik olması ve devre elemanlarının dağınık görünmemesi için 8 adet kondansatör ve çember uç tarafa, ikili olanlar simetrik olacak şekilde, paralel olanlar ise tam karşılıklı monte edilecek şekilde tasarlanmıştır. Bu sayede hem estetik bir görünüm olacak hem de kullanılacak bakır levhanın çapı büyük olmayacaktır. Bakır yollar fazla akın çeken güç elemanları kullanıldığından dolayı çok ince olmayacaktır. Baskıya hazırlama sırasında incelen ya da çıkmayan yollar ayrıca uygun kalemle çizilerek asit perhidrol karışımından etkilenip yok olması engellenecektir. Lehimleme işlemi tam olarak yapılmadan önce devre elemanlarını sağlamlık kontrolleri tekrar yapılacaktır. Her bir devre elemanın yedeği yanma, hasar görme gibi durumlara karşı hazır bulundurulacaktır. Datasheetlerine bakılarak çalışma aralıkları incelenecek uygun aralıkta akım ve gerilim uygulanmasına dikkat edilecektir.

3.3. Mekanik Kısım Tasarımı

Mekanik kısım tasarlanırken sistemin her iki tarafının rahat hareket ettirilebilmesi için sabit bir yere monte edilmeyecektir. Böyle yapılmak istenmesinin nedeni alıcı ve verici arasında hem mesafeyi artırıp azaltabilmek hem de birbirlerine göre açılabilir olarak konumlarını değiştirip ölçümler yapmaya imkan sağlamaktır. Bakır çemberler 6mm ince borudan oluşturulacak çemberlerin çapı 15 cm olacaktır. İletimde kayıpları engellemek için bakır çemberlerin uç kısımları inceltilerek bakır yollara uygun şekilde lehimlenecektir. Alıcı kısma ait çembere paralel uygun rezonansta kondansatörler de verimliliği arttırmak için bağlanacaktır. Eğer istenilen değerlerde elektrik enerjisi aktarımı yapılırsa lamba yerine fan gibi yüksek akım ve gerilim isteyen aygıtlarda alıcı kısma monte edilip deneyler fan hızı gözlemlenerek yapılacaktır. Yeterli güç aktarımı olmazsa deneyler sadece yeterli enerjide yanan led gibi küçük güç isteyen elemanlarla gerçekleştirilecektir.

Şekil 3.4'te gösterildiği gibi her iki kısmında bakır çapları eşit olacaktır. Küçük güç uygulamak durumunda kalırsa alıcı kısmın çember çapı 3mm olan çemberle değiştirilecektir.



Şekil 3.4. Kablosuz elektrik iletimi yapılacak devrenin monte edilmiş hali

Devre elemanlarını temastan korumak için en büyük ebatlı devre elemanına göre koruma yüzeyi üst tarafa monte edilecektir. Ayrıca lehimlenen bacakların birbiri ile kısa devre olmaması için alt tarafta yerden belirli yükseklikte olacaktır. Yükseltme işlemi sırasında alıcı ve verici kısımların tam karşılıklı olabilmesi için eşit yükseklikte olmaları gerekmektedir.

3.4. Kullanılan Malzeme Listesi ve Maliyet Hesabı

Proje kapsamında kullanılan malzemelerin optimum seviyede ve minimum maliyetle hazırlanmış malzeme listesi çizelge 3.1 de verilmiştir. Devre elemanlarının yanma ihtimali düşünülerek malzemelerin yedekleri olacak şekilde sipariş listesi hazırlanmıştır.

Çizelge 3.1. Malzeme listesi ve maliyet hesabı

Sıra No	Alınacak Malzeme	Miktar/Sayı	Birim/Fiyat	Toplam TL
1	Bakır Plaket	2	5	10
2	6.8nF Kondansatör	8	2	16
3	IRFZ44n Mosfet	2	1	2
4	100µH Bobin	2	2	4
5	100Ω 1 W Direnç	4	1	4
6	10k 1/4 W Direnç	4	1	4
7	100nF Kondansatör	4	0,5	2
8	12V DC Adaptör	1	15	15
9	Isı Ayarlı Havya	1	55	55
10	Lehim Teli	200 Gram	15	15
11	Baskı Kalemi	1	3	3
12	Switch	2	2	4
13	Jumper	4	0,5	2
14	Röle	2	1	2
15	Mantar tipLed	4	0,5	2
16	Matkap	15	1	15
			Toplam	155

4. SİMÜLASYON ÇALIŞMALARI

Simülasyon çalışmaları sadece verici devre üzerinde yapılarak gerçekleştirilme aşamasında ne tür sonuçlar ortaya çıkacağını önceden gözlemek amacıyla yapılmaktadır. Bu amaçla Ac ve DC analizler yapılarak karşılaştırmalar yapılacaktır.

Kablosuz elektrik iletimi manyetik alanla iletim gerçekleştirildiğinden dolayı yukarıda da belirtildiği gibi sadece verici kısmın uçları arasında uygulanan gerilim ve sönümü Multisim 10.0.1 versiyonu ile gösterilecektir. Gerçekleme aşamasında ölçme imkanı bulunursa manyetik alandaki enerji de ölçülerek deneyler kısmında verilecektir.

4.1. Multisim Üzerinde Simülasyon Çalışması

Multisim elektronik devre simülatörüdür. Multisim ile her türlü sinyal ve elektrik devresi çizilebilir. Pcb kısmı da bulunmaktadır. Burada sadece simülatör kısmı kullanılacaktır.

4.2. Multisim ile Ara yüz Oluşturma

Simülasyon işlemini gerçekleştirebilmek için Files/New/Schematic Capture yolu izlenerek yeni bir ara yüz oluşturulmalıdır. Simülasyon bu ara yüz üzerinde yapılacaktır. Gerekli elemanlara sol üstte bulunan place menüsünden ulaşılabilir. Bu menü altında devre elemanları ayrı ayrı isimlendirilip bulma işlemi kolaylaştırılmıştır. Ölçüm cihazları ise sağ köşede bulunmaktadır. Elektrik ve sinyal işaretlerini ölçen çok geniş ölçüm cihazı kütüphanesine sahiptir.

Mosfet elemanını ara yüze aktarmak için place menüsü altındaki component yolu izlenerek karşımıza 4 farklı pencere çıkar. Bunlar birincisi Database penceresidir. Buradan Master Database seçilir. İkinci pencere Group penceresidir. Buradan transistör seçilir. Üçüncü pencere olan Familyde transistör çeşitleri sıralanır. Mosfet olan seçilerek son pencere olan Componenttan modeli irfz44n olan güç mosfeti seçilerek ara yüze aktarılır.

Kondansatörleri ara yüze aktarırken aynı şekilde Place/Component yolu izlenir. Karşımıza çıkan 4 pencereden birincisinden Master Database seçilir. Grouptan Basic

seçilir. Family penceresinden Capacitor seçilir. Son pencereden de 8 adet 6.8 nF ve 1 adet 100nF değerlikli olan kutupsuz kutu tipi kondansatör ara yüze aktarılır.

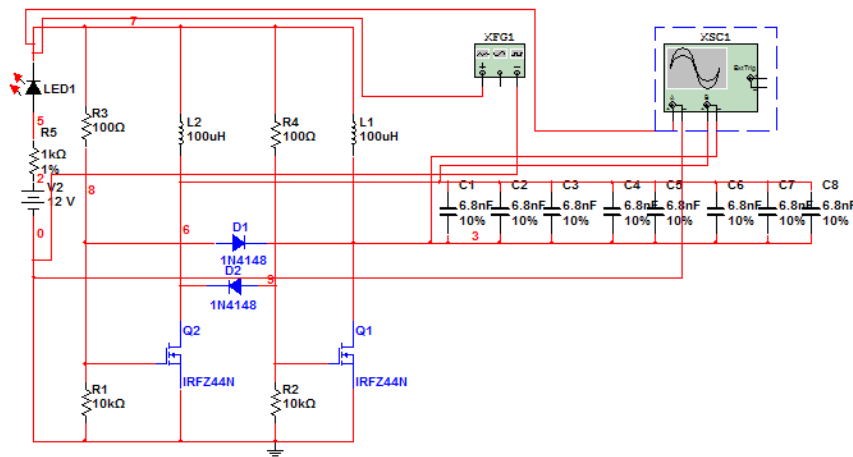
Direnç elemanlarını seçerken Place/Compenant yolu izlenerek Grouptan Basic seçilir. Family penceresinden Resistör linkine tıklanarak 100 Ω değerinde 2 adet direnç ,10k Ω değerinde 2 adet, 1k Ω değerinde 1 adet direnç seçilerek ara yüze aktarılır. Dirençlerin güç değerlerini ayarlamak için sağa ara yüz üzerindeki 100 Ω luk direncin üzerinde sağa tıklayarak Propertiesden toleransı uygun olacak şekilde ayarlanır.

Endüktans elemanın ara yüze aktarım işlemi de aynı şekilde yapılmaktadır. Place/Compenant yolu izlenerek Grouptan Basic seçilir. Family penceresinden Inductor seçilir. Compenant penceresine geçilerek 100 μ h değerinde 2 adet endüktans elemanı ara yüze aktarılır.

Diyot elemanlarını ara yüze aktarıırken Place/Compenant yolu izlenerek Diodes linkine tıklanır. Family penceresinden Diode seçilir. Compenant penceresinden 4148n tip diyottan 2 adedi ara yüze aktarılır.

Güç kaynağı seçimi yaparken Place/Compenant yolu izlenerek Grouptan Source linkine tıklanır. Familyden Power Sources seçilir. Compenant penceresinden DC 12 V kaynak ara yüze aktarılır.

Temel elemanların aktarımı tamamladıktan sonra gerilim ve sinyal dalga şekillerinin üzerinde gözlenecek olduğu ölçüm cihazları sağ köşedeki ölçü cihazları menü çizgisinden seçilir. Bu menüden 1 adet function genaratör ve osiloskop ara yüze seçilerek aktarılır. Devre elemanları uygun şekilde yerleştirildikten sonra Ölçüm cihazları Şekil 4.1 de gösterildiği gibi devreye bağlanırlar.



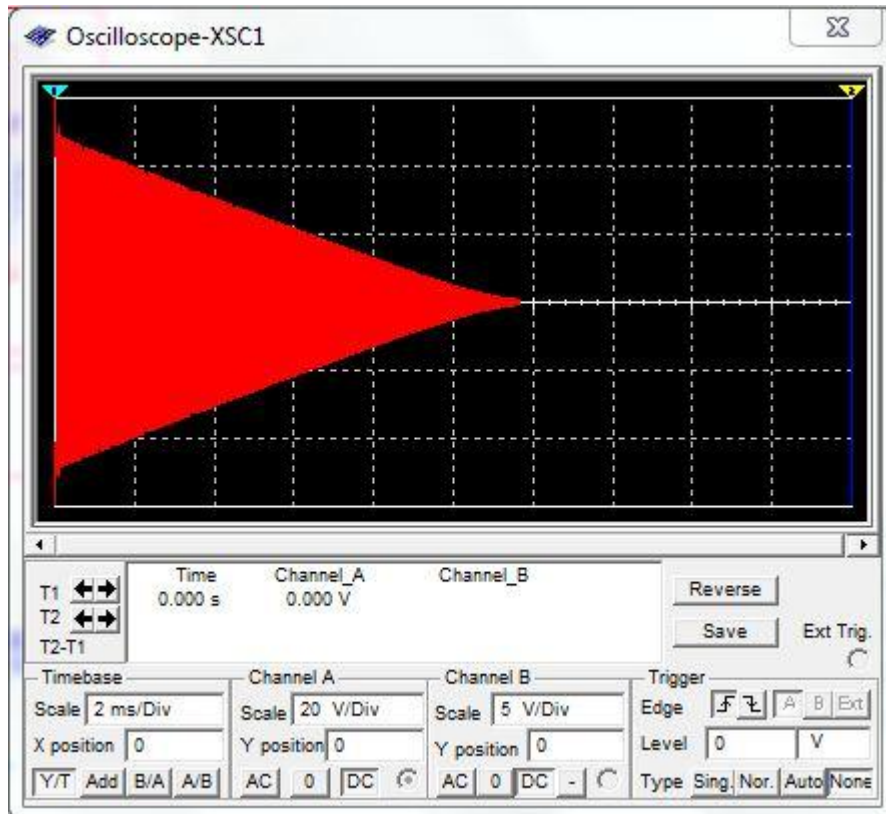
Şekil 4.1 Simülasyon devre şeması

4.3. Simülasyon Devre Parametrelerinin Belirlenmesi

Devrenin verici kısmının simülasyonun yapılacağı daha önce belirtilmişti. Burada girişe sönüm işareti uygulanarak çıkıştan harmonikli sinüzoidal işaret gözlenmesi yapılacaktır. Bu sayede sönümden dolayı kayıpların ne kadar olabileceği gözlenebilir.

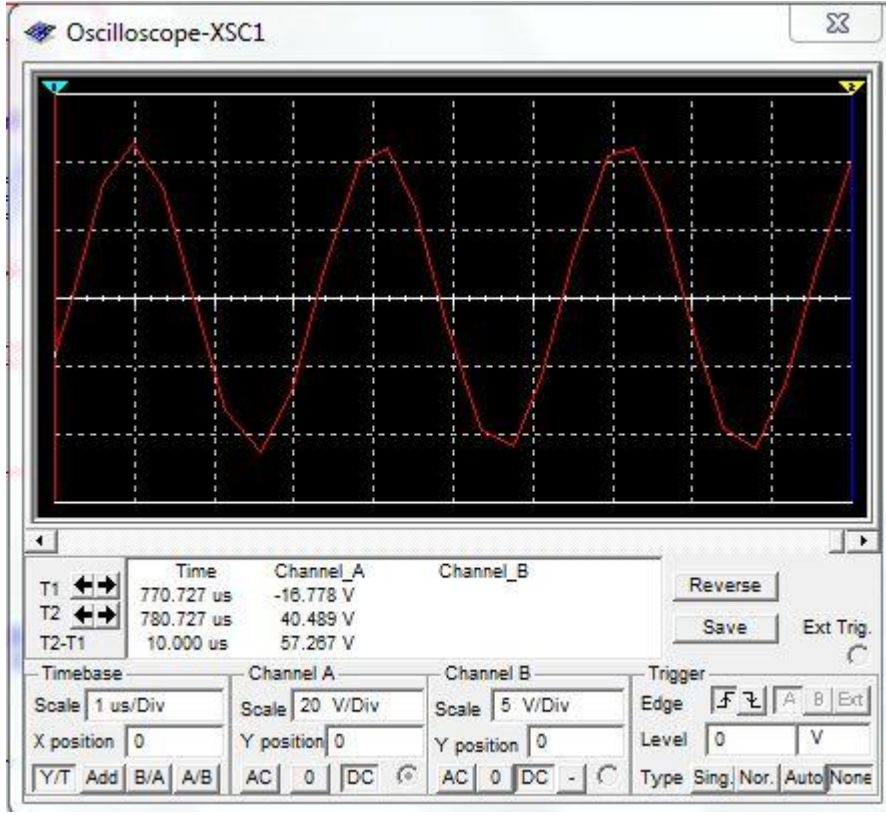
4.4. Simülasyon Gözlem ve Sonuçları

Simülasyonda devre girişine sönüm işareti uygulandığında elde edilen sinüzoidal işaret elde edilmiştir. Şekil 4.2. de uygulanan sönüm işareti gösterilmektedir. Teorik kısımda bahsedilen sönüm ideal koşullarda uygulanmıştır. Gerçeklemedeki deney aşamasında tersi gözlemlenmeye çalışılacaktır.



Şekil 4.2. Uygulanan sönüm işareti

Şekil 4.3. te çıkışta elde edilen sinüzoidal işaret gösterilmektedir.



Şekil 4.3. Çıkışta gözlemlenen sinüzoidal işaret

Yukarıdaki gözlemler ideal ortamda yapıldığı için gerçekleştirme ve deney aşamasında yakın şekiller gözlemlenmeye çalışılacaktır.

5. DEVRE GERÇEKLEME VE DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu bölümde tasarım ve teorik kısımda açıklanan bilgiler uygulamaya dökülerek kablosuz elektrik iletimini nasıl gerçekleştirdiği, uygulamada ne tür sıkıntıların ve zorlukların yaşandığı ve tasarlanan kablosuz elektrik iletim projesindekine ne denli yaklaşıldığı incelenecektir.

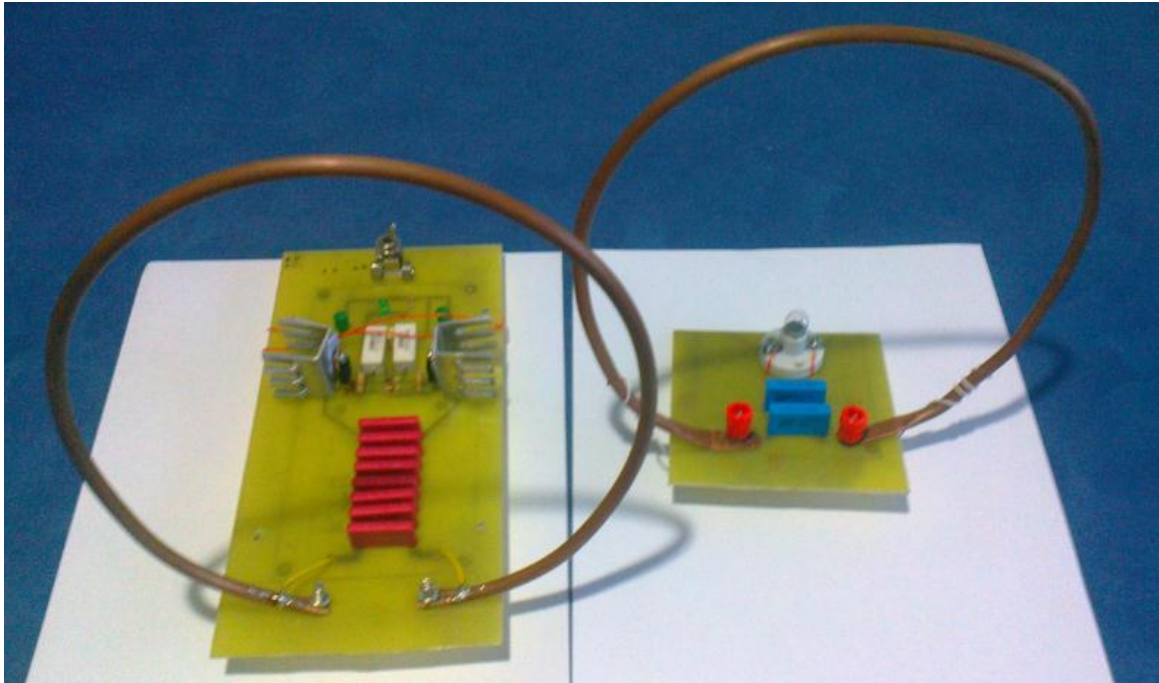
5.1. Devre Gerçekleşmesi

Kablosuz elektrik iletimi proje için kullanılacak malzemeler temin edilerek devre montaj malzemesinden uygulama aşamasına geçilmiştir. Malzemeler teslim alındıktan sonra adet ve değer kontrolleri yapılmıştır. Sağlamlık kontrolleri ise elektronik laboratuvarında osiloskop ve multimetre yardımıyla yapılmıştır.

Tasarımda tasarlanan devre baskı devresine basılmadan önce board üzerinde kurulum yapılmıştır. İlk aşmada çemberin board üzerine yerleştirilmesi gerçekleştirilememiştir. Harici olarak bağlantısı yapılmıştır. Devre bağlantılarının doğru olduğuna bu aşmada karar verilmiştir. Eagle programı ile çizilen devreyi bakır plaka üzerine ütü ile basmak için pcb şeması çıktıdan alınarak baskı kağıdı üzerine çıktı şeklinde alınmıştır. Baskıya hazırlanan bakır plakete ütü ile devre bağlantıları ve delikleri kalacak şekilde asit perhidrol karışımına atılmıştır. Burada kullanılan oran 7 kapak asit 2 kapak perhidrol olmuştur. Plaket üzerine baskı ile işaretlenen delikler Dsp laboratuvarındaki matkapla uygun büyüklükteki uçlarla delinmiştir. Bu devreyi lehimlemek için ısı ayarlı havya kullanılmıştır. Bunun sebebi devre elemanlarının çok hassas sıcaklık aralığına sahip olmasıdır.

Devrenin en önemli elemanı poliprenden yapılmış olan 6.8 nF değerindeki kondansatörlerdir. ilk olarak temin edilen mkp tip olanlar olmuştur. Bu kondansatörlerin bacak aralıkları ve enleri hesaba katılarak lehimlenmiştir. 8 adet olmaları nedeniyle montaj tasarımında az yer kaplatmak için bakır çemberin ön kısmına yerleştirilmişlerdir. Devremizde 2 adet bobin, 2 adet 100Ω direnç , 2 adet 10kΩ direnç, 2 adet mosfet bulunmaktadır. Bu elemanların çift sayıda bulunmaları nedeni ile montajda simetrik yerleştirilmeye dikkat edilmiştir.

Mosfetlerin anahtarlama sırasında fazla ısı artışında etkilenmemesi için soğutucular kullanılmıştır. Rezonans devrelerinde en uygun bobin tipi toroid tip bobindir fakat $100\mu\text{H}$ değeri tam olarak sağlamadığından dolayı direnç tipi ya da kapasite tipi bobin kullanımı tercih edilmiştir. Üzerinden elektromanyetik alan yardımıyla iletim yapılacak olan bakır boru 6mm boru çemberler verici kısmın çapı büyük olacak şekilde yerleştirilmiştir. Aslında verici kısmın kesitinin 8 mm olması gerekmektedir fakat temin edilememesi nedeniyle eşit kesit kullanılmıştır. Bu da enerji aktarımında alan ve sönüm kayıplarını artırmaktadır. Besleme kaynağı olarak 12V 1A değerinde adaptör kullanılacağı belirtilmiş olsa da akım kayıplarını karşılamak için laboratuvardaki güç kaynaklarından bir ile çalışmalara devam edilmiştir. Böylece çeşitli akım ve gerilim aralıklarında mesafe ve lamba parlaklıklarını gözleme imkanına ulaşılmıştır. Devre elemanlarının montaj edilmiş hali şekil 5.1. te gösterilmektedir. Şekilde gösterilen devrelerden birincisi verici devresi ikincisi alıcı devresidir. Bu aşamadayken verici kısım tam olarak tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir ancak rezonans frekansına cevap alabilmek için alıcı kısım ile ilgili denemeler son güne kadar devam edecektir.



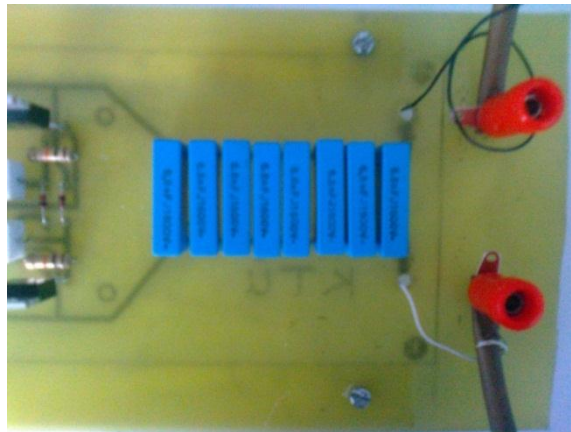
Şekil 5.1. Devrenin montaj edilmiş hali

5.2. Devrenin Çalışması

Devre 12V 1- 1.7A ile beslenmiştir. Devrede kullanılan elemanları korumak için 2A değerinde sigorta kullanılmıştır. Devreye enerji verilip verilmediğini anlamak için 1k Ω değerindeki dirence led seri bağlanmıştır. 8 adet kapasite ve çember bir LC devresi oluşturmaktadır. Bu devreyi tetiklemek için Uygun akım aralığına sahip mosfetler kullanılmıştır. DC kaynaktan beslenen devreden akımın çift yönlü akmasını sağlamak için 2 adet diyot mosfetler arasında biri diğerinin draininden gate ucuna diğeri de gateden draine ucuna olacak şekilde diyotla bağlantı yapılmıştır. Bu sayede LC tank devresi çift yönlü olarak beslenecek ve reaktif akım sayesinde çok büyük bir elektro manyetik alan oluşturulacaktır. Bu alan ile aktarılan enerjiden maksimum seviyede yaralanmak için alıcı kısımda yine bir LC tank devresi oluşturulur. LC tank devresi MHz seviyelerinde frekans üretmeyi sağlamaktadır. Bu iki devrenin doğal frekansının birbirinin aynısı olması sağlanmalıdır. Mosfetin gate ucu için gerekli gerilim 100 Ω değerindeki direnç elemanı ile sağlanır.

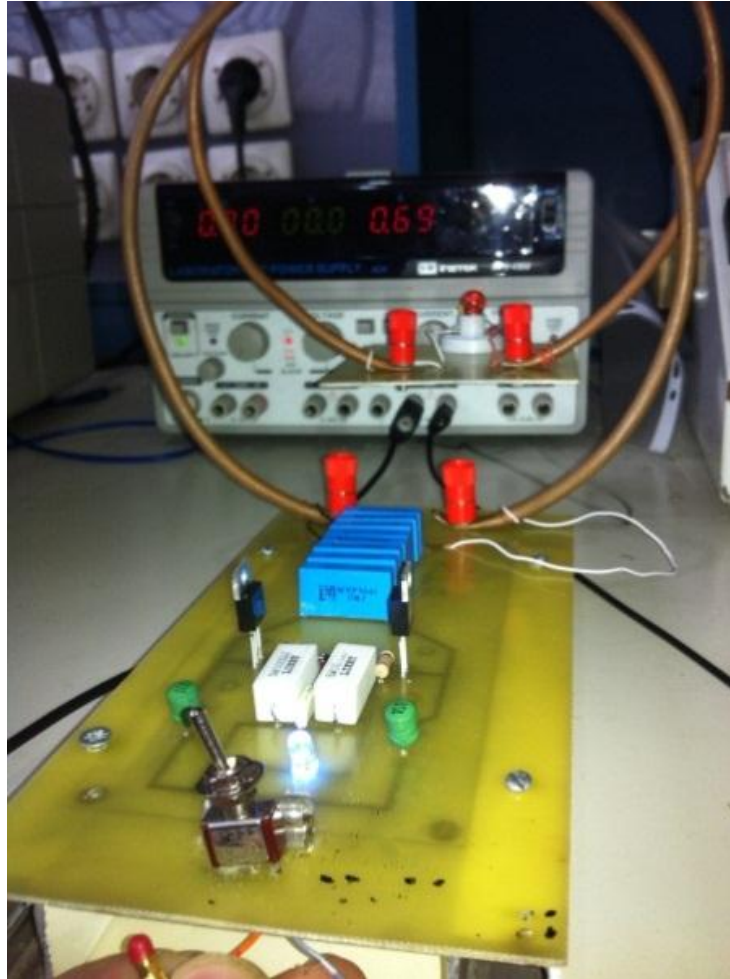
5.3. Kondansatör Tipinin Deneysel Belirlenmesi

Kablosuz elektrik iletimi için verici devresinde 8 adet kutupsuz kutu tipi kondansatör kullanılmıştır. Tasarım kısmında belirtildiği gibi rezonans çalışma frekansı olarak 1.6Mhz seçilmiştir. Bunun için ilk olarak şekil 5.2. de gösterildiği gibi MKP tip kondansatörlerle rezonans devresi oluşturulmuştur.



Şekil 5.2. Mkp tip kondansatörlerin bağlantısı

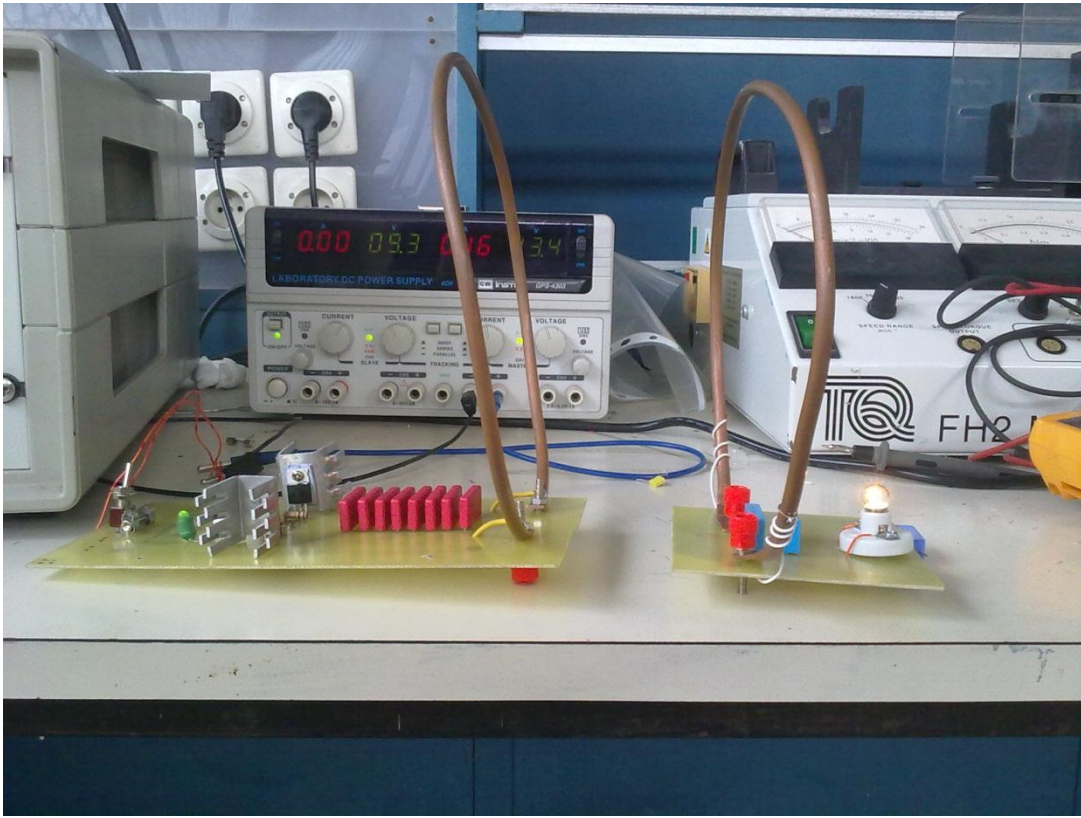
Bu devre ile çeşitli denemeler yapılarak uygun rezonanslar aranmıştır çok azda olsa küçük güç isteyen yüklere enerji aktarılmıştır. Bu devre ile yapılan denemede 12V 069A için 10 cm uzaklıktaki mesafeye kadar küçük güçlü aktarım yapılabilmektedir. Alıcı kısma paralel 100nF değerinde kondansatör bağlanarak aktarılan miktar çok az aktarılmıştır. Çeşitli değerdeki kondansatörlerle denemeler yapılarak uzaklık ve aktarılan güç miktarı arttırılmaya çalışılmıştır ancak istenilen seviyede olmamıştır. Kayıpların metalik yapılı kondansatörlerin sönüm miktarının fazla olduğu düşünülerek aynı değerli film ve foil yapılı kondansatör kullanımına karar verilmiştir. Deneyde kullanılan devre şekil 5.3 te gösterilmektedir.



Şekil 5.3. Mıplı devre ile yapılan aktarım

5.4. Mesafeye Göre Lamba Parlaklığı Deneyi

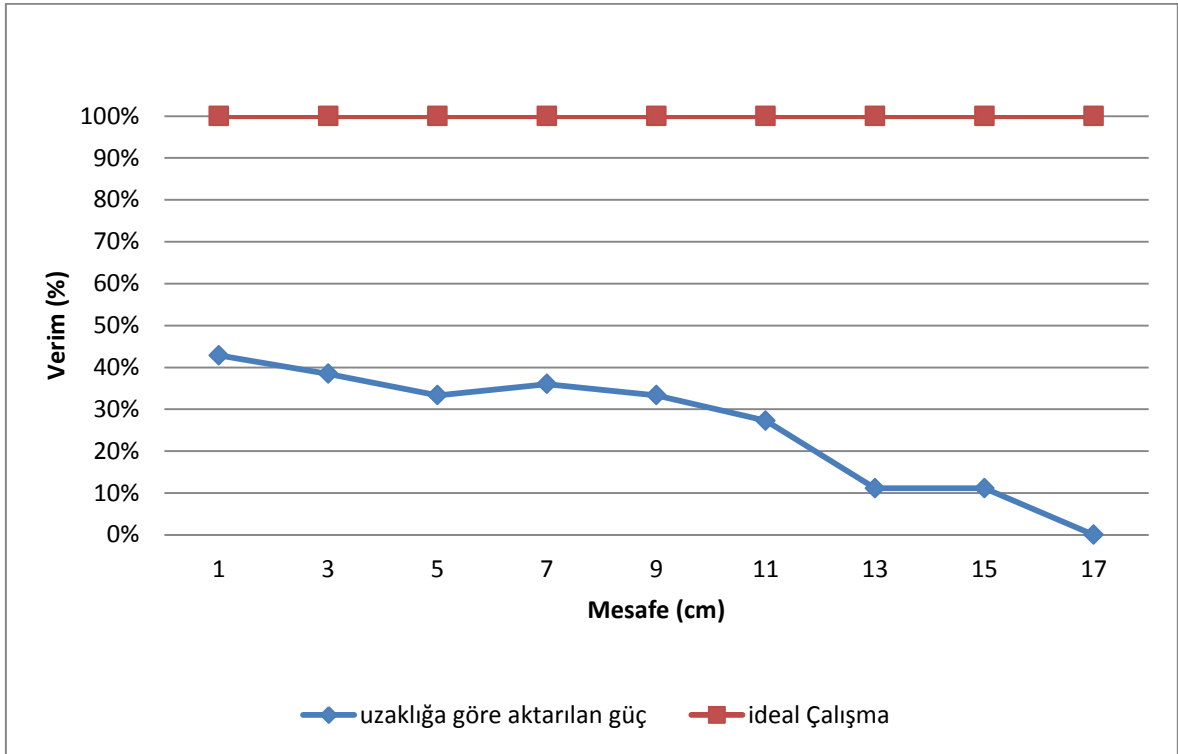
Kablosuz elektrik iletimi projesinde tam rezonans yakalanamaması nedeni ile istenilen seviyede verimli enerji iletimi yapılmadığı için ne kadar mesafeye iletilebildiği küçük güçlü lamba kullanılarak yapılmıştır. Şekil 5.4 de lambanın herhangi bir mesafedeki yanma anı gösterilmektedir.



Şekil 5.4. Mesafeye göre iletim

Şekil 5.5 te mesafeye göre ideal durumda mesafeye göre kablosuz durumda aktarılması gereken güç ile lamba parlaklığına göre aktarılan güç grafiği gösterilmektedir. Şekilden de anlaşıldığı gibi mesafeye göre maksimum %45 oranında verimli çalışma yapılmıştır. Deney aktarılan güç miktarının sıfır olduğu mesafeye kadar yapılmıştır. Tasarım kısmında hedeflenen %80 olan aktarılan güç miktarı %45 seviyelerinde kalmıştır. Mesafe olarak da

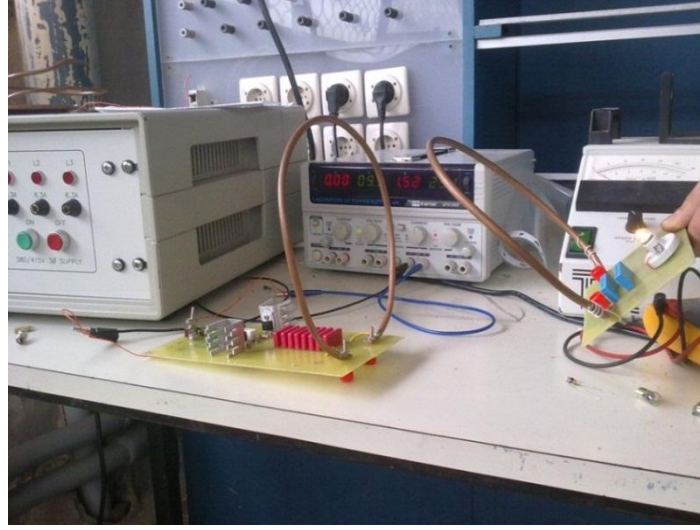
hedeflenen 50 cm mesafenin çok altında kalmıştır. Bunun nedeni tam rezonans frekansını yakalanamamış olmasıdır. Denemeler defter tesliminden sonra da devam edecektir. İstenilen verilere ulaşılması halinde ek olarak teslimi yapılacaktır. Tüm bu ölçümler 12 V dc gerilim altında 1A lik akım çekilerek yapılmıştır.



Şekil 5.5. Mesafeye göre aktarılan enerji veriminin ideale durumu

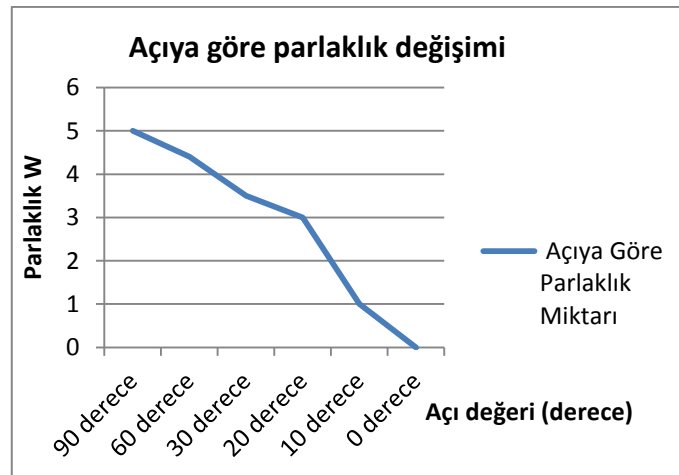
5.5. Açıya Bağlı Lamba Parlaklığı Deneyi

Kablosuz elektrik iletimi kapsamında yapılan bir diğer deney ve gözlem açığa göre lampa parlaklığını değişmesi olmuştur. Bu deney esnasında 90 derece en yüksek verimli iletim sağlanırken sıfır derecede az da olsa iletim gerçekleşmiştir. Deneyin gerçekleştirilme aşamasından biri şekil 5.6 da gösterilmektedir.



Şekil 5.6. Açıya göre enerji aktarımı

Şekil 5.7 de deneyler sonucu elde edilen grafik gösterilmektedir.



Şekil 5.7. Açıya göre parlaklık değişimi grafiği

5.6. Sönüm Gözlemlenmesi

Tasarım kısmında simülasyonu yapılan sönüm uygulayıp belirli genlikli işaret elde edilmişti. Biliyoruz ki güç aktarımında endüktans dirençlerini ihmal etsek dahi tel dirençlerinden dolayı kayıplar olacaktır. Tasarımda ideal olarak gerçekleştirilen sönüm işareti burada da ideale yakın gözlemlenmiştir. Şekil 5.8 de osiloskopa uygulanan işaretin çıkıştan elde edilen sönüm ekran görüntüsü verilmiştir.



Şekil 5.8. Sönüm gözlemlenmesi

5.7. Zorluklar ve Kolaylıklar

Kablosuz elektrik iletimi projesi için gerekli olan malzemelerin bahar dönemi başladıktan bir ay sonra temin edilmesi ve önemli olan kapasite modelinin bu liste dahilinde alınamaması proje çalışmaları başladıktan sonra verici kısım gerçekleştirildikten sonra alıcı kısım için rezonans değerlerinin araştırılmasını geciktirmiştir. Fakat istenilen kondansatör yerine alınan mkp tip kondansatörle de çalışma denemelerinin yapılmış olması proje hakkında geniş bilgi edinilmesini sağlamıştır. İki devre arasında bağlantı yapmayı sağlayan LC tank devre parçası olan bakır borudan 8mm ve 3 mm olan Trabzon sınırları içinde bulunamamış olması çalışmaları aksatmış verimi azaltmıştır.

Yurtdışından alınması gereken bazı elektronik devre elemanları için firma usulü teklif istenmesi malzeme temini noktasında sıkıntı oluşturmuştur. Devreye enerji verildikten sonra aralarında faz farkı olmaması deren mosfet gerilimlerinin faz farkı oluşturup bütün akımın biri üzerine yoğunlaşması nedeni ile mosfetlerin çok çabuk bozulması projeyi tıkanma noktasına getirmiştir. Tedbir olarak röle bağlanmak istenmiş ancak alınan röle kontaklarının çalışmaması bir başka karşılaşılan devre elemanı sorunudur. Hassas çalışma sıcaklığı isteyen devre elemanları ile çalışıldığından dolayı çalışmalarda sorun teşkil etmiştir. Bu gibi RF li çalışmalara en uygun bobin olan toroid tip bobin temini ve istenilen değer için sarımların tam olarak yapılamaması iletilen enerji miktarında düşmeye neden olmuştur. Kontrol laboratuvarını bitirme projesi için öğrencilerin çalışma alanı olarak kullanılması ve Yüksel SALMAN isimli laboratuvar görevlisinin yardımları karşılaşılan kolaylıklar arasındadır. Ayrıca malzemelerin temini noktasında Elektrik Elektronik Müh. Bölüm Başkanlığının, Mühendislik Fakültesi Dekanlığının ve çalışanlarının gösterdiği ilgi ve samimiyet projenin tamamlanmasını kolaylaştırmıştır.

5.8. Güvenlik Önlemleri

Kablosuz elektrik iletimi proje kapsamı bakımından bir prototip özellik göstermesi nedeni ile insan sağlığı için herhangi bir tehlike teşkil etmemektedir. Kesici delici herhangi bir parçası bulunmamaktadır. Elektromanyetik alanla çalışan bir proje olması nedeni ile devre uzun süreli olarak çalıştırılmayacaktır. Tedbir amaçlı olarak kalp pili kullanan hastalar çalışan sistemin yanına yaklaştırılmayacaklardır.

5.9. Standartlar ve Kısıtlamalar

Kablosuz elektrik iletimi projesi kapsamında yapılan devre elektromanyetik alan oluşturduğu için frekans değerlerine göre bazı sınır değerler ve kısıtlamalar belirlenmiştir. Bu standartlar ve kısıtlamalar IEEE ve ANSI tarafından belirlenmiştir. Türkiye’de geçerli olan sınır değerler *elektro manyetik alan şiddeti sınır değeri belirlenmesi ,ölçüm yöntemleri yönetmeliğine ve değerlendirilmesi hakkındaki yönetmelik sınır ve kısıtlamaları* belirtmiştir.[3] Çalışılan frekans aralığı bu standartlarda belirtilen değerlerin altındadır. Gerekli görülmesi halinde [3] e bakılabilir.

6. SONUÇ

Kablosuz elektrik iletimi projesini tasarım kısmında devre çizimi eagle programı ile yapılarak bakır levha üzerine aktarılmıştır. Tasarım kısmında anlatılanlarla ve teorik altyapıya göre gerçekleştirme yoluna gidilmiştir. Devre montaj işlemi tamamlandıktan sonra verici ve alıcı kısımlar üzerinde çeşitli şekillerde denemeler yaparak kullanılacak en iyi malzeme çeşidinin ne olduğuna karar verilmiştir. Bunlar çember çapı ve kalınlığı, bobin tipi, kondansatör çeşidi ve alıcı kısımda kullanılacak kondansatör değerleridir. Mkp tip kondansatör yerine fkp tip kondansatör kullanarak kayıplar azaltılmıştır. Bu sayede 10 cm olan iletim mesafesi 20 cm olmuştur. Fakat tasarım kısmında hedeflenen 50 cm mesafeye ulaşamamıştır. Proje gününe kadar çeşitli denemeler yapılmaya devam edilecektir. Kadar değer bir ilerleme olursa ek olarak sunulacaktır.

Uygulamada kullanılan devre elemanları daha çok güç elemanlarından oluşmaktadır. Özellikle uzun süreli çalışmalarda sistemin ısınmasını önlemek için sınır değerleri yüksek seçilmiştir. Bu sayede hem ısınma sorunun önüne geçilmiş hem de sistemin tetiklemesinden başlayarak alıcı ve vericinin senkron bir şekilde çalışması sağlanmıştır.

Kablosuz elektrik iletiminde alıcı tarafında lamba kullanılarak ne kadar mesafeye iletim yapılabildiği deneysel olarak gözlemlenmiştir. Bir başka lamba parlaklığı deneyi açığa göre yapılmıştır. Tahmin edildiği üzere en iyi iletim 90 derece olacak şekilde alıcı ve vericinin karşılıklı yerleştirilmesi ile elde edilmiştir. Tüm bu çalışmalar deney ve gerçekleştirme kısmında gösterilmektedir.

Bu proje gerçekleştirilirken ilgili kısıtlamalar ve standartlar göz önüne alınmıştır. Çalışılan alandaki elektromanyetik frekans sınır değerlerinin altında olduğu için insan sağlığı üzerinde etkisi yoktur. Bu alandan etkilenebilecek kişiler tedbir amaçlı sistem çalışılırken uyarılacaklardır.

7. YORUM VE DEĞERLENDİRME

Kablosuz elektrik iletimi proje kapsamında tasarlama, teorik bilgi ve uygulama aşamasında ileriye yönelik pek çok kazanım elde edilmesini sağlamıştır. Tasarım aşamasında malzeme listesi çıkarma bir projede hangi malzemenin ne amaçla kullanılacağı ve teknik özelliklerinin tamamen belirlenip en ucuz maliyette elde edilmesi gerektiği tecrübesi kazanılmıştır. Proje kapsamında elde edilen kazanımlar öğrencilik hayatımızda kazandığımız teorik bilgilerimizi pratikte kullanma imkânı sağlamıştır.

Uygulama aşamasında, teorik ve tasarım kısmındaki ölçüt ve hedeflere ne oranda ulaşılabildiği, bazı ön görülemeyen durumların ortaya çıkması halinde alınacak tedbirlerin nasıl uygulanacağı konusunda tecrübe kazanılmıştır. Bu proje gerçekleştirmeleri gurup halinde olduğu için gurup çalışmasının nasıl yapılması gerektiği noktasında da deneyimler karşılıklı olarak kazanılmıştır. Projeye başlamadan önce tamamen profesyonel devre çizim programı olan eagle kullanımı orta düzeyde öğrenilmiştir.

Kablosuz elektrik iletimi proje çalışmasında mesafenin nasıl artırılabilceği gibi pek çok analiz ve değerlendirmeler yapılmıştır. Bunlardan bir kısmı uygulanarak istenilen hedefe ulaşılmıştır. Verimli çalışma sağlanması için gerekli kesit kalınlığı 8mm olan bakır boru tein edilemediği için bu hedefte tıkanılmıştır.

Devrenin çalışma mantığı rezonans olayına dayandırılmıştır. Rezonans hakkında çeşitli makale ve yazılar okunarak hem teorik hem de uygulama yönünden kazanımlar elde edilmiştir. Günümüzde yeni yeni kullanımı yaygınlaşan kablosuz elektrik iletim sistemi çok geniş alanda kullanılabilir. En basiti kablo kullanımının yoğun olduğu yakın mesafeli ortamlarda ofis, ev vb. bu sistem rezonans sağlanması halinde güvenli bir şekilde kullanılabilir. Elektrikle çalışan otomobil sayısının artacağı ön görülerek şarj sistemi üzerinde rezonans devresi kurulup kablosuz olarak arabalar yakın mesafeden şarj edilebilir.

Genel anlamda kablosuz elektrik iletim teknolojisi yeni olmasa da uygulanabilirlik açısından henüz hak ettiği mesafe ve uygulamada alan genişliğine sahip değildir.

KAYNAKLAR

- [1]. (2012)The SONY website. [Online]. Available:
<http://www.sony.net/SonyInfo/News/Press/200910/09-119E/index.html>
- [2]. Delozier, D. M., Orwoll, R. A., Choon, J. F., Johnston, N. J., Smith, J. G., Connell, J. W. Polymer, 2002; 43:813-822
- [3]. *Elektromanyetik Alan Şiddeti Limit Değerlerinin Belirlenmesi, Ölçüm Yöntemleri ve Denetlenmesi* , TSE, 1996.

EKLER

EK-1 *Standartlar ve Kısıtlar Formu*

EK-1 Standartlar ve Kısıtlar Formu

Tasarım Projesinin hazırlanmasında Standart ve Kısıtlarla ilgili olarak, aşağıdaki soruları cevaplayınız.

1. Projenizin tasarım boyutu nedir? Açıklayınız.

Kablosuz elektrik iletimi projesi ile yakın mesafeden rezonans frekansı ile elektro manyetik alan aracılığıyla alıcı ve vericiden oluşan sistem arasında kablosuz olarak elektrik iletecek bir tasarımdır.

2. Projenizde bir mühendislik problemini kendiniz formüle edip, çözdünüz mü?

Kullanılacak malzemelerin yapılmış olduğu malzeme türünün seçilmesi, çalışma aralığına uygun diğer devre elemanlarıyla uyumu ve rezonans frekansının kullanılan çember ve kondansatöre göre belirlenmesi

3. Önceki derslerde edindiğiniz hangi bilgi ve becerileri kullandınız?

Güç elektroniği dersi, Elektromanyetik alanları dersi ve Analog ve sayısal elektronik dersinde öğrenilen teorik bilgiler kullanılmıştır. Bunun yanında laboratuvar ortamında öğrenilen beceriler de uygulama da yardımcı olmuştur

4. Kullandığınız veya dikkate aldığınız mühendislik standartları nelerdir?

Proje tasarım ve gerçekleştirme aşamalarında TS 9057, ISO 27011, TSE ve ÇEVKO standartları göz önünde bulundurulmuştur.

5. Kullandığınız veya dikkate aldığınız gerçekçi kısıtlar nelerdir?

a) Ekonomi

Proje en iyi malzeme kalitesi ve minimum maliyet esasına göre gerçekleştirilmiştir. Yanma ve bozulma riski olan malzemeler yeterli sayı da temin edilmiştir..

b) Çevre sorunları:

Proje de çalışılan frekans aralığı Türkiye standartlarını altındadır .Fakat uygulama çalıştırılırken çevrede gerekli tedbirler alınacaktır.

c) Sürdürülebilirlik:

Kablosuz elektrik iletimi yakın mesafede kullanım yeni yeni genişlemektedir. Bu proje de bir prototip özelliğinde olması itibariyle çok geniş alanlarda yakın mesafeler için kullanılabilir. Örneğin kablosuz telefon şarjı gibi.

d) Üretilebilirlik:

Kablosuz elektrik iletimi yakın mesafelerde telefon şarj sistemlerine uygun rezonans ayarlanarak entegre edilebilir. Sadece bu uygulaması ile bile üretimde süreklilik sağlayabilir.

e) Etik:

Gerçeklenen proje mühendislik açısından etiğe uygundur.

f) Sağlık:

Kablosuz elektrik iletimi elektromanyetik alan aracılığıyla belirli frekanslarda yapıldığı için standartların altında frekansa sahip ols dahi kalp pili kullanan kişiler uyarılacaktır.

g) Güvenlik:

Proje küçük akım ve gerilim değerlerinde çalışıldığından ve herhangi bir kesici delici aksanı bulunmasından dolayı son derece güvenlidir.

h) Sosyal ve politik sorunlar:

Proje elektrik iletimini kablosuz olarak yapmayı hedef seçmesinden dolayı evde ve ofiste artan kablo kalabalığına yakın mesafeli iletim için çözüm sunmayı hedeflemektedir.

Not: Gerek görülmesi halinde bu sayfa istenilen maddeler için genişletilebilir.

Projenin Adı	Kablosuz Elektrik İletimi
Projedeki Öğrencilerin adları	196088 İbrahim Sert 196108 Zeynel A. AYdın
Tarih ve İmzalar	25.05.2012

ÖZGEÇMİŞ

İBRAHİM SERT

Mersinin Tarsus ilçesinde doğdum. İlkokulu Çukurova Sanayi ilköğretim okulun da, ortaokulu da aynı okulda tamamladım. Liseyi Tarsus Mustafa Kemal Anadolu Lisesinde okudum. 2007 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümünü kazandım. Bir yıllık eğitim alacağım Yabancı Diller Bölümünde öğrenime başladım. 2008 yılın da %30 İngilizce eğitim veren Elektrik-Elektronik Mühendisliği bölümünde öğrenimime devam ettim. Araştırmalarım ve ilgim dahilinde 2. sınıftan sonra Elektrik ve Kontrol alanını seçerek Elektrik Mühendisliği Yüksek Akım alanında öğrenimime devam ettim. Stajımı Türk telekom ve Fritolay firmalarında yaptım. Öğrenim hayatım boyunca Kariyer Günleri ve Girişimcilik sertifikalı seminerlerine katıldım. Bitirme projesi olarak üniversitenin son sınıfında Teslaya olan hayranlığım nedeni ile kablosuz elektrik iletimini yapmayı seçtim. 2012 Haziran ayında Elektrik-Elektronik Mühendisliği bölümünün Elektrik ve Kontrol alanından mezun olacağım.

ÖZGEÇMİŞ

ZEYNEL ABİDİN AYDIN

1987 Tarihinde Siirt'te doğdum. İlköğretimi Siirt Mehmetçik ilköğretim okulunda okudum. Lise eğitimini Siirt Lisesi'nde aldım. 2007 yılında Karadeniz teknik üniversitesi elektrik-elektronik mühendisliği bölümünü kazandım. Halen bu bölümde 4. Sınıf olarak eğitimime devam ediyorum. Oyak Renault otomobil fabrikalar Bursa fabrikasında ve Siirt'te bulunan alkumru hidroelektrik santrallerinde staj yaptım. Bitirme çalışması olarak kablosuz elektrik iletimi projesini seçtim.