

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BETONARME YAPILARDA KULLANILAN ÇELİK DONATININ
SİNYAL İLETİMİNDE KULLANIMINA YÖNELİK
ELVERİŞLİLİK ARAŞTIRMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hanefi ÇINAR

Anabilim Dalı: Elektronik Bilgisayar Eğitimi

Danışman: Doç. Dr. Engin AVCI

ŞUBAT-2011

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BETONARME YAPILARDA KULLANILAN ÇELİK DONATININ SİNYAL
İLETİMİNDE KULLANIMINA YÖNELİK ELVERİŞLİLİK ARAŞTIRMASI**

Yüksek Lisans Tezi
Hanefi ÇINAR

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 04.02.2011
Tezin Savunulduğu Tarih : 03.02.2011

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Engin AVCI
Diğer Jüri Üyeleri : Yrd. Doç. Dr. Yüksel ESEN
Yrd. Doç. Dr. Davut HANBAY

ŞUBAT-2011

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmamda öncelikle, fikirleriyle beni aydınlatan, bana yol gösteren ve yardımlarını esirgemeyen danışmanım Sayın Doç. Dr. Engin AVCI'ya sonsuz teşekkür ederim.

Çalışmam süresince bana her türlü olanağı sağlayan ve elinden gelen yardımı yapan Sayın Hocam Dr. Musa ÇIBUK' a çok teşekkür eder, yine birlikte fikir alışverişinde bulunduğum tüm arkadaşlarıma ve çalışma süresince üzerimden desteğini esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

ÖZET

Bu tez çalışmasında betonarme yapılarda kullanılan çelik donatının sinyal iletiminde kullanımına yönelik elverişlilik araştırması doğrultusunda deneysel çalışmalar ve bunların sonuçları irdelendi. Bina çelik donatısı elektriksel sinyallerin iletimine elverişli bir yapıda olup yalnızca birbirine bağlı tek bir hattan oluşmaktadır. Böyle bir yapı üzerinden manyetik alan vasıtası ile iletişim sinyallerinin iletilebilirliği göze çarpmaktadır. Manyetik alan oluşturmak için yapı üzerinde herhangi bir noktaya belirli özelliklere sahip bir iletim bobini sarılabilir. Bu bobin üzerinden herhangi bir sinyal gönderildiğinde bina kütlesi tek başına bir transformatör yapısında sinyal çifti üretir. Böylelikle yapı büyüklüğünde dev bir transformatör elde edilmiş olur. İstenilen herhangi bir başka noktadan ise bu sinyalin tekrar elde edilmesi mümkün olup elde edilen sinyaller yapılacak çalışmalar neticesinde elektronik bazı devreler vasıtası ile çeşitli iletişim sistemlerinde kullanılabilir.

Yapılan deneysel çalışmalar neticesinde uygun şartlar sağlandığında betonarme yapıların üzerinde bulunan çelik donatı üzerinden sinyal iletiminin mümkün olduğu kanıtlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Akıllı bina, Sinyal, Transformatör, Betonarme çeliği, Manyetik alan, Manyetik akı.

ABSTRACT

FEASIBILITY OF USING BUILDING REINFORCED STEEL BARS TO TRANSMIT SIGNALS

In this paper, it is purposed to observe experimental details and their results of feasibility of using building reinforced steel bars to transmit signals. Building reinforced steels are feasible of transmitting signals and in building construction, steel bars are trimmed and bended into a special form and tied together by steel wires before concreting. It is observed that possibility of transmitting magnetic flux on this web of steels. It is possible to winding coils on reinforced steels for obtaining magnetic flux / field. When we apply signals on one of these coils, building will be working like a huge transformer and producing pairs of signals. Signals can be received from anywhere of building by installing same coils and these signals can be used in many areas by making electronic circuits.

It is proved that if suitable media and suitable conditions prepared, signals can be transmitted on building reinforced steel bars.

Keywords: Intelligent building, Signal, Transformer, Reinforced Steel, Magnetic field, Magnetic flux.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
TEŞEKKÜR.....	III
ÖZET	IV
ABSTRACT	V
İÇİNDEKİLER.....	VI
ŞEKİLLER LİSTESİ	VIII
TABLOLAR LİSTESİ	IX
RESİMLER LİSTESİ	X
KISALTMALAR LİSTESİ	XI
SİMGELER LİSTESİ	XII
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Akıllı Yapılar.....	1
1.1.1. Akıllı Bina Kavramı	2
1.1.2. Akıllı Binalarda Kullanılan Sistemler	3
1.2. Binalarda Kullanılan İletişim Sistemlerinin Altyapısı.....	4
1.3. Tez Çalışmasının Amacı.....	5
1.4. Tez Çalışmasının Kapsamı	5
2. BETONARME YAPILAR.....	7
2.1. Beton.....	7
2.2. Betonarme.....	7
2.3. Metaller.....	8
2.3.1. Betonarme Çeliği.....	8
2.3.1.1. Çelik Üretimi	9
2.3.1.2. Yapılış Şekillerine Göre Çelik Sınıfları.....	10
2.3.1.3. Betonarme Çeliğinin Özellikleri.....	10
2.3.1.4. Çeşitli Yapı Çelikleri.....	11
2.3.1.5. Betonarmede Kullanılan Çelik Sınıfları	12
3. MANYETİZMA	15
3.1. Mıknatıs	15
3.2. Kulon Kanunu	15
3.3. Manyetik Alan İçerisinde Akım Taşıyan İletkene Etki Eden Kuvvet.....	17

3.4.	İndüksiyon	18
3.4.1.	Manyetik Alanın Etkileri	18
3.4.2.	Endüksiyon Elektromotor Kuvvetinin elde Edilmesi	18
3.4.3.	Endüksiyon EMK' nin Yönü ve Lenz Kanunu	19
3.4.4.	Faraday kanunu ve Endüksiyon EMK' nin Değeri	20
3.5.	Özendüksiyon	21
3.5.1.	Özendüksiyon Olayı ve EMK' i	21
3.5.2.	Özendüksiyon Katsayısı ve Hesabı	22
3.6.	Bobinde Depo Edilen Enerji.....	24
3.7.	Bobinlerin Bağlantı Şekilleri	25
3.7.1.	Bobinlerin Seri Bağlanması.....	25
3.7.2.	Bobinlerin Paralel Bağlanması	25
3.7.3.	Bobin Uçlarındaki Gerilim	26
4.	DENEYSEL ÇALIŞMA.....	28
4.1.	Çelik Çubuk Ortamının Avantajı.....	29
4.2.	Üst Üste Bindirilmiş Çelik Çubukların İletkenliği.	30
4.3.	Çelik Donatı Modeli	31
4.4.	Kurulum ve Sonuçlar	31
4.4.1.	Kolon Çelik Donatısının Hazırlanması.....	32
4.4.2.	Bobinlerin Montajı	34
4.4.3.	Yerinde Ölçümler	35
5.	SONUÇ	41
6.	KAYNAKLAR.....	42
	ÖZGEÇMİŞ	43

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 3.1. İtme ve Çekme Kuvveti	15
Şekil 3.2 Endüksiyon EMK.....	19
Şekil 3.3. Hareket Endüksiyon EMK’ nin Meydana Gelişi	21
Şekil 3.4. Özendüksiyon Olayı.....	22
Şekil 3.5. Manyetik Enerjinin Değişimi	24
Şekil 3.6. Bobinlerin Seri Bağlanması	25
Şekil 3.7. Bobinlerin Paralel Bağlanması.....	26
Şekil 3.8. Bobinin DC Kaynağa Bağlantısı.....	27
Şekil 4.1. Çelik Çubukları Transformatöre Dönüştüren Bobin A & B	31

TABLÖLAR LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.1. Yapı Çeliklerinin Bazı Özellikleri.....	12
Tablo 1.2. Çubuk Çapı Değerleri.....	14
Tablo 4.1. Bulunan Ortalama Karesel Hata Oranları.....	40

RESİMLER LİSTESİ

Sayfa No

Resim 4.1. Çelik Donatının Çelik Teller ile Bağlanması.....	30
Resim 4.2. Çelik Donatı Kalıbı	30
Resim 4.3. Bir Betonarme Kolonunun Örnek Yapısı	32
Resim 4.4. Etriye’ nin Yapısı.....	33
Resim 4.5. Etriye ve Çelik Çubukların Birbirine Çelik Tel İle Bağlanması.....	33
Resim 4.6. Kolon Donatısı Üzerine Sarılmış Bobinler	34
Resim 4.7. Bobin.....	34
Resim 4.8. 1 MHZ Sinyal uygulandığında (a) Kare dalga, (b) Sinusoidal dalga, (c) Üçgen dalga, sinyallerin osiloskop cihazında giriş ve çıkış görüntüleri ...	35
Resim 4.9. 2 MHZ Sinyal uygulandığında (a) Kare dalga, (b) Sinusoidal dalga, (c) Üçgen dalga, sinyallerin osiloskop cihazında giriş ve çıkış görüntüleri ...	36
Resim 4.10. 3 MHZ Sinyal uygulandığında (a) Kare dalga, (b) Sinusoidal dalga, (c) Üçgen dalga, sinyallerin osiloskop cihazında giriş ve çıkış görüntüleri ...	36
Resim 4.11. 4 MHZ Sinyal uygulandığında (a) Kare dalga, (b) Sinusoidal dalga, (c) Üçgen dalga, sinyallerin osiloskop cihazında giriş ve çıkış görüntüleri ...	36
Resim 4.12. 5 MHZ Sinyal uygulandığında (a) Kare dalga, (b) Sinusoidal dalga, (c) Üçgen dalga, sinyallerin osiloskop cihazında giriş ve çıkış görüntüleri ...	37
Resim 4.13. 6 MHZ Sinyal uygulandığında (a) Kare dalga, (b) Sinusoidal dalga, (c) Üçgen dalga, sinyallerin osiloskop cihazında giriş ve çıkış görüntüleri ...	37
Resim 4.14. 7 MHZ Sinyal uygulandığında (a) Kare dalga, (b) Sinusoidal dalga, (c) Üçgen dalga, sinyallerin osiloskop cihazında giriş ve çıkış görüntüleri ...	37
Resim 4.15. 8 MHZ Sinyal uygulandığında (a) Kare dalga, (b) Sinusoidal dalga, (c) Üçgen dalga, sinyallerin osiloskop cihazında giriş ve çıkış görüntüleri ...	38
Resim 4.16. 9 MHZ Sinyal uygulandığında (a) Kare dalga, (b) Sinusoidal dalga, (c) Üçgen dalga, sinyallerin osiloskop cihazında giriş ve çıkış görüntüleri ...	38
Resim 4.17. 10 MHZ Sinyal uygulandığında (a) Kare dalga, (b) Sinusoidal dalga, (c) Üçgen dalga, sinyallerin osiloskop cihazında giriş ve çıkış görüntüleri ...	38
Resim 4.18. 10 MHz sinüsoidal dalganın Matlab programına aktarılmış (a) giriş (b) çıkış verileri.	39

KISALTMALAR LİSTESİ

BÇ I	: Beton çelik sınıfı 1 (akma sınırı 2200 kg/cm^2)
BÇ II	: Beton çelik sınıfı 2 (akma sınırı $3400\text{-}6000 \text{ kg/cm}^2$)
BÇ III	: Beton çelik sınıfı 3 (akma sınırı 4200 kg/cm^2)
BÇ IV	: Beton çelik sınıfı 4 (akma sınırı 5000 kg/cm^2)
CEB	: Avrupa Beton Komitesi
CGS	: (centimeter, gram, second- santimetre, gram, saniye), bir birim sistemi. Uzunluk birimini santimetre(cm), kütle birimini gram(g), zaman birimini ise saniye(s) olarak esas alır.
EMK	: Elektromotor Kuvveti
MKS	: Uluslararası Birim Sistemi ya da Uluslararası Ölçüm Sistemi
St37	: 37 kg/mm^2 ve 360 N/mm^2 (mpa) akma dayanımına sahip inşaat çeliğidir.
St52	: 52 kg/mm^2 ve 513 N/mm^2 (mpa) akma dayanımına sahip inşaat çeliğidir.
St34	: 34 kg/mm^2 ve 310 N/mm^2 (mpa) akma dayanımına sahip inşaat çeliğidir.
St44	: 44 kg/mm^2 ve 410 N/mm^2 (mpa) akma dayanımına sahip inşaat çeliğidir.
TS 500	: “Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları” başlıklı Türk Standardı
TS 708	: “Çelik-Betonarme İçin-Donatı Çeliği” başlıklı Türk Standardı.

SİMGELER LİSTESİ

$\emptyset$	: Betonarme çubukların çapları (mm)
d	: Betonarme çubukların çapları (mm)
δs	: Betonarme çeliğinin minimum akma sınırı (kg/cm^2)
δk	: Betonarme çeliğinin çekme mukavemeti (kg/cm^2)
ϵk	: Betonarme çeliğinin kopma uzamaları (%)
ϵ_0	: Boşluğun dielektrik katsayısı (C^2/Nm^2)
ϵ_r	: Ortamın bağıl dielektrik katsayısı (birimsiz)
F	: Yükler arasındaki kuvvet (Newton)
m_1, m_2	: Kutupların şiddeti (Kulon)
r	: Yükler arasındaki uzaklık (metre)
L	: İletkenin uzunluğu (cm)
B	: Manyetik akı yoğunluğu (gauss)
I	: İletkenden geçen akım (amper)
E	: Bobinde indüklenen endüksiyon EMK (volt)
N	: Bobin sarım sayısı
$\Delta\phi$	: Manyetik alandaki değişim (Weber)
Δt	: Zaman aralığı
V	: İletkenin hızı (metre/saniye)
L	: Endüktans (Henri)
R_m	: Relüktans (1/Henri)
μ	: Ortamın geçirgenliği (Henri/metre)
S	: Bobin çekirdeğinin kesiti (metre^2)
W	: Bobinde depo edilen enerji (Jul)

1. GİRİŞ

Akıllı bina, akıllı ev ve ev ağı oluşturma konuları bina endüstrisinin popüler konuları arasında yer almaktadır. Bu sistemlerin ana teması fiziksel bir ortam üzerinden sinyal iletimine dayanmaktadır. Elektrik sistemlerinde bu ortam bakır kablolar, otomasyon ve zil sistemlerinde ince bakır teller, Televizyon ve güvenlik kamerası gibi sistemlerde koaksiyel bakır kablolar, İnternet ve ev ağındaki bakır kablolar ve yine internet, radyo gibi cihazların iletişimde kablosuz radyo frekans sinyallerinin iletildiği hava ortamıdır. Bu sistemlerde iletişimde genel olarak bakır kablolu sistemlerin tercih edilmiş olduğu göze çarpmaktadır. Kablosuz sistemlerde günümüzde yaygınlaşmakta olup kablolu ve kablosuz sistemlerin birbirlerine göre avantaj ve dezavantajları sıralanabilir [1].

Kablolu sistemlerdeki maliyet, işçilik ve yapının kullanılıyor olması sırasındaki kurulum zorlukları düşünüldüğünde bu durum araştırmacıları yeni kaynaklar araştırmaya itmiştir. Böyle bir durumda yenilikçi bir bakış açısı olarak yapıda bulunan çelik donatının dönüştürücü bazı sistemler vasıtası ile sinyal iletiminde kullanılabilirliği konusu bu çalışmada incelenecektir. Çelik donatıda sinyal iletimi fikri tek bir iletim hattı olacağından manyetik alan vasıtası ile mümkün olacaktır. Bu durum transformatörde sinyal çifti oluşturmaya benzetilmektedir. Sinyaller çelik donatıya önceden montajı yapılan iletim bobini vasıtası ile manyetik akım olarak iletilirler. Bu akım tüm yapının çevresinde bir manyetik alan oluşturabilir. Böylece bina büyüklüğünde dev bir transformatör elde edilmiş olur. Başka bir bobin vasıtası ile de binanın herhangi bir yerinden bu akımı almak mümkün olabilir. Yapılan deneysel tecrübeler neticesinde bu fikrin uygulanabilirliğini ispat ettik. Sinyallerin bina çevresinde istenilen bir noktadan istenilen performans değerleri ile alınabileceğini görmüş olduk.

1.1. Akıllı Yapılar

Çağdaş yapım teknikleriyle gerçekleştirilen akıllı binalar, tasarım aşamasından kullanıma kadar çok çeşitli alt sistemler ile bunların tasarım ve üretimini üstlenen disiplinleri uyum içinde bir araya getirmekte ve son derece titiz bir çalışmayı gerektirmektedir.

Akıllı binalar enerjinin en verimli şekilde kullanılması ve çevresel sistem teknolojilerini bütünleştirerek çalışma performansının artırılmasını amaçlar. İlk olarak 1980’lerde enerji kullanımını azaltmak için özel mekanik ve elektriksel sistemler geliştirilmiştir ve yeni bina ürünleri kullanılmıştır.

Akıllı binalar konusunda Amerika’daki düşünce bir modern ofis bloğunda sağlanacak çok çeşitli kolaylıklardan biri olan etkin enerji kullanımıyla ortaya çıkmıştır.

Akıllı ofis binası enerji yönetimi sistemlerini bir adım daha öteye götürür. Amaç sadece enerji tüketimini kontrol etmek değil, aynı zamanda binadaki diğer sistemlerin birçoğunu da en iyi şekilde işletmektir.

1.1.1. Akıllı Bina Kavramı

Endüstri toplumlarında, bina yapımında, kullanımında ve işletilmesinde, bilgisayarların, paket programlar şeklinde giderek ağırlık kazandıkları ve hizmet alanını genişlettikleri gözlenmektedir. Yapım sonrasında da kurulan merkezi bilgisayar sistemi, işletme ve kullanıma yönelik tüm hizmetlerin gerçekleştirilmesinde yoğun olarak kullanılmaktadır. Güvenlik, yangın, telefon, işletme, enerji kullanımı, asansörlerin yönetimi, hatta çevre koruma çalışmalarında bilgisayar kullanımı, yönetici ve çalışanların işlerinde yoğunlaşmalarını sağlayarak verimi büyük ölçüde arttırmaktadır. Bina içine yerleştirilen optik kanallar tüm bilgilerin anında bina yönetim merkezindeki ekranlara yansıtılmasını sağlamaktadır. Böylece kullanım amacı doğrultusunda en verimli çalışma ortamının sağlandığı, işletme masraflarının en aza indirildiği, işletmede en ileri teknolojilerin kullanıldığı problemsiz binalar “akıllı bina” olarak nitelendirilmektedir. Bu akıllılığın sağlanmasında, kullanım gereksinmelerine bağlı olarak farklı düzenlemelerin yapılabileceği açıktır. Hepsinde ana amaç bina ortamında kontrol ağının egemen kılınmasıdır. Bu yoldan yerel ve merkezi kontroller arasında denge kurulmakta, kullanıcıların kendi ortamlarını belli sınırlar çerçevesinde ayarlamaları sağlanmaktadır.

Elektrik, elektronik, bilgisayar, ısıtma, soğutma ve telefon donanımları gibi işletme kapsamındaki tüm hizmetlere bakacak personel, binada ya da yakınındaki tesislerde çalışacaktır. Böylece sorunlar ortaya çıkmadan, özel aletlerle saptanarak önüne geçilmesi mümkün olacaktır. Diğer taraftan servis ve bakım işlerinin daha da ağırlık kazanması beklenmektedir. Bu doğrultuda uzmanlaşmış hizmet sektörünün önemi de artacaktır. Bu

sektör uzman eleman yetiştirmenin yanında uygun donanımın seçilmesini ve değişen hizmetlere çözüm üretimini de sağlamak durumundadır. Akıllı binada iç düzen kanal içine yerleştirilmiş sistemlerde gizlidir. Bu durumda eklenen güç gereksinmelerini ve diğer mekanik sistemleri karşılamak için döşeme yüksekliklerinin artması zorunlu olmaktadır. İleri teknoloji için gerekli kablolama hacmi, yükseltilmiş döşemelerin örneğin 23 cm’ den 46 cm’ ye çıkarılmasını zorunlu kılmaktadır. Günümüzde ve gelecekte büro binalarını, ileri teknoloji donanımıyla donatmak büyük önem kazanmıştır. Tasarım aşamasında güç ve iletişim gereksinmelerinin mümkün olduğunca ileriye dönük planlanması şarttır. Akıllı binalar için tek bir tanım bulmak oldukça zor olmaktadır. En başta, akıllı bir binanın birçok teknolojiyi bir arada kullanıyor olması gerekir. Aslında binalar halen kullanılan ve birçok ileri teknolojiye sahiptirler, burada önemli unsur, teknolojilerin entegrasyonunun ya da birlikte çalışabilirliğinin göz ardı edilmesidir. Teknolojinin imkânlarını bunları birbiriyle bağdaştırarak kullanmak ve onlardan gelen verilere göre yanıt vermek akıllı bina kavramının ana koşullarından biridir. Akıllı bir bina değişen iç ve dış çevre koşullarına göre kendini korumasını bilmeli ve bu koşullara göre insanlara hizmet vermelidir. Hava durumu, yerleşim, nüfus, servis yönetim ve denetim mekanizmaları binaların içinde ve dışında sık sık değişir. Bu durumda akıllı binalardan beklenen, bu değişikliklere cevap vermesi dışında, kontrol parametrelerini de çevre koşullarına göre uyarlamasıdır.

1.1.2. Akıllı Binalarda Kullanılan Sistemler

Önümüzdeki asırda, özellikle büyük kentlerde yüksek binaların daha da yükselerek artması beklenebilir. Bunların tasarımında bilgi tabanlı tasarım programlarının kullanımı gelişerek sürecektir. Bu arada bu tür binalarda çok işlevlilik eğiliminin giderek ağırlık kazandığı gözlenmektedir. Aynı binalarda birçok işlevin birlikte yer aldığı bu tip uygulamaların, özellikle büyük şehirlerde yaygınlaştığı göze çarpmaktadır. Yüksek binaların taşıyıcı sistemlerine ilişkin hesap, yapım ve üretim sorunları büyük ölçüde çözülmüştür. Hızla gelişen teknoloji, yakın gelecekte yüksek bina üretiminde ağırlığı oluşturan taşıyıcı sistem yapımını daha da kolaylaştıracaktır. Bu gidişle yüksek binalar gelişecek ve kullanıcılar değişse bile bir yüzyıldan fazla hizmet edecektir. Yüksek bina esnek ve uyumlu bir sistem olduğunu ispatlamıştır. Geleceğin yüksek binaları, değişen iletişim, bilgisayar ve diğer elektronik sistemlere uyum sağlayan “akıllı binalar” olacaktır. Daha fazla enerji etkin olacaklar, duvarlar tüm yönlenme olaylarına karşılık verecek

şekilde düzenlenecektir. Binaların ağırlığı azalacak, mühendislik hizmetleri doğru bir şekilde yapılacak, daha etkin ve bunun için de daha ekonomik olacaklardır. Kompozit strüktürler yaygınlaşacak, çelik, beton, betonarme, alüminyum ve diğer malzemeler daha rasyonel, etkin, endüstriyel ve daha kaliteli olacaktır.

Akıllı bir binada ana hatları ile izleme, kontrol ve raporlama işlemleri yapılır. Bu işlemler alt düzeyde birçok algılayıcılar, kontrol mekanizmaları, bilgisayarlar ve gerekli tesisatı içerirler. Binalarda kurulabilecek sistemler çağa ayak uydurarak sürekli değişebilir ve çeşitlenebilirler. Kurulabilecek bazı sistemlerin temel işlevleri şunlardır:

Çevre Düzenleyici Sistemler: Isıtma, soğutma, havalandırma, nemlendirme, sulama, ses düzeni vb sağlamak.

Yangın ve Kaçış: Yangın durumunda güvenliği aramak ve kaçış yollarını hazırlamak.

Enerji Kontrolü: Enerji tüketimini sürekli izleyip, kontrol altında tutmak, raporlar verip harcama durumunu bildirmek.

Güvenlik ve Koruma: Yabancıları aldatmak, korkutmak ve tehlike anında güvenliği haberdar etmek.

İletişim Sistemleri: Telefon, telsiz, radyo, internet vb. sistemlerin maksimum verimliliğini sağlamak.

Işıklandırma Elektrik Sistemleri: Tüm elektriksel sistemlerin optimum kullanımını sağlamak.

Bina Onarım ve Bakımı: Bina içi arızalı bölgeleri bakım birimlerine zamanında bildirmek.

Tüm bu sistemler bilgisayarlar tarafından kontrol edilen algılayıcılar ve kontrol sistemleri ile çalışırlar. İyi bir kontrolde amaç, binanın en iyi şekilde ölçme ve değerlendirme yapabilmesi, çeşitli işlemleri kontrol edebilmesi, beklenmeyen durumlarda kendini o duruma göre adapte edip cevap verebilmesidir [2].

1.2. Binalarda Kullanılan İletişim Sistemlerinin Altyapısı

Binalarda telefon, telsiz, radyo, televizyon, internet, güvenlik ve kamera sistemleri, mobil iletişim cihazları gibi çeşitli cihaz ve sistemler genel iletişimde kullanılmaktadır. Bu sistemlerin iletişim altyapıları incelendiğinde kablolu ve kablosuz bazı sistemlerin kullanıldığı görülmektedir. Bu sistemleri genel olarak kablolu ve kablosuz sistemler olarak iki grup altında toplamak mümkün olacaktır. Her iki sistem ile çalışan karma sistemler

mevcut olup kablolu ortamlar sistem çeşidine göre değişiklik göstermektedirler. Genel olarak kablolu sistemlerde iletişim ortamı bakır iken kablosuz sistemlerde ise bu ortam havadır.

Kablolu sistemlerde bakır ortamın yapısı sistemin protokollerine göre çeşitlilik göstermektedir. İletişim kablosuz sistemlere nazaran daha güvenilir, güvenli, her sistem için uygulanabilir ve hızlı görünmektedir. Bu yüzden birçok sistemde kablolama tercih edilmektedir. Bunun yanı sıra bu sistemlerin kurulum maliyetleri yüksek olup işçilik masrafları da bu maliyette önemli bir yer teşkil etmektedir. Aynı zamanda kullanılmakta olan yapılarda bu tür sistemlerin montajı esnasında kullanıcıya ciddi rahatsızlıklar verildiği de göz ardı edilmemelidir.

Günümüzde hem güvenilir, güvenliği üst düzeyde, hızlı ve maliyeti daha düşük sistemler için arayışlar ve bilimsel araştırmalar hızla sürdürülmektedir. Bizde bu çalışmamızda buna örnek teşkil edebilecek yenilikçi bir fikir olan bina çelik donatısı üzerinde sinyal iletilebilirliği konusunu irdelemeye çalışacağız.

1.3. Tez Çalışmasının Amacı

Bu çalışmada betonarme yapılarda var olan çelik donatının sinyal iletiminde kullanılabilirliği irdelenmiştir. Ayrıca binanın tüm çevresini saran bu yapının tümleşik bir ağ şeklinde olmasından dolayı oluşabilecek durumlar değerlendirilmiş olup sinyal iletiminin elverişliliği incelenmiştir. Son olarak kablolu, kablosuz ve donatı üzerinden iletim şekilleri mukayese edilerek avantajlar ve dezavantajlar irdelenmiştir.

Sonuç olarak betonarme yapılarda kullanılan çelik donatının günümüz haberleşme altyapılarında kullanılan iletişim sinyallerinin iletiminde elverişliliğini incelemek amaçlanmıştır.

1.4. Tez Çalışmasının Kapsamı

Tezin 2. bölümünde betonarme yapılardan bahsedilmiştir. Betonarme yapıların genel bileşenleri ve mimarisi anlatıldıktan sonra betonarme yapılarda kullanılan çelik donatının yapısı, özellikleri ve kullanıldığı yerlerden bahsedilmiştir. 3. bölümde manyetik alan ve bobinlerden bahsedilmiştir. Manyetik alanın genel yapısı ve özellikleri incelendikten sonra bobinlere değinilmiştir. 4. bölümde gerçekleştirilen deneysel çalışmada betonarme

yapılarda kullanılan elik donatının sinyal iletiminde kullanıma elverişliliği incelenmiştir.
5. bölümde ise bu tez çalışmasında elde edilen genel sonuçlara ve önerilere değinilmiştir.

2. BETONARME YAPILAR

2.1. Beton

Beton taşa benzer bir malzemedir. Çimento, kum, çakıl gibi malzemeler su ile karıştırılması sonucu sertleşir. Çimentonun su ile karışlaşmasını takiben kimyasal reaksiyon başlar ve kum ve çakıl taneleri birbirine bağlanması neticesinde yekpare bir malzeme oluşur. Beton hazırlanırken çimentonun hidratasyonu için gerekli olan su kullanılırsa, beton akıcı olmaz ve kalıplara gereği gibi yerleştirilmesi, donatı çubukları arasına girmesi zorlaşır. Bu nedenle kimyasal reaksiyon için gerekli olan su miktarından daha fazla su kullanılarak betona akıcılık kazandırılır. Betonu meydana getiren birleşim malzemeleri (Su-imento-Kum-akıl) oranları değiştirilerek mukavemeti farklı betonlar elde edilir. Buna ilave olarak özel üretilmiş imento, özel agrega (hafif agrega veya ağır agrega), katkı maddeleri kullanılarak özel kr koşulları altında farklı özelliklerde beton elde edilebilir.

Betonun zellikleri betonu oluşturan malzemelerin oranlarına ve bu malzemelerin kendi içinde karılmasına ve betonun kalıplara konulduğu andan itibaren bulunduğu ortam koşullarına bağlıdır. Üretilen betonun kontrol dışı belirsiz sonuçlar vermemesi için, malzeme tartısı, karılması, taşınması, kalıplara konulması, muhafazası (kr koşulları) titizlikle kontrol altında tutulmalıdır.

Beton, konulduğu kabın şeklini alabildiğinden, her tür biçimde kolaylıkla retilabilmektedir. Sertleştikten sonra evre koşullarına ve yangına karşı mukavimdir. Betonu oluşturan kum ve çakıl her yerde bulunur, imento yakın çevreden temin edilebilmektedir. Dolayısı ile üretim maliyeti düşüktür.

2.2. Betonarme

Betonun basınç mukavemeti yüksektir. Fakat ekme mukavemeti düşüktür ve çekme etkisine karşı kullanılması ekonomik olmaz. ekmeye karşı zayıflığını ortadan kaldırmak için 19. yüzyılın ikinci yarısında çekme mukavemeti yüksek olan elik ile beton birlikte kullanılmaya başlandı ve böylece demir takviyeli beton yani, *betonarme* ortaya çıkmış oldu. Betonla birlikte kullanılan çelikler genellikle çubuk şeklindedir ve beton dökülmeden

kalıp içine planlandığı şekilde yerleştirilir. Beton dökümü sırasında donatı çubuklarının arasını tam dolduracak şekilde yerleştirilerek demirli beton elde edilmiş olur. Betonarme her iki malzemenin de avantajlarına sahiptir. Örneğin; maliyeti düşüktür, çevre koşullarına ve yangına dayanıklıdır, basınç mukavemeti yüksektir, her istenilen şekil ve biçimde yapılabilir. Çeliğin yüksek çekme mukavemetine, yüksek sünekliği ve dayanıklılığı özelliklerine sahiptir. Dolayısı ile günümüz yapılarında yaygın olarak kullanılır. Örneğin; bina, köprü, baraj, depo ve birçok diğer yapıların inşa edilmesinde betonarme kullanılmaktadır [3].

2.3. Metaller

İnşaat mühendisliğinde kullanılan metaller, bileşimlerine göre iki gruba ayrılırlar.

- a) Demirli Metaller,
- b) Demirsiz Metaller.

Demirli metaller, bileşiminde demir bulunan metallerdir. Bunlara örnek olarak demir, çelik ve çeşitli demir ve çelik alaşımları gösterilebilir. Bu yapı malzemeleri yapıda taşıyıcı eleman olarak kullanılmaktadır.

Demirsiz metaller, bileşiminde demir bulundurmayan tüm diğer metallerdir. Bunlara örnek olarak alüminyum, bakır, çinko, kurşun ve bunların alaşımları gösterilebilir. Bu metaller yapıda genellikle taşıyıcı görevi olmayan veya çok az olan elemanların yapımında kullanılır. Bu nedenle bu malzemeler detay malzemeleri sınıfına girer [4].

2.3.1. Betonarme Çeliği

Çelik, niteliği ve özelliklerindeki düzen bakımından taşıyıcı olarak düşünüldüğünde üstünlük gösteren bir malzemedir. Çeliğin mukavemet ve sertliğinin yüksek olması; bu malzemenin özellikle büyük açıklıklı olan ve büyük değerli yükleri taşıması gereken veya dinamik etkiler altında bulunan yapılarda elverişli bir surette kullanılması imkânını ortaya koymuştur. Ayrıca, gerek yapının hacminin sınırlanmış olması, gerekse yapı ağırlığı ile inşaat süresinin azaltılmasının öngörülmesi halinde çelik kullanılması beton ve yığma gibi diğer türlere göre daha elverişlidir. Çelik kullanılan yapılar uygun önlemlerde, pasa ve yangına karşı da uygun olarak korunabilirler.

Yirminci yüzyılın başından itibaren, normal kaliteli yapı çeliği yanında daha yüksek kaliteli çelikler de imal edilmeye başlandığından, gerek köprü yapımında, gerekse yüksek yapılarda çelik malzemenin geniş kullanma sahası bulunduğunu görmekteyiz. Bu gelişmenin bir devamı olarak kaynağın, yirminci yüzyılın başından itibaren birleşim aracı olarak ilk defa yüksek yapılarda, ikinci dünya savaşından sonra da köprülerde kullanılması ile bugünkü betonarme inşaat anlayışımız meydana geldi.

Betonun yapı yerinde yapıcılar tarafından hazırlanmasına, imal edilmesine karşılık çelik şantiyeye hazır bir malzeme olarak gelir. Bu bakımdan yapı işleri ile uğraşanların çelik teknolojisi konusunda kendi hazırladıkları beton için olduğu gibi, büyük ölçüde bilgiye ihtiyaçları yoktur. Ancak çeliğin uygun bir şekilde seçilmesi ve yerine konulması bir yandan onu iyi tanımaya, öte yandan betonda birlikte çalışma özelliklerini yeterli ölçüde bilmeye bağlıdır [5].

2.3.1.1. Çelik Üretimi

Demir cevherinin yüksek fırınlarda, kok kömürü yakılarak ergitilmesi sonucunda elde edilen ham demirin siemens martin fırını, elektrik fırını, konverter, pudralama fırını gibi özel fırınlarda ergitilip içerisine çeşitli katkıların yapılması sonucunda çelik malzemesi elde edilir. Bu şekilde elde edilen çeliğin içerisinde bulunan ve miktarının artması oranında çeliğin sertleşmesi dolayısıyla da mukavemetinin artması sonucunu doğuran başlıca malzeme karbondur. Çelik malzeme karbon oranı % 0,3 – 1,7 arasında değişir. Çeliğin bünyesinde karbondan başka çeşitli oranlarda mangan, fosfor, kükürt gibi elemanlarda bulunur. Ayrıca, çelik içerisinde krom, nikel, volfram ve vanadyum gibi madenlerin ilave edilmesiyle de çeşitli cins ve mukavemette çelik türleri elde edilir.

Yukarıda belirtilen esaslara göre imal edilen çelik türlerinden St37 ve St52 çelikleri, çelik yapıların başlıca malzemeleridir. Bunlardan St37 çeliği, özelliği olmayan yapılarda kullanılan normal piyasa çeliği niteliğindedir. St52 çeliği ise, mukavemetli St37'den %50 daha fazla mukavemeti olan bir çelik olup, bu özelliği sayesinde aynı yük ve açıklıklar için daha küçük kesitlerin kullanılması sonucunu doğurduğundan zati ağırlıklarının azaltılması imkanı ile yapıda daha ekonomik ve güzel sonuçlar sağlar.

Çeliğin mukavemetini artıran karbon kaynağa elverişli bir madde olmadığından, mukavemet özellikleri St52 çeliğinin aynı, buna mukabil kaynak yapmaya elverişli olan HSB50 çeliği imal edilmiştir. Burada mekanik olarak işlenebilme özelliği yüksek olan ve

perçin yapımında kullanılan St34, St44 çelikleri ile bulon yapımında kullanılan 4D ve 5D çeliklerinin mevcut olduğunu bildirmekte fayda buluyoruz [6].

2.3.1.2. Yapılış Şekillerine Göre Çelik Sınıfları

BÇ I Beton Çelik Sınıfı I, yani düz olan normal yumuşak betonarme çeliği ve minimum akma sınırı 2200 kg/cm^2 'dir. Çekme mukavemeti $3400\text{-}5000 \text{ kg/cm}^2$ arasında değişir. Kopma uzamaları en az %18 değerinde olması istenir. BÇ I çubukların en kesitleri yuvarlak olup düz yüzeylidir. BÇ II eskiden bilinen yüksek kaliteli çelik olup, yuvarlak en kesitli ve düz yüzeylidir. Akma sınırı çelik çapına göre $3400\text{-}6000 \text{ kg/cm}^2$ 'dir. Çekme dirençleri $5000\text{-}6400 \text{ kg/cm}^2$ 'dir. Minimum kopma uzamaları %1-20 arasında değişir. BÇ III ve BÇ IV daha yüksek akma sınırları gösteren yeni yüksek kaliteli çeliklerdir. Bu tür çeliklerin yüksek dirençlerinden yararlanabilmek ancak betonla birlikte çalışma oranlarını artırmakla mümkün olmaktadır. Bu nedenle, yüzeyleri düz olmayıp aderanslarını geliştirmek amacıyla bir takım girinti, çıkıntı ve nervürlerle şekillendirilmiştir.

Betonarme bileşik kolonların dışında çelik profiller kullanılmaz. Genellikle yuvarlak en kesitli betonarme çubukların çapları ($\emptyset$ veya d) da standartlaştırılmış olup ülkemizde bu standart çapları 6, 8, ... , 30, 32, 40 mm ve ender olarak 50 mm ye kadar olanları vardır [7].

2.3.1.3. Betonarme Çeliğinin Özellikleri

Betonun çekme dayanımı çok düşük olduğundan, çekme bölgesindeki gerilmeleri karşılamak üzere çelik çubuklar yerleştirilir. Betonarme de donatı olarak genellikle yuvarlak çubuklar kullanılır. Ülkemizde “ $\emptyset$ ” veya “d” donatı çapını tanımlar. Örneğin $\emptyset 16$, çapı 16 mm olan betonarme çeliğidir.

Betonarmede kullanılan çubuklar düz yüzeyle veya nervürlü olabilir. Nervürlü donatı yüzeyinde üretim sırasında yapılan çıkıntılar beton ve donatının birbirine daha iyi kenetlenmesini sağlar. Bu çıkıntılar çubuk eksenine dik olabileceği gibi, eksene belirli bir açı yapan sürekli helezonlardan da oluşabilirler.

Bazı betonarme elemanlarda, örneğin döşemelerde, donatı yerleştirilmesini kolaylaştırmak amacı ile birbirine dik ve paralel çubuklardan oluşan hasır donatı kullanılır. Hasırı oluşturan çubuklar, düz yüzeyle veya nervürlü olabilir. Hasırda iki dik yönlü

donatının üst üste bindiği noktalardaki bağlantı, kaynak veya özel kelepçelerle sağlanır. Betonarme donatısı olarak kullanılan çelikler, üretim biçimine göre iki sınıfta toplanır. Bunlar; sıcakta haddelenmiş çelik ki, buna doğal sertlikte çelik de denir ve soğukta işlem görmüş çeliktir.

Sıcakta haddelenmiş çeliklerin kimyasal bileşimlerindeki karbon, nikel, silisyum, manganez, krom ve vanadyum oranları ayarlanarak, istenilen kalite elde edilebilir. Bu tür çeliğin imalatı için büyük tesis ve yatırımlara gereksinim vardır. Soğukta işlem görmüş çelikler, görel olarak düşük ısılarda çekilmek veya burulmak sureti ile imal edilir. Bu işlem sırasında moleküler yapı, dolayısıyla çeliğin özellikleri değişir. Genellikle, soğukta işlemle deneyim artırılır. Betonarme yapılarda kullanılan çelik çubukların genel, mekanik, elastik ve mukavemet özellikleri TS 500 ve TS 708 de belirlenmiştir.

2.3.1.4. Çeşitli Yapı Çelikleri

Betonarmede donatı olarak kullanılan çelikler betonarme şartnamesince akma sınırları yönünden dört ana gruba ayrılmışlardır. Her gruptaki beton çeliğinin ihtiva etmesi gereken özellikler bir tabloda özetlenmiştir. Tablo 1.1.'de belirtilen çelik türlerinden BÇ I normal, yumuşak betonarme çeliğinin minimum akma sınırı (δ_s) 2200 kg/cm²'dir. Bu tür çeliklerin çekme mukavemetleri (δ_k) 3400-5000 kg/cm² arasında değişir ve kopma uzamalarının (ϵ_k) en az %18 değerinde olması istenir. BÇ I çubuklarının en kesitleri yuvarlak olup düz yüzeylidirler. BÇ I dışındaki beton çeliği türlerinde görülen "a" ve "b" işaretleri bunların mukavemetlerindeki artışın nedenini, yani doğal sertlikteki çelikler ile özel beton çeliklerini belirtmektedir.

Yüksek mukavemetleri alaşımlarının özelliğinden ileri gelen doğal sertlikteki çelikler sıcakta çekildikten sonra kullanılmaya hazırdırlar. Bunlar tekrar yüksek derecede ısıtılıp soğutulduklarında mekanik özelliklerini kaybetmezler ve kaynaklama için uygundurlar. Kopma uzamalarının büyük olması nedeni ile kolay işlenirler.

Yüksek mukavemetleri soğukta işlenmelerinden ileri gelen özel beton çelikleri yüksek derecede (yaklaşık olarak 900 °C) ısıtılınca kazandıkları fazla mukavemeti kaybederler ve soğukta işlenmeden önceki durumlarına dönerler. Bu bakımdan kaynaklanmaları özel tedbirler alınmasını gerektirir. Kopma uzamaları doğal sertliktekilere göre daha küçüktür. Ancak özel beton çelikleri için minimum olarak verilen %8 kadar bir kopma uzaması çeliğin soğukta eğilip bükülerek biçimlendirilebilmesi için yeterlidir; bu

nedenle, betonarmede kullanma bakımından doğal sertlikte çeliklerin yüksek kopma uzaması bir üstünlük sayılmaz.

Tablo 1.1. Yapı çeliklerinin bazı özellikleri

B.Ç.	Adı	Çap $\varnothing$ (mm)	Min. Akma Sınırı σ_s (kgm ²)	Çekme Kuvveti σ_k (kgm ²)	Min. Kopma Uzaması ϵ_k (%)
I	Beton çeliği I	-	2200	3400 – 5000	18
IIa	Beton Çeliği II (doğal sertlikte eski yüksek kaliteli beton çeliği)	≤ 18 > 18	3600 3400	5000 – 6200 5000 - 6400	20 18
IIb	Özel Beton Çeliği (soğukta işlenmiş)	≤ 18 > 18	3600 3400	≥ 5000	14
IIIa	Beton Çeliği III (Doğal Sertlikte)	≤ 18 > 18	4200 4000	≥ 5000	18
IIIb	Özel Beton Çeliği III (Soğukta işlenmiş aderanslı geliştirilmiş beton çeliği)	≤ 18 > 18	4200 4000	≥ 4850 ≥ 4650	8
IVa	Beton Çeliği IV (Doğal Sertlikte)	-	5000	-	16
IVb	Beton Çeliği IV (Soğukta işlenmiş düğüm noktaları sabit donatı Hasırı)	-	5000	-	8

2.3.1.5. Betonarmede Kullanılan Çelik Sınıfları

Betonarme inşaatında kullanılan çelikler, dayanımlarına ve diğer bazı özelliklerine göre sınıflara ayrılırlar. Yakın bir zamana kadar her ülkenin kendine göre ayrı bir sınıflaması vardı. O yıllarda ülkemizde kullanılan sınıflamada Almanya’da kullanılan yönetmeliklerinden alınmıştı. Son yıllarda bu konuda bir birlik sağlanmış ve Avrupa Beton Komitesi’nce (CEB) çelik için yapılan sınıflama, uluslar arası bir kabul görmüştür. Yeni TS. 500’deki sınıflamalar da CEB’e uygun olarak yapılmıştır. Mimar ve mühendisler kullanacakları çeliği seçerken, her malzemede olduğu gibi yalnız kalitesini değil, ekonomik oluşunu da düşünmek zorundadırlar. Daha yüksek mukavemetli çelik elde etmek için yapılan masraf artan mukavemete oranla küçük olduğu için yüksek mukavemetli

Çelikler her zaman ekonomiktirler. eliği kullanma bakımından doğal sertlikte ya da özel beton çeliği olması için fark gözetmek gerekmez. Doğal sertlikteki çeliklerde akma sınırı aşılnca betonarme elemanda büyük ve tehlikeli çatlaklar ortaya çıkar. Özel beton çeliklerinde ise akma sahanlığı olmadığından yükleme kopma mukavemetine kadar sürekli olarak devam edebilir. Buna karşılık, akma sahanlığı olan çelikler hiperstatik betonarme yapılar da plastik mafsalların oluşımasına imkn vermekte ve böylece gerilmelerin dağılmasını sağlamaktadırlar. Ancak bu farklarda pek önemli değildir. Çünkü çelikte kabul edilen tehlikeli gerilme akma sınırıdır. Bu değer bir emniyet sayısına bölünerek emniyet gerilmesi elde edilir ya da akma sınırındaki gerilme ile taşıyabileceği yük, taşıma gücü, hesaplanarak bir emniyet katsayısına bölünür ve böylece emniyetle taşıyabileceği yk bulunur. Yangına karşı emniyet bakımından her iki türdeki elik de aynıdır.

Emniyet gerilmesinin %80'i kadar çekme gerilmesi altında doğal sertlikteki ve özel beton çelikleri 500  C'a kadar olan ısınmada kusursuz çalışırlar. Bu bakımdan 900  C sıcaklığın oluşığu bir yangında, bu sıcaklıktan çok önceki değerlerde yapı harap olacağından, soğukta işlenmişı çeliklerin 900  C'de fazla mukavemetlerini kaybediyor olmaları bir problem teşıkil etmez.

B II eskiden bilinen yüksek kaliteli elik olup yuvarlak en kesitli ve düz yüzeylidir. Bu tür çeliklerin akma sınırları (δs) ubuk çaplarına göre 3400 ~ 3600 kg/cm²; çekme dirençleri (δk) 5000 ~ 6400 kg/cm²; minimum kopma uzamaları (ϵk) % 14 ~ 20 arasında değişıir. Son yıllarda betonarme donatısı olarak kullanılma alanları daralmışıtır.

B III ve B IV daha yüksek akma sınırları gösteren yeni yüksek kaliteli çeliklerdir. Bu tür çeliklerin yüksek dirençlerinden yeterince yararlanabilmek ancak betonla birlikte alışıma olanaklarını artırmakla mümkün olmaktadır. Bu nedenle bunların yüzeyleri düz olmayıp aderanslarını gelişıtmek amacıyla bir takım girinti, çıkıntı ve nervürlerle sekillendirilmişıtır.

Betonarme şartnamesinde, elik çubukların hiçbir işleme tabi tutulmadan kullanıldıkları sekilde denenmesi ngrlmşıtır. Soğukta katlama deneyinde 180  katlama durumunda denenen çubuğun iki kolu arasındaki serbest uzaklık çubuk çapının "n" katı iken, çekme tarafından hiçbir çatlak meydana gelmemelidir. Yüksek mukavemetli çeliklerde yapı yerinde yukarıda açıklanan soğukta katlama deneyi yapılmalıdır. Genel olarak piyasa çeliği için de bu deney yapılır.

Tablo 1.2. Çubuk çapı Değerleri

Çelik Türü	n
BÇ I	2
BÇ III { Ø<25	3,5
BÇ III { Ø>25	5

Betonarme yapılarda kullanılan çeliklerin bundan başka özellikleri de mevcut olup bunlar içinde standartlar mevcuttur. Çelik kullanılmadan bazı deneyler yapılır. Beton içinde bu durum böyledir. Kullanılan malzemelerin tamamının elektrik iletkenliği söz konusu olup paslı çelikler veya farklı yüzey bozulmaları nedeni ile iletim sağlanamaması söz konusu değildir. Çünkü paralel diğer hatlar vasıtası ile yapı bir örümcek ağı gibi birbirine bağlı tek bir çelik donatı kütlesi oluşturmuş durumdadır.

Çelik betonarmede kullanılmadan önce çeşitli cihaz ve el aletleri vasıtası ile belli şekillere getirilir. Bu şekiller vasıtası ile kolon, kiriş, döşeme, merdiven gibi yapıyı teşkil eden ana unsurlar meydana getirilir. Bu işlemlerin yapımında çelik çubuklar, etriyeler, pilyeler, çelik teller, kancalar, kaynak ekleri gibi malzemeler kullanılır ve bu malzemelerin tamamı iletkenlerdir. Çelik çubuklar fabrikaların tamamında 12m boyunda üretildiklerinden daha uzun yapılarda bu çubuklar birbirlerine bu elemanlar vasıtası ile eklenerek tam bir gövde yapısı meydana getirilir. Yapıda kullanılan ve çelik içeren elemanlar çelik hasırlar, perdeler, kolonlar, kirişler, döşemeler, merdivenler, rampalar, dış cephe kaplamaları, çelik yapıların tüm omurgası, uzay kafes gibi çelik çatı ve taşıyıcı sistemler olarak sıralanabilir [8].

3. MANYETİZMA

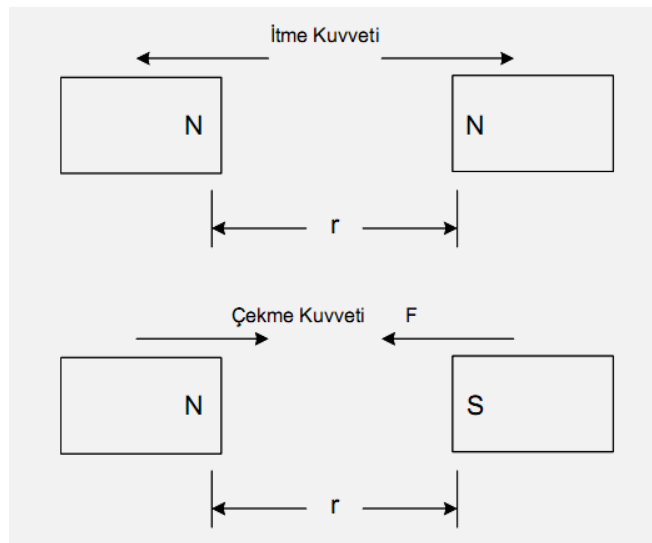
Günümüz dünyasında her alanda kullanılan elektrikli aletlerin büyük bir çoğunluğunun yapımında mıknatıs ve onun meydana getirdiği manyetik alan özelliklerinin kullanıldığını göz önünde bulundurursak, bu aletlerin yapısını kavrayabilmek için manyetizma konusuna ne kadar önem vermemiz gerektiği ortaya çıkar.

3.1 Mıknatıs

Demir, nikel, kobalt ve bunların alaşımları gibi, cisimleri kendisine doğru çekme özelliği gösteren herhangi bir maddeye mıknatıs denir. Bir mıknatısın yanına yaklaşıldığında mıknatıs özelliği kazanan, yani demir, nikel, kobalt ve bunların alaşımlarını çekebilen maddelere de ferromanyetik maddeler denir. Sonradan mıknatıslanan bu maddelerin manyetik özellikleri oldukça düşüktür. Diğer bazı maddeler ise manyetik etki altına sokulduklarında çekme özelliği göstermezler, bu tip maddelere de antimanyetik maddeler denir.

3.2 Kulon Kanunu

Mıknatıslarda aynı adlı kutupların birbirlerini ittiğini, farklı kutupların ise birbirlerini çektiğini kulon kanunu ile ispatlanmıştır.



Şekil 3.1. İtme ve Çekme Kuvveti

Şekil 3.1. deki Q1 ve Q2 yüklerinin arasındaki uzaklık r olduğuna göre, yukarıdaki sonuçlardan bu iki yük arasındaki kuvvet,

$$F = k \frac{m_1.m_2}{r^2} \quad (3.1)$$

olur. Bu formül, kulon kanununun matematiksel ifadesidir. Burada k, yüklerin bulunduğu ortama ve kullanılan birim sistemine bağlı bir katsayıdır. MKS birim sisteminde,

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r} \quad (3.2)$$

dir. Burada, ϵ_0 (epsilon) “boşluğun dielektrik katsayısı” adını alır ve değeri,

$$\epsilon_0 = \frac{1}{36\pi.10^9} = 8.85.10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2 \quad (3.3)$$

dir. ϵ_r ise “ortamın bağıl dielektrik Katsayısı”dır. ϵ_r katsayısı birimsiz olup, bir ortamın dielektrik katsayısının, boşluğundan ne kadar büyük olduğunu gösterir. Örneğin mika için, $\epsilon_r = 6$ ’dır. Bunun anlamı, mikanın dielektrik katsayısının boşluğunkine göre 6 kat daha büyük olduğudur.

Kuvvet formülünde k sabiti yerine konulursa matematiksel ifadesinde;

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r} \bullet \frac{m_1.m_2}{r^2} \quad (3.4)$$

bulunur. ϵ_0 in değeri de yerine konulursa;

$$F = \frac{9.10^9}{\epsilon_r} \bullet \frac{m_1.m_2}{r^2} \quad (3.5)$$

mıknatıslar arasındaki itme veya çekme bu formüle bulunur. Formülde kullanılan karakterlerin anlamları

F = Yükler arasındaki kuvvet (Newton)

$m_1 m_2$ = Kutupların şiddeti, (Kulon)

r = Yükler arasındaki uzaklık (metre)

ϵ_r = Yüklerin bulunduğu ortamın bağıl dielektrik katsayısı,

3.3. Manyetik Alan İçerisinde Akım Taşıyan İletkene Etki Eden Kuvvet

Manyetik alan içinde bulunan bir iletkenin akım geçirilirse, iletkenle manyetik alan arasında oluşan etkiden dolayı iletken manyetik alanın dışına doğru itilir. N ve S kutupları arasında düzgün bir manyetik alan vardır. Bu alanın içine soktuğumuzda iletkenin akım geçirirsek, iletken etrafında dairesel kuvvet hatları oluşur. Bu hatlar N ve S kutbu arasındaki hatlarla aynı yönde ise birbirlerini güçlendirir., aksi yönde ise zayıflatır. Kuvvet hatlarının güçlenen tarafı iletkeni zayıf tarafa doğru iter.

Düzgün bir manyetik alandaki iletkenin akım geçirildiğinde iletkeni alanın dışına iten kuvvet, iletkenin uzunluğu, manyetik akı yoğunluğu ve iletkenin geçen akımla doğru orantılıdır. Buna (B.I.L) kaidesi denir.

CGS birim sistemine göre aşağıdaki formül ortaya çıkar.

$$F = \frac{B.I.L}{10} \text{ din} \quad (3.6)$$

bu formüldeki harflerin anlamları ise;

F : İletkeni alan dışına iten kuvvet (din)

L : İletkenin uzunluğu (cm)

B : Manyetik akı yoğunluğu (gauss)

I : İletkenden geçen akım (amper)

3.4. İndüksiyon

3.4.1. Manyetik Alanın Etkileri

Manyetik alan içerisinde, içinden akım geçen bir iletken konulursa, manyetik alan ile iletken arasında bir kuvvetin meydana geldiğini biliyoruz. Meydana gelen bu kuvvete “elektro manyetik kuvvet” denir.

İçinden akım geçmeyen bir iletken, manyetik alan içinde hareket ettirilirse, bu iletkenin iki ucu arasında bir potansiyel fark meydana gelir. Meydana gelen bu potansiyel farka “endüksiyon elektromotor kuvveti” denir. Bu iletkenin iki ucu bir alıcı üzerinden birleştirilecek olursa, iletkenin bir akım geçer. Şu halde, manyetik alan, içinden akım geçen iletkeni etki ederek onda bir mekanik kuvvet, hareket halindeki bir iletkeni etki ederek onda da bir endüksiyon elektromotor kuvveti meydana getirir.

3.4.2. Endüksiyon Elektromotor Kuvvetinin elde Edilmesi

Bir iletken grubu manyetik alan içinde hareket ettirilirse, bu iletken grubu da bir elektrik akımı meydana gelir. Bobin şeklinde sarılmış bir iletken grubunun uçlarına galvanometre bağlayalım. Çubuk şeklinde bir mıknatıs bu iletken grubunun içine daldırılırsa galvanometrenin bir yönde saptığı görülür. Çubuk mıknatıs bobin içerisinden süratle geri çıkarılırsa, galvanometre yine sapar. Fakat bu sapma yönü birinci sapma yönüne göre ters yöndedir. Eğer çubuk mıknatıs sabit tutulup, bobin çubuk mıknatıs yönünde hareket ettirilirse, hareket yönüne bağlı olarak galvanometre iki yönlü bir sapma gösterir. Çubuk mıknatısın veya bobinin hareketi durursa galvanometre de herhangi bir sapma olmaz. Bu olaydan şu sonuçlar çıkarılabilir;

- 1) Galvanometreden geçen akım, yalnız bobin veya çubuk mıknatıs hareket ettiği zaman meydana gelmektedir. Bobin veya mıknatıs hareketsiz durursa akım meydana gelmez.
- 2) Meydana gelen akımın yönü bobinin veya çubuk mıknatısın hareket yönüne bağlıdır.
- 3) Galvanometrenin saptması, içinden bir akımın geçtiğini gösterir. Bu akım ise endüksiyon yoluyla bobinde meydana gelen elektromotor kuvvetin etkisiyle meydana gelir.

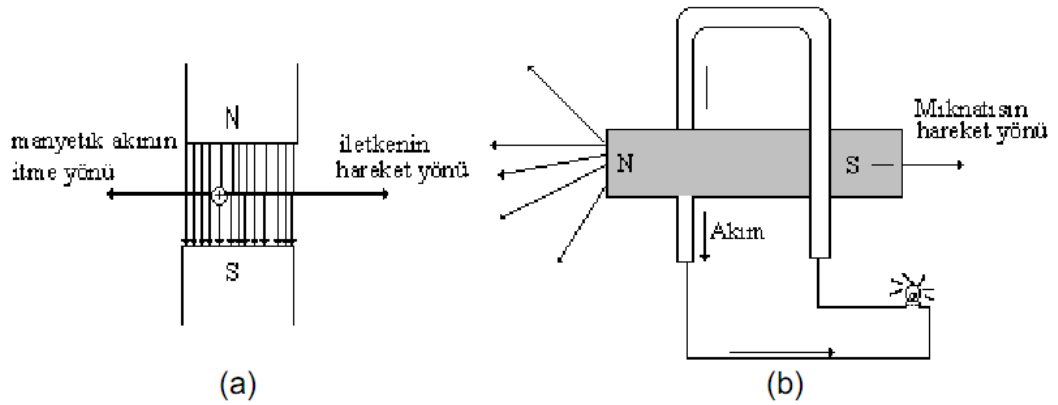
3.4.3. Endüksiyon EMK' nin Yönü ve Lenz Kanunu

Manyetik alan içerisinde hareket eden bir iletkende bir endüksiyon elektromotor kuvveti meydana geldiğini gördük. Eğer hareket eden bu iletkenin uçları birleştirilirse bir kapalı devre meydana gelir ve bu elektromotor kuvvetin etkisiyle iletkenin bir akım geçer. İletkenden geçen bu akımın yönü Lenz kanunu ile bulunur.

Lenz kanunu şu şekilde ifade edilir. Endüksiyon elektromotor kuvvetinin meydana getirdiği akım, kendisini meydana getiren akım değişmesine veya harekete karşı koyar.

Lenz kanunu aşağıdaki gibi açıklanabilir. Şekil 3.2. (a) de görüldüğü gibi bir iletkenin manyetik alan içine doğru hareket ettirildiğini düşünelim iletkenin manyetik kuvvet çizgilerini kesmesi sonucu iletkenin bir endüksiyon EMK meydana gelir. Bu EMK iletkenin bir akım geçirir. İletkenden geçen akıma göre iletken etrafındaki manyetik alanın yönü iletkenin sağ tarafındaki manyetik alan şiddeti artarken, sol taraftaki alan şiddeti azalır. Bu yüzden, iletkeni sola doğru hareket ettirmeye çalışan bir kuvvet meydana gelir. Bu kuvvet ise kendini meydana getiren harekete karşıdır.

Şekil 3.2. (b) de çubuk mıknatıs sağa doğru hareket ettirilirse sarımda bir endüksiyon EMK meydana gelir ve devreden bir akım geçmesine neden olur.



Şekil 3.2 Endüksiyon EMK

Sarımdan geçen akımın yönüne bağlı olarak meydana gelecek manyetik akının yönü, sarımın etrafındaki manyetik akının azalmasına karşı olacak şekildedir. Yani bu manyetik akı çubuk mıknatısın hareketine karşı bir kuvvet oluşturur. Bunun sonucu olarak endüksiyon EMK' ni meydana getiren harekete karşı konmuş olur.

3.4.4. Faraday kanunu ve Endüksiyon EMK' nin Değeri

Manyetik alan içinde hareket eden bir iletken, manyetik kuvvet çizgilerini keser. Bunun sonucu olarak iletkende bir endüksiyon EMK meydana geldiği ve iletkenin bir akım geçirdiğini biliyoruz. İletkende meydana gelen bu endüksiyon EMK' nin değeri faraday kanunu ile bulunur. Endüksiyon EMK' nin değeri 1851 yılında Faraday tarafından şu şekilde ifade edilmiştir.

Endüksiyon sonucu iletkende meydana gelen EMK'nın değeri, manyetik akının değişim hızı ve sarım sayısı ile doğru orantılıdır. Manyetik alanın (ϕ), Δt zaman aralığında olan değişimi $\Delta\phi$ olsun. Manyetik alanın değişim hızı da,

$$\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad (3.7)$$

olmaktadır. Bu ifadeyi, manyetik akının birim zamandaki değişimi olarak da söyleyebiliriz. Buna göre endüksiyon bobinin de EMK' nin değeri,

$$E = N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad (3.8)$$

olmaktadır. Bu formülde,

E: Bobinde indüklenen endüksiyon EMK (volt)

N: Bobinin sarım sayısı

$\Delta\phi$:Manyetik alandaki değişim(Weber)

Δt :Zaman aralığı

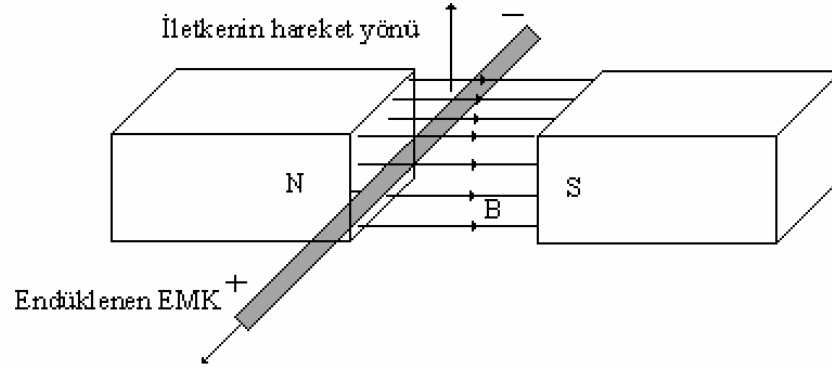
CGS birim sisteminde manyetik akının birimi maxwell (1 maxwell= 10^{-8} weber) idi.

Buna göre bobinde meydana gelen EMK,

$$E = N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} .10^{-8} \quad (3.9)$$

olur. Eğer bir sarım bir saniyede 10^{-8} maxwell'lik bir akı tarafından kesilirse, sarımda bir voltluk endüksiyon elektromotor kuvveti indüklenir demektir.

Sabit bir manyetik alan içinde bir iletkenin hareket etmesiyle, iletkende bir EMK endüklendiğini gördük. İletkenin hareketinden doğan bu EMK' te "hareket endüksiyon EMK'ti denir.



Şekil 3.3. Hareket Endüksiyon EMK' nin Meydana Gelişi

Hareket endüksiyonu EMK' nin değeri, manyetik akı yoğunluğuna, iletkenin uzunluğuna, iletkenin hareket hızına ve iletkenin hareket yönü ile manyetik alanın yönü arasındaki ilişkiye bağlıdır. Buna göre meydana gelen EMK,

$$E = B \cdot l \cdot V \quad (4.10)$$

olur. Bu formülde,

E = iletkende endüklenen endüksiyon EMK (volt)

B = Manyetik akı yoğunluğu (Tesla)

l = İletkenin manyetik alan içindeki uzunluğu (metre)

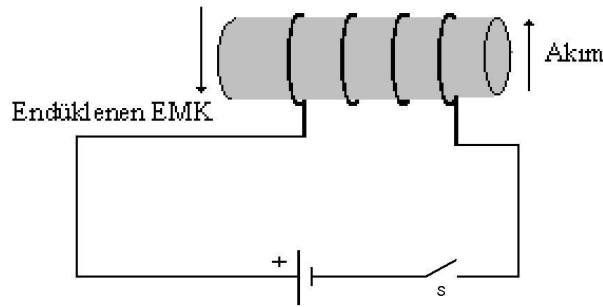
V = İletkenin hızı (metre/saniye)

3.5. Özendüksiyon

3.5.1. Özendüksiyon Olayı ve EMK' i

İçinden akım geçen bir iletken etrafında bir manyetik alan meydana geldiğini biliyoruz. Eğer bu iletken şekil 3.4 de görüldüğü gibi bobin haline getirilirse etrafındaki

manyetik alan şiddetlenir. Böylece bobin içinden geçen akımın değişiminin meydana getirdiği değişken manyetik alan ortamı içinde bulunur. Yani bobin, bizzat kendisi tarafından meydana getirilen değişken manyetik alan içinde olduğundan, bobinde bir endüksiyon EMK’i meydana gelir. Bobinin, kendi oluşturduğu manyetik alan içinde kalarak, kendisinde endüklediği EMK’ i şimdiye kadar incelediğimiz endüksiyon olayında EMK bir dış manyetik alan tarafından meydana getirilir. Özendüksiyon ise manyetik alan, bobinden geçen akıma ve bobinin sarım sayısına bağlı olarak bobin tarafından oluşturulur.



Şekil 3.4. Özendüksiyon Olayı

Bu devredeki “s” anahtarı kapatılırsa bobinden bir akım geçer. Bu akım bobin etrafında bir manyetik alan meydana getirir. Manyetik alanın değeri yükseldikçe, bobinde meydana gelen endüksiyon EMK’ nin değeri de yükselir.

Lenz kanununa göre, bu EMK bobinden geçen akım artıyorsa onu azaltmaya, azalıyorsa onu artırmaya çalışır.

3.5.2. Özendüksiyon Katsayısı ve Hesabı

Özendüksiyon EMK’i Lenz kanununa göre kendini meydana getiren manyetik kuvvet çizgilerindeki değişikliğe karşıdır. Böylece, bobinden geçen akımdaki herhangi bir değişikliğe, bobinin karşı koyma yeteneğine, bobinin “özendüktansı” denir. Kısaca bobinin endüktansı diye anılır. Endüktans L harfiyle gösterilir ve birimi Henri’ dir. Henri H harfiyle gösterilir. Ve şu şekilde tanımlanır.

Bir bobinde saniyede 1 amperlik değişiklik 1 voltluk EMK endüklüyorsa, bobinin endüktansı 1 henri’ dir denir.

Bir bobinde manyetik akının zamana göre değişimi sonucu o bobinde meydana gelen EMK'nın değerini bulmuştuk. Eğer aynı bobinde manyetik akının, zamana göre değişimi alınırsa, bobinin endüktansı aşağıdaki gibi olur.

$$L = N \frac{\Delta\Phi}{\Delta i} \quad (3.11)$$

Bu formülde,

L= Bobinin endüktansı (Henri)

N= Bobinin sarım sayısı

$\Delta\Phi$ =Manyetik alandaki değişim (Weber)

Δi =Akımdaki değişim (Amper)

formülde görüldüğü gibi bir bobinin endüktansı, bobinin sarım sayısı sabit kalmak koşulu ile, bobinden geçen akımdaki değişime bağlıdır. Eğer içinde demir çekirdek bulunmayan bir bobinin endüktansını, relüktansı da dikkate alınarak hesaplanmak istenirse,

$$L = \frac{N^2}{R_m} \text{ Bu formülde,} \quad (3.12)$$

L=Bobinin endüktansı (Henri)

N=Bobinin sarım sayısı

R_m = Relüktans (1/henri)

Bir bobinin endüktansı, bobinin ölçüleri ile değişir. Bobinin endüktansını artırmak için ferromanyetik malzemeler çok kullanılır. Buna göre bobinin endüktansı,

$$L = \frac{N^2 \cdot \mu \cdot S}{l} \quad (3.13)$$

olarak yazılabilir. Bu formülde,

L=Bobinin endüktansı (Henri)

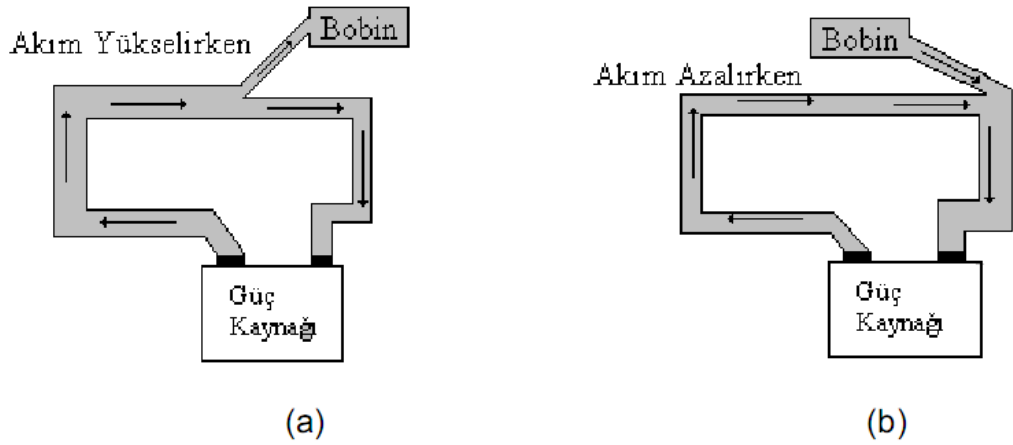
N=Bobinin sarım sayısı

μ =ortamın geçirgenliği (henri/metre)
 S =Bobinin çekirdeğinin kesiti (metre²)
 l =Bobinin uzunluğu (metre)

3.6. Bobinde Depo Edilen Enerji

İçinden akım geçen bir bobin etrafında bir manyetik alanın oluştuğunu biliyoruz. Ayrıca bu alandan dolayı bobinde bir özendüksiyon EMK' nın meydana gelir. Bu EMK, Lenz kanununa göre bobinden geçen akım artarsa onu azaltmaya, azalırsa onu artırmaya çalışır. Yani bobinden geçen akım artarsa bu akımın bir kısmı şekil 4.5. (a) de görüldüğü gibi manyetik alan olarak depolanır. Eğer akım azalırsa yine

Şekil 3.5. (b)de görüldüğü gibi daha önceden manyetik olarak depo edilen bu enerji akım olarak devreye geri verilir.



Şekil 3.5. Manyetik Enerjinin Değişimi

Böylece depo edilen enerjinin miktarı bobinin endüktansı biliniyorsa kolayca bulunabilir. Buna göre depolanan enerji,

$$W = \frac{1}{2} . L . I^2 \quad (3.14)$$

olur. Bu formülde,

W =Bobinde depo edilen enerji (Jul)

L =Bobinin endüktansı (Henri)

I =Bobinden geçen akım (Amper)

Bobin Sembolü



Sabit Değerli Bobin

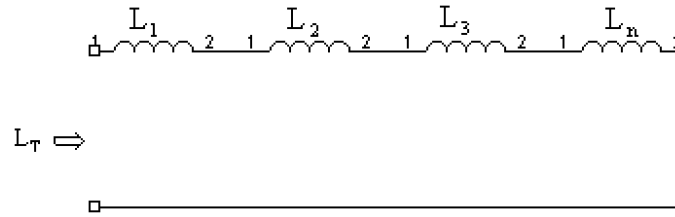


Değişken (varyabil) Bobin

3.7. Bobinlerin Bağlantı Şekilleri

3.7.1. Bobinlerin Seri Bağlanması

Bobinlerin değerlerini artırabilmek için birbirine seri bağlanır. Bobinler seri bağlandıklarında üzerlerinden geçen akım tüm elemanlarda aynıdır.



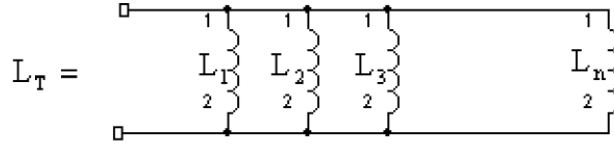
Şekil 3.6. Bobinlerin Seri Bağlanması

Şekildeki gibi n tane bobin seri bağlandıklarında bu bobinlerin eşdeğer (toplam) endüktansı, devredeki bobin endüktanslarının toplamına eşittir.

$$L_T = L_1 + L_2 + L_3 + + L_n \quad (3.15)$$

3.7.2. Bobinlerin Paralel Bağlanması

Paralel bağlı bobinlerde akımlar kollara ayrılarak devrelerini tamamlarlar. Uçlarındaki gerilim, tüm paralel bağlı bobinlerde aynı değeri gösterir. Şekil 3.7 de görüldüğü gibi n tane bobin paralel bağlanmıştır.



Şekil 3.7. Bobinlerin Paralel Bağlanması

N tane bobin paralel bağlandığında bunların tek bir bobin haline aldırılmasına toplam endüktans denir. Toplam endüktans formülümü aşağıdaki gibi olur.

$$\frac{1}{L_T} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + + \frac{1}{L_n}$$

$$L_T = \frac{1}{\left(\frac{1}{L_1}\right) + \left(\frac{1}{L_2}\right) + \left(\frac{1}{L_3}\right) + + \left(\frac{1}{L_n}\right)}$$

(3.16)

Genel formülü ortaya çıkar. Eğer sadece iki bobin paralel bağlandığında pratiklik açısından toplam endüktans aşağıdaki şekilde bulunabilir.

$$L_T = \frac{L_1 \cdot L_2}{L_1 + L_2}$$

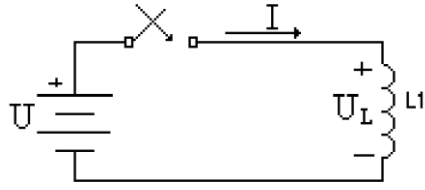
(3.17)

3.7.3. Bobin Uçlarındaki Gerilim

Bobin bir DC gerilim kaynağına bağlandığı takdirde bobin uçlarında bir gerilim görülür. Bobin eğer saf bir bobinse akımın zamana göre değişimi ile bobin uçlarındaki gerilim değeri bulunur. Burada görüldüğü gibi bobin uçlarındaki gerilim zamana ve üzerinden geçen akıma, bobinin endüktans değerine göre uçlarındaki gerilim değeri değişmektedir. Bu durumu aşağıdaki şekilde yazabiliriz [9].

$$U_L = L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

(3.18)



Şekil 3.8. Bobinin DC Kaynağa Bağlantısı

4. DENEYSEL ÇALIŞMA

Akıllı bina, akıllı ev ve ev ağı oluşturma konuları bina endüstrisinin popüler konuları arasında yer almaktadır. Bu sistemlerin ana teması fiziksel katman üzerinden sinyal iletimine dayanmaktadır. Kablolu ve kablosuz fiziksel katmanlar yaygın olarak kullanılmakta olup iki katmanında kendine ait bazı sınırlamaları mevcuttur ve bu sınırlamalar daha çok eski yapılarda kendini göstermektedir.

Türkiye'deki 20 yaşından büyük konut olarak kullanılan kiralık yapılarda geleceğe yönelik kullanım için yedek kablolama genellikle mevcut değildir. Beton içerisinde bir kanal kazılması yeni bir kablo montajı için kaçınılmaz bir durumdur. Bu duruma maliyet ve konutta oturanlara vereceği psikolojik sıkıntılar yönünden bakıldığında, yenilikçi bir bakış açısı olarak yapıda bulunan çelik donatının dönüştürücü bazı kapalı devreler yardımı ile sinyal iletiminde kullanılabilirliği konusu bu deneysel çalışmada incelenecektir. Çelik donatıda sinyal iletimi fikri, transformatörde sinyal çifti oluşturmaya benzemektedir. Sinyaller çelik donatıya önceden montajı yapılan iletim bobini tarafından manyetik akım (akı) olarak iletilirler. Bu manyetik akım tüm bina çevresindeki donatıda manyetik akım olarak akar. Başka bir bobine alıcı vazifesi gördürerek donatıda akmakta olan manyetik akım istenilen herhangi bir noktada alınır. Yapılan deneysel tecrübeler neticesinde bu fikrin esnek (flexible) olduğunu ispat ettik. Sinyaller donatı üzerinde istenilen herhangi bir noktadan iyi bir performansla alınabilirler.

Telefon, internet, güvenlik, yayın ağı gibi yapıda mevcut olan yan (tali) sistemlerin altyapısı kablolu veya kablosuz sistemlere dayanmaktadır. Her iki sisteminde kendine özgü bazı sınırlamaları mevcuttur [10].

Kablosuz ağlar kablolu ağlara kıyasla kullanım yönünden daha serbest bir alana sahiptirler. Fakat güvenlik ve sinyallerdeki girişim ciddi bir sıkıntı olarak görülebilir. Birçok ülkede radyo yayını için kullanılmakta olan spektrum ulusal bir varlık olarak görülmektedir. Girişimi engellemek ve spektrumunu düzgün bir dağılım içerisinde organize etmek için birçok ülke kanun ve kararnameler vasıtası ile atmosferde sinyal iletimini bantlara ayırmıştır. Kablosuz sistemler bu bantlar içerisinde kendilerine ayrılan kısım içerisinde yayın yapmaktadırlar. Böyle serbest bir ortamda girişim kaçınılmaz olup sinyal güvenliği doğal olarak ciddi bir sorun haline gelmektedir. Kablosuz ağın gizlice dinlenmesi bu bakımdan çok kolaydır. Saldırgan bina dışında herhangi bir noktadan gizlice sinyalleri

dinleyip çözümleyerek verileri elde edebilir. Diğer taraftan kablolu sistemler güvenli ve güvenilir sinyal iletiminde çok iyi olup maliyeti, işçiliği ve tekrar konfigürasyonu düşünüldüğünde dezavantaj teşkil etmektedir. Bina da bir veri hattının maliyeti Hong Kong'da \$278 civarındadır [11]. Ülkemizde ise aynı yapıda bir veri hattının maliyeti 200 TL dolaylarındadır. Örneğin 480 dairelik bir toplu konut için yan sistemlerin maliyeti bu hesaba dayalı olarak 96000 TL dolaylarındadır. Eski bir binada ise yeni kanalların açılması gerekliliğinden dolayı bu rakam çok daha yukarılara çıkacaktır.

Diğer sistemlerin kendilerine özgü sınırlılıkları bizi yeni bir arayış ve beraberinde yenilikçi bir çözüm olan bu çalışmaya yöneltti. Kurulacak olan sistem daha az maliyetli, konutun kullanıcılarına en az sıkıntı vererek kurulumu mümkün ve aynı zamanda güvenlik seviyesi yüksek olmalıydı. Çelik çubukta sinyal iletiminde ekstra bir kablolama maliyeti söz konusu değildir. Bina dışarısından sinyale erişim söz konusu değildir. Ayrıca istenilen noktadan çelik donatıya erişmek mümkün olacağından dairenin kullanıcılarına vereceği sıkıntı minimal düzeye indirilmiş demektir.

4.1. Çelik Çubuk Ortamının Avantajı

Sinyal iletimi için çelik çubuk kullanımı gelecekte alternatif bir seçenek olabilir. Binanın dışından yapılabilecek gizli dinlemeler engellenebilir. Çünkü manyetik akım bina dışında yayın yapmayacaktır. Ek olarak donatı içerisinde kullanılacak olan spektrum bina sahibi tarafından belirlenebilmektedir ve yönetimi sağlanabilmektedir. Şöyle ki bu şekilde girişimi engellemek mümkündür. Ekonomik bir bakış açısı ile bakıldığında ise çelik çubuğun kablolama maliyetinin olmayışı maliyeti azaltır. Kablo ekleme veya yeni baştan kablolama gibi bir durum söz konusu değildir. Yeni bir binada sinyal dönüştürücüler inşaat yapımı esnasında çelik donatıya monte edilmelidir. Böylece geleneksel kablolamaya nazaran milyonlarca Türk Lirası kâr edilebilir. Eski binalarda yeni bir kablo yolu için kanal kazmaya gerek yoktur. Sadece istenilen herhangi bir noktadan sinyal dönüştürücü montajı için küçük bir alanı kırmak yeterli olacaktır. Bu durum ayrıca konut sakinlerinin rahatsız olma oranlarını da minimize etmektedir.

4.2. Üst Üste Bindirilmiş Çelik Çubukların İletkenliği.

Bina inşaatında çelik çubuklar kırılmış ve bükülmüş olarak özel bir formdadırlar ve beton atılmadan önce birbirlerine çelik teller vasıtası ile çaprazlama bağlanırlar.



Resim 4.1. Çelik Donatının Çelik Teller ile Bağlanması

Şöyle ki çelik çubuklar arasında bağlantının varlığını garanti etmek için kaynak yapmaya gerek yoktur. Çelik çubukların birbirine teması garanti edilemez ise iletimin olmayacağı kesindir. Tipik bir çelik donatı kalıbı yapısı Resim 4.2 de görüldüğü gibidir.

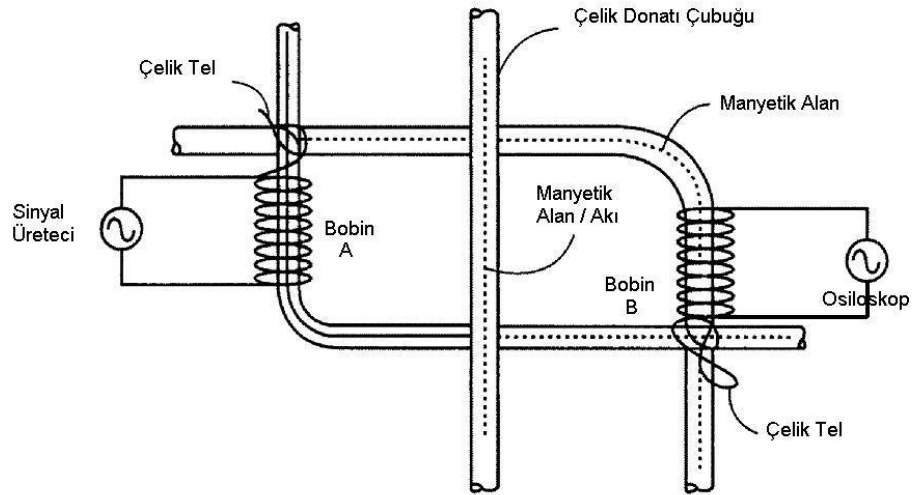


Resim 4.2. Çelik Donatı Kalıbı

Çelik çubukların birbirlerine bağlı olmayabileceği noktalara karşın birçok paralel yollar vasıtası ile birbirlerine bir bağlılık söz konusudur [12]. Çelik donatı bağlantıları bir inşaat kolonunu teşkil edecek şekilde bir deney devresi meydana getirilerek sinyal iletimi gerçekleştirilmeye çalışıldı. Deneysel sonuçlar çelik çubuklar vasıtası ile elektriksel iletkenlik sağlanabileceğini garanti etmiş oldu.

4.3. Çelik Donatı Modeli

Betonarme yapının omurgası incelendiğinde, burada kullanılan çelik çubukların elektriği iletebildiği görülür. Bu demektir ki; çelik çubuklar bina içerisinde manyetik alanı / akımı da herhangi iki nokta arasında iletebilirler. Şekil 4.1 de görüldüğü gibi Bobin A ve Bobin B ile adlandırılan iki bobin herhangi iki çelik çubuğa monte edilirse tüm çelik çubuklar manyetik akımı iletmede çoğaltılmış paralel yollar gibi davranacaktır. Böylece bina devasa bir transformatör halini alacak ve sinyal bobinlerin monte edildiği istenen herhangi bir noktaya enjekte edilebilecek veya istenen herhangi bir noktadan alınabilecektir.



Şekil 4.1. Çelik Çubukları Transformatöre Dönüştüren Bobin A ve B

4.4. Kurulum ve Sonuçlar

Sinyal iletiminde çelik donatının kullanımı fikri 7 – 14 Ağustos 2010 tarihleri arasında üniversitemiz haberleşme laboratuvarında performans ve uygulanabilirliğin

ölçülebilmesi için kurulan deney devresi ile hayata geçirildi. Hazırlanan deney devresinde kullanılan malzemeler günlük hayatta betonarme yapılarda kullanılan malzemelerden seçildi. Bu yüzden elde edilen sonuçlar betonarme yapılar üzerinde uygulanabilirler.

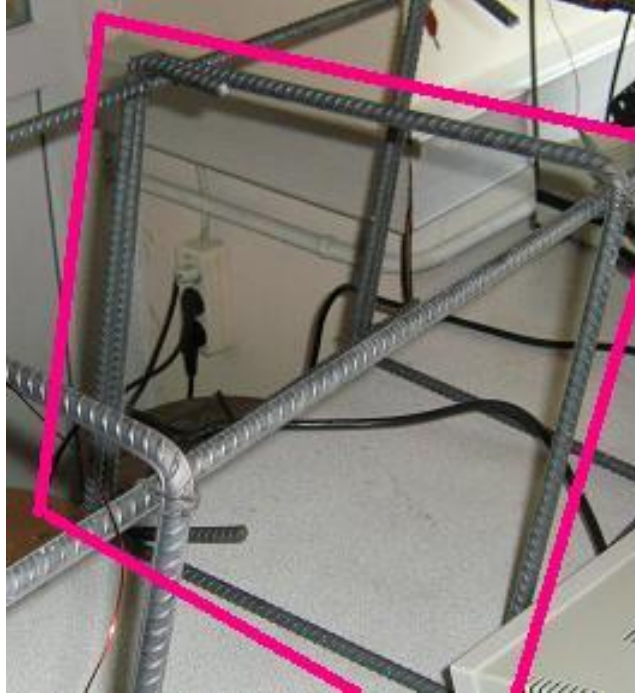
4.4.1. Kolon Çelik Donatısının Hazırlanması

Çelik donatı hazırlanmadan önce Elazığ ilimizin merkezindeki şantiyeler incelenerek deneyde kullanılabilecek çelik çubuklar araştırıldı. Yeni çalışmalara başlanmış bir şantiyede 12 mm kalınlığında etriye ve pilye yapımında kullanılan çelik çubuklar bulundu. Bu çubuklar bizzat şantiyede çalışan demirci ustaları ile birlikte şematik olarak bir kolonun etriye ve çelik çubuklarını teşkil edecek şekilde çelik teller vasıtası ile birbirine bağlandı. Sonuç olarak Resim 4.3 deki örnek kolon yapısı elde edildi.

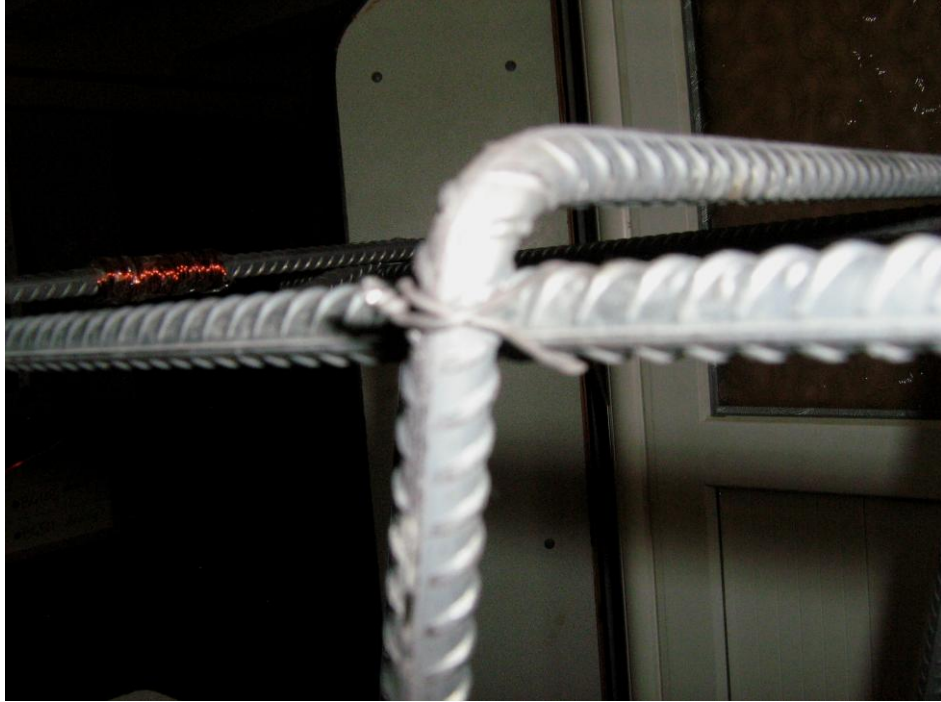


Resim 4.3. Bir Betonarme Kolonunun Örnek Yapısı

Kolon elde edilirken çelik çubuklar özel aparatlar ile bükülerek kare şeklinde etriyeler elde edilir (Resim 4.4). bu etriyeler çelik çubuklara çelik teller vasıtası ile bağlanarak kolonun gövdesi meydana getirilmiş olur (Resim 4.5).



Resim 4.4. Etriye' nin Yapısı



Resim 4.5. Etriye ve Çelik Çubukların Birbirine Çelik Tel İle Bağlanması

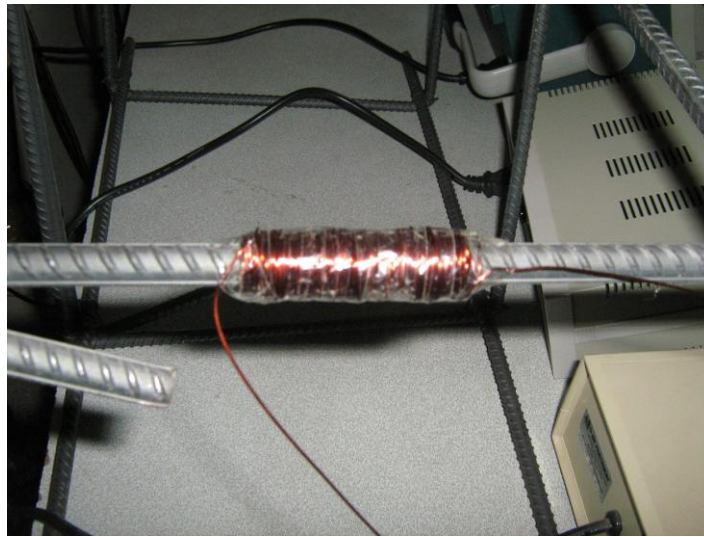
4.4.2. Bobinlerin Montajı

Deney devresi için hazırlanan kolon üzerinde herhangi iki nokta üzerinden iki adet bobin montajı yapılması gerekmektedir. Bu işlem için Resim 4.6 de görüldüğü üzere kolonun iki noktası üzerinde bobin sarma işlemi gerçekleştirildi.



Resim 4.6. Kolon Donatısı Üzerine Sarılmış Bobinler

Bobinler sarılırken 0,8 mm kalınlığında dışı tamamı ile yalıtılmış bakır bobinaj teli kullanıldı. Ayrıca bu bobinaj telinin üzerindeki vernik kaplamanın hasar görmemiş olmasına dikkat edildi. Bakır tel donatı üzerinde 200 tur yapacak şekilde sarıldı. Soldan sağa yapılan 50 turun ardından üst üste binecek şekilde sağdan sola ikinci 50 tur sarıldı. Bu şekilde 4 geçişte 200 tur sarım tamamlanmış oldu. Sarılmış bobinin son hali Resim 4.7 de görülmektedir.



Resim 4.7. Bobin

Bobin sarımından sonra üzeri şeffaf bantla sarılarak dağılmalara karşı önlem alındı. Sarım esnasında dışarıda bırakılan iki ucumuz daha sonra üzerindeki yalıtkan malzemeler temizlenerek sinyal iletimine elverişli hale getirildi.

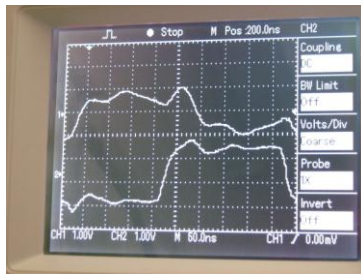
4.4.3. Yerinde Ölçümler

Bobinlerin her ikisinin de montajı yapıldıktan sonra sinyal üretici birinci bobinin uçlarına bağlanmış ve osiloskopun birinci girişi bu uçlara bağlanmıştır. İkinci bobinin uçlarına ise çıkış değerlerini gözlemek üzere osiloskopun ikinci giriş uçları bağlanmıştır.

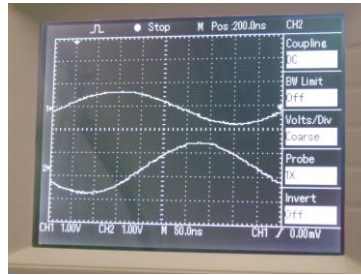
Sırasıyla 1 MHZ değerinden başlanarak 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 MHZ değerlerinde kare, üçgen ve sinusoidal sinyaller deney devresine uygulanarak 30 farklı şekilde ölçümler gerçekleştirilmiştir.

Giriş ve çıkış değerleri incelendiğinde 3 MHZ değerine kadar sinyalde bazı bozulmalar gözlemlenmiş olup 3 MHZ değerinden sonra 10 MHZ e kadar sinyalde bozulma oranı azalmış olup istenilen değerlerde sinyallerin çıkışta da elde edildiği gözlemlenmiştir. Alt seviyelerde sinyal üreticinin veriminin de düşük olması nedeniyle sinyallerin tam olarak iletilmediği dikkat çekmiştir.

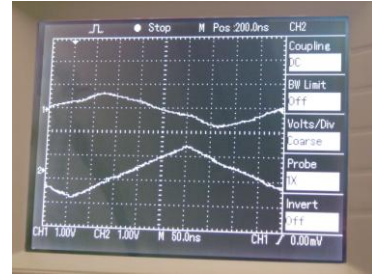
1 MHZ seviyesinde sinyallerin osiloskop ekranında gözlemlenen değerleri Resim 4.8 (a), (b), (c) de gözlemlenmektedir.



(a)



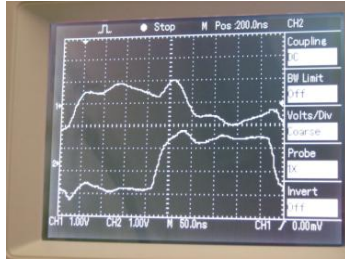
(b)



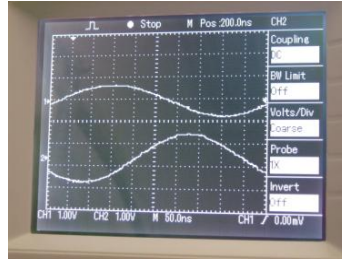
(c)

Resim 4.8. 1 MHZ Sinyal uygulandığında (a) Kare dalga, (b) Sinusoidal dalga, (c) Üçgen dalga, sinyallerin osiloskop cihazında giriş ve çıkış görüntüleri

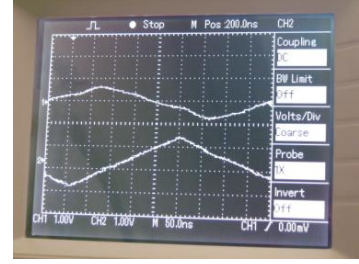
2 MHz seviyesinde sinyallerin osiloskop ekranında gözlemlenen değerleri Resim 4.9 (a), (b), (c) de gözlemlenmektedir.



(a)



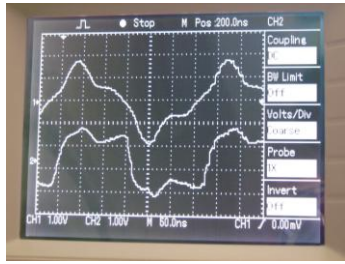
(b)



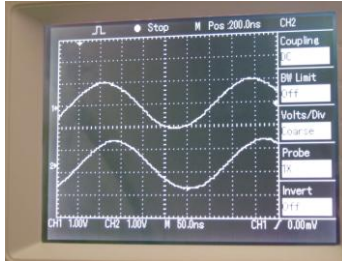
(c)

Resim 4.9. 2 MHz Sinyal uygulandığında (a) Kare dalga, (b) Sinusoidal dalga, (c) Üçgen dalga, sinyallerin osiloskop cihazında giriş ve çıkış görüntüleri

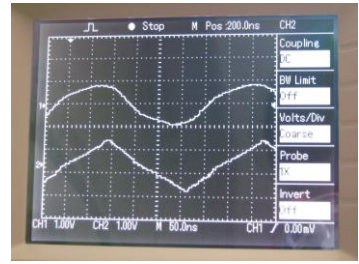
3 MHz seviyesinde sinyallerin osiloskop ekranında gözlemlenen değerleri Resim 4.10 (a), (b), (c) de gözlemlenmektedir.



(a)



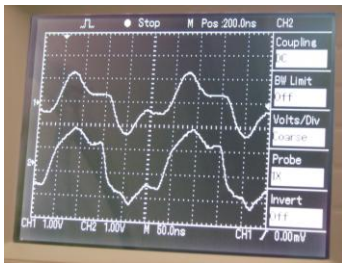
(b)



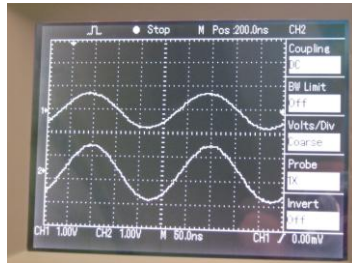
(c)

Resim 4.10. 3 MHz Sinyal uygulandığında (a) Kare dalga, (b) Sinusoidal dalga, (c) Üçgen dalga, sinyallerin osiloskop cihazında giriş ve çıkış görüntüleri

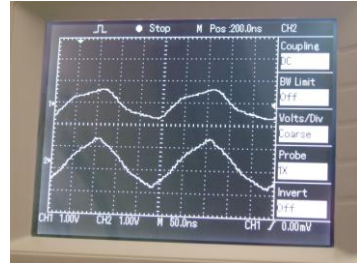
4 MHz seviyesinde sinyallerin osiloskop ekranında gözlemlenen değerleri Resim 4.11 (a), (b), (c) de gözlemlenmektedir.



(a)



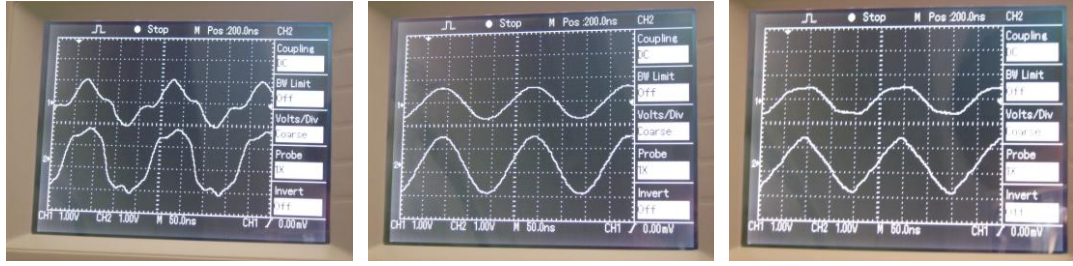
(b)



(c)

Resim 4.11. 4 MHz Sinyal uygulandığında (a) Kare dalga, (b) Sinusoidal dalga, (c) Üçgen dalga, sinyallerin osiloskop cihazında giriş ve çıkış görüntüleri

5 MHz seviyesinde sinyallerin osiloskop ekranında gözlemlenen değerleri Resim 4.12 (a), (b), (c) de gözlemlenmektedir.



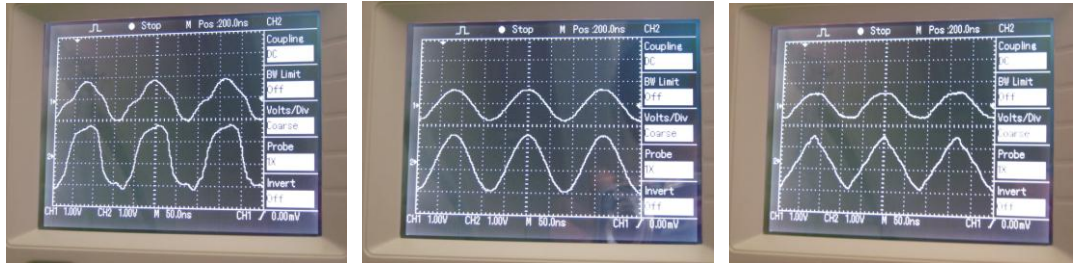
(a)

(b)

(c)

Resim 4.12. 5 MHz Sinyal uygulandığında (a) Kare dalga, (b) Sinusoidal dalga, (c) Üçgen dalga, sinyallerin osiloskop cihazında giriş ve çıkış görüntüleri

6 MHz seviyesinde sinyallerin osiloskop ekranında gözlemlenen değerleri Resim 4.13 (a), (b), (c) de gözlemlenmektedir.



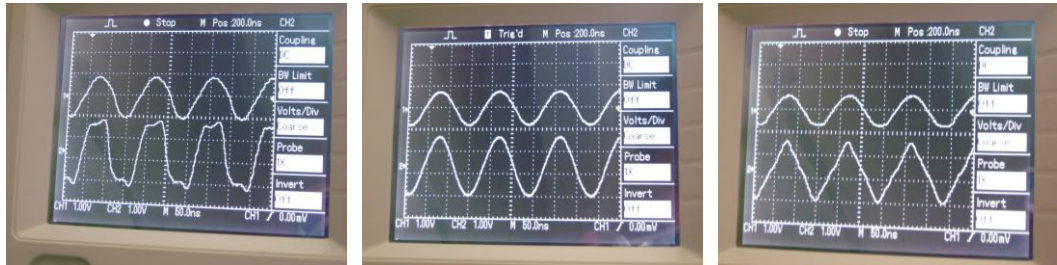
(a)

(b)

(c)

Resim 4.13. 6 MHz Sinyal uygulandığında (a) Kare dalga, (b) Sinusoidal dalga, (c) Üçgen dalga, sinyallerin osiloskop cihazında giriş ve çıkış görüntüleri

7 MHz seviyesinde sinyallerin osiloskop ekranında gözlemlenen değerleri Resim 4.14 (a), (b), (c) de gözlemlenmektedir.



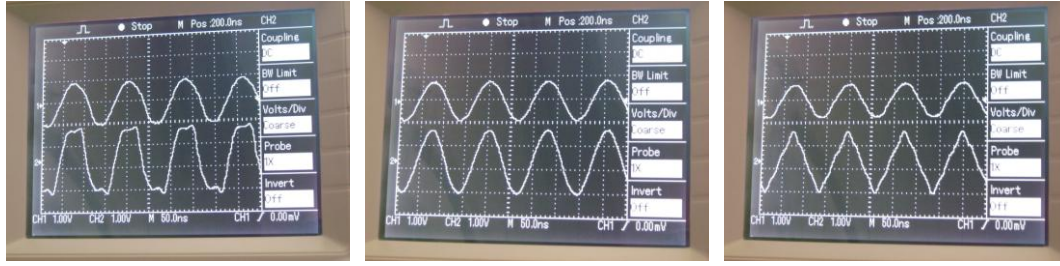
(a)

(b)

(c)

Resim 4.14. 7 MHz Sinyal uygulandığında (a) Kare dalga, (b) Sinusoidal dalga, (c) Üçgen dalga, sinyallerin osiloskop cihazında giriş ve çıkış görüntüleri

8 MHz seviyesinde sinyallerin osiloskop ekranında gözlemlenen değerleri Resim 4.15 (a), (b), (c) de gözlemlenmektedir.



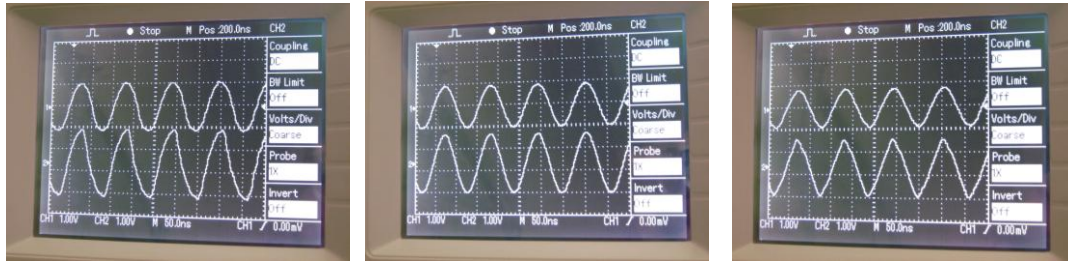
(a)

(b)

(c)

Resim 4.15. 8 MHz Sinyal uygulandığında (a) Kare dalga, (b) Sinusoidal dalga, (c) Üçgen dalga, sinyallerin osiloskop cihazında giriş ve çıkış görüntüleri

9 MHz seviyesinde sinyallerin osiloskop ekranında gözlemlenen değerleri Resim 4.16 (a), (b), (c) de gözlemlenmektedir.



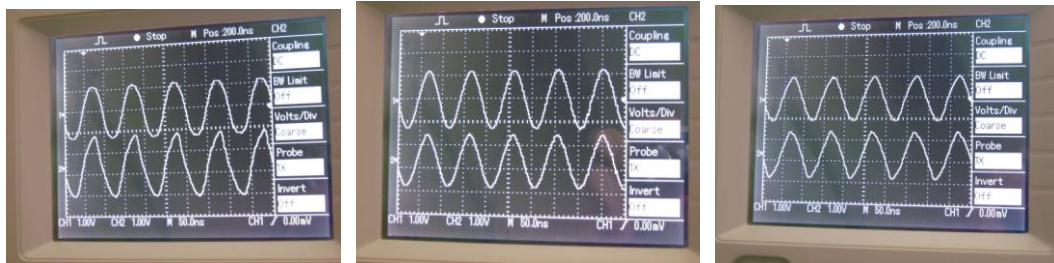
(a)

(b)

(c)

Resim 4.16. 9 MHz Sinyal uygulandığında (a) Kare dalga, (b) Sinusoidal dalga, (c) Üçgen dalga, sinyallerin osiloskop cihazında giriş ve çıkış görüntüleri

10 MHz seviyesinde sinyallerin osiloskop ekranında gözlemlenen değerleri Resim 4.17 (a), (b), (c) de gözlemlenmektedir.

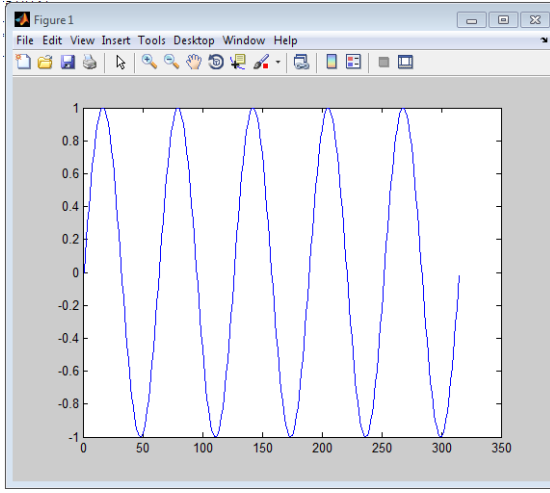


(a)

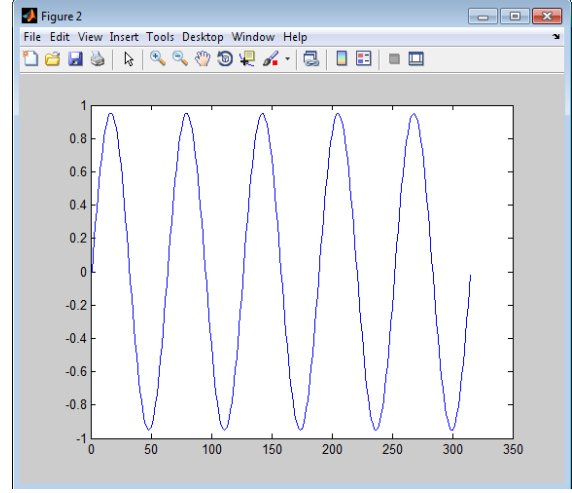
(b)

(c)

Resim 4.17. 10 MHz Sinyal uygulandığında (a) Kare dalga, (b) Sinusoidal dalga, (c) Üçgen dalga, sinyallerin osiloskop cihazında giriş ve çıkış görüntüleri



(a)



(b)

Resim 4.18. 10 MHz sinüsoidal dalganın Matlab programına aktarılmış (a) giriş (b) çıkış verileri.

Osiloskop kayıtlarından elde edilen sonuçlar doğrultusunda 1MHz ile 10 MHz frekans aralığında kare dalga, sinüsoidal dalga ve üçgen dalga sinyallerin giriş ve çıkış değerleri elde edilmiştir. Bu değerleri sayısal olarak ifade etmek ve sayısal değerlerden çıkarımlar yapmak adına alınan veriler matlab programına aktarılmıştır Resim 4.18. de 10 MHz seviyesindeki sinüsoidal sinyalin giriş ve çıkış değerleri gösterilmiştir. Bu veriler kullanılarak ortalama karesel hata oranları hesaplanmıştır.

Ortalama karesel hata formülü;

$$E = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (e(i))^2 \text{ ile bulunur.} \quad (4.1)$$

Formülün osiloskop sonuçları üzerinde uygulanması neticesinde elde edilen sonuçlar Tablo 4.1. de verilmiştir.

Tablo 4.1. Bulunan Ortalama Karesel Hata Oranları

	Kare Dalga Sinyal İçin	Sinüsoidal Dalga Sinyal İçin	Üçgen Dalga Sinyal İçin
1 MHz	0.952	0.001	0.012
2 MHz	0.564	0.371	0.469
3 MHz	0.114	0.096	0.084
4 MHz	0.076	0.045	0.043
5 MHz	0.054	0.030	0.026
6 MHz	0.046	0.032	0.024
7 MHz	0.060	0.023	0.022
8 MHz	0.051	0.017	0.024
9 MHz	0.015	0.008	0.015
10 MHz	0.007	0.003	0.012

Bu sonuçlar incelendiğinde 1MHz, 2 MHz ve 3 MHz seviyelerinde bilhassa kare dalga üzerinde sinyallerin hata oranlarının yüksek olduğu görülmektedir. Elektronik iletişim sinyallerinde ise kare dalga sıklıkla kullanılmaktadır. Örneğin ethernet mimarisinin ± 5 V kare dalga sinyalleri kullandığı bilinmektedir. Manyetik alan devrelerinde ise sinüsoidal ve üçgen dalga sinyallerinde hata oranlarının daha düşük olduğu göze çarpmaktadır. 4 MHz ve daha yüksek değerlerde ise hata değerlerinde önemli oranda düşüş gözlenmektedir. Bu istenen bir durumdur. Ayrıca 10 MHz seviyesindeki sinyallerin hata değerlerini incelediğimizde hata oranlarının sırasıyla 0.007, 0.003, 0.012 seviyelerine kadar düştüğü görülmektedir. Çok küçük hata değerlerinin elde edilmesi bu seviyelerde sinyal iletiminin neredeyse kusursuz olduğunu göstermektedir.

Elde edilen veriler incelendiğinde 3 MHz üzerindeki sinyallerin manyetik alan ile iletimin verimli olabileceği düşünülmektedir. 8 MHz üzerinde ise çok daha verimli sonuçlar elde edilebileceği gözlemlenmektedir.

5. SONUÇ

Bu tez çalışmasında, betonarme yapılarda kullanılan çelik donatının sinyal iletiminde kullanımına yönelik elverişlilik araştırması konusu üzerinde duruldu. Transformatörün çalışması prensiplerine dayanan manyetik akım demir çekirdeğini kullanarak birincil ve ikincil sargıları üzerinden akımı iletir. Aynı fikir bu çalışmada özel olarak hazırlanan kolon çelik donatısı üzerinde uygulandı. Bobinler çelik donatı üzerine monte edildi ve tüm çelik çubuklar paralel yolların çoklanması şeklinde birbirine bağlı olduğundan bobinler arasında manyetik alan oluşturdu. Sonra tüm kolon kocaman bir sinyal transformatörü halini aldı. Bu durum betonarme yapıda uygulanmış olsaydı betonarme yapı transformatör gibi çalışacaktı.

Pratik uygulamada bu durumu ispat etmek için deney devresi olarak hazırlanan kolon yapısı üzerinde denendi ve bu bakış açısında ileri çalışmalar için birçok faydalı bilgi elde edildi. Sonuçlardan 3 MHZ üzerinde olan sinyallerde daha iyi cevaplar elde edildi. 8 MHZ üzerindeki sinyallerde ise çok daha iyi değerler elde edildi. Bu frekans değerleri güvenlik, ev ağı (internet) ve telefon gibi birçok bina otomasyon sistemi için çok kullanışlıdır. Buradan anlaşıldığı kadarı ile adı geçen sistemler için gerekli dönüştürücü elektronik devrelerin tasarımı halinde sinyal çiftleri karşı tarafta anlamlı bilgiler bütünü olarak elde edilebilir. İnternet sinyalleri için durumu değerlendirdiğimizde; yapıda var olan bir daire içerisinde bu sisteme uygun bir kablosuz ethernet kartı tasarlanırsa bu kart ile tüm daire içerisinde kablosuz internet kullanımı mümkün olabilir. Aynı şekilde diğer otomasyon sistemleri içinde bu düşünülebilir. Hatta günümüzde yeni yeni hayat bulan güvenlik, yangın, telefon ve diğer sistemlerin internet ortamına aktarılması düşünülürse tüm otomasyon sistemlerinin iletişimi için internet hattı kullanılacağından böyle bir sistemle bina içi tüm iletişim sistemlerinin haberleşmesi sağlanabilir.

Sonuç olarak 4. Bölümde deney çalışması yapılan sistem 3 MHZ üzerindeki sinyallerin iletimi için olumlu veriler sağlamış olup akıllı bina otomasyon sistemleri için yeni bir yaklaşım teşkil edebilir.

6. KAYNAKLAR

- [1] Jason Kam-tong Chan, Martin H.L. Chow, Alex P.K. Wai “Innovative use of building reinforced steel bars to transmit signals within a building” The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong, IEEE
- [2] İnternet: sermimar.net, <http://www.sermimar.net/akilli-binalar-akilli-bina-kavrami-ve-uygulama-ornekleri.html>, Erişim tarihi: 31.10.2010.
- [3] Kaplan S. A., Betonarme’ye Giriş, Bilbeyki yayınları, 2009, Sayfa: 9-10
- [4] Güner S. M., Süme V., Yapı Malzemesi ve Beton, Aktif Yayınevi, İstanbul, 1999, Sayfa: 248
- [5] Eriç M., Yapı Fiziği ve Malzemesi, Literatür Yayınları, İstanbul, 2002, sayfa: 289 – 309
- [6] Deren, H., Uzgider, E., Piroğlu, F., Çağlayan, Ö., Çelik Yapılar, İTÜ, Çağlayan Kitabevi, İstanbul, 2008, Sayfa: 13-41
- [7] TS 708, Çelik – Betonarme İçin – Donatı Çeliği, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, Nisan 2010
- [8] Ekinci E. C., Bordo Kitap, Üniversite Kitabevi, Elazığ, 2005, Sayfa: 477 – 486
- [9] Topak H., Doğru Akım ve Devre Analizi, Mersin Üniversitesi, Mersin 2006, Sayfa 145 – 160
- [10] A. So, “Critical study on the medium of physical layer of modern building automation network”, IEE 2nd Power Symposium 2002 Modern Building Electrical Systems Status Quo and Issues, pp. 1-6, June 2002, Hong Kong.
- [11] “Schedule of rates for term contracts for building works, 2000 Edition, Volume 2 (BS Work)”, Architectural Services Department, HK, 2000, pp. 40/04.
- [12] “Code of practice for Protection of structures against lightning”, British Standard, BS6651:1992, pp37.

ÖZGEÇMİŞ

Hanefi ÇINAR

haneficinar@gmail.com

Tlf: 0532 5007635

Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi

Elektronik-Bilgisayar Eğitimi Bölümü

ELAZIĞ

1983 yılında Ankara’da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Ankara’da tamamladıktan sonra 2004 yılında Fırat Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Ressamlığı Öğretmenliği Bölümünü kazandı. 2008 yılında bu bölümden mezun oldu. 2008 yılı Eylül ayında Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Ana Bilim Dalı, Telekomünikasyon Bilim Dalı’nda yüksek lisans eğitime başladı. Halen Pınar Eğitim Kurumları’nda bilgi işlem uzmanı olarak görev yapmaktadır. Yabancı dili İngilizcedir.