

# Bina elik Donatısının Sinyal İletiminde Kullanımının Akıllı Yapı İletişim Sistemleri Üzerine Uygulanabilirliği

Hanefi ınar<sup>1</sup>, Musa ıbuk<sup>1</sup>, Engin Avcı<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Bitlis Eren Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Bitlis.

<sup>2</sup> Fırat Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Yazılım Mühendisliği Bölümü, Elazığ..

hcinar@beu.edu.tr, mcibuk@beu.edu.tr, enginavci@firat.edu.tr.

## - ÖZET -

Akıllı bina, akıllı yapı veya akıllı ev kavramları günümüzde bina endüstrisinin popüler konuları haline gelmeye başlamıştır. Akıllı evler bir merkezden kontrol edilebilen, birbirleriyle haberleşebilen, ilişki kurabilen yapılardır. Bu sayede ev sakinlerine, daha tasarruflu, daha güvenli, daha konforlu, ihtiyaçlara cevap verebilen ve hayatı kolaylaştıran bir yaşam sunan evleri akıllı evler olarak tanımlamak mümkündür [1].

## - ÖZET -

Günümüzde, ev ve iş yaşantısını kolaylaştırmak ve günlük hayattaki faaliyetleri daha kolay yapabilmek için teknoloji daha fazla kullanılır hale gelmiştir. Gelişen teknolojiye bağlı olarak, işlerin gerçekleştirilme süresi de kısalmış ve işlemlerin yerine getirilmesi daha kolay hale gelmiştir. Günümüzde otomasyon alanında çok önemli uygulamalar gerçekleştirilmekte olup, evlerde kullanılan cihazların kontrol edilebilmesi için tasarlanan sistemler akıllı bina otomasyon sistemlerini ortaya çıkarmıştır [2].

## - ÖZET -

Aynı zamanda akıllı evlerde kullanılan iletişim biçimleri de farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıklar dolayısı ile sistemlerin avantajları ve dezavantajları da söz konusudur. İletişim biçimleri incelendiğinde bina çelik donatısının sinyal iletiminde kullanılabilirliği [3] konusu yeni bir bakış açısı olarak değerlendirilebilir.

## - ÖZET -

Bu çalışmada çelik donatının sinyal iletiminde kullanımının akıllı bina üzerindeki uygulanabilirliği incelenmiş olup olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Sistemin akıllı evlerdeki iletişim sistemlerinin altyapısında kullanılabileceği öngörülmektedir.

## - GİRİŞ -

Akıllı ev ve bina otomasyonunun temel prensibi; yapılarda daha güvenli, daha konforlu ve rahat mekanlar sunmaktır. Bu sayede bina içinde ve dışında bulunan güvenlik, aydınlatma, ısıtma-soğutma, havalandırma, iletişim, müzik ve ev sinema sistemleri, giriş ve çıkış noktaları, yaşam tarzlarına uygun senaryolar dahilinde programlanarak insanlara daha çok serbest zaman, konfor ve kontrol rahatlığı sağlanmaktadır.

## - GİRİŞ -

Bahsi geçen birimlerin telefon, internet veya tuş panelleri üzerinden kontrolü sağlanabilir. Dünyada akıllı evler değişik çalışma prensiplerinde üretilmektedir. Bu çalışma prensipleri temelde aynı olsa da, altyapı kurulumu ve sistem becerileri açısından farklılıklar gösterebilir. Her bir sistemin birbirine göre avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Bunlar maliyet, modülerlik, kurulum ve beceriler olarak dört başlıkta toplanabilir.

## - GİRİŞ -

Temelde tüm sistemlerin yaptığı işlemler aynıdır. Amaç programlanmış belirli senaryolar dahilinde uzaktaki noktalardan sistemin ve sisteme bağlı olan cihazların kumanda ve kontrolünü sağlamaktır. Kumanda edilecek alt sistemlerin sayısı ve çeşidi arttıkça akıllı eve düşen yük de artmaktadır. İşte bu noktada sistemlerin beceri ve kapasiteleri devreye girmektedir[4].

## - GİRİŞ -

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. Bu sınırlamalar daha çok eski yapılarda kendini göstermektedir[5].

# Akıllı Yapılarda Kullanılan Mantık ve İletişim Teknolojileri

Akıllı evlerde bulunan sistemlerin iletişim mantığı fiziksel katman üzerinden sinyal iletimine dayanmaktadır. Günümüzde kullanılmakta olan sistemler incelendiğinde bakır kablolama sistemleri, Enerji hattını kullanan sistemler ve Kablosuz sistemler ilk olarak akla gelenlerdir.

# Akıllı Yapılarda Kullanılan Mantık ve İletişim Teknolojileri

Maliyet, kurulum, modülerlik ve beceriler kavramları düşünülduğünde bu sistemlerin birbirlerine göre avantaj ve dezavantajları mevcuttur. Bakır kablolama sistemlerinde Cat5 ve Cat6 kablolar vasıtası ile tüm sistemin haberleşmesi sağlanmaktadır. Bu sistemler yeni yapılar haricinde kurulum sıkıntılarını da beraberlerinde getirir.

# Akıllı Yapılarda Kullanılan Mantık ve İletişim Teknolojileri

Tüm yapı için yeni bir kablolama ihtiyacı doğmaktadır. Bu durum ev sahiplerine istenmeyen bazı rahatsızlıkların yaşatılmasına neden olabilir. Ayrıca bu sistemlerin kurulum maliyetleri de yüksektir. Bakır kablolama sistemlerinin en büyük avantajı veri güvenliği ve en az düzeyde kesintiye uğrayan iletim oranıdır. Enerji hattını kullanan sistemler tüm elektrikli cihazların güç aldıkları elektrik hattından doğrudan kumandasını sağlaması açısından çok büyük avantajlar sunmaktadır.

# Akıllı Yapılarda Kullanılan Mantık ve İletişim Teknolojileri

Bu alanda X-10 ve UPB (Universal Poweline Bus) teknolojileri kullanılmaktadır. X-10 cihazlarını son kullanıcı doğrudan devreye alarak sistemi kullanılabilir hale getirebilmektedir. Ayrıca maliyet açısından da bu sistemlerin avantajını göz ardı etmemek gerekir. Fakat bu sistemlerin kontrol ve kumanda yetenekleri bakır sistemlerde olduğu gibi geniş değildir.

# Akıllı Yapılarda Kullanılan Mantık ve İletişim Teknolojileri

Ayrıca faz farkları ve hatlardaki gürültü sistemin önemli bir dezavantajıdır. Bu nedenle bu tür sistemler artık çok fazla tercih edilmemektedir. Bunun yerine UPB (Universal Powerline Bus) teknolojisi X-10 un bazı kısıtlamalarına iyileştirilmiş çözümler sunmaktadır. Kablosuz sistemler ise bu sistemlere nazaran daha ön plana çıkmaktadırlar.

# Akıllı Yapılarda Kullanılan Mantık ve İletişim Teknolojileri

Kablosuz sistemler kablo kullanılmamalarından kaynaklanan tasarım kolaylığı, şıklık, esneklik, modülerlik, hareket kabiliyeti gibi kavramlar ele alındığında gelecek vaat eden sistemler arasında yer almaktadırlar. Günümüzde Bluetooth, UWB, ZigBee ve Wi-Fi gibi kablosuz teknolojiler akıllı yapılarda kullanılmaktadır[6]. Kablosuz sistemlerin en büyük dezavantajı bilgi hırsızlığı ve havadaki RF sinyallerinin oluşturduğu kirliliktir.

# Akıllı Yapılarda Kullanılan Mantık ve İletişim Teknolojileri

Sistem maliyetleri ise bakır kablolamada olduğu gibi yüksektir. Kablo kirliliğinin istenmediği ve mobilitenin önemli olduğu ortamlarda sıklıkla tercih edilmektedirler. Çalışmamızda bahsi geçen bina çelik donatısı üzerinden sinyal iletimi fikri ele alındığında maliyet, beceri, modülerlik ve kurulum açısından önemli avantajların elde edilebileceğini düşünmekteyiz.

# Sistemlerin birbirleri arasındaki farklılıklar Tablo 1'de görülmektedir.

|                         | <b>Maliyet</b> | <b>Kurulum<br/>Kolaylığı</b> | <b>İletişim<br/>Becerileri</b> | <b>Modülerlik</b> |
|-------------------------|----------------|------------------------------|--------------------------------|-------------------|
| <b>Cat 5</b>            | Çok Pahalı     | Zor                          | Çok İyi                        | Çok Düşük         |
| <b>Cat 6</b>            | Çok Pahalı     | Çok Zor                      | Mükemmel                       | Çok Düşük         |
| <b>X-10</b>             | Çok Ucuz       | Çok Kolay                    | Zayıf                          | Düşük             |
| <b>UPB</b>              | Ucuz           | Çok Kolay                    | Normal                         | Düşük             |
| <b>Zigbee</b>           | Normal         | Zor                          | Normal                         | Çok Yüksek        |
| <b>WiFi</b>             | Pahalı         | Zor                          | İyi                            | Çok Yüksek        |
| <b>UWB</b>              | Çok Pahalı     | Çok Zor                      | Mükemmel                       | Çok Yüksek        |
| <b>Bluetooth</b>        | Pahalı         | Zor                          | İyi                            | Çok Yüksek        |
| <b>Çelik<br/>Donatı</b> | Çok Ucuz       | Kolay                        | Çok İyi                        | Yüksek            |

# İletişim Teknolojilerine Yeni Bir Bakış Açısı: Bina Çelik Donatısı.

Bina çelik donatısı üzerinden sinyal iletimi fikri ilk defa 2006 yılında ortaya atıldı[5]. Betonarme yapılarda bulunan çelik çubuklar, bükülmüş ve birbirlerine çapraz teller vasıtası ile bağlanmış olarak bir iletim hattı oluşturabilir. Tipik bir çelik donatısı yapısı Şekil 1'de görüldüğü gibidir.



Şekil 1. Çelik donatı kalıbı

# İletişim Teknolojilerine Yeni Bir Bakış Açısı: Bina Çelik Donatısı.

Şekil 1'de gösterildiği gibi donatının birbirine bağlı olamayacağı noktalarda paralel birçok yol ile iletişim garanti altına alınmıştır. Burada görülen en önemli sıkıntılardan biri tek bir veri hattının olmasıdır. Bu da iletişim hattının half-duplex olacağı anlamına gelmektedir. Tek bir veri hattı üzerinden sinyal iletimi ancak manyetik alan oluşturma fikri ile mümkün olabilir.

# İletişim Teknolojilerine Yeni Bir Bakış Açısı: Bina Çelik Donatısı.

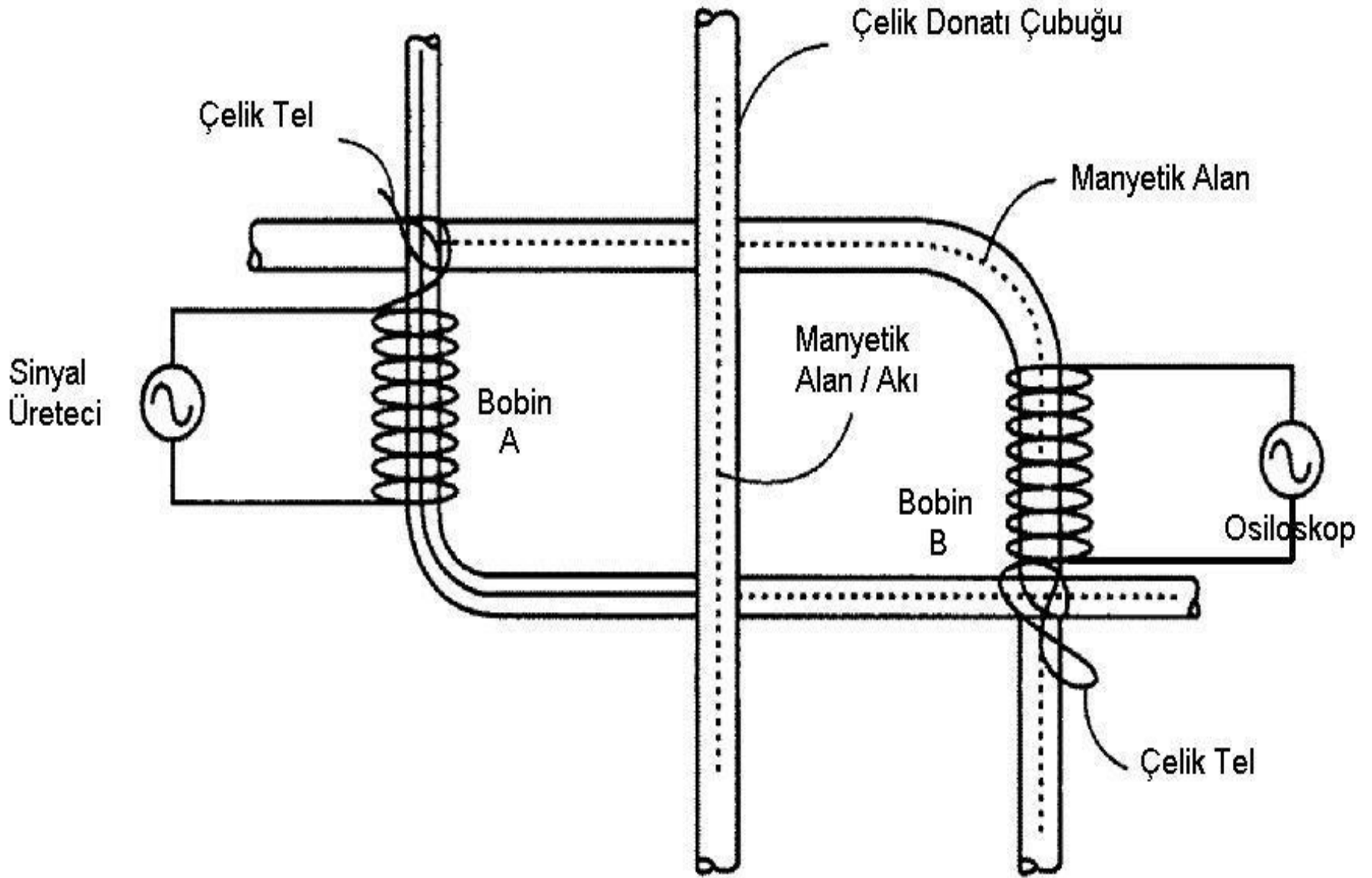
Çelik donatı üzerine iletim bobinleri sarılarak donatı üzerinde manyetik alan oluşturmak mümkündür. Bu sayede manyetik alan vasıtası ile sinyallerin iletimi sağlanabilmektedir. Bu alanda yapılan çalışmalar neticesinde bina çelik donatısı üzerinden sinyal iletiminin mümkün olabileceği fikri ortaya atılmıştır [3, 5, 7].

# Çelik Donatı Modeli

Betonarme yapının omurgası incelendiğinde, burada kullanılan çelik çubukların elektriği iletebildiği görülür. Bu demektir ki; çelik çubuklar bina içerisinde manyetik alanı herhangi iki nokta arasında iletebilirler. Şekil 2'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.

# Çelik Donatı Modeli

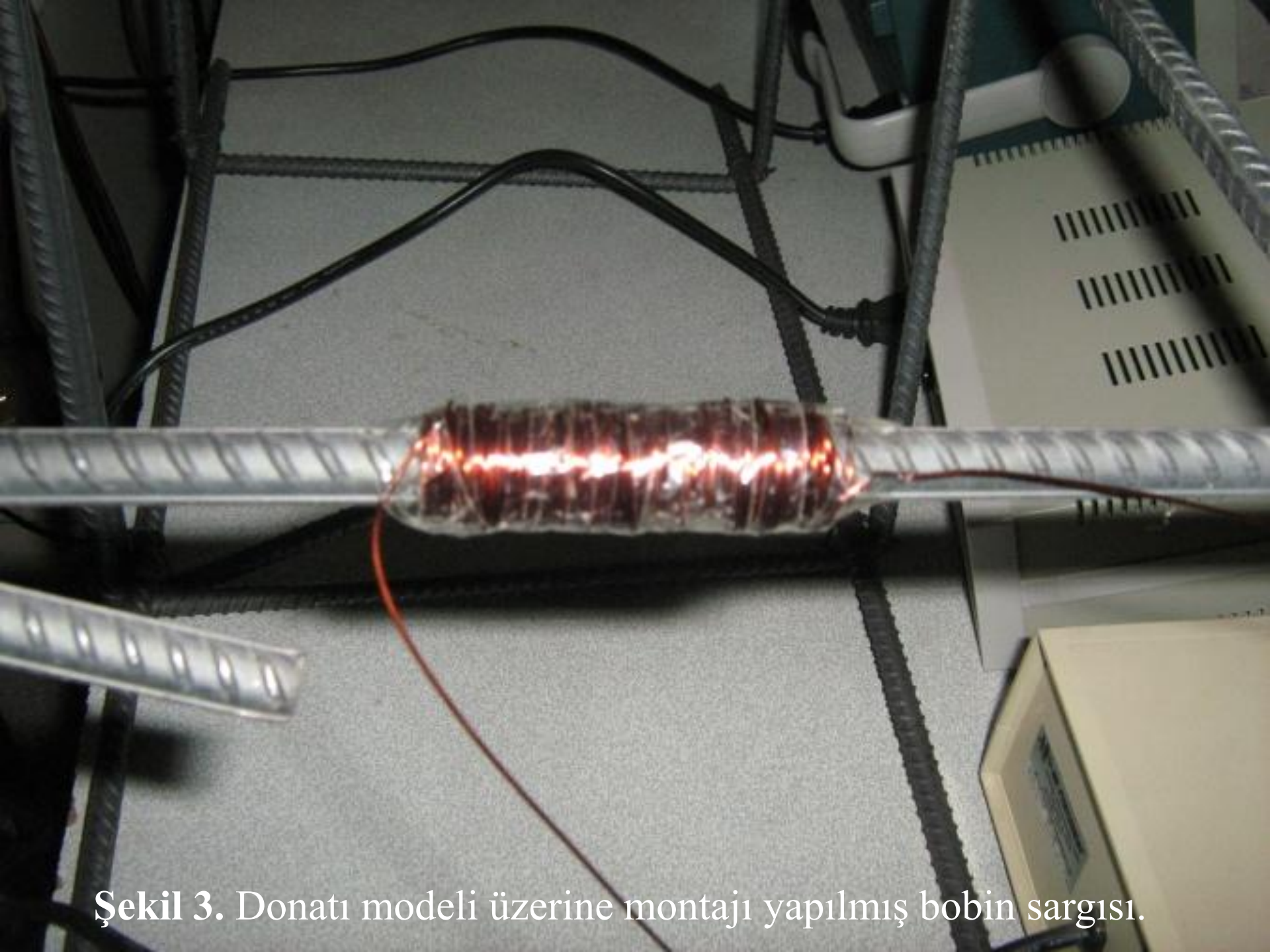
Böylece bina devasa bir transformatör halini alacak ve sinyaller istenen herhangi bir noktaya iletilebilecek veya istenen herhangi bir noktadan alınabilecektir[3].



**Şekil 2.** Çelik çubukları transformatöre dönüştüren bobin A ve B.

# Kurulum ve Deneysel Sonuçlar

Sistemin sinyal iletimindeki verimliliğinin elde edilmesi adına deneysel bir elik donatı modeli oluşturulması gerekmektedir. Bu çalışmada oluşturulan elik donatı modelinde 12 mm kalınlığında elik çubuklar kullanılmıştır. Bu model üzerine 0,8 mm kalınlığında bakır bobinaj teli ile 200 sarım yapılmış ve yalıtılmıştır. Model yapısı Şekil 3'de gösterildiği gibidir.



Şekil 3. Donatı modeli üzerine montajı yapılmış bobin sargısı.

# Kurulum ve Deneysel Sonuçlar

Çalışmada A ve B bobin uçları arasında sırasıyla 1-10MHz arasında 1MHz artırılarak kare, üçgen ve sinusoidal dalga sinyallerinin B bobinindeki osiloskop ıkışları gözlemlenmiştir. Bu şekilde yapılan ölçümlerde elde edilen sonuçların ortalama karesel hata oranları tablo 2'de verildiği gibidir. Bu veriler ışığında elik donatının sinyal iletimine elverişli olabileceği saptanmıştır.

---

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

---

# Kurulum ve Deneysel Sonuçlar

Bu sonuçlar incelendiğinde 1MHz, 2MHz ve 3MHz seviyelerinde bilhassa kare dalga üzerinde sinyallerin hata oranlarının yüksek olduğu görülmektedir. Elektronik iletişim sinyallerinde ise kare dalga sıklıkla kullanılmaktadır. Örneğin ethernet mimarisinin  $\pm 5V$  kare dalga sinyalleri kullandığı bilinmektedir. Manyetik alan devrelerinde ise sinüsoidal ve üçgen dalga sinyallerinde hata oranlarının daha düşük olduğu göze çarpmaktadır.

# Kurulum ve Deneysel Sonuçlar

4MHz ve daha yüksek değerlerde ise hata değerlerinde önemli oranda düşüş gözlenmektedir. Bu istenen bir durumdur. Ayrıca 10MHz 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.

# Kurulum ve Deneysel Sonuçlar

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

# Sonuçlar

Bu çalışmada bina çelik donatısının sinyal iletiminde kullanımının akıllı yapıların iç iletişim sistemleri üzerinde uygulanabilirliği konusu irdelenmiştir. Transformatörün çalışması prensiplerine dayanan fikirden hareketle özel olarak hazırlanan kolon çelik donatısı üzerinde uygulama yapılmıştır.

# Sonuçlar

Bobinler çelik donatı üzerine monte edilerek tüm çelik çubukların bobinler arasında manyetik akı yolunu oluşturması sağlanmıştır. Çelik çubuklar paralel yolların çoklanması şeklinde birbirine bağlı olduğundan, oluşturulan yapıda tüm kolon kocaman bir sinyal transformatörü halini almıştır.

# Sonuçlar

Pratik uygulamada bu durumu ispat etmek için deney devresi olarak hazırlanan kolon yapısı üzerinde denemeler yapılmış ve bu bakış açısında ileri çalışmalar için birçok faydalı bilgi elde edilmiştir. Sonuçlardan 3MHz üzerinde olan sinyallerde daha iyi cevaplar elde edilmiş ve 8MHz üzerindeki sinyallerde ise çok daha iyi değerlere ulaşılmıştır.

# Sonuçlar

Bu frekans değerleri güvenlik, ev ağı (internet) ve telefon gibi birçok bina otomasyon sistemi için çok kullanışlıdır. Çalışmada adı geçen sistemler için gerekli dönüştürücü elektronik devrelerin tasarımı halinde çelik donatı üzerinden anlamlı bilgi iletimi mümkün olacaktır. Bina içerisinde bu sisteme uygun bir kablosuz ethernet kartı tasarlanırsa, bu kart ile tüm daire içerisinde kablosuz internet kullanımını mümkün olabilir.

# Sonuçlar

Aynı şekilde diğer otomasyon sistemleri içinde bu düşünülebilir. Hatta günümüzde yeni yeni hayat bulan güvenlik, yangın, telefon ve diğer sistemlerin internet ortamına aktarılması düşünülürse böyle bir sistemle bina içi tüm iletişim sistemlerinin haberleşmesi sağlanabilir.

# Sonuçlar

Bu çalışmada Tablo 1'de incelenen diğer ortamlar değerlendirildiğinde çelik çubuk ortamının veri güvenliği, maliyet, montaj kolaylığı, eski yapılarda kolay uygulanabilirliği, kullanıcılara verilen rahatsızlığın minimum düzeyde olması, sinyal kirliliğinin oluşmaması gibi konular düşünüldüğünde sistemin kullanımı avantajlı olduğu düşünülmektedir. Fakat sistemin betonarme yapılarda uygulanabilir olması küçük bir dezavantaj olarak karşımıza çıkmaktadır.

# Sonuçlar

Sonuç olarak bu çalışmada irdelenen avantaj ve dezavantajlar değerlendirildiğinde, bina çelik donatısının akıllı yapılar üzerinde uygulanabilirliği fikri olumlu sonuçlarla desteklenmiştir. Sistemin diğer bazı sistemlere kıyasla belirlenen üstünlüklerinin de ilgili alanda yapılacak çalışmalara ışık tutabileceği düşünülmektedir.

## Kaynaklar

- [1] Yılmaz, H., Akıllı Ev in Dünyadaki ve Türkiye'deki Yeri-1, Best Dergisi, Sayı 38, Ağustos 2004.
- [2] Işık, H., Altun, A.A., Mikrodenetleyici Kullanarak Cep Telefonu Kontrollü Akıllı Ev Uygulaması, Selçuk Üniv. Teknik Bil. MYO, Teknik-Online Dergi, Cilt 4, sayı 1, 2005.
- [3] Avcı, E., Çınar, H., Betonarme Yapılarda Kullanılan Çelik Donatının Sinyal İletiminde Kullanımına Yönelik Elverişlilik Araştırması, Elektrik – Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu 2011.
- [4] Gençoğlu, M. T., Akıllı Evler, Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Elazığ.
- [5] 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
- [6] Niu Dou, Yang Mei, Zhao Yanjuan, Zhang Yan, The networking technology within Smart Home system --ZigBee Technology, Pages:29-33, Computer Science-Technology and Applications, 2009. IFCSTA '09. International Forum on, 25-27 Dec. 2009, IEEE.
- [7] Jason Kam-tong Chan, Martin H.L. Chow and Alex P.K. Wai, Feasibility Of Using Building Reinforced Steel Bars To Transmit Signals, Railway Engineering - Challenges for Railway Transportation in Information Age, 2008. ICRE 2008. International Conference on 25-28 March 2008, IEEE.