

# Akım Taşıyan İletkenlerden Oluşan SLF Elektromagnetik Alanların İncelenmesi

Koray Tunçalp<sup>1</sup>, Selim Ş.Şeker<sup>2</sup>, Hasan Demirci<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Marmara Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Elektrik Eğitimi Bölümü  
81040, Göztepe, İstanbul

koray@marmara.edu.tr, seker@boun.edu.tr,

<sup>2</sup> Boğaziçi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Bölümü  
80815, Bebek, İstanbul

<sup>3</sup> Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Eğitimi Anabilim Dalı  
81040, Göztepe, İstanbul

**Özet:** Bu çalışmada üretilen bir model üzerinde, hesaplanan ve ölçülen 50 Hz frekanslı SLF elektromagnetik alanların etkileri incelenmiştir. Akım taşıyan enerji kablolarının oluşturduğu alan değerleri, bilgisayar simülasyon programıyla hesaplanmış ve bu değerler, gerçekleştirilen laboratuvar modelinde magnetik ve elektrik alan ölçüm cihazı HI-3604 ile ölçülen değerlerle karşılaştırılmış, hata payları bulunmuş, temel standartlar baz kabul edilerek alanların insan sağlığına olan etkileri incelenmiştir. Ayrıca bilgisayar monitörlerinin alan değerleri ile etkileşimi ortaya konulmuştur.

## 1. Giriş

Endüstrileşme ve teknolojinin gelişimine bağlı olarak elektrik enerjisinin kullanımı ve gereksinimi giderek artmakta bunun sonucunda insanlar, hayvanlar, bitkiler kısaca tüm çevre elektromagnetik kirlenmenin etkisi altında kalmaktadır. Elektromagnetik kirlilik, diğer çevre kirlilikleri gibi gözle görülemediği ve etkileri hemen ortaya çıkmadığı için yeterli öneme sahip olmamakta ve göz ardı edilmektedir Bütün elektrikli cihazlar kullandıkları gerilim ve akım miktarına bağlı olarak güçleri oranında çeşitli frekans kademelerinde elektromagnetik alan meydana getirirler. Elektromagnetik alan kaynağı olarak; televizyon, elektrikli tıraş makinesi, elektrikli battaniye, cep telefonu, bilgisayar monitörü, fotokopi makinesi, mutfak robotu, saç kurutma makinesi gibi günlük hayatta kullanılan daha bir çok cihaz örnek olarak verilebilir. Elektromagnetik alanlar hassas cihazlar üzerinde de etki yaparak bunların doğru çalışmasını engeller, parazit oluşturur, göstergeleri bozarak hatalı değerler sağlar. Bu duruma örnek olarak hastanelerdeki ameliyathaneler ve yoğun bakım ünitelerindeki hassas cihazlar verilebilir.

## 2. Araştırma Yöntemi

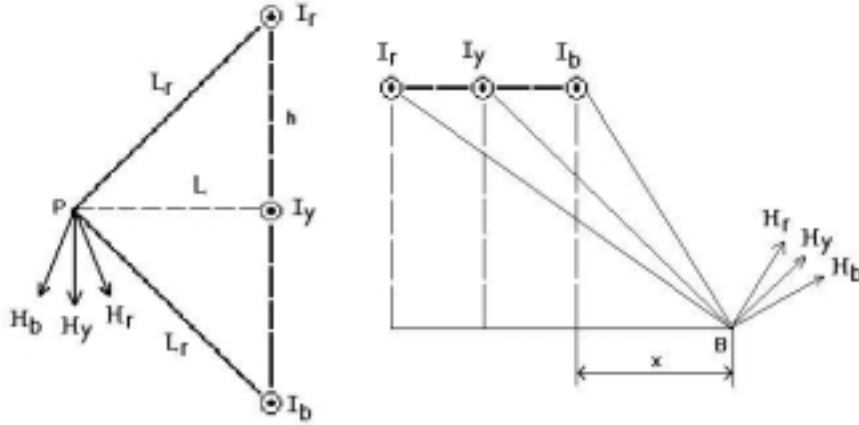
Elektromagnetik kirlenme ile ilgili yapılan çalışmalardan elde edilen bulguların etkisi ile gelişmiş ülkelerde elektromagnetik alanlar konusunda standartlar oluşturulmuştur. Bu standartlarla, konutların bulunduğu ortamdaki müsaade edilen elektromagnetik alan değerleri, mesleğinden dolayı yüksek seviyeli elektromagnetik alanlı ortamlarda çalışan kişilerin maruziyet süreleri, enerji iletim hatlarının güzergahı boyunca altında ve yakınındaki bölgelerde elektromagnetik alan değerlerine bağlı olarak aktiviteler sınırlandırılmıştır. Ülkemizde de bu konuda bir standart bulunmaktadır [1]-[2].

Yüksek binalarda düşük gerilim dağıtımı için kullanılan hatlar genelde baralar veya yükseltici kanallarının içinde düz bir şekilde monte edilmiş iletkenleri içerirler. Ancak kurulu gücün yüksek olması baralardan ve iletkenlerden yüksek akımların çekilmesine sebep olurlar. Çekilen yüksek akımlardan elektromagnetik alanların meydana geleceği bilinmektedir. Ancak oluşan magnetik alanların seviyesini ölçmek için kompleks düzenekler gerekebilmektedir. Deneysel olarak binanın fiziksel ortamı ve kabloların pozisyonları bir laboratuvar modeli üzerinde gerçekleştirildiğinde elektromagnetik alan değeri; hesaplanan değerlere paralel değerler olarak gözlenmiştir [1]-[3].

Bu çalışma; çeşitli aralıklarla yerleştirilmiş üç faz iletkenlerinin oluşturacağı elektrik ve manyetik alanların, belirli bir P noktasındaki analizini içermektedir. Bunun için laboratuvar modeli tasarlanmış ve üretilmiş, kabloların durumlarına göre(havada, duvar içinde) elektrik ve magnetik alan değerleri simülasyon programı

yardımıyla hesaplanmış, edinilen değerler ölçüm sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Çalışma için yazılan simülasyon programı, kabloların akım şiddetlerinin meydana getirdiği elektromagnetik alanlarının belirlenmesine yönelik olarak üç fazlı kablolardan belli bir mesafedeki P noktasında oluşan elektrik alanı ile magnetik alanı hesaplamaktadır. Bilgisayar programı yardımıyla hesaplanan değerlere ulaşabilmek amacıyla gerçeğe yakın şartları taşıyacak bir laboratuvar modeli tasarlanmış ve ölçümler yapılmıştır. Daha sonra hesaplanan ve ölçülen değerler karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma grafiklerle güçlendirilmiş ve görselleştirilmiştir. Ölçülen veya hesaplanan elektromagnetik alanların insan üzerinde etkili olup olmadığı son aşamada güvenlik standartları çerçevesinde kararlaştırılmıştır.

### 3. P Noktasındaki Bileşke Elektromagnetik Alan Şiddetinin Hesaplanması



Şekil.1 Kabloların Yatay ve Dikey Konumları

Şekil- 1 deki doğrusal hatlardan geçen sinüsoidal akım değerleri aşağıdaki denklemlerle ifade edilirse;

$$I_R = I_r \cdot \sin \omega t, \quad I_Y = I_y \cdot \sin(\omega t + 120), \quad I_B = I_b \cdot \sin(\omega t - 120) \quad (1)$$

Magnetik alanın bileşenleri :

$$H_r = I_{RM} / 2\pi Lr, \quad H_y = I_{YM} / 2\pi Ly, \quad H_b = I_{BM} / 2\pi Lb \quad (2)$$

denklemleri ile bulunabilir. Magnetik alanın dikey bileşeni ( $H_v$ ) ve yatay bileşeni ( $H_h$ ) denklemleri bulunarak P noktasındaki bileşke magnetik alan denkleminde yerine konursa bileşke magnetik alan ( $H_p$ ) aşağıdaki denklemlerle tanımlanır [4].

$$H_p = \sqrt{H_v^2 + H_h^2} \quad (3)$$

### 4. Araştırma Araçları

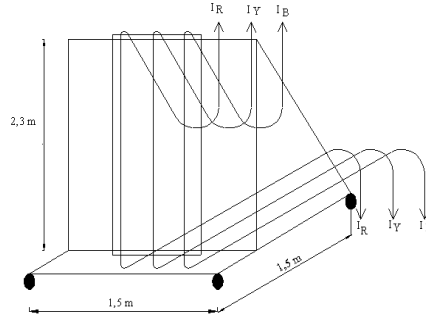
#### 1. Bilgisayar Programı :

Visual Basic programlama dili ile yazılan program, elektrik ve magnetik alan şiddetini hesaplayacak şekilde tasarlanmış, kullanım kolaylığı ile görsellik ön planda tutulmuştur. Giriş parametreleri; faz akımları ( $I_r, I_y, I_b$ ), P noktası ile iletken doğrultusu arasındaki mesafe (L), iletkenler arası mesafe (h) ve fazların giriş gerilimleridir.

#### 2. Elektromagnetik Alan Ölçümünde Kullanılan Laboratuvar Modeli :

2,3 m yükseklikte bir dikdörtgen kafes, demir köşebent kullanılarak yapıldı ve tekerlekler takılmıştır. Üç adet tek çekirdekli 120 mm<sup>2</sup>'lik PVC yalıtımlı kablo dikey olarak ayarlanabilir kablo arası boşluk özelliğiyle çerçeveye tutturulmuştur. (Şekil.2) 50 Ampere kadar olan üç evreli akım üç değişik ayarlı üç adet transformatör setinden verilmiş ve magnetik alan değerleri A/m olarak ölçülmüştür. Alan ölçümlerinde HI-3604 cihazı kullanılarak hem magnetik hem de elektrik alanı ölçülmüştür. 0,1 metreden başlanarak 3 metreye kadar P mesafesi değiştirilerek çeşitli kablo açıklıklarında boşlukta ve duvar içinde olacak şekilde alan değerleri

ölçülmüştür. Duvar yapısı hat kablolarının geçici olarak blok tuğla yapısından geçirilmesiyle suretiyle oluşturulmuştur.



Şekil.2 Laboratuvar Modelinin Perspektif Görünüşü

Model içinden geçen akımın sürekli çok değişken olması ölçüm doğruluğunu etkileyeceğinden yüksek değerde akım verecek dengeli bir akım kaynağı aranmıştır. Kullanılan model, Gaziosmanpaşa Küçükköy Endüstri Meslek Lisesi'nin trafo merkezine konumlandırılmıştır. On bir bölüme sahip olan okulun içindeki aydınlatma hatlarını ve bazı makinaları devreye sokarak model üzerinden geçen akımın küçükten büyüğe doğru değişmesi sağlanmıştır. P noktası sürekli değiştirilmiş 0,1 metreden başlayarak 3 metre mesafeye kadar aralıklar elde edilerek çok sayıda değer okunmuştur. Duvarın ekranlama kapasitesinin varlığının tespiti için kablolar suni bir duvar ortamından geçirilmiş aynı değerler bu şekilde de ölçülmüştür. (Tablo-1)

Son aşamada model karşısına çeşitli markalarda bilgisayar monitörleri yerleştirilmiş, modelle monitör arasındaki mesafe sürekli değiştirilerek monitörlere alan etkisi gözlemlenmiştir. Kabloların oluşturduğu magnetik alanın çeşitli uzaklıklara konulan bilgisayar monitörlerine etkisi de incelenmiştir.

## 5. Değerler ve Gözlemler

Tablo.1 Fazlardan Sırasıyla 28,5 A 39,2 A 40,3 A Çekildiğinde Ölçülen ve Hesaplanan Değerler

HESAPLANAN DEĞERLER									ÖLÇÜLEN DEĞERLER				Hpa İçin % BAĞIL HATALAR	
L (m)	h (m)	I <sub>r</sub> (A)	I <sub>y</sub> (A)	I <sub>b</sub> (A)	V <sub>r</sub> (V)	H <sub>pg</sub> (G)	H <sub>pa</sub> (A/m)	E <sub>f</sub> (V/m)	Hava İçin		Duvar İçin		Hava İçin	Duvar İçin
									Hpa (A/m)	E <sub>f</sub> (V/m)	Hpa (A/m)	E <sub>f</sub> (V/m)		
0,1	0,3	28,5	39,2	40,3	220	0,06	4,59	623,67	4,72	639,12	4,62	628,21	2,90	0,72
0,1	0,4	28,5	39,2	40,3	220	0,07	5,44	599,31	5,65	617,98	5,33	609,65	3,78	2,10
0,2	0,1	28,5	39,2	40,3	220	0,02	1,31	329,45	1,44	337,54	1,32	331,92	9,64	0,50
0,2	0,2	28,5	39,2	40,3	220	0,02	1,44	327,82	1,52	340,36	1,41	345,99	5,57	2,07
0,4	0,3	28,5	39,2	40,3	220	0,01	0,68	164,38	0,73	179,32	0,68	171,32	6,73	0,58
0,4	0,4	28,5	39,2	40,3	220	0,01	0,72	163,91	0,76	177,58	0,72	169,34	5,86	0,29
0,6	0,1	28,5	39,2	40,3	220	0,01	0,42	109,98	0,44	128,12	0,40	117,43	3,71	5,72
0,6	0,2	28,5	39,2	40,3	220	0,01	0,43	109,92	0,45	126,45	0,41	121,99	4,80	4,52
1,2	0,3	28,5	39,2	40,3	220	0,002	0,21	54,98	0,22	64,68	0,21	60,41	3,19	1,50
1,2	0,4	28,5	39,2	40,3	220	0,002	0,21	54,96	0,22	60,78	0,21	62,77	2,47	2,19
2	0,1	28,5	39,2	40,3	220	0,002	0,21	54,96	0,22	58,96	0,21	61,57	2,00	2,19
2	0,2	28,5	39,2	40,3	220	0,02	1,44	327,82	1,44	337,52	1,37	333,72	0,29	4,85
3	0,3	28,5	39,2	40,3	220	0,01	0,96	218,55	0,96	232,12	0,89	223,75	0,22	7,28
3	0,4	28,5	39,2	40,3	220	0,13	1,04	217,44	1,04	228,93	0,99	224,15	0,28	4,63

Deney esnasında duvarın ekranlama kapasitesinin olmadığı belirlenmiştir. Ancak demir ve çimento içerikli beton içerisinden geçen kabloların yaydığı alanların içindeki demir, çimento vb. malzemelerin karışımına göre değiştiği gözlemlenmiştir.

Güç kablolarındaki yoğun akımlar; 15 mG kadar düşük akı yoğunluklarında, CRT monitörlerinde dikkate değer görüntü bozuklukları yaratmıştır. Sapma alanı, ekran yüzeyine teğet olduğu zaman etki daha şiddetli olmuştur. Bozulma modeli manyetik alanın CRT ye yönlendirilmesine de bağlıdır. Ayrıca, eğer düşey tarama frekansı güç kaynağı frekansı ile eş zamanlı değilse monitör girişime karşı daha duyarlı olacaktır. Yüksek geçirgenlikli yeterli kalınlıklı materyalden yapılmış koruma kalkanları, bilgisayar monitörünü sapma alanında korumak için eğer manyetik akı doğrudan ekran yüzeyine çarpmayacak şekilde ayarlanırsa daha etkilidir. Öndeki çıkıntı tasarımı, koruma kalkanının verimliliğini arttırmakta ama iki katlı yapım önemli bir gelişme sağlamamaktadır. Kaynak manyetik alana koruma kalkanı uygulanması daha uygun bir çözümdür.

Eğer yükseltici kablolar yüksek geçirgenlikli 1,27 mm kalınlıklı bir metal sac ile kapatılırsa koruma kalkanı verimliliği 35 db'ye ulaşabilecektir. Laboratuvar modeli ile yapılan ölçümlerde her bir parametreden yüzden fazla değer okunmasına rağmen alanlar karşısında monitörlerin davranışını incelemek için bunlardan bazıları kullanılmıştır. Özellikle yüksek alan değerleri (1-6 A/m) kullanılarak çeşitli markalardaki monitörler test edilmiştir. Küçük monitörlerde(14") alanlardan etkilenmenin daha fazla olduğu anlaşılmıştır. Daha büyük ekranlarda ise gözle görülür bir davranış farklılığı gözlemlenmiştir.

Alanlar karşısında monitörleri etkileyen parametrelerden birinin ekran çözünürlüğü olduğu da bu çalışmada ortaya konulmuştur. Yüksek çözünürlüklü monitörlerde alandan etkilenme çok az seviyelerde olmaktadır. Monitörler düşük elektromagnetik alanlardan etkilenmemişlerdir. Fakat alan seviyesi 1 A/m sınır değerini aştığında etkilenme başlamaktadır. İlk seviyelerde etkileşimin sonucunda distorsiyon denilen küçük gürültüler oluşmuş ve daha sonra hissedilir seviyelerde gürültüler algılanmıştır. Daha yüksek alan değerlerinde hissedilir derecede görüntünün kaydığı açık bir şekilde gözlenmiştir. Yaşanılan her türlü ortamda elektromagnetik alanların varlığı bu ortamlardaki eşyaların tasarımını da etkilemektedir. Yapılan ölçümlerde de görülmüştür ki bir bölgedeki elektrikli cihazların çokluğu aynı bölgede yoğun alanlar doğurmaktadır.

## 6. Sonuç ve Değerlendirme

TSE düşük frekanslı elektromagnetik alanlar için ilk standartlarını 1996 yılında yayınlamıştır. Daha sonra 1998 yılında tekrar güncelleme gereğini duymuştur. Bu standart değerlere göre halk için standart alan değeri 0,64 mT'dir. IRPA'nın belirlediği standart değerin 0,1 mT olduğunu göz önüne alırsak ülkemizdeki değerler çok yüksektir ve neredeyse 5 katı değerdedir. Standart değerler arasındaki farkın bu kadar açık olması; bu konuda ülkemizdeki bilincin yeterince oluşmamasından kaynaklanmaktadır. Bir çok gelişmiş ülke ise daha bilinçli davranmakta ve IRPA'nın standartlarının da altında olan 0,2 µT değerinde karar kılmıştır. Bu değer üzerinde anlaşma sağlanmış ve IRPA'ya bu değerin asıl standart olarak kabul edilmesi için baskı yapılmaktadır [1]-[5].

Laboratuvar modeli üzerindeki ölçüm sonuçlarını standart değerlerle karşılaştırdığımızda elde edilen sonuçların insan sağlığına olumsuz etkisi gözlemlenmiştir. TSE ve IRPA standartları göz önüne alındığında, ölçülen değerler küçük olsa da değerlerin çoğu, 0,2 µT değerinin çok üzerindedir. En yüksek alan değerinin ölçüldüğü 40 cm kablo açıklığında 10 cm mesafedeki durumda alan değeri 10 µT olarak dikkate değer düzeyde çıkmıştır. Çok yüksek akımların elde edilememesi, dengeli ve yüksek akımlara dayanıklı yüklerin olmayışı araştırmayı kısıtlamıştır. Ancak çalışmalarda ölçüm sonuçları ile hesaplanan değerler birbirine yakın çıkmıştır.

Japonya ve Kore'de yapılan çalışmalarda bilgisayar monitörlerinin etkilenebileceği alan seviyesinin eşik değeri 1 A/m olarak ortaya konmuştur. Bu çalışmada da aynı değerlere ulaşılmış, özellikle 1-3 A/m alan değerleri arasında monitörlerde meydana gelen distorsiyon ve görüntü kayması gözlemlenmiştir.

## Kaynaklar

- [1]. Ş S. Şeker, O. Çerezci, "Radyasyon Kuşatması", Boğaziçi Üniversitesi Yayınları, İstanbul, 2000.
- [2]. Stuchly, M., "Magnetic Field -Induced Currents In The Human Body In Proximity Of Power Lines", IEEE Transactions On Power Delivery Vol. 11, No. 1, S 103, Haziran 1996.
- [3]. Horton, W.F., Goldberg, S., "Power Frequency Magnetic Fields And Public Health," 1995.
- [4]. Lee, T.M., Cao, L.J., "Electromagnetic Interference On Computer Monitors Caused By Currents In Riser Cables", School Of Electric And Electronic Engineering Nanyang Technological University, Nanyang Ave., Singapore 2263, Aralık 1998.
- [5]. T.S. Perry, "Today' S View Of Magnetic Fields", IEEE Spectrum, S:145, 14-23, Aralık 1994.