

# ŞEBEKE FREKANSLI DENGESİZ SİSTEMLERDE MAGNETİK ALAN EKSPANLAMASININ KATLI EKSPANLAR İÇİN İNCELENMESİ

Selim KÖROĞLU Nurettin UMURKAN Osman KILIÇ

Elektrik Mühendisliği Bölümü

Yıldız Teknik Üniversitesi, 80750, Beşiktaş, İstanbul

e-posta: [skoroglu@yildiz.edu.tr](mailto:skoroglu@yildiz.edu.tr), [umurkan@yildiz.edu.tr](mailto:umurkan@yildiz.edu.tr), [okilic@yildiz.edu.tr](mailto:okilic@yildiz.edu.tr)

Anahtar sözcükler: Magnetik Ekspanlama, Magnetik Alan, Ekspanlama Etkinliği, Katli Ekspan,

## ÖZET

Magnetik alanların hassas cihazların çalışmasını etkilediği bilinmektedir. Ayrıca insan ve çevre üzerinde de olumsuz etkiler oluşturduğu yönünde kaygılar vardır. Özellikle şebeke frekanslı magnetik alanların ekspanlanması büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, farklı elektriksel özelliklere sahip sac levha şeklindeki malzemelerin, şebeke frekanslı dengesiz sistemlerde magnetik alan ekspanlama etkinliği deneysel olarak çıkartılmıştır. Bu malzemelerin katli uygulamalardaki karakteristikleri ortaya konmuştur.

## 1. GİRİŞ

Uzun yıllardan beri şebeke frekanslı sistemlerde magnetik alanların ekspanlanması konusunda incelemeler devam etmektedir. Gelişen teknolojilerle birlikte günlük yaşamda kullanılan elektrikli cihazların sayısı artmakta ve buna bağlı olarak da şebekeden çekilen gücün miktarı sürekli olarak artış göstermektedir. Şebekeden çekilen gücün artması, bu gücü taşıyan kablo ve baraların etrafında meydana gelen magnetik alan seviyelerinin de büyümesine neden olmaktadır. Alan seviyesinin genellikle 5-10 mG’u geçmesi durumunda monitörlerde parazit ve titreme gibi etkiler meydana gelmektedir [1,2].

Başlıca magnetik alan kaynakları olarak, enerji iletim ve dağıtım hatları, şalt sahaları, bölgesel trafo merkezleri, sanayi, ofis ve hastane binaları trafo merkezleri, vb. sayılabilir. Alçak gerilimde yüksek akımı taşıyan kablo ve baralar, binaların transformatör merkezleri ile ana dağıtım panoları, tali panolar ve yüksek güç tüketen cihazları arasında bulunurlar. Bu kablo ve baralar, geçtikleri bölgelerde yüksek magnetik alan meydana getirir [3,11].

Alçak gerilim trafo merkezlerinde gerilimin düşük, akımın yüksek olması nedeniyle magnetik alan seviyesi oldukça yüksek olmaktadır. Bundan

dolayı yerleşim yerleri ve bina içerisinde bulunan trafo merkezlerinin ekspanlaması büyük önem taşımaktadır [4].

Bu çalışmada şebeke frekanslı dengesiz sistemlerde ekspanlama etkinliği katli ekspanlar için araştırılmıştır. Elektrik tesislerindeki dengesiz yüklenmeler sebebiyle gerçeğe daha yakın sonuçlar elde etmek için çalışmada dengesiz sistem seçilmiştir. Düşük frekanslı sistemlerde kullanılacak ferromagnetik ve yüksek iletkenli malzeme türlerinin ekspanlama etkinlikleri deneysel olarak incelenmiştir. Deneyler Yıldız Teknik Üniversitesi Yüksek Akım Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

## 2. ELEKTROMAGNETİK EKSPANLAMA

İçerisinden akım geçen iletkenler etrafında magnetik alan meydana gelir. Magnetik ekspanlama, kaynak tarafından oluşturulan alanın dış ortamlara yayılmasının engellenmesi veya azaltılmasını hedef alan bir uygulamadır. Bunun için çeşitli konfigürasyon ve yapılar da ekspan malzemeleri kullanılmaktadır. Ekspan tabakasının kaynakla ölçüm noktası arasına yerleştirilmesi dış ortamdaki alanda bir azalmaya yol açacaktır. Alanın yeni şekli ekspan malzemesinin parametrelerine bağlı olacaktır. Bu amaç için genel olarak yüksek iletkenlikli malzeme veya magnetik geçirgenliği yüksek ferromagnetik malzemeleri kullanılmaktadır [7,8,11].

Düşük frekanslı magnetik alanların ekspanlama problemlerinin çözümünde birçok analitik çözüm ve yöntem kullanılmaktadır. [3,5,6]

Ekspanlama Etkinliği, ortamdaki magnetik alan seviyesinin, ekspanlama sonrasında ölçülen seviyeye oranı olarak kısaca tarif edilebilir. Elektro magnetik uyumluluk olaylarında, birimlerin sayılarla ifade edilmesi, desibel (dB) biriminin kullanılmasına yol açmıştır. Bu birimle sonuç daha

basit bir şekilde ifade edilebilir. Çizelge 1’de bu duruma ilişkin örnekleme görülmektedir.

Çizelge 1: Ekranlama etkinliğine [dB] bağlı ekranlama yüzdesi ve ekranlı ekrensiz alan arasındaki orantısal ilişki.

Ekranlama Etkinliği [dB]	Ekranlama Yüzdesi (%)	Ekrensiz Alan: Ekranlı Alan
6	50	2:1
20	90	10:1
40	99	100:1
60	99,9	1000:1
80	99,99	10.000:1
100	99,999	100.000:1

Ekranlama etkinliği desibel cinsinden eşitlik 1’de

$$EE = 20 \log \left| \frac{B_i}{B_t} \right| \quad [\text{dB}] \quad (1)$$

şeklinde ifade edilir. Burada;

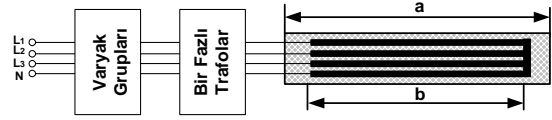
EE	Ekranlama etkinliği	dB
$B_i$	Ekranlamadan önceki magnetik alan seviyesi	mG
$B_t$	Ekranlamadan sonraki magnetik alan seviyesi	mG

şeklinde dir.

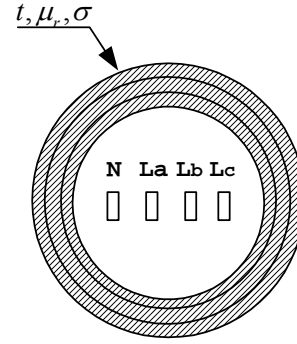
Ekranlama etkinliği etkileyen birkaç önemli faktör vardır. Bunlar başta ekran kalınlığı, iletkenlik, magnetik geçirgenlik ve frekans şeklinde sıralanabilir.

### 3. DENEY DÜZENİĞİ VE ÖLÇME

Magnetik alan kaynağı olarak varyak grupları, transformatörler ve baralardan oluşan bir düzenek kullanılmıştır. Altı adet 5 kVA gücünde varyaklar her fazda iki varyağın paralel bağlanması ile oluşturulmuştur. Bu da devreden geçen akımın hassas bir şekilde ayarlanmasına olanak tanımaktadır. Üç adet tek fazlı 5 kVA’lık transformatör ve dört adet 1.90 metre uzunluğunda 40x10 mm bara, bara ile trafo arasındaki bağlantıyı sağlayan 2x120 mm<sup>2</sup> kablolar bulunmaktadır. Deney düzeneğinin blok şeması şekil 1’de gösterilmekte ve mantığı transformatörlerin kısa devre çalışmasına dayanmaktadır. Şekil 2 ise bara düzeni ve üç katlı silindirik ekran görülmektedir. Varyaklar ile baradan geçen akım miktarı istenilen seviyeye gelene kadar, transformatöre uygulanan kısa devre gerilimi ayarlanır. Bu deney düzeneği ile her fazdan 0 – 1000 A aralığında akım geçirilebilmektedir. Geçen akım değerlerinin ölçümünde çeşitli akım kademeleri için akım transformatörleri ve ampermetreler kullanılmıştır.



Şekil 1. Deney düzeneği blok şeması.



Şekil 2. Bara düzeni ve üç katlı silindirik ekran.

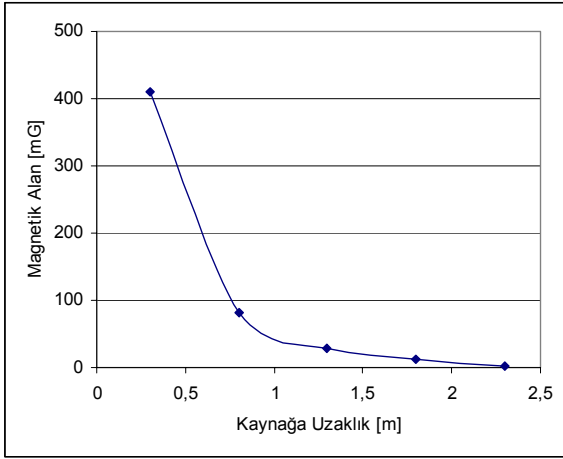
Magnetik ekranlamada düz, kare, silindirik şeklinde farklı yapıları ekranlar kullanılmaktadır. Yapılan bir araştırmada magnetik ekranlamasının ekranın geometrik yapısıyla ilgili olduğu gösterilmiştir [7]. Kapalı form ekranlamasının daha iyi sonuç verdiği de not edilmiştir. Deneyler, şekil 3’de görüldüğü gibi ekran magnetik alan kaynağına sarılmıştır. Yani silindirik forma sahiptir. Tüm malzeme türleri için ekran kalınlığı t=0.5 mm, ekran yarı çapı 15 cm, ekran boyu a=2 metredir. Ölçümler kaynağa 0,3 - 0,8 - 1,3 - 2,3 metre mesafelerdeki ekrensiz ve ekranlı ölçüm değerleri alınarak yapılmıştır. Magnetik Alan değerleri F.W. Bell marka 4080 model, üç eksenli dijital göstergeli bir magnetik alan ölçüm cihazı ile mG olarak ölçülmüştür.



Şekil 3. Ekranlama ölçüm yeri ve ekran konfigürasyonu.

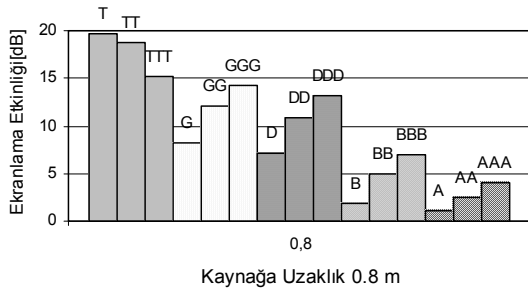
Bu çalışmada dengesiz bir sistemde trafo sacı (T), Galvanizli sac (G), DKP sac (D), Bakır (B) ve Alüminyum (A) olmak üzere çeşitli malzemenin ekranlama etkinlikleri deneysel olarak çıkarılmıştır. Bu malzemelerin katlı ekran kullanılması durumundaki ekranlama sonuçları incelenmiştir.

Deney düzeneğinde  $L_a$ ,  $L_b$  ve  $L_c$  fazlarından sırasıyla 300 A, 400 A, 350 A dengesiz akım geçişi sağlanmıştır. Deney düzeneğinde belirlenen ölçüm noktalarında önce ekran olmadan magnetik alan değerleri ölçülmüştür. Şekil 4 ölçüm noktalarındaki magnetik alan dağılımını göstermektedir. Ekranla 0,3 m mesafedeki magnetik alanın değeri 411 mG'dur. Daha sonra her bir malzeme için tek katlı, iki katlı ve üç katlı olmak üzere aynı noktalarda ekranlama sonrası magnetik alan değerleri kaydedilmiştir. Denklem 1'deki eşitlikten ekranlama etkinlikleri hesap edilmiştir.



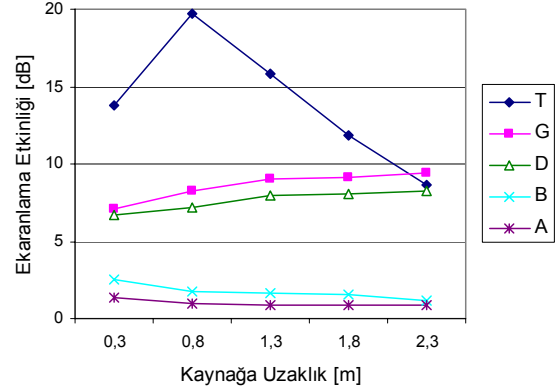
Şekil 4. Kaynağa uzaklığa bağlı ekransız magnetik alan dağılımı.

Şekil 5 kaynağa 0,8 metre mesafedeki katlı ekranlar için ekranlama etkinlikleri topluca göstermektedir. Bu şekilden ekrana 0,8 m mesafede magnetik alan ekranlama için kullanılan her bir malzemenin ekran katına bağlı olarak ekranlama etkinlikleri incelenebilir. En iyi ekranlama tek katlı trafo sacıyla sağlanmış ve değeri 19,68 dB'dir.

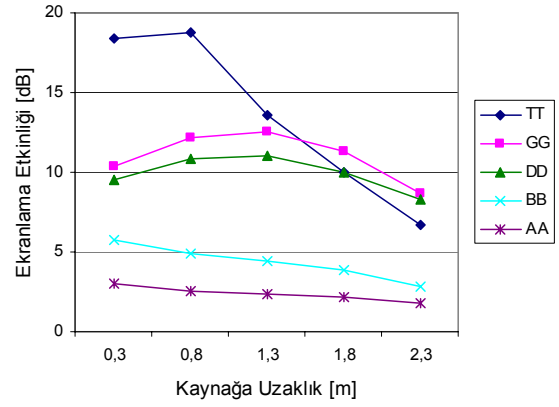


Şekil 5. Kaynakta 0,8 metrelik mesafedeki katlı ekranlar için ekranlama etkinlikleri

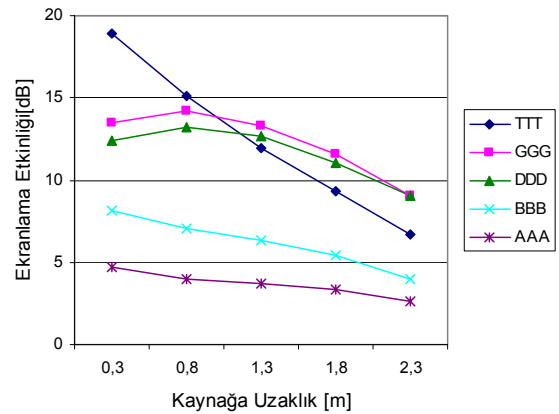
Şekil 6, 7, 8 de, dengesiz akım geçen baraların sırasıyla bir, iki ve üç katlı ekranlanması durumunda ölçüm - kaynak noktaları arasındaki mesafeye bağlı ekranlama etkinlikleri verilmiştir.



Şekil 6. Tek katlı ekranlar için ekranlama etkinlikleri ve kaynağa uzaklığa bağlı değişimi.



Şekil 7. İki katlı ekranlar için ekranlama etkinlikleri ve kaynağa uzaklığa bağlı değişimi.



Şekil 8. Üç katlı ekranlar için ekranlama etkinlikleri ve kaynağa uzaklığa bağlı değişimi

Şekil 6, 7, 8 den, malzeme türüne göre katlı ekranların etkinliklerini değerlendirmek mümkündür. Ekran katlarının artması durumunda her bir malzemenin mesafeye bağlı ekranlama davranışı görülmektedir.

#### 4. SONUÇ

Bu çalışmada şebeke frekanslı dengesiz bir sistemde magnetik ekranlama için en çok kullanılan ferromagnetik ve yüksek iletkenlikli malzeme türlerin katlı ekranlardaki ekranlama etkinlikleri deneysel olarak çıkartılmıştır.

Yapılan deneylerde elde edilen sonuçlar:

- Ekranlama etkinliği bakımından en iyi sıralama genel anlamda trafo sacı, galvanizli sac, DKP, bakır ve alüminyum şeklinde verilebilir.
- Mesafeye bağlı ekranlama etkinliği trafo sacda bir azalma göstermesine karşı diğer malzemelerde pek değişmediği tespit edilmiştir.
- Trafo sacı dışındaki diğer malzemelerin ekranlama etkinliği kat sayısına paralel olarak artmaktadır.
- Katlı uygulamalarda, mesafeye bağlı ekranlama etkinlikleri galvanizli sac ile DKP sac, bakır ile de alüminyum arasında benzer karakteristikler görülmüştür.
- Trafo malzemesinin ekranlama etkinliği mesafeye bağlı olarak hızlı bir şekilde azalma göstermesine karşın diğer malzemeler de bu değişim daha az olmaktadır.

Magnetik alanların ekranlamasında katlı ekranlar kullanmak daha iyi ekranlama sağlamaktadır. Fakat trafo sacının ekranlama karakteristiği bakımından katlı uygulamalarda kullanılmaya elverişli olmadığı tespit edilmiştir.

*Bu çalışma, Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 24-04-02-02 numaralı proje ile desteklenmektedir*

#### KAYNAKLAR

- [1] Moreno, P., Olsen, R.G., A Simple Theory for Optimizing Finite Width ELF Magnetic Field Shields for Minimum Dependence on Source Orientation, Electromagnetic Compatibility, IEEE Transactions on. Volume 39, Issue 4, pp. 340–348, 1997 .
- [2] Sandström M., Mild K.H. and Berglund A., External Power Frequency Magnetic-Field Induced Jitter on Computer Monitors. Behaviour & Inform. Technol., vol.12, pp. 359-363, 1993.
- [3] Hasselgren L., Moller, E. Hamnerius, Y., Calculation of Magnetic Shielding of a Substation at Power Frequency Using FEM.; Power Delivery, IEEE Transactions on , Volume: 9 , Issue: 3 , pp. 1398 – 1405, 1994.
- [4] Salinas, E., Passive and Active Shielding of Power-Frequency Magnetic Fields from Secondary Substation Components, Power System Technology, International Conference on., Volume 2, 4-7 Dec. Pp. 855 – 860, 2000.
- [5] Schulz R.B., Plantz V.C., Brush D.R., Shielding Theory and Practice, IEEE Tran Electromag. Compact.Vol 30, pp. 187-201, 1988.
- [6] Tekin, I., Newman, E.H., Moment Method Analysis of the Magnetic Shielding Factor of a Conducting TM Shield at ELF, Electromagnetic Compatibility, IEEE Transactions on., Volume 38, Issue 4, pp. 585 – 590, 1996.
- [7] Hasselgren, L., Luomi, J., Geometrical Aspects of Magnetic Shielding at Extremely Low Frequencies; Electromagnetic Compatibility, IEEE Transactions on., Volume: 37 , Issue: 3, pp. 409 – 420, 1995.
- [8] Umurkan N, Kılıç O, Atar F., Ferromagnetik Olmayan Malzemelerin 50 Hz Frekanslı Magnetik Alan Ekranlama Etkinliği, Elektrik-Elektronik - Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu ELECO , Sayfa: 198-201 Bursa, 2004.
- [9] Borghi C.A., Breschi M., Fabbri M. and Montanari I., Materail Optimization of Ferromagnetic Shields, IEEE Transactions on Manetics, Vol.39, No.3, pp 1317-1320, Nov. 2003.
- [10] Yaping Du; Cheng, T.C.; Farag, A.S.; Principles of power-frequency magnetic field shielding with flat sheets in a source of long conductors Electromagnetic Compatibility, IEEE Transactions on., Volume 38, Issue 3, pp. 450 – 459, 1996.
- [11] Köroğlu S., Umurkan N., Kılıç O., Attar F., Elektromagnetik Uyumluluk İçin Sac Levha Malzemelerin Şebeke Frekanslı Sistemlerde Ekranlama Etkinliği, 1. Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu EVK-2005, Sayfa: 33-37, Kocaeli, 2005.