

ENERJİ HATLARININ ÇEVRESİNDEKİ ELEKTROMAGNETİK ALANLAR

Prof. Dr. Fahrettin ARSLAN*

Doç. Dr. Nurettin UMURKAN

*İstanbul Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Avcılar / İSTANBUL

Yıldız Teknik Üniversitesi Elektrik Mühendisliği Bölümü, Beşiktaş / İSTANBUL

ÖZET

Bu çalışmada, Japonya, İngiltere, Amerika Birleşik Devletleri ve Rusya gibi çeşitli ülkelerde kullanılmakta olan enerji iletim hatları ile ilgili elektrik alan standartları incelenmiş ve Türkiye’de kullanılmakta olan 66, 154, ve 380 kV’luk enerji iletim hatlarının etrafındaki elektrik alan değerleri tespit edilmiştir. Ayrıca Atatürk Termeli çift hat 380 kV’luk enerji iletim hattının örnek olarak seçilen bölümünde 200 metrelik hat güzergâhı genişliğindeki elektrik alan dağılımı hesaplanmıştır. Elektrik ekranlamasında kullanılan materyaller incelenerek, ortamdaki elektrik alanı azaltıcı materyallere örnekler verilmiştir.

1-GİRİŞ

Elektrik enerjisi çağımızın en önemli enerji kaynaklarından birisini oluşturmaktadır. Teknolojik gelişmeler ve ekonomik kalkınmışlık düzeyine bağlı olarak, elektrikli araç ve gereçlerden yararlanma da her gün biraz daha artmaktadır. Artan elektrik enerjisi talebini tüketim merkezlerinde karşılamak gerekmektedir. Ancak enerji üretim merkezlerinin doğal kaynakların bulunduğu yerlerde tesis edilmesi zo-

runluluğundan dolayı, büyük miktarda enerjinin tüketim merkezlerine yüksek gerilimli enerji iletim hatları ile iletilmesi gerekmektedir. Büyük miktarda enerjinin uzak mesafelere iletilmesi gerilim değerinin yükseltilmesi ile mümkün olmaktadır. Yüksek gerilim ve akımdan dolayı enerji iletim hatlarının çevresinde elektromagnetik alanlar meydana gelmektedir. Çevre bilincinin giderek önem kazanması ile enerji iletim hatlarının çevresindeki alçak frekanslı elektrik ve magnetik alanların, çevredeki bitki örtüsü, hayvanlar, insanlar ve elektrik enerjisi ile çalışan cihazlara etkilerinin üzerindeki biyolojik etkisinin belirlenmesi için çeşitli araştırmalar yapılmaktadır.

Türkiye’de elektrik enerjisi genel olarak doğu ve güney doğu bölgelerinde üretilmektedir. Tüketicinin büyük bir bölümü batı bölgelerinde gerçekleşmektedir. Bu nedenle, doğuda üretilen enerjinin batıya iletilmesi gerekmektedir. Enerji iletiminde en yüksek gerilim değeri 380 kV ve 154 kV, dağıtım için de orta gerilim değeri 66 kV ve 34,5 kV olan hatlar kullanılmaktadır. Hatların dizaynında ve işletilmesinde elektromagnetik alanlara ilişkin bir

standart bulunmamaktadır.

Çeşitli ülkelerdeki elektromagnetik alanların insanlar üzerindeki biyolojik etkileri araştırılarak bu konuda güvenlik standartları oluşturulmuştur. Alternatif akımlı yüksek gerilim enerji iletim hatlarının dizaynında, hat güzergâhı genişliğinin belirlenmesinde, yerleşim merkezlerinin hatlara olan yakınlıklarının tespit edilmesinde, standartlarda öngörülen sınır değerleri kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, Türkiye'de kullanılmakta olan 66, 154 ve 380 kV'luk enerji iletim hatlarında, hat güzergâhı genişliği, elektrik alanlar bakımından güvenli yerleşim merkezleri ile hatlar arasındaki mesafe tespit edilmiştir. Ayrıca **Atatürk-Temelli** çift hat 380 kV'luk enerji iletim hattının 200 metrelik güzergâh genişliğindeki elektrik alan dağılımı hesaplanmıştır. Bu hesaplamalarda, Yük Benzetim Yöntemi'nin enerji iletim hatlarına uygulanmasıyla geliştirilen bilgisayar algoritması kullanılmıştır [1-5].

2-ULUSLARARASI SINIRLAMALAR

Japonya'da bütün elektriksel ekipmanlar 1973'de yayınlanan, Uluslararası Ticaret ve Sanayi Bakanlığı'nın düzenlediği Elektriksel Tesisatların Teknik Standartlarına

mecbur tutulur. Kalabalık nüfuslu, % 25 ya da daha fazla yapıların kapladığı bölgelerde yüksek gerilim havaî hatların yapımı yasaklanır. Standart ayrıca hat altında elektrik alan şiddeti için, toprak seviyesinden 1 m yükseklikte 3 kV/m'yi aşmayan bir sınır değer tayin eder. Tarlalar, ormanlar vs. gibi içinde insanların geliş ve gidişlerinin nâdiren olduğu yerlerde bu şart uygulanmaz.

Birleşik Devletler'de, düzenlemeler bir eyaletten diğerine yaygın olarak farklıdır. Yeni hatların dizayn kriterleri için, havaî besleme ve iletişim hatlarının bakımı ve onların ilgili ekipmanları, yapıdan meydana gelen tehlikelerden kişilerin pratik olarak korunma tedbirleri için, bütün eyaletler Ulusal Elektrik Güvenlik Kodu (NESC)'nu ya da onun bazı düzenlemelerini kabul eder. Hat güzergâhında (ROW) ev kurmaya ve tam gün aktivitelere izin verilmez. Hat güzergâhının genişliği şirket politikasına ve hattın gerilimine bağlıdır. Sadece maksimum müsaade edilebilir elektrik alan için tavsiye edilen bir kaç yönetmelik vardır. Tablo 1'de görüldüğü gibi standartlar birbirine uymaz; böylece her bir eyâletin hat güzergâhı sınırında ya da içinde farklı sınır değerler vardır.

Tablo 1. ABD'de elektrik alan şiddetinin sınır değerleri:

Eyalet	Maksimum alan şiddeti (kV/m)	Bölge
Minnesota	8	Row içinde
Montana	7	Yol geçişinde
	1	ROW sınırında
New Jersey	3	ROW sınırında
New York	11,8	Row içinde
	11	Özel yollarda
	7	Ulusal yollarda
	1,6	ROW sınırında
Kuzey Dakota	8	ROW içinde
Oregon	9	ROW içinde

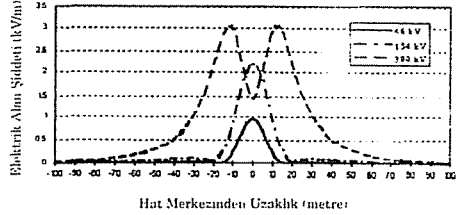
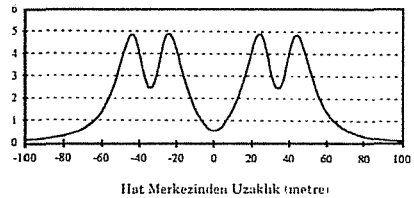
Rusya'da genel halk için elektrik alan şiddetlerinin maksimum müsaade edilebilir seviyeleri Tablo 2'de verilmiştir. Elektrik alanın etkilerinden genel nüfusu korumak için, ayrıca alan şiddetinin 1 kV/m'yi aştığı iletim hattı güzergâhı boyunca "sağlık koruma bölgesi" diye bilinen bölge oluşturulur.

Dizayn aşamasında enerji iletim hatlarının güzergâhları evler, ulusal yapılar, parklar, araba servis istasyonları ve benzinlikler sağlık koruma bölgesinin dışında kalacak şekilde seçilir. Koruma bölgesinde mevcut evlerin kaldırılması sağlanır, açık arazi üzerinde ve yapıların içinde Tablo 2'deki sınır değerlerin altında alan şiddeti şart koşulur, ya da metal çatılar, tel kafesler, çitler vb. ekranlama sistemleri ile alan büyüklükleri bu sınır değerlerin içine çekilir.

Tablo 2. Rusya'da elektrik alan şiddetinin müsaade edilebilir seviyeleri

Bölgenin Karakteristikleri	Elektrik alan şiddeti (kV/m)
İkamete ait bina içinde	0,5
İkamete ait yerleşim bölgesi	1
Kırsal ikamet bölgeleri, banliyö bölgeleri, muhtemel kentsel gelişim bölgeleri v.s.	5
Anayollar ile hatların çapraz olduğu bölgede	10
İkamet edilmeyen girilebilir bölgeler, ekilebilir arazi	15
İkamet edilmeyen, kolayca girilemeyen bölgeler	20

3-TÜRKİYE'DEKİ GERİLİM SEVİYELERİ İÇİN ELEKTRİK ALAN DAĞILIMLARI

**Şekil 1. 66, 154 ve 380 kV üç fazlı sistem için elektrik alan-mesafe eğrisi****Şekil 2. Atatürk-Temelli çift hat üç fazlı sistem için elektrik alan-mesafe eğrisi**

4-EKRANLAMA

Ekranlama, iletim hatları çevresinde meydana gelen elektrik alanları azaltıcı metodlara denir. Ekranlama derecesini belirtmek için

kullanılan faktör SF, ekranlama faktörüdür.

$$E_s = E_u \cdot SF \quad (1)$$

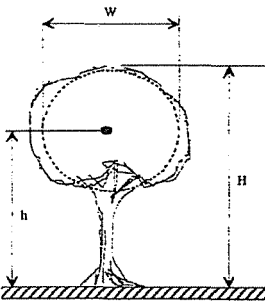
Burada E_s ekranlı alan, E_u ekranlamadan önceki alan değeridir.

$$SF = E_s / E_u = 1 - KE_o / E_u \quad (2)$$

E_o , ekranın bulunduğu yerde önceki alan değeri, aşağıdaki doğal ve yapay ekranlayıcılar için ekranlama ifadeleri verilmiştir [6].

4.1. Tek Ağaç İle Ekranlama

Tek ağaç, küre ile benzeştirilerek, ekranlama fonksiyonu için ağacın tüm yüksekliği ve yapraklı kısmın genişliği ekranlama fonksiyonu için kullanılır. Tek ağacın ekranlama fonksiyonu (3) bağıntısı ile verilir.



H : Ağaç yüksekliği
W : Yapraklı kısım genişliği
h : Yapraklı kısmın merkezinin genişliği

Şekil 3. Tek ağaç ekranlama parametreleri

$$K = \frac{2 r / h}{\left[1 + \frac{x^2}{h^2} \right]^{3/2}} \quad (3)$$

Burada,

$$r = W / 2$$

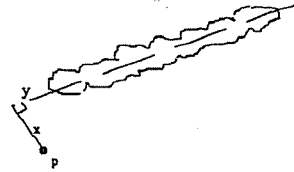
$$h = H - W / 2$$

x= Ağaçtan uzaklık

4.2-Ağaç Dizisi İle Ekranlama

Ağaç dizisi, toprak üzerindeki yüksekliği yapraklı kısmın merkezinin yüksekliğine eşit olan ve ağaç genişliğinin yarısına eşit yarıçaplı yatay silindir ile benzeştirilir. Şekil 4'de ağaç dizisi ile ekranlama verilmiştir. Ağaç dizisinin ekranlama fonksiyonu eşitlik (4) ile ifade edilir.

$$K = \frac{x K_r + y K_t}{x + y} \quad (4)$$



Şekil 4-Ağaç dizisi ile ekranlama

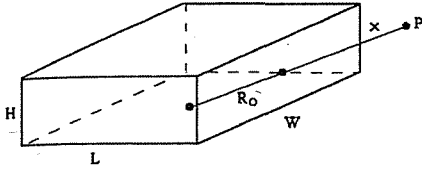
Burada,

$$K_r = \frac{2}{\left[1 + \frac{x^2 + y^2}{h^2} \right] \left[\ln \frac{2h}{r} \right]} \quad (5)$$

$$K_t = \frac{2 r / h}{\left[1 + \frac{x^2 + y^2}{h^2} \right]^{3/2}} \quad (6)$$

4.3-Dikdörtgen Prizma ile Ekranlama

Dikdörtgen prizmanın ekranlama parametreleri Şekil 4'de gösterilerek, ekranlama fonksiyonu (7) ifadesi ile verilmiştir.



Şekil 5. Dikdörtgen prizma ekranlama parametreleri

$$K = e^{-((x-R_0)/H)/\alpha} \quad (7)$$

Burada,

R_0 : Prizma merkezinden kenara olan uzaklık

x : Prizma merkezine uzaklık

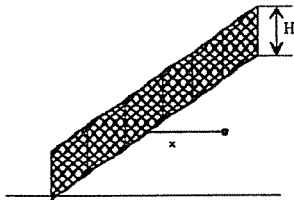
H : Yükseklik

$$\alpha = \left[1 - e^{-(R_\infty/H)/1.4} \right]^{1/3} \quad (8)$$

$$R_\infty = 1/2 \sqrt{L^2 + W^2} \quad (9)$$

4.4-Çit İle Ekranlama

Çit ile ekranlama Şekil 6'da gösterilmiş ve ekranlama fonksiyonu (10) ile verilmiştir.



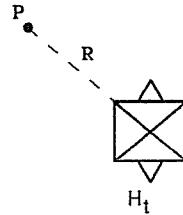
Şekil 6. Çit İle Ekranlama

$$K = e^{-x/(0.8 H)} \quad (10)$$

Burada x , çitten uzaklık ve H , çit yüksekliğidir.

4.5-Direk Ekranlaması

Direk ekranlaması direk tipine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Burada sunulan yaklaşım, değişik örnek hesaplamalardan elde edilen sonuçların ortalamasından D.W. DENO (1987) tarafından çıkarılmıştır. Direk ekranlaması Şekil 7'de gösterilmiştir. Direğin ekranlama etkisinden sonra P noktasındaki elektrik alan şiddeti eşitlik (11) ile ifade edilir.



Şekil 7-Direk ekranlaması

$$E_t = E_o \left[1 - e^{-(R/(H_t/3))} \right]$$

Burada,

E_t : P noktasında direk etkili elektrik alan

E_t : Direk olmaksızın P noktasındaki elektrik alan

E_t : P noktasından direk merkezine uzaklık

E_t : Direkteki en alçak iletkenin askı noktasının yüksekliği

5-SONUÇLAR

Enerji iletim hatlarında dizayn aşamasında elektromagnetik alan hesaplamaları, güvenlik sınırlarının oluşturulması bakımından büyük önem taşımaktadır. Bu hesaplamalar sonucunda mevcut hatlar çevresinde de canlılar ve duyarlı aletler bakımından hatlara güvenli yaklaşım uzaklıkları belirlenebilir. Ayrıca yeni kurulacak bir yüksek gerilim enerji iletim hattı için de elektromagnetik alan hesaplamalarının yapılması, önceden ilgili hat çevresindeki alan değerleri hakkında bilgi verecek ve buna göre hat ve direk boyutlarının ve ayrıca hat güzergâhı genişliğinin de belirlenmesinde yararlı olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1]. UMURKAN, N., YILDIRIM, H., KALENDERLİ, Ö., "Enerji İletim Hatlarında Yük Benzetim Yöntemi İle Alan Hesabı", Elektrik Mühendisliği 5. Ulusal Kongresi, 13-18 Eylül, 1993, s. 1249-1253, Trabzon.
- [2]. UMURKAN, N., YILDIRIM, H., KALENDERLİ, Ö., "Ulusal Orta ve Yüksek Gerilimli Enerji İletim Hatları Çevresinde Elektrik Alan Hesabı İçin Yeni Bir Yaklaşım", III. Elektromekanik Sempozyumu, 01-05 Aralık 1993, s. 142-147, Bursa
- [3]. UMURKAN, N., "Enerji İletim Hatlarında Elektrik ve Magnetik Alan Hesabı ve Biyolojik Etkilerin Değerlendirilmesi", Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul 1995.
- [4]. ŞEKER, Ş. S., ÇEREZCİ, O., "Elektromagnetik Alanların Biyolojik Etkileri Güvenlik Standartları ve Korunma Yöntemleri", Boğaziçi Üniversitesi, 1991.
- [5]. ÇAKIR, H., ŞEKER, Ş. S., UMURKAN, N., "İletim Hatları İle İlgili Elektrik Alan Sınırlamaları ve Türkiye'deki Durum", Kaynak Elektrik Dergisi, Aralık 1995, s. 95-105.
- [6]. Deno, D.W., and Silva, J.M., "Transmission Line Electric Field Shielding By Objects", IEEE, Trans. on Power Delivery, Vol. PWRD2, pp. 269-279, 1987