

34,5 kV'luk Elektrik Hatları Çevresindeki Manyetik Alanın Hesabı

Gülşen Güçlü¹, Adnan Kaypmaz², Özcan Kalenderli³

¹İTÜ Enerji Enstitüsü ^{2,3}İTÜ Elektrik-Elektronik Fakültesi

³kalenderli@itu.edu.tr

Özet - Bu çalışmada, orta gerilimle enerji dağıtımında yaygın olarak kullanılan 34,5 kV'luk hatlar çevresindeki manyetik alan düzeyi Biot-Savart yasasına göre yapılan hesaplarla, teorik olarak araştırılmıştır. Hesaplar tek devre ve çift devre hatlar için, hatlardan farklı değerlerde akımlar akması durumları için tekrarlanmıştır. Çift devre hatlar çevresinde manyetik alan düzeyinin tek devre hatlara göre daha yüksek olduğu, artan akımla manyetik alan düzeyinin de arttığı, hattan uzaklaştıkça manyetik alan şiddetinin azaldığı görülmüştür. Çalışma sonunda manyetik alan etkilerinden korunmaya yönelik öneriler verilmiştir.

1. GİRİŞ

Elektrik enerjisi çağımızın en önemli enerji kaynaklarından biridir. Teknolojik gelişmeler ve ekonomik kalkınmışlık düzeyine bağlı olarak, elektrikli araç ve gereçlerden yararlanma da hergün biraz daha artmaktadır. Manyetik alanı oluşturan cihazlar günlük yaşamımızda daha fazla yer almakta, elektrik enerjisi iletim ve dağıtım tesislerinin uzunlukları ile transformator merkezleri sayıları gün geçtikçe artmaktadır. Artan elektrik enerji ihtiyacının karşılanabilmesi için üretim merkezlerinden tüketim merkezlerine büyük miktarda enerjinin iletilmesi gerekmektedir. Büyük miktarda enerjinin uzak mesafelere iletilmesi, gerilim değerinin yükseltilmesi ile mümkün olmaktadır. Yüksek gerilim ve akımdan dolayı enerji iletim hatlarının çevresinde elektromanyetik alanlar meydana gelmektedir. Çevre bilincinin giderek önem kazanması ile enerji iletim hatlarının çevresinde alçak frekanslı manyetik alanların, çevredeki bitki örtüsü, hayvanlar ve insanlar üzerindeki biyolojik etkisinin belirlenmesi için çeşitli araştırmalar yapılmaktadır [1].

Enerji üretim merkezlerinin doğal kaynakların bulunduğu yerlerde tesis edilmesi zorunlu olduğundan, Türkiye'de elektrik enerjisi genel olarak doğu ve güneydoğu bölgelerinde üretilmekte, tüketim ise sanayinin ve yerleşimin daha yoğun olduğu batı bölgelerinde gerçekleşmektedir. Bu nedenle enerjinin, genel olarak, doğudan batıya taşınması enerji iletim hatları ile yapılmaktadır. Ülkemizde elektrik, genel olarak iki gerilim düzeyinde taşınmaktadır. Bunlardan ilki yüksek gerilim düzeyi olarak tanımlanan 66 kV, 154 kV ve 380 kV gerilimli iletim hatları grubudur. Bu hatlar, üretim merkezlerindeki elektrik enerjisini, tüketim merkezlerindeki ana transformator merkezlerine taşırlar. Ancak 66 kV gerilimli hatlar artık ülkemizde uzun bir süreden beri tesis edilmemektedir. İkinci gerilim düzeyi ise orta gerilim hattı olarak tanımlanan 34,5 kV ve daha düşük gerilimli 6 kV, 10 kV ve 15 kV gerilimli dağıtım hatlarıdır. Bu hatlar, transformator merkezlerindeki elektrik enerjisini daha düşük gerilimli transformatorlere ve/veya evlerimize ve iş yerlerimize ulaştırmaktadır. Ülkemizde mevcut yüksek gerilim hattı uzunluğu 38.295 km, orta gerilim hattı uzunluğu 285.094 km ve alçak gerilim hattı uzunluğu ise 407.000 km'yi bulmuştur. Ayrıca 485 adet yüksek gerilim transformator merkezi ve 204.119 adet orta gerilim transformator merkezi bulunmaktadır [2, 3].

Bu çalışmada, orta gerilimle enerji dağıtımında yaygın olarak kullanılan 34,5 kV'luk hatlar çevresindeki manyetik alan düzeyi Biot-Savart yasasına göre yapılan hesaplarla, teorik olarak araştırılmıştır. Hesaplar uygulamayla uyumlu olarak tek devre ve çift devre hatlar için yapılmış, hatlardan farklı akım değerleri akarken hat çevresinde manyetik alan değerleri hesaplanmıştır. Bu çalışmanın temel amacı, hatların manyetik alanlarının çevresindeki elektrikli aygıtlar ve canlılar için güvenlik sınırlarını aşıp aşmadığını incelemektir. Bu nedenle aşağıda önce hesaplamaların temeli sonra incelenen durumlar ve sonuçları verilmiştir.

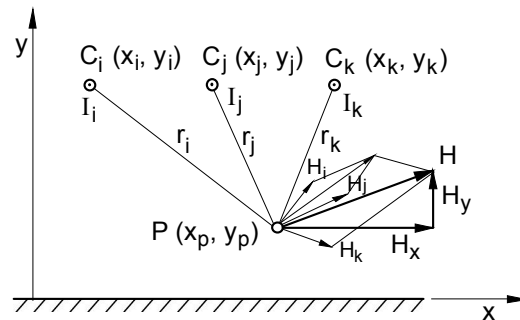
2. MANYETİK ALAN HESABI

İçinden akım akan bir iletkenin çevresinde manyetik alan oluşur. Manyetik alan içerisinde bulunan iletken ya da dielektrik cisimlerde manyetik alandan dolayı akımlar indüklenir. İndüklenen akımların çevresel ve özellikle de canlılar üzerindeki biyolojik etkileri yapılan araştırmalar sonucunda ortaya çıkartılmıştır. Bu konuda geliştirilen standartlarda manyetik alanların sınır değerleri tespit edilmiştir. Manyetik alan kaynaklarının en önemlilerinden biri de enerji iletim hatlarıdır. Yeni kurulacak iletim hatlarının tasarım aşamasında manyetik alan şiddetinin standartlarda öngörülen değerlerin üzerinde olup olmadığının tespit edilmesi için manyetik alan hesabı büyük önem kazanmaktadır.

Manyetik alanı hesaplamak için Biot-Savart yasasından yararlanılabilir. Bu yasaya göre içinden I akımı akan bir iletkenin r uzaklığındaki bir noktada manyetik alan şiddeti;

$$H = \frac{I}{2\pi r} \quad (\text{A/m}) \quad (1)$$

bağıntısından hesaplanabilir. Bu hesap, ortamda içinden akım akan çok sayıda iletken bulunduğu her bir iletkenin geçen akımın manyetik alana katkısı göz önüne alınarak yapılır. Şekil 1'de üç fazlı yüksek gerilim hatlarında olduğu gibi üç iletkenli bir sistemin manyetik alan hesabında kullanılan büyüklükler gösterilmiştir. Manyetik alan vektörel bir büyüklüktür. Şekil 1'den görüldüğü gibi her bir iletkenindeki akımın bir P noktasında yarattığı manyetik alanların bileşkesi, yatay ve düşey bileşenleri ile P noktasındaki manyetik alanı verir [4, 5].



Şekil 1: Üç iletkenli bir sistemde bir noktadaki bileşke manyetik alan şiddetinin hesabı.

Koordinatları x_p, y_p olan bir P noktasının, koordinatları x_i, y_i olan bir noktaya (iletkene) olan uzaklığı;

$$r_i = \sqrt{(x_p - x_i)^2 + (y_p - y_i)^2} \quad (2)$$

olur. Koordinatları (x_i, y_i) olan iletkenin I_i akımının, bir P (x_p, y_p) noktasında oluşturduğu manyetik alanın H_{xi} yatay ve H_{yi} düşey bileşenleri;

$$H_{xi} = \frac{I_i}{2\pi} \frac{y_p - y_i}{r_i^2} \quad (3)$$

$$H_{yi} = \frac{I_i}{2\pi} \frac{x_p - x_i}{r_i^2} \quad (4)$$

bağıntılarından hesaplanabilir. Manyetik alanın x bileşeni yere paralel, iletkeni dik, y bileşeni ise düşey bileşendir. Buna göre n iletkenli bir sistemin (hattın) herhangi bir noktada oluşturduğu H bileşke manyetik alan şiddeti;

$$H = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^n H_{xi}\right)^2 + \left(\sum_{i=1}^n H_{yi}\right)^2} \quad (5)$$

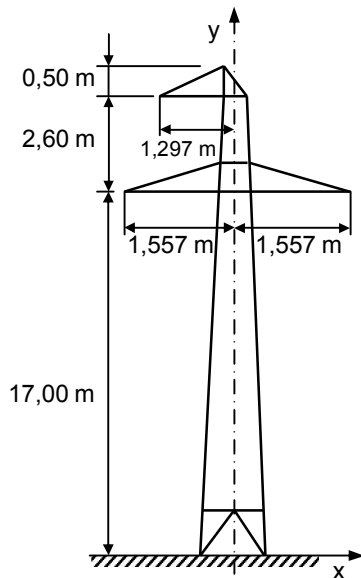
ve B manyetik akı yoğunluğu (veya manyetik endüksiyon)

$$B = \mu_0 H \text{ (Wb/m}^2 \text{ veya (T))} \quad (6)$$

olur. Bu eşitlikte $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ H/m boşluğun (havanın) manyetik geçirgenliğidir [4, 5].

3. ÜÇ FAZLI, TEK DEVRE, 34,5 KV'LUK BİR HAT ÇEVRESİNDEKİ MANYETİK ALANIN VE MANYETİK ENDÜKSİYONUN HESABI

Bu bölümde 34,5 kV'luk, üç fazlı bir orta gerilim hattı için çevresindeki manyetik alan dağılımlarının hattan akan akım değerleri ile hattan uzaklıkta ve yerden yükseklikte değişimi hesaplanarak incelenmiştir.



Şekil 2: 34,5 kV'luk tek devre elektrik hattı boyutları.

Şekil 2'de gösterilen direk üzerine yerleşik, aşağıda (x, y) koordinatları verilen hat iletkenlerinin:

$$H_1(-1,3; 19,3), H_2(-1,56; 16,7), H_3(1,56; 16,7)$$

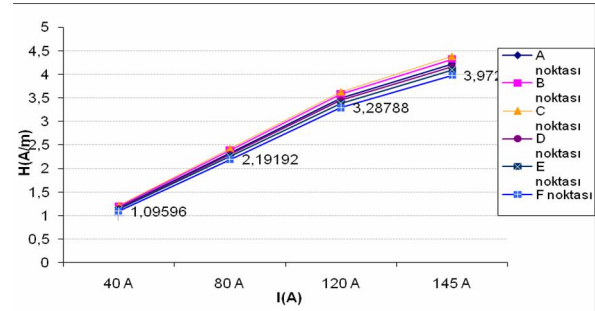
her birinden 40, 80, 120, 145'er Amper akım akması durumlarında hattın çevresinde

$$A(0; 1,2), B(0; 1,6), C(0; 1,8), D(1; 1), \\ E(3; 1), F(5; 1), G(7; 1)$$

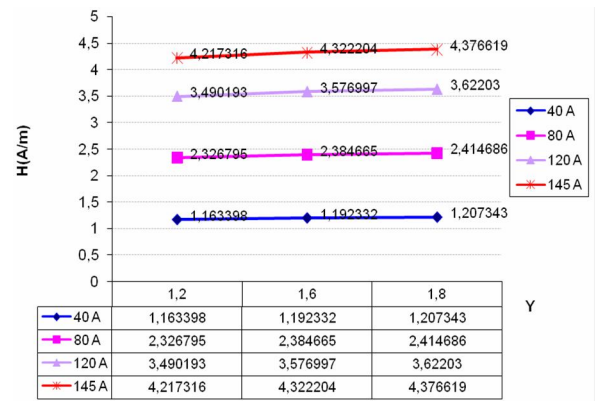
noktalarındaki manyetik alan hesapları (5) denklemine göre yapılırsa Çizelge 1'deki sonuçlar elde edilir. Hesaplanan manyetik alan değerleri $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ H/m ile çarpılarak ($B = \mu_0 H$) manyetik endüksiyon değerleri de bulunabilir.

Çizelge 1: 34,5 kV'luk, tek devre bir hat çevresinde farklı akım değerleri ve noktalar için hesaplanan manyetik alan değerleri.

Hesap Noktaları	Manyetik Alan Şiddeti, H (A/m)			
	Akım 40 A	Akım 80 A	Akım 120 A	Akım 145 A
A(0; 1,2)	1,1634	2,3268	3,4902	4,2173
B(0; 1,6)	1,1923	2,3847	3,5770	4,3222
C(0; 1,8)	1,2073	2,4147	3,6220	4,3766
D(1; 1)	1,1462	2,2924	3,4386	4,1550
E(3; 1)	1,1279	2,2559	3,3839	4,0889
F(5; 1)	1,0959	2,1919	3,2879	3,9728
G(7; 1)	1,0534	2,1068	3,1603	3,8186



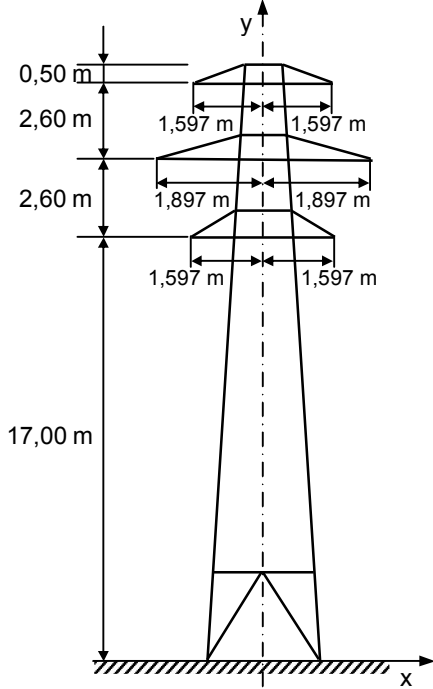
Şekil 3: Tek devre hattın çevresinde A, B, C, D, E, F, G noktalarındaki manyetik alan değerlerinin akıma göre değişimi.



Şekil 4: Tek devre hattın çevresinde A, B, C noktalarındaki manyetik alan değerlerinin farklı akım değerleri için hattan uzaklıkla değişimi.

4. ÜÇ FAZLI, ÇİFT DEVRE, 34,5 KV'LUK BİR HAT ÇEVRESİNDEKİ MANYETİK ALAN VE MANYETİK ENDÜKSİYON HESABI

Bu bölümde 34,5 kV'luk 3 fazlı çift devre bir orta gerilim hattı çevresindeki manyetik alan dağılımının hattan akan akım değerleri ile hattın uzaklıkta ve yerden yükseklikle değişimi hesaplanarak incelenmiştir.



Şekil 5: 34,5 kV'luk çift devre elektrik hattı boyutları.

Şekil 5'te gösterilen direk üzerine yerleşik, aşağıda (x, y) koordinatları verilen hat iletkenlerinin

$$H_1(-1,597; 21,897), H_2(1,597; 21,897), H_3(-1,897; 19,297)$$

$$H_4(1,897; 19,297), H_5(-1,603; 16,697), H_6(1,603; 16,697)$$

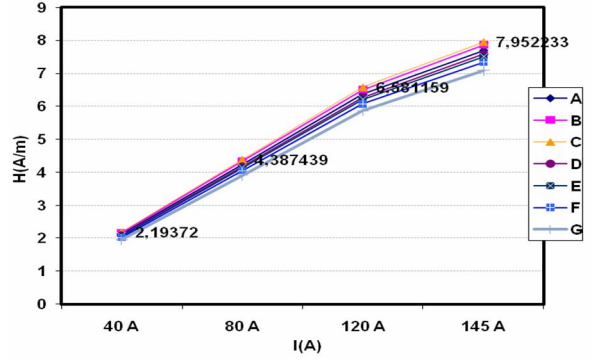
Her birinden 40, 80, 120, 145 Amper akım akması durumunda hattın çevresinde

$$A(0; 1,2), B(0; 1,6), C(0; 1,8), D(1; 1), \\ E(3; 1), F(5; 1), G(7; 1)$$

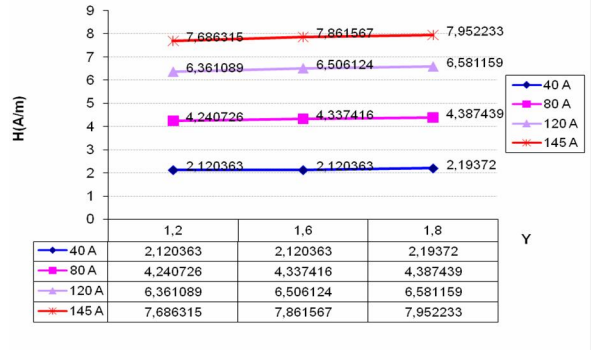
noktalarındaki manyetik alan hesapları (5) denkleminde göre yapılırsa Çizelge 2'deki sonuçlar elde edilir. Hesaplanan manyetik alan değerleri $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$ ile çarpılarak ($B = \mu_0 H$) manyetik endüksiyon değerleri de bulunabilir.

Çizelge 2: 34,5 kV'luk, çift devre bir hat çevresinde farklı akım değerleri ve noktalar için hesaplanan manyetik alan değerleri.

Hesap Noktaları	Manyetik Alan Şiddeti, H (A/m)			
	Akım 40 A	Akım 80 A	Akım 120 A	Akım 145 A
A(0; 1,2)	2,1204	4,2407	6,3611	7,6863
B(0; 1,6)	2,1687	4,3374	6,5061	7,8616
C(0; 1,8)	2,1937	4,3874	6,5811	7,9522
D(1; 1)	2,0938	4,1876	6,2814	7,5900
E(3; 1)	2,0688	4,1375	6,2063	7,4992
F(5; 1)	2,0213	4,0425	6,0638	7,3271
G(7; 1)	1,9558	3,9116	5,8675	7,0899



Şekil 6: Çift devre hattın çevresinde A, B, C, D, E, F, G noktalarındaki manyetik alan değerlerinin akıma göre değişimi.



Şekil 7: Çift devre hattın çevresinde A, B, C noktalarındaki manyetik alan değerlerinin farklı akım değerleri için hattın uzaklıkla değişimi.

Çizelge 1, Çizelge 2, Şekil 3 ve Şekil 6 incelendiğinde aynı nokta için akım yükseldiği zaman manyetik alan şiddetinin yükseldiği görülmektedir.

Yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen verilere göre çizilen grafikler incelendiğinde manyetik alan şiddetinin uzaklıkla ters orantılı olarak değiştiği görülmektedir. A, B, C noktaları direk üzerinde seçilen noktalardır. Direk üzerinde seçilen noktalarda (A, B, C noktalarında) iletkenlere yani hatta yaklaştıkça manyetik alan şiddeti değerlerinin de arttığı Şekil 4 ve 7'den görülmektedir.

SONUÇ VE ÖNERİ

Bu çalışmada Biot-Savart Yasası'ndan yararlanılarak yapılan, 34,5 kV'luk, tek devre ve çift devre elektrik enerji dağıtım hatları çevresindeki manyetik alan şiddeti hesapları sunulmuştur. Elde edilen sonuçlardan hat eksenine yaklaştıkça manyetik alan şiddetinin arttığı, iletkenlerden ve hattın uzaklaştıkça azaldığı görülmektedir. Manyetik alan şiddeti akım arttıkça arttığı görülmektedir. Bu sonuçlardan, manyetik alan etkisinin uzaklıkla hızla azalacağı söylenebilir. Bu yüzden inşa edilecek olan yeni binaların iletim hatlarından mümkün olduğunca uzak yerlere yapılması gerekmektedir.

Kent merkezlerinde yerleşim alanlarından geçen ve konutlara çok yakın bir mesafede bulunan OG enerji dağıtım hatlarının yeraltına alınarak tesis edilmesi, elektromanyetik alan riskinin azaltılması bakımından önem arz etmektedir. Bunun yapılamadığı yerlerde hatlara yakın binaların dış cephelerinde ekranlama yapılmalı ve yaşam alanlarındaki elektromanyetik alan düzeyleri güvenlik sınırlarının ($< 0,2$

μT) altına çekilmelidir. Ayrıca yeni tesis edilecek elektrik hatları için elektromanyetik güvenlik sınırı bakımından yaklaşım mesafeleri, proje aşamasında tanımlanarak hat güzergahında uygulanmalıdır. Yine bu yaklaşım mesafeleri imar kanunlarına yansıtılarak belediyelerce titizlikle uygulanmalıdır.

KAYNAKÇA

- [1] Umurkan, N., Çakır, H. ve Arslan, F, 1998. Enerji İletim Hatlarının Çevresindeki Elektromanyetik Alanlar, 3e Endüstri & Teknik Fuarı, 27 – 31 Mayıs, Gaziantep, s. 52-55.
- [2] Dengiz, H., 1991: Enerji Hatları Mühendisliği, Kardeş Kitapevi, Ankara.
- [3] Akpınar, S., 1997. Yüksek Gerilim Tekniğinin Temelleri, İstanbul.
- [4] Şeker, S. ve Çerezci, O., 1992: Elektromanyetik Alanlar ve Mühendislik Uygulamaları, İ.T.Ü. Yayınları, Sakarya.
- [5] Kalenderli, Ö. ve Yıldırım, H., 1997. Elektrik ve Manyetik Alanların Biyolojik Etkileri, Kanseri Araştırmaları, İnsan ve Otomasyon, 88-92.