

50Hz Frekanslı Elektrik ve Manyetik Alanlara Maruz Kalan Çocuk Vücuduna İndüklenen Akım Yoğunluğunun Çözümlemesi

Şükrü Özen ve Selçuk Helhel
Akdeniz Üniversitesi
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
07200/Antalya

sukruozen@akdeniz.edu.tr, selcukhelhel@akdeniz.edu.tr

Özet: Bu çalışmada Yüksek Gerilim (YG) enerji nakil hatlarından kaynaklı 50 Hz elektrik ve manyetik alanlar tarafından çocuk vücutlarına indüklenen akım yoğunluğu çözümlenmiştir. Elektrik ve manyetik alan bileşenleri dikkate alınarak homojen uzatılmış küresel vücut modellerine indüklenen akımlar hesaplanmıştır. Hesaplarda 1kV/m elektrik alan ve 1µT manyetik alan değerleri kullanılmıştır. Tek devre 380 kV YG hattı için manyetik alan ve elektrik alan değişimleri hesaplanarak bu alan değerlerine maruz kalan çocuk vücuduna indüklenen akımlar çözümlenmiştir. Sonuç olarak, vücuda indüklenen toplam akım yoğunluğunun manyetik alan bileşenleri arasındaki faz farkına ve kişilerin iletim hattına göre pozisyonlarına bağlı olarak değişim gösterdiği, vücudun zayıf eksenine doğrultusundaki manyetik alan bileşeninin indüklenen akımda daha etkin olduğu, buna karşın elektrik alan bileşeninin ise vücut uzun eksenine doğrultusunda daha etkin olduğu görülmüştür.

1.Giriş

Son otuz beş yıldan beri enerji nakil hatlarından (ENH) kaynaklı manyetik alanların biyolojik yapılar üzerine etkilerinin araştırıldığı çok sayıda araştırma yürütülmektedir. Son zamanlarda bu çalışmaların çoğunluğu, ENH'larının yarattığı bu alanların çocuklar üzerinde etkilerini araştırmaktadır. Elektrik ve manyetik alanlara maruz kalan biyolojik yapıya, akımların indüklediği bilinen bir gerçektir. Bu şekilde indüklenen akımların şiddeti, elektrik ve manyetik alanların biyolojik objelerle etkileşiminin önemli bir sonucudur ve tanımlanması son derece önemlidir[1]-[2]-[3]. 50 Hz frekanslı manyetik alanların biyolojik etkilerinin araştırılmasına dönük çalışmalar son zamanlarda daha da önem kazanmıştır. Özellikle enerji nakil hatları ve evlerdeki cihazlaşma yoğunluğunun getirdiği manyetik alan riski ve bunlara bağlı olarak çocukların bu alanlara karşı çok riskli grup olarak değerlendirilmesi bu konudaki araştırmalara öncelik kazandırmıştır[1]. Bu çalışmada ortamda mevcut olan elektrik ve manyetik alanların vücuda indükledikleri akım yoğunlukları çözümlenmiş, her bir alanın etkisi ile toplam etki incelenmiştir.

2.Hesap Metodu ve Sonuçlar

Dış elektrik ve manyetik alanlar tarafından vücuda indüklenen toplam akım yoğunluğu $J=\sigma E$ eşitliği ile hesaplanır. Manyetik alan dalga boyunun canlı vücut boyutundan çok daha büyük olması durumunda 50/60 Hz frekanslı manyetik alanların biyolojik yapılarla etkileşimi incelenebilir. Dış manyetik alanlar tarafından biyolojik yapı içerisinde indüklenen sirkülasyon akımlarınca oluşturulan ikincil manyetik alanlar $f\mu_0\sigma L^2 \ll 1$, koşulunu sağlayan frekanslar için ihmal edilebilir[4]. Burada f frekans, σ iletkenlik ve L biyolojik objenin en büyük boyutudur. Bu nedenledir ki, biyolojik yapı içerisindeki manyetik alanın homojen olduğu kabul edilir.

İnsan vücudu dış ortamda bulunan manyetik alan bileşenlerine maruz bırakılırsa, vücuda indüklenen elektrik alan bileşenleri aşağıda verildiği biçimde açıklanabilir:

$$E_{Bx} = \frac{2\pi f}{a^2 + b^2} (b^2 z\hat{y} - a^2 y\hat{z}) \dot{B}_x \left| e^{j(-\pi/2 + \phi_{Bx})} \right. \quad (1)$$

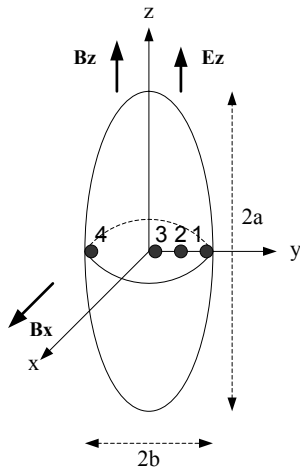
$$E_{Bz} = \pi f (y\hat{x} - x\hat{y}) \dot{B}_z \left| e^{j(-\pi/2 + \phi_{Bz})} \right. \quad (2)$$

Burada \vec{E}_{Bx} x-ekseni yönündeki \dot{B}_x bileşenince ve \vec{E}_{Bz} ise z-ekseni yönündeki \dot{B}_z bileşenince indüklenen elektrik alan bileşenleri olup bu bileşenler kompleks vektörlerdir. $\hat{x}, \hat{y}, \hat{z}$ x, y, z doğrultularındaki birim

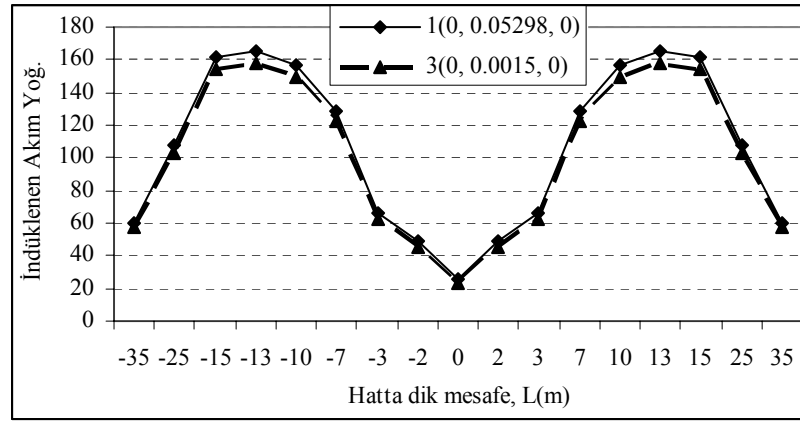
vektörleri, φ_{B_x} , φ_{B_z} ise faz açılarını temsil etmektedir. Dış elektrik alan tarafından uzatılmış küre yapıdaki vücut modeline indüklenen iç elektrik alan bileşeni Eşitlik.3 de verildiği biçimde açıklanır[5].

$$\vec{E}_{Ez} = \frac{\vec{E}_z \cdot \hat{z}}{\left\{ 1 + \left(\frac{\epsilon_1}{\epsilon_2} - 1 \right) \left(u_0^2 - 1 \right) \left[u_0 \coth^{-1}(u_0) - 1 \right] \right\}} \quad (3)$$

burada, $u_0 = 1/\sqrt{1-(b/a)^2}$, a ve b modelin uzun ve zayıf eksenine karşılık gelir. ϵ_1 model içi ortamın, ϵ_2 ise dış ortamın dielektrik sabitleridir. ϵ_1 ve ϵ_2 kompleks yapıdadırlar. $\epsilon_1 = \epsilon_1' - j\epsilon_1''$ ve $\epsilon_2 = \epsilon_2' - j\epsilon_2''$, modelin iletkenliği, $\sigma_1 = \omega\epsilon_1''$, olup burada $\omega = 2\pi f$ ve f ise frekanstır. Burada şayet $\sigma = 0.2$ S/m ve $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}$ F/m değerleri kullanılırsa, ϵ_1/ϵ_2 oranı $\epsilon_1/\epsilon_2 = j\sigma/(\omega\epsilon_0) = j7.76 \times 10^7$ olarak yazılabilir. Çocuk model için on yaş model parametresi $2a=1.38$ m ve $2b=0.106$ m olarak alınmıştır[6]. On yaş çocuk modeli Şekil 1.' de verilmiştir. Burada 1, 2, 3, 4 ile gösterilen hesap noktaları sırasıyla (0, 0.05298, 0), (0, 0.0265, 0), (0, 0.0015, 0), (0, -0.05298, 0) olarak seçilmiş koordinatları temsil etmektedir.



Şekil 1. Uzatılmış küresel model



Şekil 2. Seçilen hesap noktaları için 380 kV ENH çevresinde Bx ve Ez alan bileşenleri dikkate alınarak hesaplanan akım yoğunluğu

Modelde seçilen koordinatlarda indüklenen akım yoğunlukları, manyetik alan bileşenleri ve elektrik alan bileşeni için ayrı ayrı hesaplanarak Tablo.1 de verilmiştir. Bu hesaplarda manyetik alan bileşenleri arasındaki faz farkının sıfır olduğu kabul edilmiştir.

Tablo.1 Bx=Bz=1µT ve Ez=1kV/m için seçilen hesap noktalarında vücuda indüklenen akım yoğunlukları

Seçilen Nokta	1	2	3	4
İndüklenen Akım Yoğunluğu (J, µA/m²) / Bx	3.9712	1.9863	0.1124	3.9712
İndüklenen Akım Yoğunluğu (J, µA/m²) / Bz	1.9973	0.999	0.0565	1.9973
İndüklenen Akım Yoğunluğu (J, µA/m²) / Ez	248.0000	248.0000	248.0000	248.0000

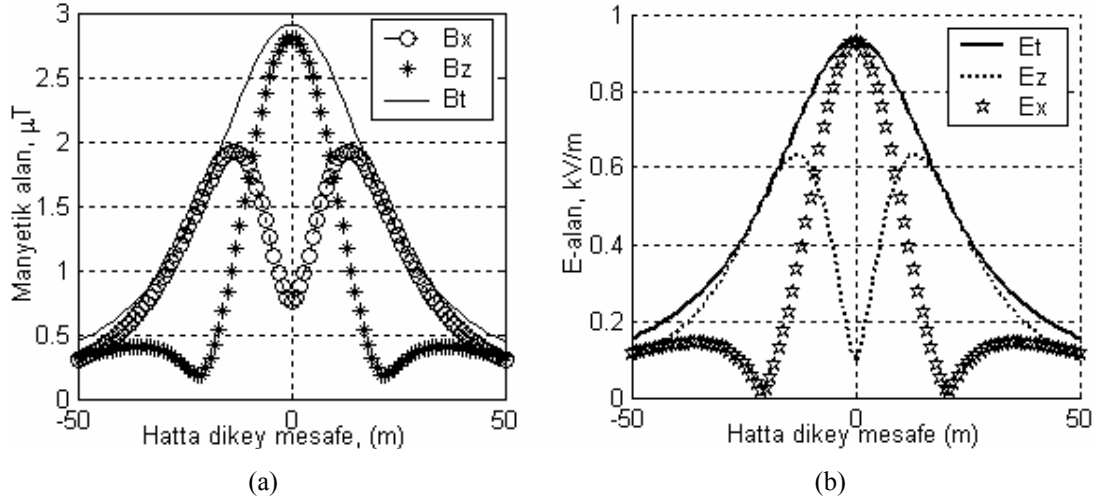
Yalnızca Bx ve Ez bileşenlerinin mevcut olduğu kabul edilerek, seçilen hesap noktalarında vücuda indüklenen toplam akım yoğunlukları ise 1(251.971 µA/m²), 2(249.9863 µA/m²), 3(248.1124 µA/m²), 4(244.0288 µA/m²) olmaktadır. Vücuda indüklenen akım yoğunluğu vücudun hatta olan mesafesine dolayısı ile hat ile olan pozisyonuna bağlı olarak değişim göstermektedir. Bu durum iki hesap noktası için Şekil.2 de gösterilmiştir.

Manyetik alan bileşenleri arasındaki faz farkı değişimi dikkate alınarak Bx ve Ez bileşenleri için hesap noktalarında indüklenen akım yoğunlu değişimi 1 (0, 0.05298, 0) noktası için Tablo 2. de verilmiştir.

Tablo.2 (0, 0.05298, 0) noktasında manyetik alan bileşenleri faz açısına göre akım yoğunluğu değişimi

Faz açısı	0°	45°	90°	135°	180°
İndüklenen Akım Yoğunluğu (J, $\mu\text{A}/\text{m}^2$)	251.97	250.82	248.03	245.208	244.2

380 kV tek devre düz tertip enerji nakil hattı dikkate alınarak hat çevresinde manyetik alan ve elektrik alan bileşenlerinin değişimleri incelenmiştir. Manyetik alan bileşenlerinin değişimi yerden 1m yükseklik için Şekil.3a da verilmiştir. Yük benzetim yöntemi kullanılarak hesaplanan elektrik alan değişimi ise Şekil.3b de gösterilmiştir. Hat iletkenlerinin y eksenine paralel olduğu kabul edilmiştir.



Şekil.3 380 kV tek devre düz tertip YG hattı çevresindeki manyetik alan ve elektrik alanın yerden 1m yükseklik için değişimi. (a) Manyetik alan bileşenlerinin değişimi (hat akımı $I=400\text{A}$) (b) Elektrik alan bileşenleri (İletkenler arası açıklık 7.24m ve yerden yükseklik 20.5m alınmıştır.)

Manyetik alanın B_z bileşeni orijinde hattın orta iletkeni altında ($L=0\text{m}$) maksimum değeri alırken B_x bileşeni simetrik olarak $L=13\text{m}$ de 1.923 μT değerinde maksimum değerlerini almaktadır.

3. Tartışma ve Sonuç

YG ENH'larından kaynaklı 50 Hz frekanslı elektrik ve manyetik alanlara maruz kalan çocuk vücuduna indüklenen toplam akım yoğunluğu, vücut ile iletim hattı arasındaki pozisyona, alan bileşenleri arasındaki faz farkına bağlı olarak değişim gösterebilmektedir. Ayrıca vücudun zayıf eksenini doğrultusundaki manyetik alan bileşeni indüklenen akım üzerinde etkin olmaktadır. Elektrik alan bileşeni vücudun uzun eksenini (boy) doğrultusunda iken etkin olmaktadır. Çocukların biyolojik yapılarına bağlı olarak elektriksel parametreler de indüklenen akımlar da etkin parametrelerdir. Özellikle ENH yakın çevresinde yaşayan çocuklar için gerekli güvenlik önlemlerinin alınabilmesi için bu alandaki çalışmaların sürdürülmesi önem arz etmektedir.

4. Kaynaklar

- [1]. Ş. Özen, S. Helhel, Ö., H. Çolak, "50Hz Manyetik Alana Maruz Bırakılan Küçük Deney Hayvanlarına İndüklenen Akımın Çözümlemesi", BİYOMUT2006 Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Toplantısı Bildiriler Kitabı, 25-27 Mayıs, 2006.
- [2]. E.L. CARSTENSEN, "Biological effects of Transmissions Line", Elsevier, s.36-38, 1987.
- [3]. World Health Org. : "Environmental Health Criteria 69 magnetic fields", WHO Report, s.20-22, 1987.
- [4]. C. POLK, "Electric field and surface charges due to ELF magnetic fields", Bioelectromagnetics, (11), s.189-201, 1990.
- [5]. YIH SHIAU, ANTONY R VALENTINO, ELF Electric field coupling to dielectric spheroidal models of biological objects, IEEE Trans. On Biomedical Engineering BME-28, 1981.
- [6] DURNEY, CH., MASSOUDI, H., ve ISKENDER, MF., "Radiofrequency Dosimetry Handbook", 4th Ed., Brooks Air Fors Base, Texas., 1986.

NOT: Bu Çalışma, Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimince Desteklenmiştir.