

# ELEKTROMANYETİK DALGALARIN ÇEVREYE VE YERLEŞİM ALANLARINA ETKİSİ

M.A. STUCHLY

K.H. MILD

Çeviren: Onur KARAVELİOĞLU

Elektromanyetik alan tanımı birkaç Hz'den onlu GHz'lere kadar geniş bir aralığı kapsar. Bu frekanslarda oluşan dolaşır alanlar genelde oldukça zayıftır. Elektromanyetik alan ve dalgalar insanlığın yararına çeşitli amaçlarda kullanılır, fakat bu kullanım kişilerin maruz kalabilecekleri değişik düzeylerde alanın artışı da sıkça beraberinde getirir. Elektromanyetik dalgaların biyolojik etkiler meydana getirdiği bilindiğinden, gerektiğinde çevrede ve etrafta karşılaşılabilecek elektromanyetik alanı izlemek ve zararlarından korunabilmek için, kontrolde bulundurulması gerekir.

İnsanların elektromanyetik alana maruz kalmalarıyla birlikte, dalgaboyu ile kıyaslandığında alan kaynağı ile etkilene konumu arasındaki uzaklık küçük olan bu durum, elektrik ve manyetik alan şiddeti cinsinden ifade edilmiştir. Bu durumun çevreye etkisi çoğunlukla birkaç on MHz'in altında oluşur. Daha yüksek frekanslarda ve radyasyon kaynağından uzakta elektrik veya manyetik alandan biri etki düzeyini açıklamak için yeterlidir (Elektrik ve manyetik alan arasındaki ilişki sabittir). Pratikte güç yoğunluğu, yüksek frekanslarda kullanılan bir parametredir.

İnsan yapımı elektromanyetik alanların ana kaynakları; elektrik üretim ve dağıtım sistemleri, telekomünikasyon, radar ile endüstri ve medikal uygulamalardır. Bu yazıda sunulan elektromanyetik yayılmanın toplum ve çalışanları üzerindeki etkileri hakkında geçmişten günümüze elde edilen genel bilgilerdir.

## GÜÇ HATTI FREKANSLARI

Elektrik gücü AC sistemlerde hemen hemen 50-60 Hz'de üretilir, iletilir ve dağıtılır DC dağıtım günümüzde çok nadir kullanılmaktadır. Bu durum gelecekte elbette değişebilir.

Bu frekanslardaki elektrik alanları, taşıtlarda, ev yapıları ile taşıyıcı hatların metal kulelerinde toplanır. Nemli

ağşap kulelerde elektrik alanı için toprağın yakınında belirli bir toplayıcı yer oluşturur. Yüksek alan şiddeti yalnız taşıyıcı kulelerin ayakları altındaki açıklıkta bulunurlar. Bu gibi yerlerde insanların karşılaştığı tipik maksimum alan 735 kV hattı için 10 kV/m, 1300 kV hattı için ise 1 kV/m'dir. Alan gücü mesafenin azalması ile birlikte ani bir şekilde düşüş gösterir. Örneğin, hattın merkezinden 100 metre mesafede, alan gücü 50 V/m'dir. Yüksek gerilimli bir merkezde, 20 kV/m'e kadarki çevreye etkisi, devre açıcı/kapaticılarının ve diğer yüksek gerilim cihazlarının yanında oluşur. Buna rağmen, çalışmalar göstermiştir ki çevreyi etkileme dozu pratikte oldukça düşüktür. Devamlı gözlemler, tipik bir etkinin günde (yüz saniyelik bir müddet için) 2.4 ile 4.0 V/m arasında olduğunu göstermiştir.

Güç frekanslarındaki kuvvetli elektrik alanları taşıyıcı hatların yakınında bulunandan tamamen ayrı bir çevre faktörüdür. Endüstri setindeki veya evlerdeki güç kablolarında oluşan güçlü elektrik alan, kablo çapına göre sınırlıdır. Bu kısımlar dışında, yalnızca çok düşük volt/m deki zayıf alanlara rastlanır.

Yüksek gerilimli güç taşıyıcı hatlarındaki manyetik alan, hattaki akıma bağlı olarak değişir. Hattın 0.5'ten 2 ampere kadar taşıdığı akım, hat merkezinden 40 metre uzaklıkta 10  $\mu$ Pdan 40  $\mu$ T ya kadar bir manyetik akı yoğunluğu oluşturur (Havada ve diğer malzemelerde 1 HT = 0.796 A/m'dir). Akı yoğunluğu, mesafenin azalmasıyla ani olarak bir düşüş gösterir ve merkez hatından 100 metre mesafede 1  $\mu$ T civarındadır. Düşük gerilimli dağıtım hatları, yüksek gerilimli taşıyıcı hatlardan fazla manyetik alan oluşturabilirler. Evlerin içindeki manyetik alan şiddetini saptamak için birçok çalışmalar yapılmıştır. Tipik manyetik akı yoğunlukları 0.05 ten 0.5  $\mu$ T'e kadar değişmektedir. Yerel olarak birkaç  $\mu$ T değerlerine Radar oluşabilir.

Evlerdeki elektrikli aletlerin çevresindeki alan geniş bir aralıkta değişir. Elektrik alan gücünün tipik değeri onlar-

ca civarında V/m düzeyindedir. Buna rağmen, elektrikli battaniyeler ve su yatakları daha yüksek alan oluşururlar (30 sn uzaklıkta 250 V/m). Manyetik akı yoğunluğu, aletten 30 sm uzaklıkta 0,01'den 30  $\mu$ Te kadar değişiklik gösterebilir.

### **HABERLEŞME VE RADAR UYGULAMALARINDA RADYO VE MİKRODALGALAR**

Onlarca kHz'den onlarca GHz'lere kadar aralığı bulunan, radyo yayınından radara kadar haberleşmeyi kapsayan radyo dalgalarının ve mikrodalgaların kullanımı gitgide artmaktadır. Radyofrekans radyasyonunun nüfusa olan etkisi kapsamlı bir şekilde A.B.D. Çevre Koruma Bürosu'na araştırılmıştır. Radyo yayın servisleri kısmen bu UHF ve VHF bantlarını kullanarak dolaşan RF alanlarının ana kaynağını oluşturmuşlardır. Bilgisayar algoritmalarına bağlı olarak onbeş büyük şehrin birçok sitelerinde yapılan ölçümlerde tahmin edilen etki düzeyinin 0,05  $\mu$ W/sm<sup>2</sup> olduğu sonucuna varılmıştır. Nüfusun yalnızca yüzde birinin 1  $\mu$ W/sm<sup>2</sup>'den yüksek seviyeye maruz kaldıkları saptanmıştır.

Nüfusun elektromanyetik radyasyona maruz kalması, genellikle havaalanı, denizci ve polis radarları gibi kaynaklarda oluşur ve düşüktür. Örneğin polis radarı için tipik maruz kalma düzeyi 1  $\mu$ W/sm<sup>2</sup>'dir.

Bu düzeyin yerleşim alanlarına göre derecesi önemli ölçüde değişir. Çoğu haberleşme ve radar çalışanları düşük güçte bir alana maruz kalırlar (bu güç Standard değerlerin altındadır), bazıları yüksek düzeyde RF radyasyonuna maruz kalabilirler. Yüksek düzeyde maruz kalış, genellikle yüksek güç taşıyıcı antenlerinin yakınında olur. Buna rağmen taşıyıcı odalarındaki ve taşıyıcı kulelerinin tabanındaki, komşu yüksek binalardaki ve çevredeki elektromanyetik alan 1  $\mu$ W/sm<sup>2</sup>'nin altındadır. Gemilerdeki sınırlı uzay koşulları, radyo taşıyıcı müdahaleleri bile ANSI (Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü) standartları altındadır. FM veya TV yayını kulelerine tırmanan çalışanlar 900 V/m'lik bir elektrik alanına ve 5 A/m'lik manyetik alana maruz kalabilirler. Başka bir yüksek etkilendirme durumu da taşıyıcı kabinlerinin iç kilitleri bozulduğunda ve kapıları nakil sırasında açıksa gerçekleşebilir.

Radar sistemleri antenin eksenini üzerinde kuvvetli bir elektromanyetik alan oluştururlar. Buna rağmen çoğu sistemlerde ortalama alan şiddeti antenin döndürülmesiyle azaltılmıştır (tipik bir değer olarak 100 ila 1000 arasında bir orana kadar). Sabit antenlerde, anten eksenindeki yüksek güç yoğunlukları (1000 W/sm<sup>2</sup> veya daha fazla) antenden biraz yükseğe çıkarılmıştır. Bu sistemler normalde bu düzeyde çalışmada da, kontrol ölçümleri benzer durumlardaki kazalarda etkinin yükselmesini önlemek için yapılmalıdır.

Taşınabilir ve seyyar radyo taşıyıcıları genel nüfusun ve çalışanların etkilenmesi için diğer bir nedendir. Elektrik ve manyetik alan şiddetleri bu aygıtlarınkine çok yakındır. Anteninki, düşük çıkış gücü olmasına karşın oldukça yüksektir. Buna rağmen cihazı kullananın tüm vücuttaki enerji depolama oranı uzaktakinin etki düzeyine oranla düşüktür. Yüksek düzeyde enerji depolama oranı belirli bir bölgede olduğunda, daha geçerli bir tehlike ölçüm sistemi oluşturulmalıdır. Peşisıra, insan vücudunda enerji depolama oranı yakın-alan antenlerinde ölçülmeli

ve bu veri taşınabilir taşıyıcıların etkisinin tehlikesini kestirebilmek için kullanılmaktadır.

### **ENDÜSTRİ VE BÜRODAKİ ELEKTROMANYETİK DALGALAR**

Değişir (alternating) elektromanyetik dalgalardan endüstride iletken ve yarı iletkenin işlenmesinde gerekli ısı yararlanılır. Tipik değer olarak, yüz kW civarında defleler kullanılır ve güç hatlarının işlem frekans aralığı birkaç on MHz'e kadardır, elektroçelik ve kaynak endüstrilerinde, manyetik akı yoğunluğu 50 Hz'de 10 mT olanlar üretilir. 1000 Hz'in altında indüksiyon ısıtmasında ellerin 1 ile 25 mT arasındaki etkilenmesine karşılık tüm vücut 0.1 ile 0.7 mT arasında etkilenir. Yüksek frekanslarda 2  $\mu$ T'lik akı yoğunluğu işlem sırasındaki etkilenmenin göstergesidir. Çalışanların maruz kaldığı indüksiyon ısıları 300 kHz - 100 MHz aralığında aralığında 0.1'den 1.7 A/m'ye kadar değişir (görev devir düzeltmesi dışında). Yöntem yüksek akım ve düşük voltaj gerektirdiğinden indüksiyon ısıtıcılarının yakınındaki elektrik alan şiddeti düşüktür. Seyrek olarak, yüzlerce V/m'deki alanlara da rastlanmaktadır.

RF enerji bazı endüstri yöntemleri için ısı yalıtkanı maddelerde kullanılır. En yaygını mühür plastikleridir. Diğer kullanımları tahta parçalarının ve panellerin ayrılan parçalarının birleştirilmesi için gereken tutkalın kurutulması, yapıları ısıtma ve kağıttır. Radyofrekans ısıtıcıları genellikle endüstriyel, bilimsel ve medikal frekanslardan birinden çalışırlar (13.56, 27.12 veya 40.68 MHz). Birkaç kW dan yüksek kV'lara kadar çıkış gücü ve korunmasız elektrotların kullanımı bir ısıtıcının etrafında daha yüksek bir RF oluşturabilir. A.B.D.'deki araştırmalar korumasız cihazların kullanıcılarının % 60'ının 200 V/m'den fazla elektrik alanına maruz kaldıklarını, bunlardan da % 29'unun 0.5 A/m'den çok manyetik alana maruz kaldıklarını göstermiştir. Buna benzer sonuçlar bir Kanadalı araştırmacı tarafından da kaydedilmiştir. Buna karşın, ANSI standartlarında çok daha düşük bir yüzdenin, tüm vücut sınırı olan 0.4 W/kg ile çelişeceği bir gerçektir. Alan şiddeti için yapılan ölçümler ve salgın bilimi (epidemiology) çalışmalarının bir kısmı İsveçli RF çalışanlarınca gerçekleştirilmiştir. Bu durumdakilerin % 55'inin elektrik şiddeti 300 V/m'den, manyetik şiddeti de 0.8 A/m'den fazladır.

RF ısıtıcılarının radyofrekans alanında kullanıcılarını etkilemesi büyük bir endişe oluşturmaktadır. İstenmeyen yüksek alanlar oluşturması, yanında, RF ısıtıcıları rezonans emici bölgesine yakın çalıştığı frekanslarda insan vücudu tarafından topraklanır. Böylece, bu cihazların yakınında çalışanlar önemli miktarda başıboş (stray) enerji emerler. Bu istenmeyen alanı azaltmak için, ya elektrot sistemine kılıf oluşturmak ya da bu etkiyi idari düzenleme ile yok etmek gerekir.

Günümüzdeki video gösterim aygıtlarının (VDA) kullanımının artmasıyla birlikte, elektromanyetik alanın büro çevresiyle ilgili sorunları alevlendirdiği görülmüştür. Bu aygıtlar etraflarında 60 Hz frekansta tipik değerler olarak 0.1  $\mu$ T ve 0.3  $\mu$ T akı yoğunluğu, daha yüksek frekanslarda, yüzeyine yakın yerlerde 5  $\mu$ Te kadar varan yoğunluklar oluştururlar. 50-60 Hz frekanslardaki alanlar VDA' da yalnız bir değer göstermez, fakat diğer elektrikli aygıtlara göre çok daha yüksek düzeyler oluşturur. Yatay dönme sistemi elektron ışınlarının ekranı taraması için düzenlenmiştir ve 15-25 kHz arası alan oluştururlar. Akı yoğunluğu onlarca  $\mu$ T düzeyindedir ve işlem sırasın-

da zaman-türevi aralığı 7'den 400 mT/sn\*ye kadar değişir. İşlem anında elektrik alanı ise 1 ile 15 V/m (rms) arasında değişir, fakat yüzeye yakın bölgelerde ve VDA'ların arasında çok daha yüksek alanlara rastlanabilir.

### TIPTA ELEKTROMANYETİK ALANIN ETKİSİ

Elektromanyetik alanların ilk uygulaması ısı tedavisindeydi. İki biçimi en çok kullanılırdı; bunlar kısa-dalga (27 MHz civarında) ve mikrodalgaydı (2450 MHz civarında). Hastaya olan etki bölgeseldi ve süresi sınırlıydı (15 ila 30 dakika arası), fakat doku ısısında önemli düzeyde yükselme yapabilecek yüksek bir şiddeti vardı. Kısa dalgada elektrikli ısı tedavisinde 60 V/m ve 0.16 A/m etki işlem sırasında normal olarak oluşuyordu. Daha yüksek alanlar ise elektrotlara ve kablolara yakın yerlerde oluşuyordu.

Son yıllarda, elektromanyetik dalgalar kanser tedavisinde başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Elektrikli ısı tedavisinde, hasta yüksek elektromanyetik alana sınırlanmış bir süre maruz kalmaktadır. İşlemin etkisi hakkında ufak da olsa bir bilgi mevcuttur. Etki alanı civarında olan bir cihazın 13.56 MHz frekansta çalıştığı ve gövde, kalça ve boyun ısıtılmasında kullanıldığı bilinmektedir. Bobin tipine ve gücüne göre, kullanıcı etkisinin ANSI sınırlarını, kullanıcının cihazın bobininden 0.3 ile 1 metre arasında uzaklıkta olduğunda aştığı belirlenmiştir. Değişik biçimlerde manyetik alan kırık kemiklerin kaynamasını kolaylaştırmak için kullanılmaktaydı. Genelde 15, 50 ve 75 Hz frekanslarında uygulanan bu yöntem dışında 1 Hz'de çalışan bir sistem de kullanılmaktaydı. Maksimum manyetik alan yoğunluğu 1 ila 30 mT arasında değişmektedir. Daha yüksek frekanslarda (MHz seviyesinde) manyetik alan oldukça düşük frekansdaki vuru modülasyonu ile yaraların iyileştirilmesinde kullanılmaktadır. Bu durum için alan şiddeti çok daha düşüktür.

Tıbbi teşhislerde, nükleer manyetik rezonans (NMR) görüntülemesinde manyetik alanların birleştirilmesinde RF alan kullanılmaktadır. Şimdiki sistemler 6'dan 1p0 MHz'e kadar değişen aralıklarda çalışır. Birçok ülkede

(A.B.D., İngiltere, Fransa) ANSI standartlarına yakın yol-gösterici bilgiler hastanın maruz kalacağı RF alanın sınırını bildirmek üzere dağıtılmıştır. Hastaya gönderilen NMR bilgileri RF alanını da hemen hemen kapsadığında işlem sırasındaki etki gerçekte sıfırdır.

### SONUÇLAR

Yaygınlaşan ve gittikçe gelişen elektromanyetik dalgaların değişik insan uygulamalarında kullanılması insanların tehlikeye maruz kalma durumunu gitgide artırmıştır.

Çevrede dolaşan alanlar genelde düşüktür, etkinin ana kaynağı elektrik dağıtım şebekeleri, elektrik aletleri, diğer elektrikli ve elektronik cihazlar ile radyo ve televizyon yayın dalgalarıdır.

Bu iş alanlarında çalışan işçiler yüksek bir alanla karşı karşıya kalmaktadırlar. Uygun kontrol ölçümleri yapılıyorsa da bu etki düzeyi sınırları aşabilir. Aşırı dozaja maruz kalma yalnızca FM ve TV yayını kulelerine tırmananlar ile iletişim ve radar malzemeleri servis çalışanları için potansiyel olarak vardır. ANSI standartlarındaki gerçek etki düzeyleri RF endüstrisindeki yalıtkan ısıtıcıların kullanıcıları için araştırılmıştır. İndüksiyon ısıtıcıların ve kaynakların kullanıcılarına etkisini şu anda bilebilmek güçtür, çünkü cihazların çalıştığı frekanslar için hiçbir etkilenme standardı yoktur. Kısa-dalga diatermi ya da RF hipertermi gibi tıbbi aygıt kullanıcıları, uygun süreçler izlenmezse yüksek alanların etkisi altında kalabilirler. Genelde bazı çalışanlar da aşırı dozajda elektromanyetik dalgalara maruz kalabilir. Bu alan zararlı olabileceğinden, çalışanları dikkatli olmaya zorlamak için dozaj standartları ve kontrol programlarına gereksinim vardır.

**Özgün Metin:** "Environmental and Occupational Exposure to Electromagnetic Fields" IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine, Vol. 6, No. 1 (Mart 1987).

## D U Y U R U

### YILDIZ ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ

#### "ÜLKEMİZİN KALKINMASINDA MÜHENDİSLİĞİN ROLÜ" SEMPOZYUMU

20-24 Haziran 1988

Yıldız Üniversitesi Merkez Kampusu  
Yıldız - İstanbul

Yazışma adresi:

"Ülkemiz Kalkınmasında Mühendisliğin Rolü"  
Sempozyumu Düzenleme Kurulu  
Yıldız Üniversitesi Mühendislik Fakültesi  
80750 Yıldız - İSTANBUL