

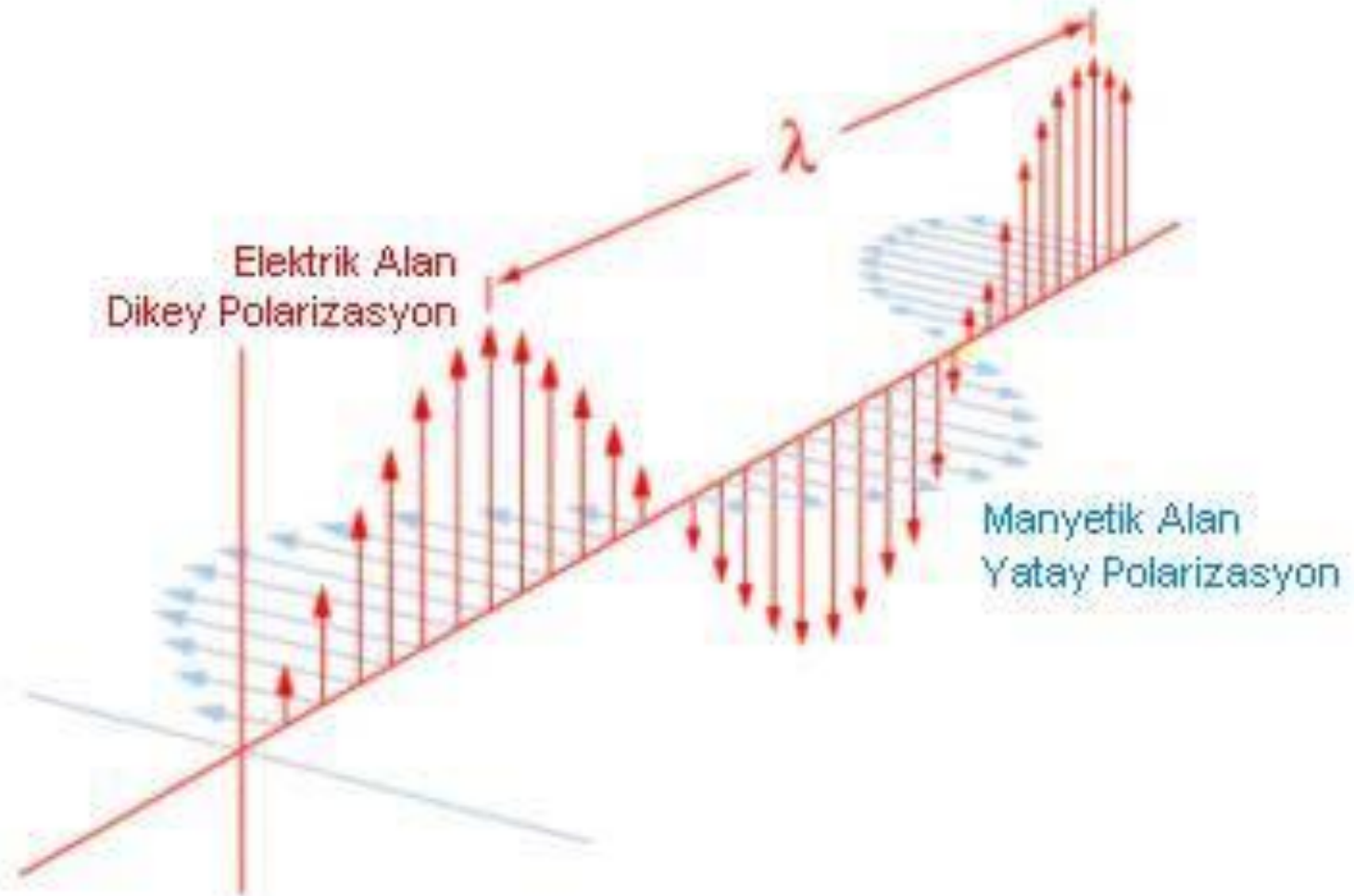
RT221 Biyomedikal Cihaz Teknolojisi

- Biyomedikal teknolojinin tanımı ve uygulanması. Manyetizma, Elektrik akımının tanımı, Doğru ve dalgalı akım, Elektro manyetizma. Direnç, kondansatör, self bobinleri, transformatörler ve bunların elektrik devrelerinde kullanılması. Atom teorisi, Elektro negatif ve elektro pozitif akımlar, Redresörler, vakum lambalar, yarı iletkenler. Elektrik enerjisi ile çalışan cihazlarda arızaların bulunması. Röntgen X-ışınının özellikleri ve elde edilmesi, Röntgen tipleri, Röntgen cihazının ana yapısı, Ölçme ve denkleme sistemleri, Röntgen cihazı ana devreleri (ototransformatör, kenetron flaman, kontrol, timer ve buki devreleri). Röntgen cihazında yapılması gereken ayarlar (ototransformatör, kenetron flaman, timer tüp flaman ve KVP ayarları), İdeal röntgen laboratuvarı. Karanlık odalar, Arıza bulma sistemleri, Röntgen teknisyenleri tarafından yapılabilecek küçük onarımlar, şemaların basitleştirilmesi.

TIBBİ CİHAZLARDA ELEKTROMANYETİK UYUMLULUK

- Elektromanyetik teorinin temeli olan Maxwell'in elde ettiği denklemler; zamanla değişen bir manyetik alanın bir elektrik alan oluşturmaya gibi, zamanla değişen bir elektrik alanın da bir manyetik alan oluşturacağını söyler. Buradan Maxwell teorisi ile elektrik ve manyetik alanlar arasındaki çok önemli bağlantı gerçekleştirildi. Maxwell'in teorik olarak ispatladığı dalgaların varlığını H.R. Hertz 1887 yılında bir indüksiyon bobini kullanarak ilk olarak üretip ve onları algılayarak deneysel olarak kanıtladı.

- Elektromanyetik dalgalar ivmelendirilmiş elektrik yükleri tarafından oluşturulurlar. Yayınlanan bu tür dalgalar birbirlerine ve dalganın yayılma doğrultusuna dik olan ve titreşen elektrik ve manyetik alanlardan ibarettir. Bu nedenle elektromanyetik dalgalar enine dalgalardır.



Maxwell teorisi, bir elektromanyetik dalga içindeki elektrik ve manyetik alanların $\vec{E}$ ve $\vec{B}$ genliklerinin birbirlerine $c = E/B$ ile bağlı olduğunu gösterir.

Maxwell denklemleri serbest uzayda

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0} \text{ (Gauss Yasası) ; Not: Boşlukta değeri sıfırdır.}$$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0 \text{ (adı yok)}$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \text{ (Faraday Yasası)}$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J} + \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \text{ (Ampere Yasası)}$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J} + \varepsilon_0 \mu_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \quad (\text{Ampere Yasası})$$

ile gösterilir. Bu denklemler, $\vec{E}$ ve $\vec{B}$ 'ye göre birinci dereceden çiftlenimli kısmi diferansiyel sistemi olurlar. İki alan arasındaki çiftlenimi ayırmak için üçüncü ve dördüncü denklemlerin rotasyonelini alırsak;

$$\nabla^2 \vec{E} = \varepsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} \quad \text{ve} \quad \nabla^2 \vec{B} = \varepsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2 \vec{B}}{\partial t^2}$$

elde edilir. O halde, $\vec{E}$ ve $\vec{B}$ 'nin herbir bileşeni; $\nabla^2 f = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 f}{\partial t^2}$ denklemini sağlar ve bu denkleme klasik dalga denklemi denilir. Bu v hızı ile ilerleyen bir dalganın hareketini belirler. Yukarıdaki denklemlerle karşılaştırdığımızda, Maxwell denklemlerinin elektromanyetik dalga çözümlerini kabul ettiği ve bu dalgaların hızının

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \text{ olduğu ve}$$

serbest uzayda dielektrik katsayısı $\epsilon_0 = 8.85418 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2$

manyetik geçirgenlik $\mu_0 = 4 \pi \times 10^{-7} \text{ Wb/ A.m}$ olarak alındığında

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} = 3.00 \times 10^8 \text{ m/sn bulunur ki bu da } c \text{ ışık hızına eşittir.}$$

Ortamda Elektromanyetik Dalga

Eğer ki elektromanyetik dalgaları bir ortamda ilerlerken düşünersek ε_0 yerine ε , μ_0 yerine de μ alırsak ortamdaki dalga hızı $v = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon\mu}} = \frac{c}{n}$ olur. Buradaki n ortamın kırılma indisi olarak adlandırılır. Aşağıdaki gibi bir dalganın n_1 ortamından n_2 ortamına geçişi ile dalganın bir kısmı geçer bir kısmı da yansır. Ne kadar yansıyacağı iki ortam arakesitindeki sınır koşullarına bağlıdır.

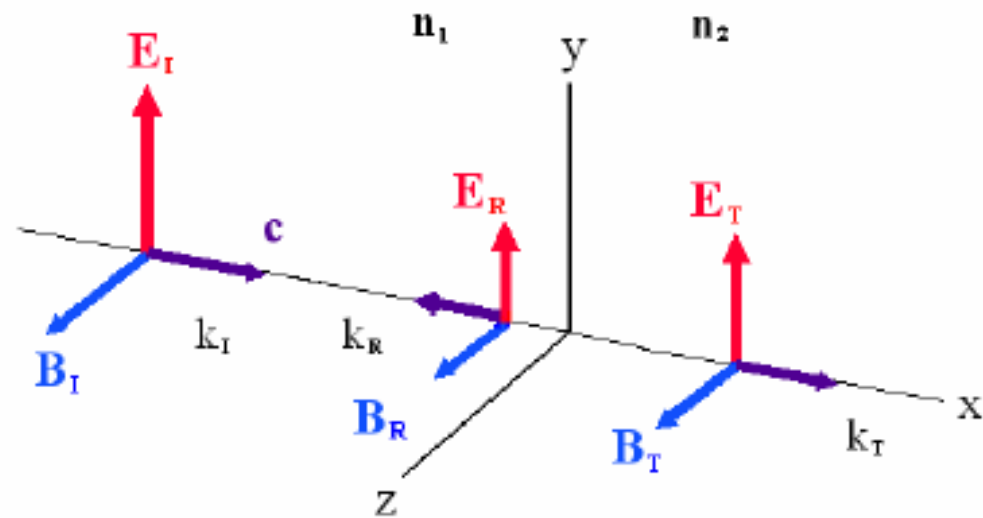
Sınır Koşulları:

$$1) \varepsilon_1 \vec{E}_{1\perp} = \varepsilon_2 \vec{E}_{2\perp}$$

$$2) \vec{B}_{1\perp} = \vec{B}_{2\perp}$$

$$3) \vec{E}_{1\parallel} = \vec{E}_{2\parallel}$$

$$4) \frac{\vec{B}_{1\parallel}}{\mu_1} = \frac{\vec{B}_{2\parallel}}{\mu_2}$$



Buna göre +x yönünde ilerleyen ω frekanslı bir dalganın polarizasyonu y yönünde ise;

Gelen Dalga; $E_I(x,t) = E_{0I} e^{i(k_I x - \omega t)} \vec{j}$

$$B_I(x,t) = B_{0I} e^{i(k_I x - \omega t)} \vec{k} = \frac{E_{0I}}{v} e^{i(k_I x - \omega t)} \vec{k}$$

Yansıyan Dalga; $E_R(x,t) = E_{0R} e^{i(k_I x - \omega t)} \vec{j}$

$$B_R(x,t) = B_{0R} e^{i(k_I x - \omega t)} \vec{k} = -\frac{E_{0R}}{v} e^{i(k_I x - \omega t)} \vec{k}$$

Elektromanyetik Dalgalarla Taşınan Enerji

Elektromanyetik dalgalar enerji taşırlar ve uzayda yayılırken yollarının üzerinde bulunan cisimlere enerji aktarırlar. Bir elektromanyetik dalgadaki enerji akış hızı Poynting vektörü (S) ile tanımlanır.

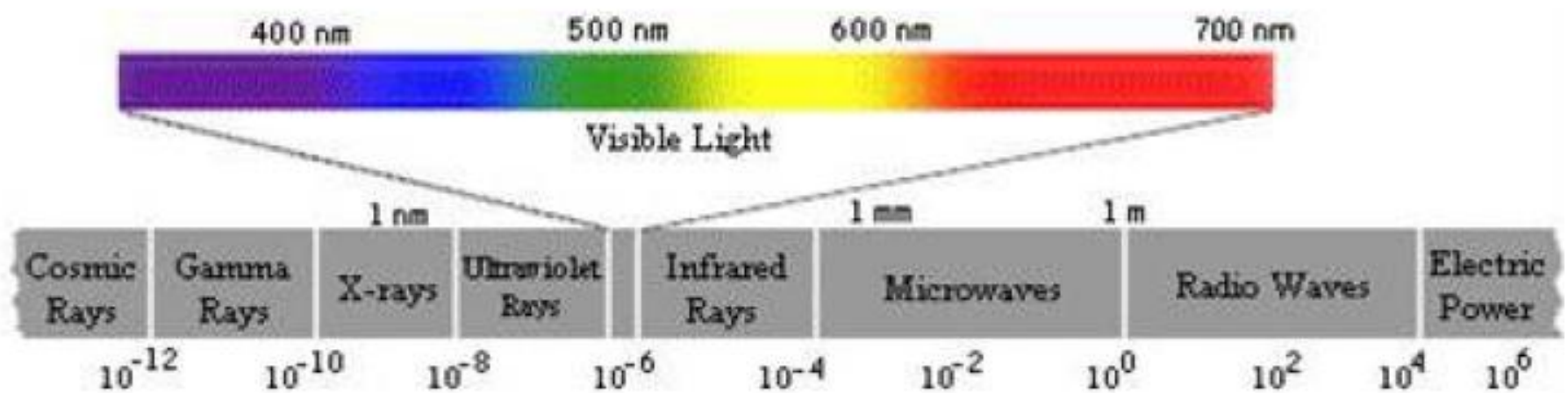
$$S = \frac{1}{\mu_0} \vec{E} \times \vec{B}$$

Poynting vektörünün büyüklüğü akış yönüne dik olan birim yüzeyden enerjinin geçiş hızını ifade eder. S 'nin yönü dalganın yayılma doğrultusu boyuncadır.

Elektromanyetik Dalgaların Spektrumu

Elektromanyetik dalgalar, iki etkinin sonucunda oluşurlar. 1) Manyetik alanın değişimi bir elektrik alan oluşturur, 2) elektrik alanın değişimi bir manyetik alan oluşturur. Bu nedenle, durgun elektrik yükleri ve kararlı akımlar elektromanyetik dalgalar oluşturmazlar. Bir telden geçen akım zamanla değişirse tel elektromanyetik dalga yayar.

Bütün elektromanyetik dalgalar boşlukta ışık hızı ile yayılır. Bu dalgalar, belirli kaynaktan bir alıcıya enerji ve momentum taşırlar. Bütün elektromanyetik dalgalar boşlukta c hızı ile yayıldıklarından frekansları ve dalgaboyları arasında $c = \lambda \nu$ bağıntısı vardır.



Bant	Kısaltma	Frekans Aralığı	Dalgaboyu Aralığı
Ses Frekansı	AF	20 to 20,000 Hz	15,000,000 to 15,000 m
Radyo Frekansı	RF	10 kHz to 300,000 MHz	30,000 m to 0.1 cm
Çok düşük frekans	VLF	10 to 30 kHz	30,000 to 10,000 m
Kısa frekans	LF	30 to 300 kHz	10,000 to 1,000 m
Orta Frekans	MF	300 to 3,000 kHz	1,000 to 100 m
Yüksek frekans	HF	3 to 30 MHz	100 to 10 m
Çok yüksek frekans	VHF	30 to 300 MHz	10 to 1 m
Ultra yüksek frekans	UHF	300 to 3,000 MHz	100 to 10 cm
Süper yüksek frekans	SHF	3,000 to 30,000 MHz	10 to 1 cm
Extreme yüksek frekans	EHF	30,000 to 300,000 MHz	1 to 0.1 cm
Isı ve Infrared*	IR	10^6 to 3.9×10^8 MHz	0.03 to 7.6×10^{-5} cm
Görünür Bölge*	vis	3.9×10^8 to 7.9×10^8 MHz	7.6×10^{-5} to 3.8×10^{-5} cm
Ultraviyole*	UV	7.9×10^8 to $2.3 \cdot 10^{10}$ MHz	3.8×10^{-5} to 1.3×10^{-6} cm
X-ışınları*	X- ray	2.0×10^9 to $3.0 \cdot 10^{13}$ MHz	1.5×10^{-5} to 1.0×10^{-9} cm
Gama ışınları*		2.3×10^{12} to $3.0 \cdot 10^{14}$ MHz	1.3×10^{-8} to 1.0×10^{-10} cm
Kozmik ışınlar*		$>4.8 \times 10^{15}$ MHz	$<6.2 \times 10^{-12}$ cm
* Değerler yaklaşıktır.			

Gama Işınları:

Radyoaktif çekirdekler tarafından belirli nükleer tepkimeler süresince ve belirli nükleer tepkimeler süresince yayılan elektromanyetik dalgalardır. Bu ışınlar yüksek derecede girginlik özelliğine sahiptir; canlı dokular tarafından soğurulduğunda metabolizmaya zarar verirler.

X Işınları

X ışınlarının kaynağı, bir metal hedefi bombardımana tabi tutan yüksek enerjili elektronların yavaşlamasıdır. Bu ışınlar da yüksek enerji taşıdıklarından canlı dokulara zarar verirler, öldürücü etki yaparlar.

Morötesi (Ultraviole) Dalgalar:

Güneş morötesi ışınların en önemli kaynağıdır. Güneş'ten gelen morötesi ışının çoğu atmosferin bir katmanı olan stratosferdeki atomlar tarafından yutulur. Stratosferin önemli bir bileşeni morötesi radyasyonun oksijenle tepkimeye girmesi sonucunda oluşan ozon (O_3)'tür. Bu ozon tabakası öldürücü yüksek enerjili morötesi radyasyonu ısıya dönüştürür ve sonuçta stratosfer tabakası ısınır.

Görünür Bölge:

İnsan gözünün görebildiği kısımdır. Işık, atom ve moleküllerdeki elektronların yeniden düzenlenmeleri ile oluşur. Mordan kırmızıya gökkuşağı renklerini içerir.

Kızılötesi Dalgalar:

Sıcak cisimler ve moleküller tarafında oluşturulan bu dalgalar, çoğu maddelerce kolaylıkla soğurulurlar. Bir maddenin soğurduğu kızılötesi enerjisi ısı şeklinde kendini gösterir. Çünkü madde tarafından soğurulan bu enerji vasıtası ile, cismin atomları yerinden oynadığından, onların titreşim ve öteleme hareketleri artar, dolayısıyla maddede bir sıcaklık artması meydana gelir.

Extreme yüksek frekans (EHF):

Kısa boylu radyo dalgalarıdır ve dümdüz yayılırken çok güçlüdürler. Yağmur veya sis gibi kötü hava koşullarında uzak mesafelere yayılmada zorluk çekdiklerinden dolayı kısa aralık radyo haberleşmeleri için kullanılırlar. Ayrıca, radyo astronomi, radar, uydu haberleşmesi, basit radyo, sabit telsizlerde de büyük oranda kullanılır.

Süper Yüksek Frekans (SHF):

Bunlar da dümdüz kolayca yayıldıklarından belli bir yöne doğru iletimde çok uygundur. Çok büyük miktarda verinin taşınmasına uygun canlı yayın programlarında, uydu haberleşmesinde, uydu yayınlarında, radarlarda, radyo astronomide ve daha pek çok alanda kullanım alanı bulunur.

Ultra Yüksek Frekans (UHF):

Bunların da dümdüz yayılmaları güçlüdür tabi binalar ve dağlar gibi engellere rastlayana kadar. Bu frekans bölgesi; 880-960 MHz arasında GSM900 ve 1710-1880 Mhz arasında DCS1800 cep telefonu haberleşmesinde, 450 MHz'de NMT araç telefonlarında, 2450 MHz'de evlerde kullandığımız mikrodalga fırınlarda kullanılır. Bunun yanında, TV yayınlarında, felaket durumlarında, tren haberleşmelerinde, radarlarda, amatör radyolarda da geniş bir kullanım alanı mevcuttur.

Çok yüksek frekans (VHF):

Bunlar da dümdüz ilerler fakat iyonosferden yansıtılmazlar. Kısa dağlarda, tepelerde ve binalardan engellenirler. Bunlar da büyük miktarda veri taşıyabilirler ve FM yayınlarında, TV yayınlarında, hava trafik kontrol haberleşmelerinde, çağrı cihazlarında, telsiz telefonlarda, amatör radyolarda, demiryolu ve itfaiye haberleşmelerinde kullanılır.

Yüksek Frekans (HF):

Dalgaboyları 10 ile 100 metre arasındadır ve yerden 200 ile 400 km yükselerek iyonosferin F tabakasından yansıyarak gezegenin diğer tarafına geçebilir. Bu nedenle, uzun mesafede uçaklarla, okyanuslarda gemilerle haberleşilebilir ve uluslararası yayınlarda ve amatör telsiz haberleşmelerinde de kullanılır.

Orta Frekans (MF):

Bu dalgalar yaklaşık 100 km yükselerek iyonosferin E tabakasından yansır. Bu frekans ile iletişim için geniş antenler ve vericiler kullanıldığından pek pratik değildir. AM haberleşmesinde ve amatör telsizciler tarafından kullanılır.

Kısa Frekans (LF):

Dalgaboyu 1 ile 10 km arasında olduğundan çok uzaklara iletim yapılabilir. 1930'lara kadar radyotelegraf için kullanıldı ancak şu anda zaman sinyali gönderen yayınlarda ve radyo beacon'larında kullanılır.

Çok kısa Frekans (VLF):

Dalgaboyu 10 ile 100 km arasındadır ve yeryüzeyinden küçük tepeleri de aşarak iletim yapabilir.

Ses Frekansı (AF):

Bizim kulağımızın hassas olduğu 20 Hz ile 20000 Hz'lik frekans aralığını içerir. Bu aralıktaki sesleri duyabiliriz.

EMC NEDİR?

EMC Electromagnetic Compatibility teriminin kısaltmasıdır. Türkçesi Elektromanyetik Uyumluluk'tur.

Adından kısmen anlaşılacağı üzere herhangi bir cihazın manyetik özelliklerinin istenilen şartları karşılaması esasına dayanır.

Ülkemizde 2000 yılında EMC direktiflerinin TSE standartlarında yer almaya başlamasıyla birlikte daha da bir önem kazanmıştır bu konu.

(Avrupa'da ve Amerika'da 20 yıldır var olan standartlardan bahsediyoruz)

Ülkemizde tasarımın son aşamasına gelmiş ürünler yani son ürünler Test edilmek üzere test laboratuvarlarına ya da TSE'ye gönderilir ve gerekli ölçümler buralarda yapılır.

Ürünün belli gereksinimleri (her ürünün kendi türüne has bir standardı vardır ve her biri için alt-üst değerler ve teknik özellikler belirtilmiştir.) karşılayıp karşılamadığına bakılır ve resmi nitelikli raporlar hazırlanır ve Üretici firmaya teslim edilir. Test sonuçları olumlu ise firma bu belgeleri işaretleme işlemlerinde (CE işaretleme, TSE işareti, vs) kullanır, olumsuz ise bunun nedenleri belirlenir ve söz konusu ürün üzerinde testleri geçecek şekilde yeniden tasarım yapılır ve yeniden test edilir.

İşte bu testlerden biri de EMC ile alakalıdır.

- **Ürünlerden kendi üzerine gelen Elektromanyetik dalgalardan etkilenmemesi ve etrafa yaydıkları elektromanyetik dalgalarla canlıları ve diğer cihazları etkilememesi beklenir.**

Bunları belirlemek için manyetik dalgalar için belirli değerler vardır ve test merkezlerinde bu değerler kontrol edilir.

- Yarı-yansızmasız veya tam-yansızmasız bir odada ürün üzerine özel bir anten ve dalga üretici cihazlar yardımıyla elektromanyetik dalgalar gönderilir ve çalışmasını sorunsuz devam edip etmediği kameralarla kontrol edilir. Aynı zamanda ürünün (elektrik veya girdi çıktı soketleri varsa) çalışma değerleri kontrol edilir. Değerler dışına çıkan bir ürün testi geçemez demektir

İçerik



- ✎ Tanımlar, Kuruluşlar, Standartlar
- ✎ EMC Kavramları
- ✎ Ölçüler, Testler ve Ortamlar
- ✎ Korunma Yöntemleri
(topraklama, ekranlama ve filtreleme)
- ✎ Bina içi kablo döşeme ve EMC

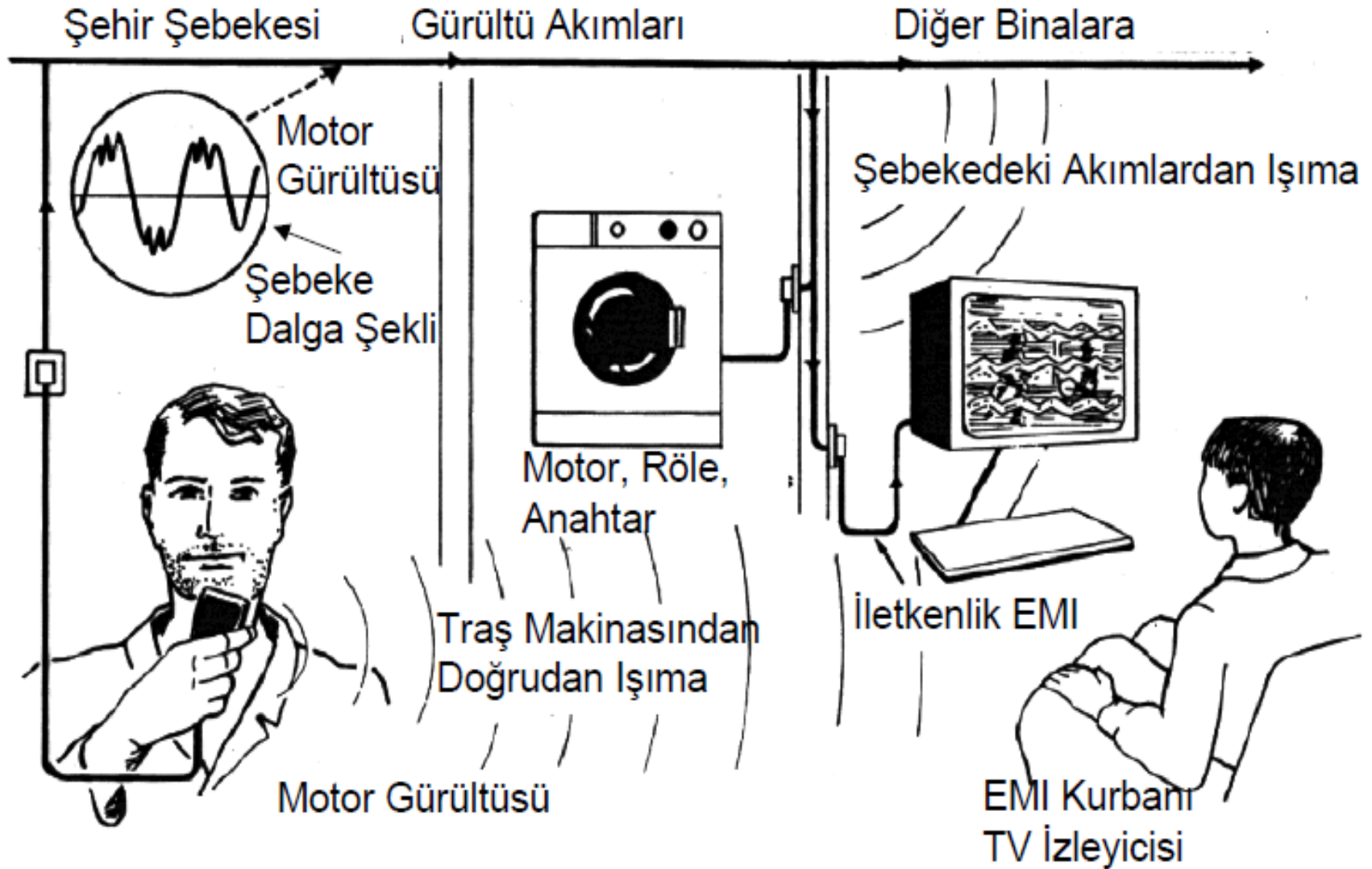
Radiation	: Işımım
Propagation	: Yayılım (İletim)
Emission	: Yayınım (Sızıntı)
Broadcast	: Yayın (?)
Compatibility	: Uyumluluk
Immunity	: Bağışıklık
Susceptibility	: Alınganlık
Scattering	: Saçılma
Diffraction	: Kırınım

Gündelik yaşantımızda sık karşılaştığımız

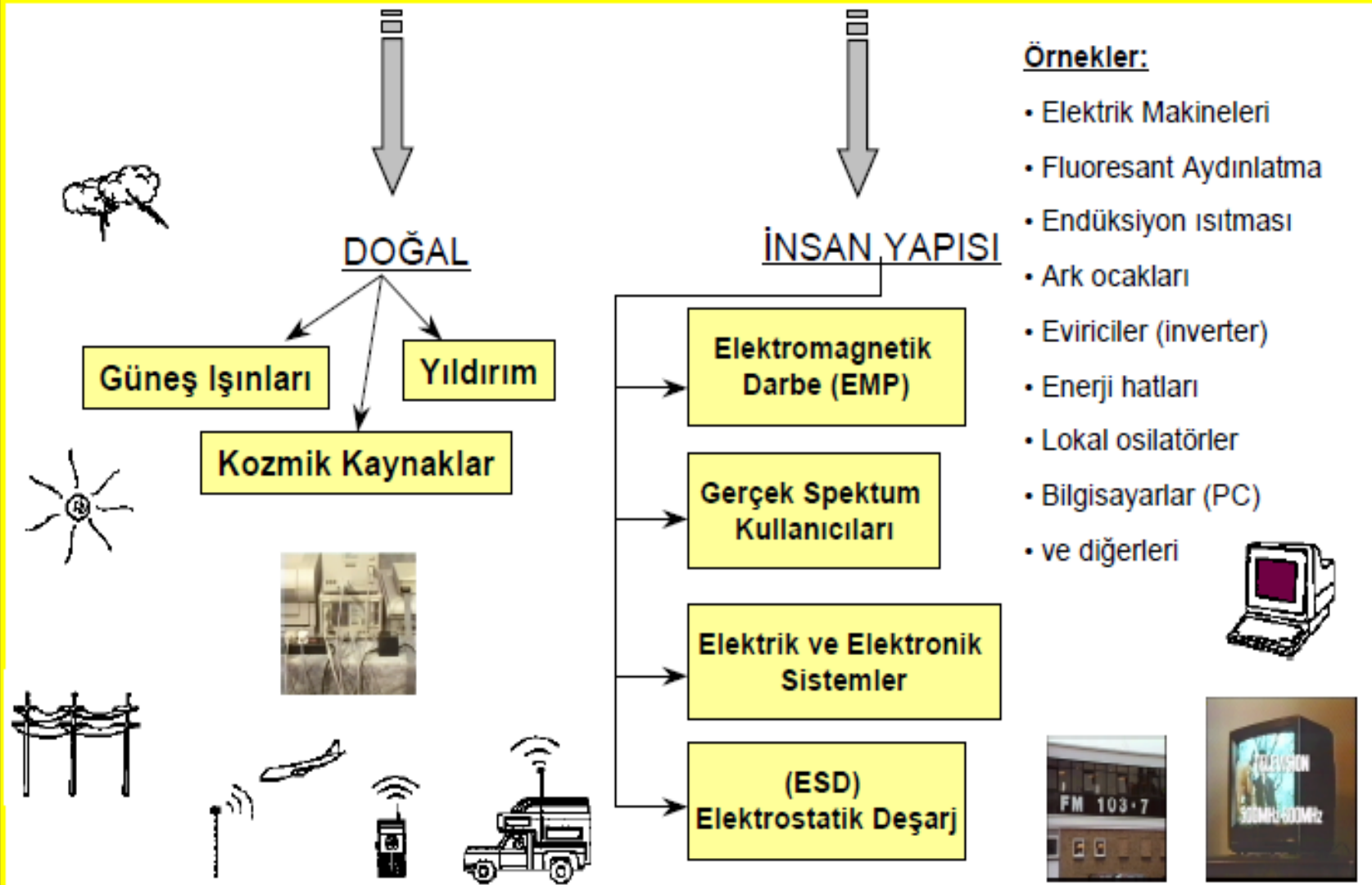
- Düşen bir yıldırımın telefon sistemlerini, evlerdeki elektronik cihazları çalışamaz duruma getirmesi,
- Evdeki ya da ofisteki bilgisayarın FM dalga radyo yayınlarını bozması,
- Elektrik süpürgesinin TV'lerde karlanmaya neden olması,
- Floresan lambalar yandığında bilgisayar ekranının kırışması,
- Klima her devreye girdiğinde video cihazının saatinin sıfırlanması,
- Radyo dinlerken polis telsizlerinin araya girmesi,
- Havaalanı radarlarının diz-üstü bilgisayardan etkilenmesi,
- Cep telefonları ya da bilgisayarların araçların ABS fren sistemini kilitlemesi,
- Radyo kulesi yakınında uçan bir helikopterin kontrolden çıkabilmesi,
- Bilgisayar ana kartına eklenen ilave bir kartın ya da bellek elemanının daha takarken yanması,

benzeri olaylar EMC mühendisliğinin konularından bir kaçıdır.

Tipik EMC / EMI Problemleri



EM Girişim Kaynakları



- ➔ EMC problemi genelde zordur, ancak karmaşık değildir !
- ➔ EMC problemi kurallara ya da yasalara uymayan ayrıntılarla ilgilenir !
- ➔ EMC problemine genelde ilgilenilmesi zorunlu olan bir “angarya” gözüyle bakılır !
- ➔ EMC problemiyle genel EM mantığı dışında bakarak ilgilenmek gerekir !
- ➔ Sistemler -biz beğensek de beğenmesek de- gerçek dünyada çalışmak zorunda !

Bir EMC Probleminde

➔ CİHAZ - CİHAZ ETKİLEŞİMİ

➔ EMC MÜHENDİSLİĞİ

➔ CİHAZ - CANLI (DOKU) ETKİLEŞİMİ

➔ BEM MÜHENDİSLİĞİ

olarak anılır.

☛ Temel sınırlamalar: Doğrudan sağlık etkileri yaratan ve zamanla değişen elektrik, manyetik ve elektromanyetik alanlar. Temel sınırlamalar için kullanılan parametreler frekansa göre

- ⇒ Akım yoğunluğu (**J**)
- ⇒ Özgül soğurma oranı (**SAR**)
- ⇒ Güç yoğunluğu (**S**)

dur. Bunlardan sadece ortamda bulunan (insan vücudunun dışındaki) güç yoğunluğu kolayca ölçülebilir.

Eşik Değerler

☛ Temel büyüklükler: Sınırlamalarda frekansa ve dalga şekillerine göre şu parametreler kullanılmakta:

- ✕ 10 MHz frekansa kadar temel büyüklük J , akım yoğunluğudur.
- ✕ 110 MHz frekansa kadar ise I , akım ele alınır.
- ✕ 100 kHz ile 10 GHz arasında SAR, özgül soğurma oranından söz edilebilir.
- ✕ 300 MHz ile 10 GHz arasında darbesel işaretler için SA, özgül soğurma kullanılır.
- ✕ 10 GHz ile 300 GHz arasında ise güç yoğunluğundan söz edilebilir.

◆ ICNIRP : International Committee on Non-Ionizing Radiation Protection

ICNIRP "Guidelines for Limiting Exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300GHz)", Health Physics, 74, 4494-522, 1998

TEMEL LİMİTLER

Ortalama kan dolaşımında 4 W/kg SAR değeri vücut sıcaklığını 1° artırır.

Özel durumlarda 10 kat güvenlik payı → 0.4 W/kg SAR

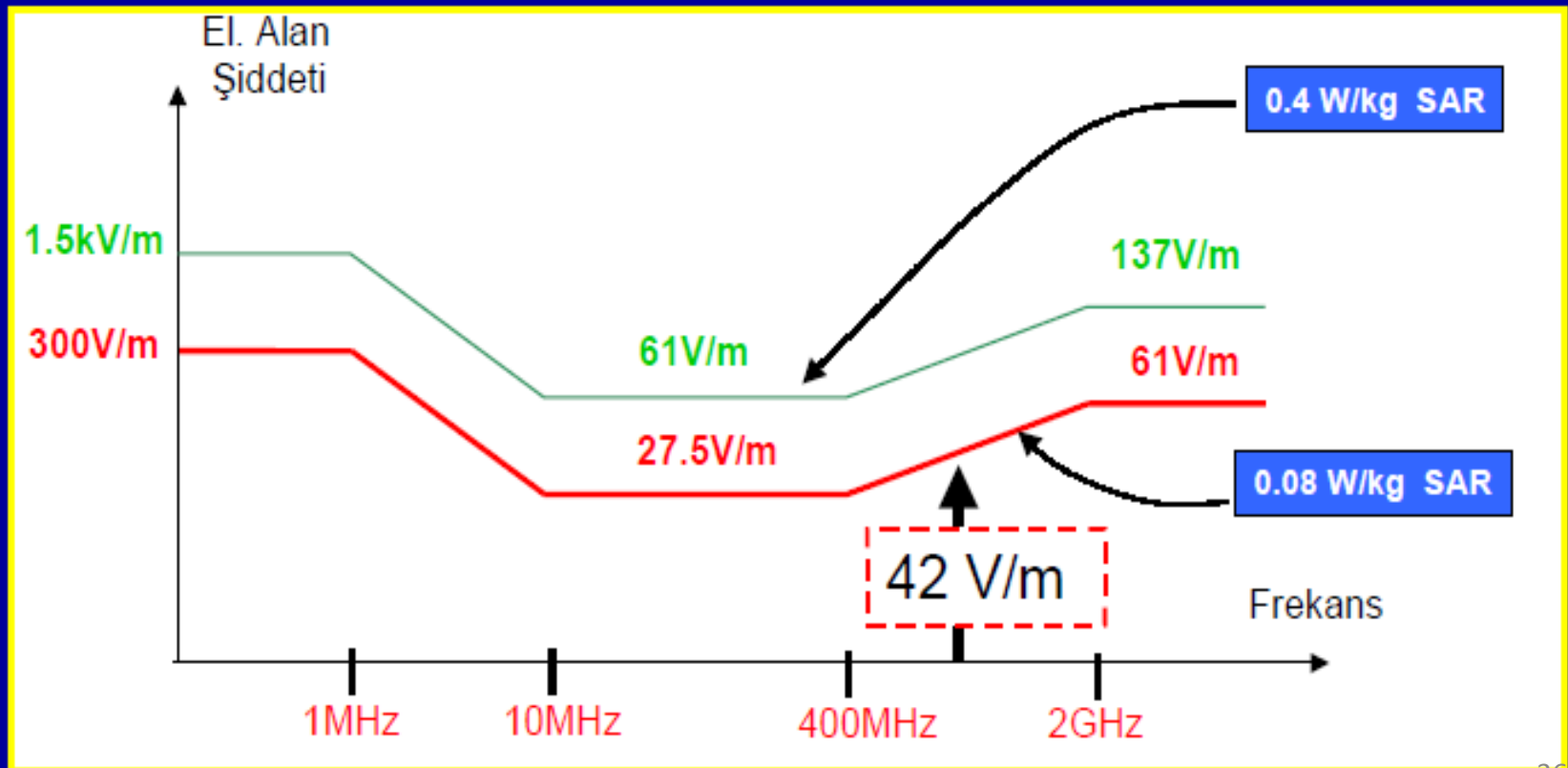
Genel durumda 50 kat güvenlik payı → 0.08 W/kg SAR

BEM Sınır Değerler

TEMEL LİMİT

Ortalama kan dolaşımında **4W/kg SAR** değeri vücut sıcaklığını **1°** artırır.

TÜRETİLMİŞ LİMİTLER



BEM Eşik Değerler (şebeke frekansları)

