

# ELEKTROMANYETİK SAVAŞ

( YÖNLENDİRİLMİŞ YÜKSEK GÜÇE SAHİP ELEKTROMANYETİK KAYNAKLAR )

Dr. Cahit Karakuş

## İçindekiler

1. Giriş.....	1
2. Nicola Tesla .....	2
3. Elektromanyetik Savaş .....	3
3.1. Elektromanyetik Gözetleme .....	3
3.2. Elektromanyetik Saldırı.....	4
3.3. Elektromanyetik Fırlatıcılar .....	4
3.4. Yönlendirilmiş Mikrodalga Kaynağı .....	5
3.5. Elektromanyetik Görüntüleme.....	5
4. Yüksek Güçte Yönlü Elektromanyetik yayılım .....	6
4.1. HPEM Etki mekanizması .....	6
4.2. Yüksek gülcü ve geniş bantlı elektromanyetik enerjinin üretilmesi .....	7
4.3. Belirli bir frekans bandında yayın yapan elektromanyetik kaynakların ve özelliklerin tespit edilmesi .....	7
4.4. HPEM Sistemlerinde Anten .....	8
5. Toryum Reaktör.....	8

## 1. Giriş

Elektromanyetik savaş, yönlendirilmiş manyetik enerjinin düşmana saldırma veya düşman saldırılarını engelleme amaçlı kullanılmasıdır. Elektromanyetik savaşın amacı karşı tarafın EM (Elektromanyetik) spektruma erişmesini engellemek, EM tahrip gücünden korunmak ve karşı tarafın EM spektrumunu çöktürmek ve karşı hedefi EM gücü ile tahrip etmektir. Elektromanyetik savaş taktikleri denizden karadan ve uzaydan insanlı veya insansız sistemler aracılığı ile iletişimi, radarları ya da diğer tehditleri hedef alabilir.

**Tehditler;** terörizm, düşman ülke faaliyetleri, askeri faaliyetlerde sınır ötesi yoğunlaşma ve aktiviteler, silah ve bomba kaçakçılığı; biyolojik, kimyasal ve nükleer silahlar öncelik olarak sıralanır. Tehdide yönelik iz aramada ya da hedef bulmada ve takip etmede tek bir yöntem yeterli olmamaktadır. Diğer iz bulma yöntemlerinin birlikte kullanılması önem kazanmıştır.

Tehdit algılama metotları;

- Görüntüde değişim,
- Ses şiddeti ölçümlerinde farklılık ve yoğunlaşma,
- Sismik aktiviteler
- Frekans spektrumunda elektromanyetik yoğunlaşma ve değişim,
- Titreşim ya da basınç,
- Kimyasal analizler,
- Fiziksel değişimler; Renk, boyut, konum değişikliği bulma
- Isısal (termal) değişim olarak sıralanır.

Elektromanyetik silahlar hedefleri (insan, elektronik devreye sahip cihazlar, askeri tesislerdeki sistemler, askeri saldırı araçları) geçici olarak devre dışı bırakmak ya da kalıcı ağır hasar vermek amacı ile elektrik, ısı veya mekanik enerjiyi boşlukta uzağa transfer etmek amacı ile güçlü enerji kaynağına sahip, yönlendirilmiş elektromanyetik yayılım yapan silahlardır.

## **2. Nicola Tesla**

Nicola Tesla (1856, 1943, New York). Sırp asıllı mucit, elektrik ve makine mühendisidir. Alternatif akım ile çalışan sistemlerin ilk mucididir. Yüksek gerilim ve yüksek frekanslı elektrik iletimi konusundaki araştırmalar, Nicola Tesla'yı Colorado Springs yakınlarındaki bir dağın üzerine dünyanın en güçlü radyo vericisini kurup çalıştırmaya yöneltti. 60 metrelik direğin etrafında, 22,5 metre çapında, hava çekirdekli transformatörü yaptı. İç kısımdaki sekonder 100 sarımlı ve 3 metre çapındaydı. Üreticisi, istasyondan birkaç mil uzaklıkta bulunan enerjiyi kullanırken, Nicola Tesla ilk insan yapımı şimşegi oluşturdu. Bir direğin tepesindeki 1 metre çaplı bakır küreden, 30 metre uzunluğunda, kulakları sağır eden şimşekler çaktı. TESLA yapay depremler yapabilen ölüm ışınından ve kimsenin geçemeyeceği manyetik bir kalkandan bahsetti, hatta dünyayı bir elma gibi ikiye bölebilecek güçte silahlar yapılabileceğini iddia etti. Elektromanyetik silah fikri böylece ortaya çıkmış oldu.

Elektromanyetik darbeleri atış etkisi ilk olarak havada patlatılan nükleer silahların denenmesi sırasında gözlemlendi. Bu enerji darbesi etki alanında bir elektromanyetik alan oluştu ve bu EM alana maruz

kalan iletkenlerde ve elektronik cihazlarda kısa süreli ama binlerce voltluk bir gerilim meydana getirdi. Bu darbeli atış, elektronik ekipmanlarda geri dönüşü olmayan hasarlara da sebep olabilecek yeterlilikte olabileceği gözlemlendi. Tesla Kalkanı olarak adlandırılan yüksek güçteki EM alan konusunda, özellikle kritik tesislerin (nükleer santraller, barajlar, silah fabrikaları, silah depoları, rafineriler...) korunmasında kullanılmaya çalışılmaktadır. Bu teknolojiler ile ilgili diğer çalışmalar ise ozon tabakasındaki deliğin kapatılması, şiddetli fırtınaları önlemek gibi pek çok alanda devam etmektedir.

### **3. Elektromanyetik Savaş**

Elektromanyetik savaş 3 bölüme ayrılır; gözetleme - izleme, koruma, saldırı - tahrip.

#### **3.1. Elektromanyetik Gözetleme**

**Elektromanyetik Gözetlemede**, EM kaynakların yayılım yönü ve yerlerinin belirlenmesi ile tehditlerin tanınması, hedefleri, oluşacak çatışma temas durumu hakkında istihbarata yönelik bilgi edinilmesi hedeflenir. İstihbarata yönelik olarak ortamdaki EM spektrum yoğunlaşması ve frekansa bağlı olarak elde edilen işaretler işlenir ve analiz edilir. Karşı tarafın EM gücü ve davranışı test edilir. Açık noktaları belirlenmeye çalışılır.

Pasif Radar sistemlerinde hedefin yaydığı EM güçler uzaktan ölçülür. Bu ölçülen değerler işlenerek ve analiz edilerek hedefin davranış hakkında kestirimler elde edilmeye çalışılır, öğrenen algoritmalar ile konumlar ve güzergahları kesin olarak belirlenmeye çalışılır.

Yarı iletken teknolojileri (Non Linear Junction Detector) olarak adlandırılan aktif elektronik elemanların akım fonksiyonlarından kaynaklanan yayınımlar ölçülür. Bu ölçümlerden elektronik sistemlerin konumları ve davranışları belirlenmeye çalışılır. Transistor, diyot ve entegre devrelere ait akımlar çok sayıda frekanslardan oluşan ( özellikle 3.harmonik) işaretleri ortama yayımlar. Zeminlere gizlenmiş çeşitli elektronik cihazları bu yöntem ile belirlenir.

**Uzaydan Takip ve Gözetleme Sistemi** (Space Tracking and Surveillance System - STSS) bir balistik füze savunma projesidir. Alçak yörüngeye yerleştirilecek uydular ile yer radarlarının konumları ve balistik füzelerin konumları tespit edilir. Füze hedefine doğru ilerlerken rotasını izlenerek erken uyarıda bulunur. **Erken uyarı radarı** yer yüzeyinin üstündeki tüm uzayı belirli bir ışınma açıklığında gözlemler. Füze erken uyarısında bulunduğu füze savunma sistemi devreye girer. Füze algılama, doğrulama ve tehdit olup olmadığı sınıflandırılır. Erken uyarı radarı balistik füze savunma sisteminin bir parçası

olarak görev yapar. Patriot ve denizden fırlatmalı füze savunma sistemleri ile yüksek mertebelerde tehdit olarak algılanan ve doğrulanmış füzelere müdahale eder.

### **İyonosferden takip,**

İyonosferden yansıyan dalgalar kullanılarak başta geniş kıyı şeridinde gemiler olmak üzere uçakların, füzelerin ve diğer hedeflerin konumları, rotaları ve hızları belirlenir. Tüm hava koşullarında ve tüm yüksekliklerdeki hedefler izlenir.

## **3.2. Elektromanyetik Saldırı**

Karşı tarafın savaşma gücünü yok eden, azaltan ya da etkisiz hale getiren elektromanyetik enerji yayımıdır. Havadaki iletişimin kesilmesi (communications jamming), Jammer elektromanyetik korunmanın bir parçası değildir, elektromanyetik saldırının bir parçasıdır. Diğer saldırı sistemleri lazer, alev alan tuzaklar ve radyo kontrollü patlayıcılar olarak sıralanır.

Nükleer silah kullanılmadan elektromanyetik darbe atışı yapan sistemdir. Bir anten üzerinden yönlendirilecek EM kaynak, düşük endüktanslı çok büyük kondansatör bankından ve mikrodalga jeneratöründen bir dizi büyük cihazlardan oluşur. Hedef ile etkileşime girerek bağlantı kurması için gerekli frekans karakteristikleri elde etmede EM darbe atış kaynağı ile anten arasına, mikrodalga jeneratörleri ve veya dalga biçimlendirme devreleri eklenir. Yüksek enerji darbe atışlarının mikrodalga dönüşümü için uygun vakum tüpüne vircator denir.

## **3.3. Elektromanyetik Fırlatıcılar**

Elektromanyetik silah fırlatıcıları bir kumanda devresi, ivmelendirici sargılar, bu sargıları besleyen güç katından oluşur ve cisimlerin fırlatılmasını sağlar. Elektromanyetik fırlatıcılar ile ilgili çalışmalar, 1980'lerden beri başta ABD ve Rusya da olmak üzere birçok ülkede devam etmektedir.

Çalışmalar manyetik olarak kaldırılan trenleri içeren manyetik tahrik, elektromanyetik mancınıklar kullanılarak uçakların fırlatılması, metallerin uzaya fırlatılması, küçük mermilerin aşırı yüksek hızlarda fırlatılması, füzyon reaktörleri için yakıt elde etmek amacı ile eritilerek elde edilen ufak topların hızlandırılması vb. birçok konuda yaygınlaşmıştır.

Elektromanyetik fırlatıcılar raylı elektromanyetik fırlatıcılar, sargılı elektromanyetik fırlatıcılar, karma elektromanyetik fırlatıcılar ve doğrusal hareketli fırlatıcılar olarak sıralanır.

Elektromanyetik fırlatıcılar ile uzaktan bir cismin hareket ettirilmesi ve yörüngesinin değiştirilmesi konusunda çalışmalar yapılmaktadır.

### ***3.4. Yönlendirilmiş Mikrodalga Kaynağı***

Mikrodalga silahların insana yeterince zarar verecek güçte olması mümkündür. Ölümcül olmayan, yönlendirilmiş enerji silahı olarak tarif edebileceğimiz Aktif Denial Sistemi (ADS) kalabalıkların kontrolü ve toplumsal olaylara etkin bir şekilde müdahale edebilmek için geliştirilen yeni bir teknolojidir. ADS güçlü bir milimetrik dalga ileticisidir ve kalabalıkların kontrolünde son derece etkilidir. Bu alet konuşma dilinde "Acı Işını" olarak ta adlandırılmaktadır. Aktif Denial Sistemi, hedef insanın derisindeki suyu ısıtan ve dayanılmaz acıya neden olan bir mikrodalga kaynağıdır. Raytheon firmasında çalışan araştırmacılar tarafından New Mexico daki Birleşik Devletler Hava Kuvvetleri Araştırma Laboratuvarında geliştirilmiştir. Şiddetli ağrıya sebep olmanın dışında hiçbir kalıcı hasar bırakmaması amaçlanmasına rağmen geri dönüşümsüz hasarlara neden olabileceği ileri sürülmeye başlanılmıştır. Mikrodalga ışınına maruz kalanların uzun vadeli yan etkileri için henüz yeterli testler yapılmamıştır. İsyancı bastırmada, çetelere yönelik operasyonlarda, anarşik olaylarda, rehinelere kurtarmada kullanılması planlanmaktadır.

### ***3.5. Elektromanyetik Görüntüleme***

Yer yüzeyinin altındaki dünyada görünmezleri araştırmak, konumlarını bulmak, ne olduklarını analiz etmek için kullanılan donanım ve yazılım sistemleridir. (GPR, X-ray, EMI, Impulse Synthetic Aperature Radar, Sismik radar)

#### **Güvenlik ve savunma amaçlı elektromanyetik görüntüleme;**

Tehditlerin önceden tespit edilmesinde ve felaket sonrası arama, kurtarma ve durum tespiti çalışmalarında,

Zemin veya duvarın arkasında bulunan silah, patlayıcı ve buna benzer tehditlerin tespiti ve görüntülenmesi ile konum değişikliklerinin bulunmasında,

Zemin veya duvarın içerisine yerleştirilmiş silah, bomba, el yapımı patlayıcı, gizli bölme, yapısal değişiklik, elektrik dağıtım kabloları, su ve doğalgaz boruları gibi yapısal değişikliklerinin tespiti ve görüntülenmesinde,

Zemin veya Duvar yapısının tespitinde, Duvar içerisinde bulunan çatlak v.b. yapıların tespitinde,

Zemin veya duvarın arkasında bulunan canlıların ve cisimlerin tespiti ve izlenmesi (enkaz altında, mağara ve bina içerisinde canlı tespiti v.b.) için kullanılmaktadır.

## 4. Yüksek Güçte Yönlü Elektromanyetik yayını

Yüksek güçte yönlü elektromanyetik gücü (HPEM – High Power Electrmagnetic ) meydana getiren sistemler;

- Yüksek Voltaj Üretici
- Jeneratör; MARX jeneratörü
- EM dalga üretici; UWB pulse shaper, VIRCATOR
- Anten sistemi

Radar denklemleri kullanılarak ışıma yapan elektrik alan şiddetinin değeri aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanır. Marx jeneratörü 200kV (yaklaşık 800MW) güce sahip, 50 ohm yük direnci ve 10dBi anten kazancı var ise 1m uzağa transfer edilecek elektrik alan şiddetinin değeri 490 KV/m dir. Burada 377 ohm serbest uzayın karakteristik empedansıdır.

$$\sqrt{\frac{800\text{MW}}{4 * \pi * 1\text{m}} * 10\text{dB} * 377\Omega} = 490 \frac{\text{kV}}{\text{m}}$$

$$E = \sqrt{120\pi P_d} = 19.4 \sqrt{P_d} = \frac{5.48}{R} \sqrt{P_t G_t L_t} \quad V/m.$$

$$P_d = \frac{P_t G_t L_t}{4\pi R^2} \quad W/m^2$$

### 4.1. HPEM Etki mekanizması

HPEM sebebiyle meydana gelen elektronik sistem hasarı veya arızası sönümlü elektromanyetik darbenin iletkenlerde indüklediği voltaj ve akım nedeniyle oluşur. HPEM ile indüklenen akım ve voltaj, elektronik cihazlarda hassas elemanlara ulaşır. Güç ve telefon hatları gibi bina-dışı uzun donanımlarda HPEM ile indüklenen akım binlerce amper kadar şiddetlenebilir. Dahili kablolarda oluşan akım yüzlerce ampere kadar yükselebilir. Harici voltaj geçişlerinin (transient) megavolt düzeyinde olabileceğine değinmek faydalıdır ve dahili etkileşimden binlerce volt seviyesinde gerilim beklemek normaldir. HPEM, cihaz ve sistem elemanlarında iki ayrı tepki doğurur: arıza ve hasar. Arıza otomatik veya manuel olarak kendi hatasını düzelten sistem çalışmasında kalıcı olmayan değişimdir. Hasar ise bir ya da daha çok sistem parçasında kabul edilemez ve kalıcı değişimdir. Şiddetli anlık akım yüzünden gerçekleşen direnç yanmalarının sebebi enerjiyle oluşan yüksek ısı ve voltaja dayanamamalarıdır. Direnç dayanma eşik değerleri direnç parametrelerinden ve empirik ilişkilerden hesaplanır. Kapasitörlerin geçiş akımlarına maruz kalmasından kapasitör üzerinde zamanla artan

voltaj birikir. Elektrolitik olmayan kapasitörlerde bu voltaj dielektrik kırılma seviyesine ulaşana dek yükselir. Bu seviye tipik olarak doğru akım voltaj (DC) rating'inin on katıdır. Elektrolitik kapasitörlerde, voltaj ilişkisi dielektriğin Zener seviyesine erişilene dek korunur. Bunun ardından, hasar meydana gelebilir. Elektrolitik kapasitörlerin pozitif yöndeki hasar eşik değerleri DC voltaj rating'inin 3-10 katıdır. Negatif yönde, bu, pozitif hasar voltajının yarısı kadardır. Yalıtımın (insulation) gerilim üzerine kırılması nedeniyle oluşan HPEM indüklenmiş akımlar, transformator ve bobin hasarlarına yol açar.

Elektromanyetik enerjinin iletken girişinde birçok faktör etkilidir. HPEM sinyalinde şiddet, yükselme hızı, süresi, frekansı gibi özelliklerinin her biri önemlidir. Ayrıca, anlık iletme göre gözlemcinin pozisyonu da önemli bir faktördür. Alanlar ve iletkenler arasındaki etkileşim bir vektör süreci olduğundan, geliş yönü ve polarizasyon da önemlidir. İletken özellikleri de HPEM etkileşimini etkiler. Bunlar, iletken geometrisi (boyu, yolu, uçları, yerden yüksekliği ya da yer altındaysa derinliği), birim uzunluktaki seri empedansı (çapı, direnci ve konfigürasyonu dahil) ve koruma kaplamasının varlığı ve etkisini saptayan fiziksel ve elektriksel özellikleri içerir. Gömülmüş ya da yüzey üzeri iletkenlerde, toprağın elektriksel özellikleri kuplajı etkiler. Bir tesisin birçok unsuru verimli toplayıcı olarak davranabilir ve HPEM enerjisi için yayılım yolları sağlayabilir. HPEM, telefon ve enerji hatları, anten kuleleri, gömülü borular ve tesis topraklama sistemi gibi yapılara girebilir. Gerçek antenler, iletken ve su borusu gibi elektriksel olmayan kısımlar HPEM enerjisini yapıya getirebilir. Ayrıca, eğer yapı hiç yalıtılmamış ya da yeterince iyi yalıtılmamışsa HPEM cihazlar arasındaki kablolarda indüklenebilir.

## ***4.2. Yüksek güce sahip geniş bandlı elektromanyetik enerjinin üretilmesi***

HPEM sistemlerinin tarihsel gelişiminden bu yana kullanılan yöntem olan konvansiyonel EM dalga üretimde Magnetron, Vircator, TWT benzeri modüller kullanılmaktadır. Bu modüller besleme enerjilerini Marx jeneratöründen alırlar ve anlık yüksek güçlü EM dalga üretirler. Diğer bir tasarım alternatifi olan UWB dalga üretiminde ise Marx jeneratörünün çıkışında oluşan ani yüksek voltaj darbesi anlık akım darbesine dönüştürülmekte ve sonucunda ortaya çıkan EM dalganın antenden yayınlanması sağlanmaktadır.

## ***4.3. Belirli bir frekans bandında yayın yapan elektromanyetik kaynakların ve özelliklerin tespit edilmesi***

(HPEM-High Power Electromagnetic Systems) Yüksek güçte elektromanyetik yayılım yapan sistemin hedef bölgesi içerisinde dağılmış elektromanyetik kaynakların yönlerinin ve/veya konumlarının ve güç

şiddetlerinin uzaktan yapılan elektromanyetik alan ölçümleri ile belirlenmelidir. Bir bölge içerisinde var olan elektromanyetik kaynakların bölgenin dışında yapılan ölçmelerle konum ve kaynak şiddetini belirlemeye yöneliktir. Bu bir anlamda, bir küre içerisindeki kaynakların küre yüzeyi üzerinde yapılan elektromanyetik alan ölçümleri ile belirlenmesi demektir. Diğer taraftan, gerçek uygulamalar göz önüne alındığında ölçmelerin kaynakları içine alan bir küre yüzeyi üzerinde yapılması mümkün değildir. Bu nedenle, pratik olarak uygulanabilir ölçme düzeneklerine dayanan yöntemlerin geliştirilmesi ve gerçekleşmesi gereklidir.

#### **4.4. HPEM Sistemlerinde Anten**

HPEM sisteminin en önemli bileşenlerinden birisi de yüksek güçlü UWB işaretlerini hedefe yönlendiren antenlerdir. Antenler, geniş frekans bandında, yüksek güçlü elektromanyetik sinyalleri yönlendirerek etki gücünü artırır. HPEM sistemlerinde antenler, frekansa bağlı olarak dar bant, orta bant, ultra bant ve hiper bant olmak üzere gruplara ayrılır. Belirli bir hedefe yüksek güçlü elektromanyetik dalgaları yoğunlaştırabilmek için bu antenlerin ışınım paternleri dar huzmeli olmalıdır. Dar huzmeyi oluşturabilmek için sadece reflektör tipi değil bi-konikal parabolik antenlerde kullanılır. Yönlendirilmiş ve kazancı yüksek olan dar huzmeli antenler, hedefi daha uzaktan ve daha kesin bir şekilde etkisiz hale getirebilirler.

Hedefin yerinin bilinmediği hallerde, hedefin vereceği tepkiyi belirlemek için UWB elektromanyetik dalgaın daha geniş bir alana yönlendirilmesi gerekir. Bu halde kullanılacak anten yapılarının dar huzmeli antenlere göre daha geniş bir kapsama alanı olması gerekir. Bu kapsamda parabolik reflektör anten sistemleri uygundur. HPEM sistemlerinin en temel zorunluluğu antenlerin yan ve geri huzmelerinin sifıra yakın olmasıdır.

### **5. Toryum Reaktör**

Toryum reaktör, gerçek zamanlı çalışmada, kısa sürede hızlı yükselen güç elde etmede EM silahların gereksinim duyacakları yüksek gücü sağlayacaktır. Elektromanyetik Silahlar GW güce olan gereksinim duymaktadır.

Yüksek güçlü mikrodalga silahlar

Anlık yüksek güç yoğunluğu

Çevre kirliliğine neden olan atıklar yok,

Gelecekte; uçaklarda taşınabilen LFTR -10-30 MW reaktörler