



HAVA ARAÇLARINDA ELEKTROMANYETİK İŞİMANIN PERSONELE ZARARLARI (HERP)

HAZARDS OF ELECTROMAGNETIC RADIATION TO PERSONNEL ON AIR VEHICLE

Nursel AKÇAM^{1*}, Gül Seyhan ŞEN¹

¹Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye.
ynursel@gazi.edu.tr, gulsevhan@yahoo.com

Geliş Tarihi/Received: 08.04.2014, Kabul Tarihi/Accepted: 04.06.2014
* Yazışılan yazar/Corresponding author

doi: 10.5505/pajes.2014.78300
Özel Sayı Makalesi/Special Issue Article

Öz

Bu çalışmada, öncelikle elektromanyetik girişimin, nasıl ve neden oluştuğu, çevresel etkileri ve bu etkilerden korunma yöntemleri açıklanmıştır. Elektromanyetik ışımanın zararlı etkileri personel üzerinde incelenmiştir. Bu konuda mevcut standartların neler olduğu araştırılmış, araştırma sonuçları sunulmuştur. Ayrıca uygulama için kullanılan MXF-484 V/UHF hava platform telsizi hakkında bilgi verilmiştir. Genel amaçlı ve taarruz helikopterlerinin hava platform telsizinde değişen frekans değerlerinden kaynaklanan çevresel elektromanyetik alan etkileri ölçülmüştür. Ölçülen elektromanyetik uyumluluk test sonuçları MIL-STD-464 standardı ile karşılaştırılmıştır.

Anahtar kelimeler: EMI, EMC, HERP, HERF, HERO.

Abstract

In this study is to explain how the electromagnetic interference occur, its environmental hazards and protective method from this hazards. The hazards of electromagnetic interference on people was investigated. Related standards about Electromagnetic Compatibility and Electromagnetic Interference was researched. And also results were presented. More over information about MXF-484 V/UHF airborne radio used for application was given. Environmental effects of electromagnetic field occurred by the varying frequency values on the MXF-484 V/UHF airborne radio of utility and attack helicopters were measured. Results of tests were compared according to MIL-STD-464 standard.

Keywords: EMI, EMC, HERF, HERP, HERO.

1 Giriş

Günümüzde endüstrileşme ve teknolojinin gelişimine bağlı olarak farklı frekans bantlarında çalışan cihazların sayısı da giderek artmaktadır. Bu cihazlar, güçleri oranında çeşitli frekans bantlarında elektromanyetik ışımaya neden olurlar. Örneğin radyo frekans (RF) kaynakları 10 MHz ve 300 GHz aralığında oldukça düşük frekansdan (Extremely low frequency-ELF) sonra en uzun dalga boyuna sahiptir ve insan vücudunda; genetik düzene ve gelişime, moleküler sisteme, hücreye, doku ve organ sistemlerine, metabolik sisteme olası etkileri mevcuttur [1]-[5]. Ayrıca 20 MHz < f < 300 MHz düşük frekanslı manyetik alanların etkileşim aralığı olup, bu aralıkta tüm vücutta, özellikle de baş bölgesinde daha fazla enerji soğurulur [6]-[8].

İyonlaştırıcı olmayan elektromanyetik radyasyonun insan vücudu üzerinde zararlı biyolojik etkiler yaratma tehlikesi *Elektromanyetik ışımanın personel üzerindeki zararları (HERP)* olarak tanımlanır. HERP için güvenlik/emniyet payı ise herhangi bir elektronik devre veya ekipmanın alınganlık üst sınırının, beklenen en kötü elektromanyetik çevresel şartlarda, ilgili birimde indüklenen gürültüye oranıdır. Güvenlik payı, elektronik devre veya ekipmanın dayanım seviyesi ile indüklenen/oluşan elektromanyetik girişim seviyesi arasındaki farkın; veya devre/ekipmanın elektromanyetik emisyon seviyesinin izin verilen maksimum emisyon seviyesine farkının dB cinsinden ifade edilmesidir [9]-[12].

Elektromanyetik alanlar için güvenlik standartları uluslararası radyasyondan korunma komisyonu olan ICNIRP tarafından düzenlenir ve her ülke ICNIRP standartlarını kendi durumuna bu standartları aşmayacak şekilde limit uygular. Ayrıca

uluslararası düzeyde Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü (ANSI) isimli kurumda benzer alanda çalışma gösterir ve bu kurum Amerikan Elektrik Elektronik Mühendisliği Enstitüsünün (IEEE) bir organı olarak çalışır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Federal iletişim Komisyonu (FCC) da elektromanyetik alan maruziyeti ve standart düzenlenmesi alanında çalışma yapmaktadır. Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu tarafından yayımlanan yönetmelik ile Türkiye'de elektromanyetik alan maruziyeti sınır değerleri belirlenmiştir [3]. Burada yer alan sınır değerlerin belirlenmesinde ICNIRP Kılavuzu'nda yer alan sınır değerler esas olarak alınmış olup, buna ek olarak her baz istasyonuna özel ayrıca sınırlama getirilmiştir. Buna göre tek bir cihaz için 400-2000 MHz frekans bandında genel yaşam alanları için Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu'nun yönetmeliğinde yer alan sınır değerler, elektrik alan şiddeti için $0.341\sqrt{f}$ V/m, manyetik alan şiddeti için $0.0009\sqrt{f}$ A/m ve güç yoğunluğu için $f/800$ W/m² ifadeleriyle verilmiştir. Verilen sınır değerler altı dakikalık ölçüm sonucunda elde edilen ortalama değerler içindir.

Ancak ülkemizde yaklaşık 42 V/m olan bu limitler İtalya'da 6 V/m ve İsviçre'de ise 5 V/m olarak uygulanmaktadır. ABD ve bazı Avrupa ülkeleri ICNIRP'nin oluşturduğu sınır değerleri uygulamaktadır. İsviçre, İtalya gibi bazı Avrupa ülkeleri ise sınır değerler olarak ICNIRP güvenlik limitlerinin 1/10'unu uygulamaktadır [13]-[16].

Bioelektromanyetik (BEM), Epidemiyolojik araştırmalar (işyeri ve ikamet maruzları) ve laboratuvar deneyleridir. Dünyadaki BEM araştırma sonuçlarına göre;

- Yüksek gerilim hatları, yakınında yaşayan insanlarda kansere sebebiyet verebilir (Haziran 2001 Uluslararası Kanser Araştırmaları Enstitüsü-International Agency for Research on Cancer-IARC raporu).
- Çocuklar elektromanyetik alan (EMA)'nın olumsuz etkilerine karşı daha duyarlıdır. ELF ve RF özellikle çocuklarda lösemi, beyin kanseri, göğüs kanseri ve lenfomaya sebep olabilir[17].
- EMA baş ağrısı, uyku bozukluğu, boğazda yanma, yorgunluk hissi, ışığa ve sese aşırı duyarlılık, işitme zorluğu, görme derecesinde azalma ve deride karıncalanmaya sebebiyet verebilir [18],[19]. Ayrıca EMA'ların kanser, davranış değişiklikleri, hafıza zayıflaması, Parkinson ve Alzheimer hastalıklarını artırmasının yanı sıra, depresyon ve intihar etme artışına neden olduğu bildirilmektedir. Bunlara ek olarak göz, deri ve kas-iskelet sistemi üzerine olumsuz etkileri olduğu da bilinmektedir [20]-[23].

Elektromanyetik girişimden korunmak için; Ekranlama (Shielding), Topraklama (Grounding), Bağlama (Bonding), Filtreleme (Filtering), Kablolama (Cabling) ve Fiziksel ayırım (separation) yapılması gerekir [24]-[26].

2 Elektromanyetik Işımanın Personele Zararları

HERP, iyonlaştırıcı olmayan elektromanyetik radyasyonun insan vücudu üzerinde zararlı biyolojik etkiler yaratma tehlikesini içerir. Personel, elektromanyetik alanların etkisinde kaldığında ortaya çıkan önemli olaylardan birisi insan vücudunun ısınmasıdır [10],[11]. RF alanları ile etkileşim sonucu ortaya çıkan ısı, insan vücudunun metabolik ısısına eklenir. Eğer vücudun kazandığı bu fazladan ısı enerjisi atılamaz ise; RF emiliminin olduğu bölgede vücut ısısı yükselir. Bundan dolayı eğer metabolik faaliyet ile dengelenemeyecek seviyelerde RF güç emilimi meydana gelmiş ise; insan vücudu ve beyin faaliyetlerinin iflası söz konusu olur [10],[11].

Bu çalışmanın konusu olan hava araçlarında kullanılan Radarlar ve elektronik karşı tedbir (ECM) sistemleri; genelde vericilerin yüksek çıkış gücü ve anten özellikleri nedeniyle servis personelinin ışınma etkisi altında kalması durumunda, olası personel zararları oluşturabilecek sistemlerdir [27].

2.1 HERP Terimleri

-*İzin verilen azami maruziyet (Maximum Permissible Exposure - MPE)*: Bir kişinin zararlı bir etki olmaksızın ve bir güvenlik faktörü dahilinde maruz kalabileceği EMA, güç yoğunluğu ve endüklenmiş akım seviyeleridir [15].

-*Özgül soğurulma (Specific Absorption - SA)*: Belli bir yoğunluğa (ρ) sahip bir hacim (dV) içindeki bir kütle (dm) tarafından soğurulan enerji miktarı olarak tanımlanır [15].

$$SA = dW/dm = dW/\rho dV \quad (\text{J/kg}) \quad (1)$$

-*Özgül soğurulma oranı/hızı (Specific Absorption Rate - SAR)*: Belli bir yoğunluğa (ρ) sahip bir hacim (dV) içindeki bir kütle (dm) tarafından soğurulan enerji miktarının (dW) zamana göre türevidir [15].

$$SAR = d(dW/dm)/dt = d(dW/\rho dV)/dt \quad (\text{W/kg}) \quad (2)$$

Dokulardaki özgül soğurma katsayısı (SAR - Specific Absorption Rate) değeri uygulanan elektrik alan şiddetinin karesi ile doğru orantılıdır. SAR değerleri, uygulanan alan parametreleri; şiddeti, frekansı, polarizasyonu, kaynağa göre uzaklığı olarak değerlendirilir.

-*Kontrollü ortam (Controlled Environment)*: Maruz kalma potansiyeli konusunda bilgi sahibi olan kişilerin maruziyetinin bulunduğu yerler olarak tanımlanır.

-*Kontrolsüz ortam (Uncontrolled Environment)*: Maruz kalma potansiyeli konusunda bilgi ve maruziyet üzerinde kontrol sahibi olmayan kişilerin maruziyetinin bulunduğu yerlerdir (örnek; baz istasyonları) [15].

2.2 MIL-STD-464

Bu standart, "Sistemler İçeri Elektromanyetik Ortam Etkileri Şartları"dır. Yayın tarihi 18 Mart 1997 ve yayınlayan ABD Savunma Bakanlığıdır [13].

Şartların ve doğrulama yöntemlerinin özet halinde sunulduğu ana doküman da şartlar:

Sistem içi EMC (Electromagnetic Compatibility),

Harici Elektromanyetik Ortam Uyumluluğu,

Yıldırım,

Elektromanyetik Darbe (EMP),

Teçhizat ve Alt-sistem Electromagnetic Interference (EMI)/EMC,

Elektrostatik Yük Kontrolü,

Elektromanyetik Işıma Tehlikeleri (RADHAZ),

Hayat Evresi Boyunca Elektromanyetik Ortam Etkileri (E3) Dayanıklılık,

Elektriksel Bağlama,

Harici Topraklar,

TEMPEST (Elektromanyetik Girişim Olayının Düşman Tarafından İstismarıdır),

EMCON (Emissions Control),

Elektromanyetik Spektrum Uyumluluğu

olarak verilmekte olup, dokümanın amacı ise; hava, deniz, uzay ve yer sistemleri ile bunlara ait silah sistemlerinin Elektromanyetik Ortam Etkileri (E3) arayüz şartlarını ve bu şartların doğrulanmasıyla ilgili esasları açıklamaktır. Bu standart yeni veya modifikasyon geçiren komple sistemlere uygulanır.

Bir sistem ile buna ait bütün alt-sistemler/teçhizat arasında ve ayrıca sistemi dışarıdan elektromanyetik etkileşimler ile etkileyen çevre arasında elektromanyetik uyumluluk şartı sağlanmalıdır. Bu şart sistemin bir üretim örneği üzerinde; bu dokümanda tanımlandığı gibi doğrulanmalıdır. Kritik emniyet fonksiyonlarının sistem içi ve dış ortam elektromanyetik uyumluluğu, sistemin işletiminin planlandığı ortamlarda çalıştırılmadan önce doğrulanmalıdır. Doğrulama, mümkünse normal çalışma, kontrol, depolama, nakil, paketleme, yükleme, boşaltma, fırlatma ve diğer çalışma usulleriyle ilgili durumlar için; sistemin tüm kullanım süresi ve hayat evrelerini kapsayacak şekilde yapılmalıdır.

Elektromanyetik ortam etkilerinde, hem sistem içi ve hem de sistem dışı; çeşitli arayüz konuları ele alınır. Bir sisteme dışarıdan etkileyen elektromanyetik etkiler, yıldırım, EMP ve

insan yapısı RF vericilerinin yayınımları gibi etkilerdir. Sistem içi elektromanyetik etkiler ise; sisteme ait antenlerden RF yayınımları, sistemin elektronik gürültüsü ve akımların karşılıklı kuplajıdır (cross coupling) [14],[18].

3 EMA Ölçüm Sonuçları

Elektromanyetik (EM) uyumlu bir tasarımda elektromanyetik girişim kaynakları söndürülmeli, kuplaj yolları ortadan kaldırılmalı ve cihazlar EM açısından yeterince güçlendirilmelidir [27]. I ürün bağışıklığı, E girişim seviyesi olmak üzere, temel EMC (Electromagnetic Coupling) bağıntısı I>E şeklinde tanımlanır. Yani bir cihazın çevre girişiminden etkilenmemesi, ancak EM yayınımlarına olan bağışıklığı ile sağlanır. EM uyumlulukta kullanılan bir diğer tanım ise alınganlıktır ki, düşük bağışıklık yüksek alınganlık, yüksek bağışıklık düşük alınganlık demektir [28]-[30].

Test Ortamı: Bu çalışmada, Genel Maksat Helikopteri ve Taarruz Helikopteri için yapılan yer testleri için, test yapılacak ortamda 10x10 m²lik bölgede metal engel ve test süreci boyunca güçlü yayın yapan kaynak (kaynak makinesi, yüksek çıkış güçlü göndermek gibi) bulunmaması sağlandı. Helikopterin, test altındaki sisteme olabilecek girişimini engellemek için güç aktarma hatlarının hemen altında olmaması gerekir. Bu nedenle, test bölgesinde kullanılan AC güç hattı toprağının gerçek toprakla gerilim farkı kabul edilebilir bir seviyede olması sağlandı. Yer testlerinde helikoptere dışarıdan enerji sağlanmış olup, testlerde bulunması zorunlu tüm sistemlerin helikopter üzerinde çalışır durumda olması sağlanmıştır. Ayrıca yer testlerinde, test için zorunlu olarak açık bulunan panellerin kapatılması için iletken bantlar kullanılmıştır.

Test Cihazları: Ölçümlerde kullanılan test cihazları Elektrik ve Manyetik Alan Ölçer Metre ve Elektrik-Alan Probu olup, Tablo 1’de verilmektedir.

Tablo 1. Standart test cihazları.

Tanım	Parça No	Üretici Firma	Adet
Elektrik ve Manyetik Alan Ölçer Metre (100kHz-60GHz)	NBM 550	NARDA	1
Elektrik-Alan Probu (100kHz-3GHz)	EF039 1	NARDA	1

Elektrik ve Manyetik Alan Ölçer Metre-NBM 550 (100kHz-60GHz): 100kHz’den 60GHz’e (yüksek frekansdan mikrodalga yayılımına) kadar olan doğrusal olmayan ölçümlerde kullanılır. Sonuçları kolay okumak için geniş, grafik ekranı olup, basit uygulamalar için prob parametrelerini otomatik tespit eden akıllı prob arayüzü mevcuttur (Şekil 1).

NARDA alan metresi NBM-550 cihaz ailesinin bir parçası olup, iyonize olmayan yayımları doğru şekilde ölçer. Cihazın düz frekans yanıtı için “düz problemleri”, insan emniyet standardı için “şekilli problemleri” kullanılır. Cihaz zor çalışma koşulları altında bile, hızlı, basit ve kesin sonuçlar verecek şekilde tasarlanmış olup, ölçüm ve kullanım bakımında birçok özelliğe sahiptir [27].

Elektrik-alan Probu-EF0391 (100kHz-3GHz): 100kHz’den 3GHz’ye kadar elektrik alanların tespitinde kullanılır (Şekil 2). 0.2 V/m maksimum hassasiyete sahiptir. Doğrusal olmayan ölçümler yapabilir. Probu mekanik ve elektrik özellikleri alan kullanımları için ideal olarak tasarlanmıştır. Prob kafası, sensörler için etkin bir koruma sağlaması için, köpük malzemeden imal edilmiştir. Darbeli ve sürekli dalga sinyalleri

için elektrikli alan limit değerleri, insan güvenlik limit değerlerine göre birkaç kat daha yüksektir. Prob çeşitli frekanslarda kalibre edilebilir. Kalibrasyon değerleri EPROM’da depolanır ve otomatik olarak cihaz tarafından dikkate alınır [27].

Test Uygulanan Hava Araçları: Helikopter, dikey kalkış ve iniş yapabilen döner kanatlı bir hava taşıtıdır. İsmi kökü Yunancada heliko pteron yani hareketli kanatlar anlamından gelir. Helikopter ve uçakların uçuş prensipleri aslında aynıdır. Uçaklarda tutunma kuvveti elde edebilmek için uçak hava içinde hareket ettirilir. Ancak kanat, uçak gövdesine bağlı olduğu için sabit bir yapıdadır. Fakat helikopterlerde kanat sabit değil, hareketlidir. Yani helikopterlerde taşıma kuvveti elde edebilmek için döner kanat (pervane) kullanılır.

Helikopterler ortaya çıktıkları günden itibaren dikine iniş kalkış, hover (yani havada asılı kalma) gibi özellikleriyle uçaklara göre daha esnek görev yelpazesine sahip oldular. Görevlerine göre de Genel Maksat ve Taarruz Helikopterleri olmak üzere ikiye ayrılırlar. Bu çalışmada her iki helikopter için EMA ölçümleri yapılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir.



Şekil 1: Elektrik ve manyetik alan ölçer metre.



Şekil 2: Elektrik alan probu.

3.1 Genel Maksat Helikopteri

Eş. 3’e göre, her bir vericinin yayın miktarı ile doluluk oranı çarpılarak ortalama elektrik alan şiddeti değeri elde edilir. Bu değer ilgili standardın o frekansındaki limit değerine oranının karesi, o frekanstaki yayının toplam alan şiddetine katkısını belirtir. Normalize edilen tüm yayın değerleri toplandığında sonucun 1’den küçük çıkması durumunda, o ölçüm noktası için limit aşımı yoktur denir.

$$\sum_{i=1}^n \frac{E_i^2}{MPE_i^2} \leq 1 \quad (3)$$

Burada; E_i : i nolu yayın kaynağının yarattığı ortalama elektrik alan şiddeti,

MPE_i : i nolu yayın kaynağının frekans ve doluluk oranına bağlı olarak hesaplanan “izin verilen maksimum maruz

kalma-maximum permissible exposure” değeridir (yayın frekansındaki limit değer) [27].

Şekil 3’te görülen S-70A-28D “Black Hawk” Genel Maksat Helikopterinin farklı noktalarında (Tablo 2) ölçümler alınmıştır ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Ölçümlerde, en kötü durumu resmetmek için tüm vericilerin 6 dakikalık ölçüm periyodundaki doluluk oranı % 100 olarak belirtilmiştir (tüm vericilerin 6 dakikalık ortalama alınan bir zaman diliminde sürekli tam güçte gönderme yaptığı kabul edilmiştir).

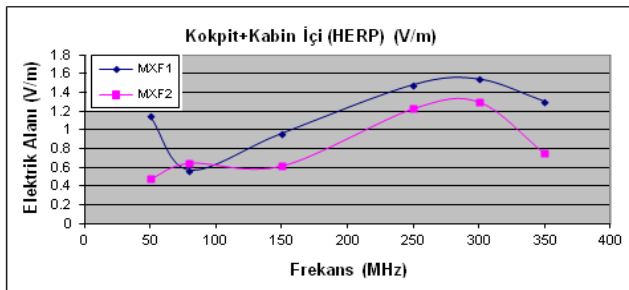


Şekil 3: S-70A-28D Genel görünüşü.

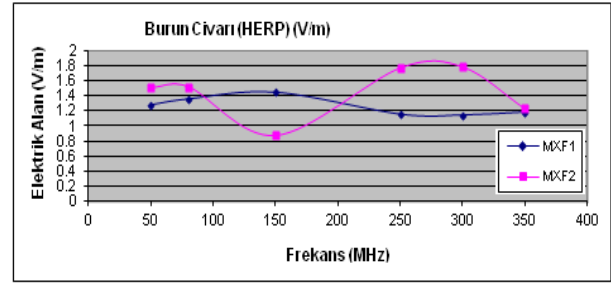
Tablo 2: Genel maksat helikopterinde HERP için ölçüm değerleri.

Frekans (MHz)	Kokpit+Kabin İçi (HERP) (V/m)	Burun Cıvarı (HERP) (V/m)	Kuyruk Yanı (HERP) (V/m)	Sağ/Sol Kapı (HERP) (V/m)	Limit Değer (V/m)
MXF1 (50)	1.15	1.28	1.82	1.47	61.4
MXF1 (80)	0.57	1.36	3.26	5.2	61.4
MXF1 (150)	0.96	1.45	4.26	4.01	61.4
MXF1 (250)	1.48	1.15	4.52	5.7	61.4
MXF1 (300)	1.54	1.14	4.64	4.02	61.4
MXF1 (350)	1.3	1.18	3.06	2.63	61.4
MXF2 (50)	0.48	1.51	1.5	1.46	61.4
MXF2 (80)	0.65	1.52	1.33	1.89	61.4
MXF2 (150)	0.62	0.88	1.51	1.89	61.4
MXF2 (250)	1.23	1.77	3.15	2.99	61.4
MXF2 (300)	1.3	1.78	4.51	2.57	61.4
MXF2 (350)	0.75	1.23	3.35	2.3	61.4

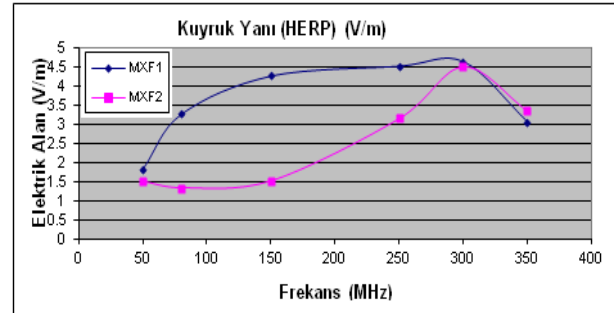
Şekil 4’te Kokpit+Kabin içinden, Şekil 5’te Burun civarından, Şekil 6’da Kuyruk yanından ve Şekil 7’de Sağ-Sol Kapı civarından HERP için elektrik alan değerlerinin frekansa göre değişimi görülmektedir.



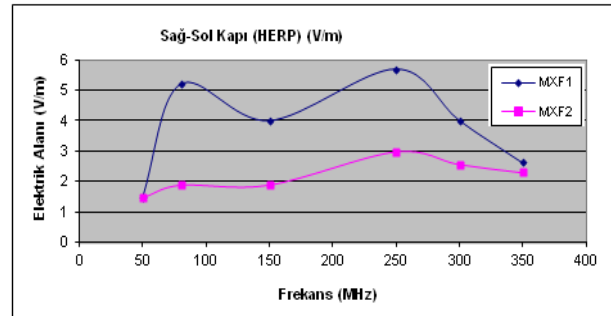
Şekil 4: Genel maksat helikopterinde kokpit+kabin içi elektrik alan değişimi.



Şekil 5: Genel maksat helikopterinde burun civarında elektrik alan değişimi.



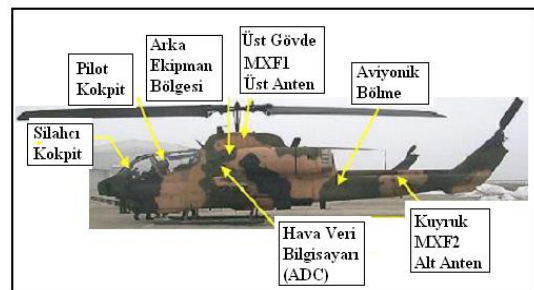
Şekil 6: Genel maksat helikopterinde kuyruk yanı elektrik alan değişimi.



Şekil 7: Genel maksat helikopterinde sağ sol kapı çevresinde elektrik alan değişimi.

3.2 Taarruz Helikopteri İçin Ölçüm Sonuçları

Taarruz Helikopterinin farklı noktalarından (Şekil 8) HERP için alınan ölçümler Tablo 3’te görülmektedir.

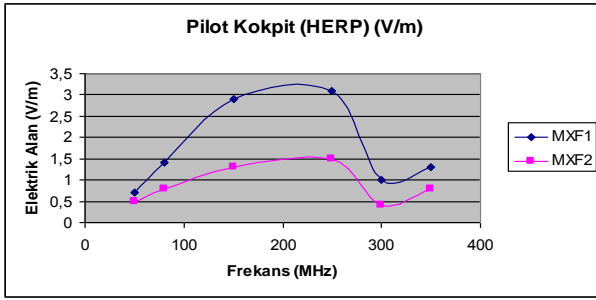


Şekil 8: Taarruz helikopterin MXF1-MXF2 antenleri ve ölçüm bölgeleri.

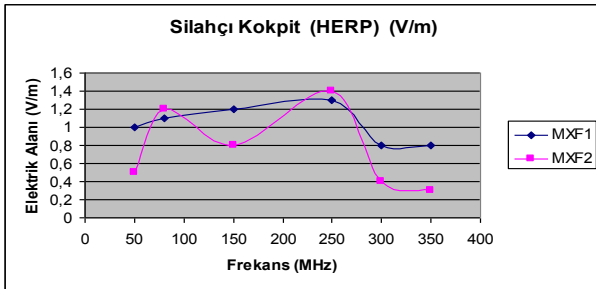
Tablo 3: Taarruz helikopterinde HERP için ölçüm değerleri.

Frekans (MHz)	Pilot Kokpit (V/m)	Silahçı Kokpit (V/m)	Burun Civarı (V/m)	Kuyruk Yanı (V/m)	Sağ/Sol Kapı (V/m)	Limit Değer (V/m)
MXF1(50)	0.7	1	1.8	10	2.9	61.4
MXF1(80)	1.4	1.1	1.9	5.7	1.3	61.4
MXF1(150)	2.9	1.2	2	1.7	1.9	61.4
MXF1(250)	3.1	1.3	3.5	4.3	3.2	61.4
MXF1(300)	1	0.8	1.3	1.1	2	61.4
MXF1(350)	1.3	0.8	0.5	1.7	1.2	61.4
MXF2(50)	0.5	0.5	1.5	9	2.9	61.4
MXF2(80)	0.8	1.2	1.7	3.7	1.4	61.4
MXF2(150)	1.3	0.8	2.1	1.5	1.7	61.4
MXF2(250)	1.5	1.4	2.2	3.8	3	61.4
MXF2(300)	0.4	0.4	1.5	2.5	1.2	61.4
MXF2(350)	0.8	0.3	0.6	4	1.6	61.4

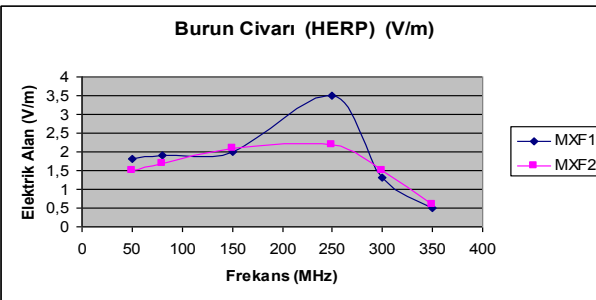
Şekil 9'da Pilot Kokpit içinden, Şekil 10'da Silahçı Kokpit içinden, Şekil 11'de Burun civarından, Şekil 12'de Kuyruk Yanı civarından ve Şekil 13'te Sağ-Sol Kapı Civarından Narda cihazı ile alınan elektrik alan değerlerinin frekansa göre değişimi verilmektedir. Her şekil için maksimum elektrik alan değerleri 250 MHz civarındadır.



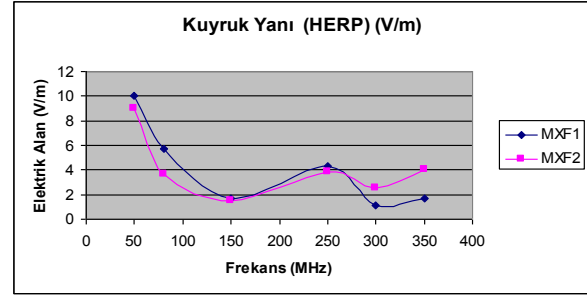
Şekil 9: Taarruz helikopterinde pilot kokpit içindeki elektrik alan değişimi.



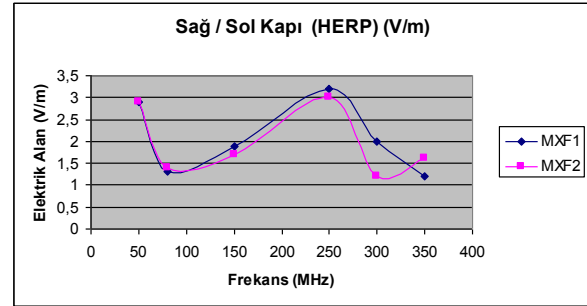
Şekil 10: Taarruz helikopterinde silahçı kokpit içindeki elektrik alan değişimi



Şekil 11: Taarruz helikopterinde burun civarındaki elektrik alan değişimi.

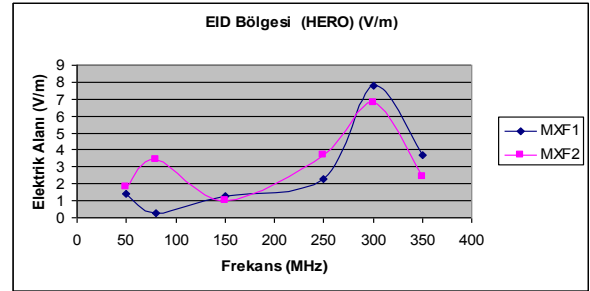


Şekil 12: Taarruz helikopterinde kuyruk yanı civarındaki elektrik alan değişimi.



Şekil 13: Taarruz helikopterinde sağ/sol kapı civarında frekans elektrik alan eğrisi.

Şekil 14'te elektrikle ateşlenebilir aletler (Electrically Initiated Device-EID) bölgesinde alınan elektrik alan değerlerinin frekansa göre değişimi verilmektedir. Elektrik alan değerlerinin maksimum olduğu frekans değerleri 300 MHz civarıdır. Literatürde benzer çalışma (bu tip helikopterler için) olmadığı için, kıyaslama WHO ile yapılmıştır.



Şekil 14: Taarruz helikopterinde EID bölgesinde frekans elektrik alan eğrisi.

4 Sonuçlar

Bu çalışmada, elektromanyetik ışımanın zararlı etkileri, personel üzerinde incelenmiştir. Bu konuda mevcut askeri ve sivil standartların neler olduğu araştırılmış, limit değerler araştırma sonuçları ile kıyaslanmıştır. MIL-STD-464 (askeri) standardına göre döner kanatlı hava araçları üzerindeki MXF-484 V/UHF hava platform telsizinde değişen frekans değerlerine göre çevresinde oluşan elektromanyetik etkiler ölçülmüştür. MXF1 telsizinin anteninden yayılan elektrik alanının fazla olması, antenin helikopter üzerindeki yerinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca MXF2 telsizinin UHF özellik gösterdiği frekans aralığı 225-400 MHz arasındadır. Bu nedenle tüm grafiklerde bu bölgede çalışmakta olan cihazlardan kaynaklı elektrik alanlar yüksek çıkmıştır.

Tablo 2 ve Tablo 3'teki değerler göstermektedir ki, tüm vericiler aynı anda maksimum güçte, % 100 doluluk oranı ile yayın yapsalar dahi, ilgili standarttaki HERP limitlerini aşmamaktadır. İlgili standarttaki limitler, güvenlik payları içermekte olduğu için ölçüm sonuçları üzerinde ayrıca ilave güvenlik payı uygulamaya gerek yoktur.

Taarruz helikopterin daha fazla elektronik ekipmana sahip olması nedeniyle, ölçülen alan değerleri bu helikopterde biraz daha yüksektir. En yüksek elektrik alanın meydana geldiği frekans değeri ise her iki tip helikopterde de aynıdır. Bunun nedeni ise, aynı telsizlerden ölçüm alınmasındandır. Yapılan ölçümler arasında en yüksek elektrik alan EID bölgesinde (bu bölgede çalışmakta olan cihazların özelliği sebebiyle) ölçülmüştür.

5 Kaynaklar

- [1] Diler N, Özker M, Özgürbüz G. "BEM (Biyoelektromanyetik)". *Teknomerkez araştırma raporu, İstanbul*, 3-16, 2009.
- [2] İnce T. "Elektromanyetik Kirlilik". Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2007.
- [3] TÜBİTAK-BİLTEN. "Elektromanyetik Dalgalar ve İnsan Sağlığı". <http://www.biltek.tubitak.gov.tr/sandik/gsm.pdf> (03.02.2014).
- [4] World Health Organization. "Electromagnetic Fields and Public Health, Exposure to Extremely Low Frequency Electromagnetic Fields". <http://www.who.int/peh-emf/publications/facts/fs322/en/> (03.02.2014).
- [5] Ivancsits S, Pilger A, Diem E, Jahn O, Rüdiger HW. "Cell Type-Specific Genotoxic Effects of Intermittent Extremely Low-Frequency Electromagnetic fields". *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 583(2), 184-188, 2005.
- [6] İlhan MN. Bir Tıp Fakültesi Hastanesinde Elektromanyetik Alan Haritası Çıkarılması ve Sağlık Çalışanlarında Sağlık Etkilerinin Belirlenmesi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2008.
- [7] Önal E. Elektromanyetik Alanların Canlı Organizmalara Etkilerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi, Malatya, Türkiye, 2005.
- [8] World Health Organization. "Electromagnetic Fields (300 Hz to 300 GHz)". http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/37112/1/WHO_EHC_137_eng.pdf?ua=1 (03.02.2014).
- [9] Şen GS, Akça N, Yardım EY. "Döner Kanatlı Hava Araçları Üzerinde Elektromanyetik Uyumluluk Testleri". *6. Mühendislik ve Teknoloji Sempozyumu*, Ankara, Türkiye, 25-26 Nisan 2013.
- [10] Boyacı A, Bayrak G, Dönmez Z. "Elektromanyetik Kirlilik". http://www.hasanbalik.com/dersler/anten/02_03Odev/EM_Kirlilik/emkirlilik_tam.pdf (03.02.2014).
- [11] World Health Organization. "Health and Environmental Effects of Exposure to Static and Time Varying Electric and Magnetic Fields". http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/63860/1/WHO_EHC_97.14.pdf?ua=1 (03.02.2014).
- [12] Özkaya A. "Elektromanyetik Ortam Etkileri-E3". Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2007.
- [13] Üstüner F. "MIL-STD-464A ve Elektromanyetik Ortam Etkileri". Tübitak UEKAE Ulusal Elektronik ve Kriptoloji Araştırma Enstitüsü, Ankara, Türkiye, Eğitim Raporu, 42-52, 2006.
- [14] IEEE Std C95.1. "IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz". Institute of Electrical and Electronics Engineers Standards Association, 4-11, 1999.
- [15] Karataş MH. "Elektromanyetik Uyumluluk Araştırması ve Kablolar Üzerinde Testleri". Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2010.
- [16] Yazıcı M. "MIL-STD 461". Tübitak UEKAE Ulusal Elektronik ve Kriptoloji Araştırma Enstitüsü, Ankara, Türkiye, Eğitim Raporu, 4-13, 2006.
- [17] Wolf F, Torsello A. "50 Hz Extremely Low Frequency Electromagnetic Fields Enhance Cell Proliferation and DNA Damage: Possible Involvement of a Redox Mechanism". *Biochimica et Biophysica Acta*, 1743, 120-129, 2005.
- [18] Çerezci O, Şeker S, Pala K. "İlköğretim ve Ana Okullarında Dış Kaynaklı Elektromanyetik Alan Maruziyetinin Niteliksel Analizi". *Elektromanyetik Alanlar ve Etkileri Sempozyumu (EMANET)*, İstanbul, Türkiye, 7-8 Ekim 2011.
- [19] Frey A. On the Nature of Electromagnetic Field Interactions with Biological Systems (Medical Intelligence Unit). R.G. Landes Company, Austin, USA, 1994.
- [20] Frank AL, Slesin N. *Nonionising Radiation*. Editor: Wallace RB. Maxcy-Rosenau-Last Public Health and Preventive Medicine, 14th ed., 526-535, Connecticut, USA, Appleton & Lange, 1998.
- [21] Li DK, Odouli R, Wi S, Janevic T, Golditch I, Bracken TD, Senior R, Rankin R, Iriye, R. "A Population-Based Prospective Cohort Study of Personal Exposure to Magnetic Fields During Pregnancy and the Risk of Miscarriage". *Epidemiology*, 13(1), 9-20, 2002.
- [22] Windham GC, Osorio AM. *Female Reproductive Toxicology*. Editor: LaDo J. Current Occupational and Environmental Medicine, 3rd ed., 397-413, New York, USA, Lange Medical Books/McGraw-Hill, 2004.
- [23] Prata S, *EMF Handbook: Understanding and Controlling Electromagnetic Fields in Your Life*. Melbourne, Canada, Waite Group, 1993.
- [24] Gürel L. "Savunma Sistemlerinde Elektromanyetik Uyumluluk (EMC) ve EMC Eğitimi". *Savunma Sanayi Sempozyumu*, Ankara, Türkiye, 7-8 Kasım 2000.
- [25] Üstüner F. "EMI Önlemleri". Tübitak UEKAE Ulusal Elektronik ve Kriptoloji Araştırma Enstitüsü, Ankara, Türkiye, Eğitim Raporu, 2-5, 2006.
- [26] Üstüner F. "Elektromanyetik Uyumluluğa Giriş ve Temel Kavramlar". Tübitak UEKAE Ulusal Elektronik ve Kriptoloji Araştırma Enstitüsü, Ankara, Türkiye, Eğitim Raporu, 1-10, 2007.
- [27] Şen GS. Elektromanyetik Uyumluluk ve Döner Kanatlı Hava Araçları Üzerinde EMC Testleri. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye 2012.
- [28] Nordström S, Birke E, Gustavsson L. "Reproductive Hazards Among Workers at High Voltage Substations", *Bioelectromagnetics*, 4(1), 91-101, 1983.
- [29] Sevgi L. "Elektromanyetik Uyumluluk Test Ölçüleri-I: Tanımlar, Kavramlar". *Endüstri&Otomasyon Dergisi*, 3, 1-2, 2004.
- [30] Teker A, Kuyumcu FE. "Elektro Manyetik Uyumluluk, Topraklama ve Şebekelere Etkileri". *Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendisliği 12. Ulusal Kongresi*, Kocaeli, Türkiye, 14-18 Kasım 2007.