

KURTARMA GEMİLERİNDE ELEKTROMANYETİK GİRİŞİM HARİTASININ ÇIKARILMASI

Umut ÖRS, Ahmet KIZILAY

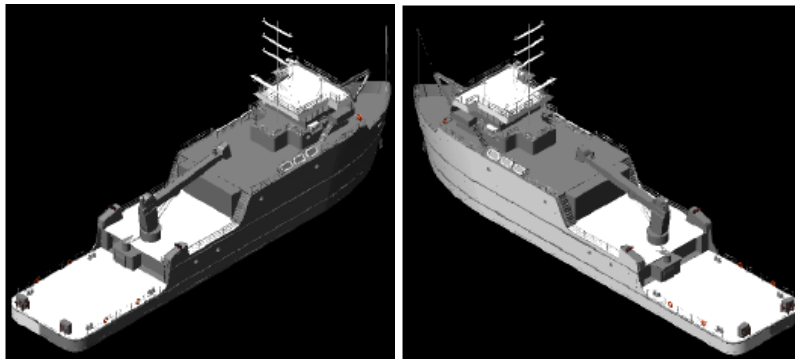
Yıldız Teknik Üniversitesi
Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü
İstanbul
umutors@yildiz.edu.tr, akizilay@yildiz.edu.tr

Özet: Kurtarma Gemileri, ağır deniz koşullarında görev yapabilecek şekilde tasarlanmış, denizde can ve mal emniyetini sağlayan gemilerdir. Görevleri gereği; HF-VHF telsizler, radarlar, uydu telefonları, radyo yönlendiriciler, IFF gibi elektromanyetik (EM) emisyon yayan cihazları barındırmaktadırlar. Bu sistemlerin etkin kullanılabilmesi amacıyla, antenlerinin gemi dış bölümlerinde birbirlerine elektromanyetik girişimde (EMI) bulunmayacak şekilde yerleştirilmeleri ve uluslararası standartlar (IEEE C.95, MIL-STD 464A) doğrultusunda uyumlulukları sağlanmalıdır. Bu çalışmada; prototip bir CAD modeli üzerinde yerleşimi planlanan HF, VHF telsizleri, uydu haberleşme cihazları ve seyir radarlarının EMI haritası çıkarılarak, antenlerinin gerçekleştireceği kuplajlar belirlenmiştir. Sonuç olarak optimum anten yerleşim modeli oluşturulup; personel, yakıt ve mühimmat güvenliğini tesis edici kriterler tespit edilmiştir.

1. Giriş

Kurtarma görevlerinde başarı, platformda bulunan sensörler ve haberleşme cihazlarının performansı ile doğrudan ilgilidir. Bu maksatla, platforma kurulumu yapılacak bahse konu tüm EM emisyon yayan bu cihazların; azami performanslı çalışmayı tesis edecek şekilde yerleştirilmesi sağlanmalıdır. Bu cihazların, antenlerinin güverte üstü yerleşim çalışmaları, tersanede, detaylı tasarım aşamasında teorik olarak gerçekleştirilmekte ve platform için üretilen bir referans model üzerinde ilk konumları belirlenmektedir. Hazırlanmış olan referans yerleşim modeli platformun fiziksel üretiminin tamamlanmasının ardından, platformun ihtiyaçları doğrultusunda optimum hale getirilerek son haline kavuşmaktadır.

Bu çalışmada, Şekil 1’de sunulan referans bir kurtarma gemisi modeli üzerinden HF/VHF telsizlerinin, GSM ve uydu telefonlarının ve S ve X band seyir radarlarının optimum yerleşim çalışması yapılmış, bunun yanı sıra söz konusu cihaz/sistemlerin ulusal ve uluslararası standartlar doğrultusunda olumsuz EM emisyonlarının tespiti sağlanmış ve bu emisyon seviyeleri doğrultusunda güvenli mesafeler tespit edilmiştir. Literatürde günümüze kadar denizcilik ve deniz platformları alanında EMC uygulamaları ne yazık ki istenen seviyelere ulaşamamıştır [1]. Referans model üzerinde tüm sistemler için tahmini anten konumları belirlenmiş ve öncelikle bu antenler arası kuplaj seviyesi asgari düzeye indirilmeye çalışılmıştır. Yerleşim çalışmalarına çevrede bulunan ve platformun görevleri nedeniyle öncelik arz eden yapısal elemanlar yön vermiş ve düzenlemeler bu öncelikler doğrultusunda gerçekleştirilmiştir. Referans anten yerleşimleri üzerinden her bir anten için yayacağı emisyon seviyelerini tespit etmek ve bu seviyelerin NATO MIL STD 464A ve IRPA/INIRC EMC standartlarında sunulmuş olan referans değerler doğrultusunda güvenli mesafeler tespit edilmiştir. Genel olarak deniz platformlarında EMI/EMC çalışmaları; tasarımdan kullanıcıya teslimi sonrasındaki iyileştirmelere kadar devam eder [2]. Yapılan nümerik analizler neticesinde Çizelge 1’de sunulan cihaz/sistemlerin antenlerinin optimum yerleşimi sağlanmıştır. Çalışmada kuplaj problemleri incelenmiş ve EM emisyonlarının etkileri tespit edilerek sakıncı önlemlerin alınmasına esas teşkil edecek analiz verileri hesaplanmıştır.



Şekil 1. Kurtarma Gemisi

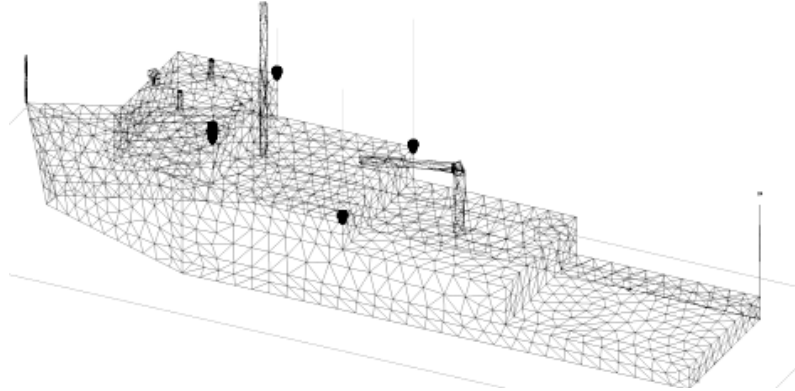
Cihaz Adı	Çalışma Frekansı (MHZ)	Çıkış Gücü	Anten	Anten Yapısı
X Band Nav. Radar	8800-9400 (X-Band)	25 kW	Verici/Alıcı	Faz Dizili
S Band Nav. Radar	2800-3250 (S-Band)	30 kW	Verici/Alıcı	Faz Dizili
HF Telsiz	1.5-30	125W	Verici/Alıcı	Monopol
HF Telsiz	1.5-30	400W	Verici/Alıcı	Monopol
VHF AM/FM IMM Telsiz	150-180	50W	Verici/Alıcı	Monopol
GMDSS / DSC Telsiz	150-180	75W	Verici/Alıcı	Monopol
Uydu Telefonu	1400-1720 (L-Band)	40W	Verici/Alıcı	InvCosec ²
GSM	900-2100	5W	Verici/Alıcı	Monopol

Çizelge 1. Analizde Yerleşimi Sağlanan Cihaz Listesi

2. Elektromanyetik Girişim Analizleri

Büyük yapılı deniz platformlarında bulunan haberleşme ve seyir cihazları antenleri arasında oluşabilecek kuplaj probleminin hesaplanması amacıyla bilgisayar destekli elektromanyetik analiz yazılımı kullanılacaktır. Şekil 1’de sunulmuş olan kurtarma gemisi modeli üzerinden, söz konusu SUPERNEC tabanlı analiz yazılımına esas teşkil etmek üzere platformun ağ (mesh) yapısı hazırlanarak Şekil 2’de sunulmuştur.

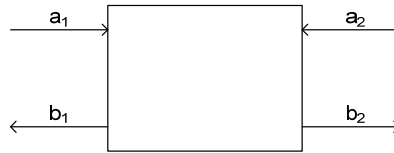
Büyük yapılı platformlarda elektromanyetik analiz problemlerinin çözümlenebilmesi amacıyla Moment Metodu (MoM) uygulanması daha uygun olacaktır [3,4]. Bu metod ile Maxwell integral denklemleri matris formuna dönüştürülerek nümerik yöntemlerle söz konusu problemin çözümü mümkün kılınmıştır. Referans modelin üzerinden hazırlanan bir ağ (mesh) modeli aracılığı ile nümerik yöntemler işletilmekte, kuplajların yanı sıra kırılımlar ve risk bölgelerinin neler olabileceğinin tahlil edilmesi maksadıyla yakın alan ve uzak alan ışıma diyagramları elde edilmektedir. Bu kapsamda; ağ modelinin hazırlanması amacıyla uygulanan üçgen köşe segman uzunlukları serbest uzay dalga boyunun asgari 1/8’i olarak kabul edilirken monopol anten gibi çizgisel yapıların çizgisel segman uzunlukları serbest uzay dalga boyunun asgari 1/12’si olarak alınmıştır. Mesh modelleri, analiz dalga boyu üzerinden her bir analiz frekansı için yeniden hazırlanarak nümerik analizler tekrarlanmıştır [5].



Şekil 2. Kurtarma Gemisi Ağ (Mesh) Modeli (2 MHz için)

3. Elektromanyetik Kuplaj Probleminin Hesaplanması

Nümerik analizlerde platform üzerinde tahmini yerleşimi sağlayacak cihazlarda kuplaj probleminin hesaplanması amacıyla S-parametreleri kullanılacaktır.



Şekil 3. İki Antenli Bir Kapalı Devre Temsili

Şekil 3’te sunulan devre üzerinden S-parametreleri aşağıdaki gibi hesaplanacaktır [4,5].

$$\begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \end{pmatrix} \quad (1)$$

Sunulan matris üzerinden S-parametreleri aşağıdaki gibi elde edilecektir.

$$S_{11} = \left. \frac{b_1}{a_1} \right|_{a_2=0} = \frac{V_1^-}{V_1^+} \quad S_{12} = \left. \frac{b_1}{a_2} \right|_{a_1=0} = \frac{V_1^-}{V_2^+} \quad S_{21} = \left. \frac{b_2}{a_1} \right|_{a_2=0} = \frac{V_2^-}{V_1^+} \quad S_{22} = \left. \frac{b_2}{a_2} \right|_{a_1=0} = \frac{V_2^-}{V_2^+} \quad (2)$$

Hesaplanan bu S-parametreleri tek tek incelenecek olursa; S_{11} giriş gerilim yansıma katsayısı, S_{12} gerilim kazancı (geri), S_{21} gerilim kazancı (ileri) ve S_{22} çıkış gerilim yansıma katsayısı olarak kabul edilmektedir. Bu değerler üzerinden skaler logaritmik kazanç (G), uyumsuzluk kaybı (ML) ve kuplaj (C) değerleri aşağıdaki gibi hesaplanacaktır.

$$C = G - ML_{in} - ML_{out} \rightarrow C = 20 \log |S_{21}| - 10 \log(1 - |S_{11}|) - 10 \log(1 - |S_{22}|) \quad (3)$$

4. Kuplaj Probleminin Çözümü ve Optimum Anten Yerleşiminin Sağlanması

Deniz platformlarının üretimi esnasında anten yerleşiminin sağlanması büyük öncelik arz etmektedir. Anten yerleşimlerinin tahmini olarak belirlenmesini müteakip güverte üstün mahallerde diğer tasarım çalışmaları ya da iyileştirmeleri yapılabilmektedir [6]. Bu kapsamda, çıkış gücü ve frekansı nedeniyle HF telsizler kuplaj probleminin ana kaynağı olarak kabul edilmektedir. Söz konusu telsizlerin öncelikli yerleşimi sağlanırken, VHF telsiz sistemlerinin görüş hattı (LOS: Line-of-Sight) şeklinde muhabere yapıyor oluşu nedeniyle platformda olabilecek en yüksek ve en açık konumlara yerleştirilmesine çalışılmıştır [7].

HF yayınlarından kaynaklanacak kuplaj seviyelerinin; alıcılardaki filtrelerin karakteristikleri nedeniyle, en fazla -20dB olmasına müsaade edilmiştir [5]. Optimum anten yerleşim çalışmalarında bu kritik seviyenin altındaki kuplaj seviyelerinin sağlanmasına özen gösterilmiştir. Nihayetinde yapılan iyileştirme çalışmaları kapsamında elde edilen optimum kuplaj seviyesi Şekil 3'te, bu yerleşimlerin referans model üzerinde gösterimi ise Şekil 4'te sunulmuştur.

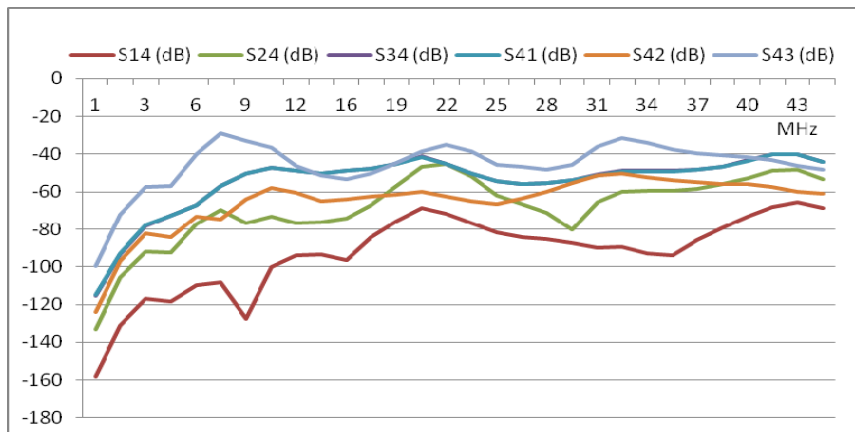
5. Optimum Yerleşimler Doğrultusunda Güvenli Mesafelerin Belirlenmesi

Hazırlanmış olan optimum anten yerleşimi üzerinden her bir anten için personel güvenliğini (HERP-RADHAZ) tesis etmek üzere Çizelge 2'de sunulan IRPA/INIRC standandardı referans değerleri üzerinden analiz sonuçları incelenmiştir. Her bir antenin EM ışıma karakteristikleri doğrultusunda elde edilen güvenli mesafelerin platformun hareket yeteneğini azaltması durumunda anten yerleşimine geri dönülmüş ve farklı yerleşim konumları üzerinde çalışılmıştır. Bu kapsamda her bir yayın frekansı için söz konusu standart doğrultusunda HERP-RADHAZ riskleri incelenmiş ve güvenli mesafeler tespit edilmiş ve Çizelge 3'de gösterilmiştir.

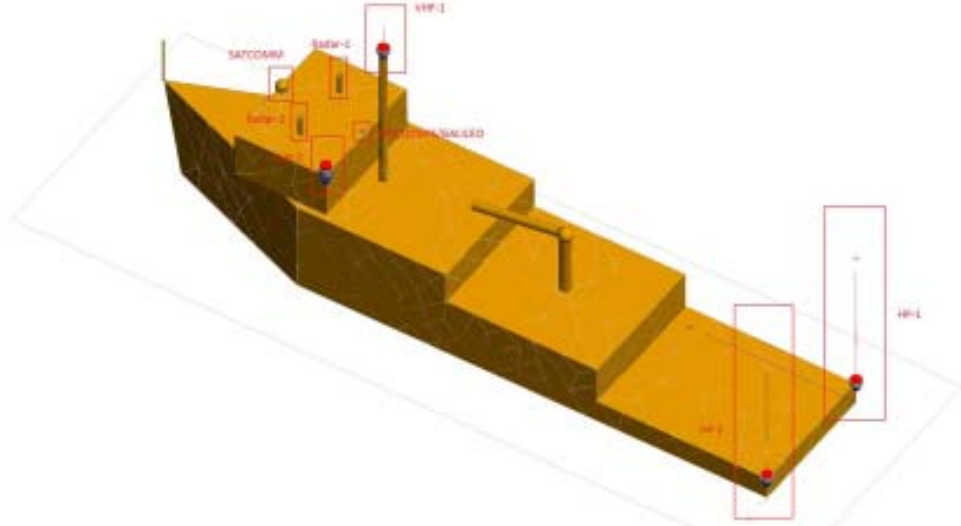
6. Sonuç

EM girişim problemi, birden fazla EM emisyonu yaratan alıcı/verici cihazların kurulduğu gemi, uçak gibi büyük platformlar için önemli bir sorun olarak kabul edilmektedir. Bu problemin kaynağında; yalnızca büyük platformlarda kısıtlı alanlara yerleşim zorunluluğu ve birden fazla engelleyici etken olmasının yanı sıra bahse konu EM emisyonlarının yakın alanda tepkelerinin ne olacağının tam olarak tanımlanamaması bulunmaktadır.

Çalışma bütününde gerçekleştirilmiş olan nümerik analizler neticesinde optimum anten yerleşimi tesis edilirken, platformun görev ihtiyaçları sürekli göz önünde bulundurulmuş olup güvenli mesafelerin fiziksel olarak tesis edilmesinin imkansız olduğu durumlarda anten yerleşim çalışmalarına geri dönülerek kuplaj problemi yeniden çözümlenmiştir. Özellikle gelecekte, denizciliğin giderek daha çok önem kazanması, teknolojiye yaşanan hızlı gelişmenin bu sektöre de aynı hızda etki etmesi neticesinde daha çok EM emisyonu yayan cihazların bulundurulma zorunluluğu; EMC çalışmalarının yaygınlaşarak daha büyük önem arz edeceğini göstermektedir. Sonuç olarak bu çalışma çok büyük platformlar için birden fazla dış unsurun etken olduğu durumlarda EMC çalışmalarının nasıl yönlendirileceğine dair kapsamlı bir örnek olmuştur.



Şekil 3. HF – VHF Sistemleri Arası Optimum Kuplaj Seviyesi (1 MHz – 45 MHz)



Şekil 4. Referans Model Üzerinde Elde Edilmiş Optimum Anten Yerleşimi

Frekans Aralığı (MHz)	Elektrik Alan Şiddeti (E) (V/m)	Manyetik Alan Şiddeti (H) (A/m)	Eşdeğer Düzlem Güç Yoğunluğu (S) , (W/m ²)	(mW/cm ²)
0.01-1	614	1.6/f	-	-
>1-10	614/f	1.6/f	-	-
>10-400	61	0.16	10	1
>400-2000	3√f	0.008√f	f/40	f/400
>2000-300.10 ³	137	0.36	500	50

Çizelge 2. IRPA/INIRC HERP RADHAZ Güvenli Mesafe Değerleri

Frekans (MHz)	Referans Değer (V/m)	Referans Değer (W/m ²)	Referans Değer (A/m)	Güvenli Mesafe (E)	Güvenli Mesafe (W/m ²)	Güvenli Mesafe (A/m)
3	204,67	-	0,53	2,40	-	4,36
6	102,33	-	0,27	1,80	-	5,50
20	61,00	10,00	0,16	0,01	1,10	8,00
30	61,00	10,00	0,16	0,01	1,10	8,50
160	61,00	10,00	0,16	0,55	0,45	0,85
170	61,00	10,00	0,16	0,35	0,45	1,00
160	61,00	10,00	0,16	0,45	0,83	0,50
170	61,00	10,00	0,16	0,95	1,00	0,70
900	90,00	22,50	0,24	-	0,01	1,20
1620	120,00	40,50	0,32	0,65	0,40	0,82
2800	137,00	500,00	0,36	10,00	5,10	-
9000	137,00	500,00	0,36	6,30	8,00	-

Çizelge 3. Analiz Kapsamında Tespit Edilen Nihai Güvenli Mesafe Değerleri (m)

7. Kaynaklar

- [1]. Chang K. “ RF and Microwave Wireless Systems”, John Wiley & Sons Inc., New York, 2000, ISBN:0-471-22432-4.
- [2]. Güler S. “Elektromanyetik Uyumluluk Tekniklerinde Elektromanyetik Işımanın Modellenmesi”, Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, 2007.
- [3]. Dağdeviren A. “Monopol Antenli Uçaklarda Alan Örüntüsünün ve Kuplajın Kırınımın Düzgün Teorisi (UTD) ile Bulunması”. Doktora Tezi. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Sakarya, 2006.
- [4]. Kenneth S.G. “Shipboard Radio Frequency and Free Space Optics Communications System Using an Airborne Relay”, Yüksek Lisans Tezi, Naval Postgraduate School, Monterey California, ABD, 2007.
- [5]. Preston E.L. ”Shipboard Electromagnetics” Artech House Printing, Norwood, ABD, 1987, ISBN:0-89006-247-1
- [6]. “Recommendations to Ensure RADHAZ Safety”, AEC-2(C) NATO Naval Radio and Radar Radiation Hazards Manual, NATO.
- [7]. “MIL-STD-464A, Electromagnetic Environmental Effects Requirements For Systems”, (), Department Of Defence Interface Standard, U.S. Government, 2002.