

# HARP GEMİLERİ ELEKTRİK DAĞITIM SİSTEMLERİ ÜZERİNE BİR İNCELEME

İzzet Emre AFACAN<sup>1</sup>

Fatma Gül BAĞRIYANIK<sup>2</sup>

Mustafa BAĞRIYANIK<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Elektrik Mühendisliği Bölümü

Elektrik-Elektronik Fakültesi

İstanbul Teknik Üniversitesi, 34469, Maslak, İstanbul

<sup>1</sup>e-posta: eafacan@hotmail.com

<sup>2</sup>e-posta: fatmagul@elk.itu.edu.tr

<sup>3</sup>e-posta: bagriy@elk.itu.edu.tr

*Anahtar sözcükler: Gemi Elektrik Dağıtım Sistemleri, Harp Gemileri*

## ABSTRACT

*This paper presents special features of shipboard electrical power distribution systems, and explains simulation tools which we can use to model the systems. We also regard the attention on new methods about shipboard power distribution systems. In this study, EMTP-ATP and Matlab-Simulink are considered as simulation tools. The fault simulations are performed on a simple electrical system and the obtained results are given.*

## 1. GİRİŞ

Savaş gemileri ağır savaş yaraları altında da kendilerine verilen görevi devam ettirmek zorundadırlar. Geminin hayatta kalması ve savaşa devam edilebilmesi her şeyden önemlidir. Bunun içinde elektrik dağıtım sistemlerinin hasar altında bile geminin görevini ifa etmesini sağlayacak özellikte olması gerekmektedir. Savaşa ve seyire devam edebilmek için gerekli olan silah sistemleri, gemi tahrik-sevk sistemleri ve geminin gözü kulağı olan çeşitli sensörlerin faal kalması bunun içinde elektrik dağıtım sisteminin yaşamsal yüklerle sürekli güç iletebilecek nitelikte olması şartı aranır.

Durum aslında normal bir gemi için de pek farklı değildir. Normal bir gemide de herhangi bir arıza durumunda geminin sevk ve tahrik sisteminin faal kalması istenir. Herhangi bir elektrik arızasında gemi dümen sisteminize ve dümen motorlarınıza güç iletemezseniz dümeniz kilitlenir dar sulardan geçerken karaya bile oturabilirsiniz.

Gemilerde yükler yaşamsal ve yaşamsal olmayan yükler olarak iki bölüme ayrılır. Yaşamsal yükler; her ne olursa olsun gücünün kesilmemesi gereken yüklerdir ki alternatif güç kaynaklarıyla da desteklenirler. Bir generatör devreden çıkar veya o generatörden gelen dağıtım sistemi hasar görürse alternatif generatör ve alternatif yolla yaşamsal sistem beslenir [1].

Günümüzde gemilerde genellikle güç sistemlerinin bir fazında arıza olsa bile sürekli çalışabilecek topraksız üçgen biçiminde dağıtım sistemleri ve üç fazlı üretilmiş güç kullanırlar. Bu tip sistemler günümüzün harp gemilerinde de yaygın olarak kullanılmaktadır. Fakat bazı harp gemilerinde topraksız Y bağlı üç fazlı sistemler de kullanılmaktadır.

Gerilim değeri 450 V ve frekansı 60 Hz dir. Gemi elektrik sistemlerinde kullanılan en yaygın devre yapısı; herhangi bir generatörün her bir yükü beslemesine olanak sağlayan birbirine halka şeklinde bağlanmış generatörler biçiminde yapılarıdır. Bu özellik hayati bir yükün beslenmesi için çalışan generatör ünitesinin kaybedilmesi durumunda, bu yükün beslemesinin sağlanabilmesi açısından çok önemlidir [1].

Generatörler genelde kendilerine yakın olan dağıtım panolarına bağlanırlar. Generatör dağıtım panoları, generatörler, yükler, yük merkezleri gibi çeşitli araçlar için bir veya daha fazla bağlama elamanlarından meydana gelmişlerdir. Dağıtım panoları ölçü aletlerine ait görüntüleme cihazları, koruma cihazları, regüle (ayar) etme işlemine kullanılan cihazları; elektrik dağıtımını ve generatörleri kontrol etmek için gerekli donanımı içerirler. Bara bağlama devreleri, generatör dağıtım panolarını birbirlerine bağlarlar. Böylece bir dağıtım panosu ile diğer bir dağıtım panosu arasında elektrik enerjisi transferine olanak sağlanır. Özellikle savaş gemilerinde generatörler/dağıtım panelleri geminin dikey olarak farklı seviyelerine (farklı güvertelere) ve aynı zamanda da gemi boyunca yatay olarak da farklı bölmelere yerleştirilirler. Bunun sebebi, harp gemilerinde savaş sırasında alınan bir yaranın generatörlerin hepsinde aynı anda bir hasara sebep olmamasıdır. Bu tutumla geminin komple enerjisiz kalıp harekattan sarkık bir duruma düşmesinin önüne geçilmesi amaçlanmıştır. Genel olarak dünya bahriyelerindeki çok amaçlı su üstü harp gemilerinde üç generatörlü ve halka şeklinde bağlanmış sistemler kullanılmaktadır. Fakat bu tip gemilerde genel hareketlerde, normalde iki generatör

kullanımda kalırken üçüncü generatör acil durumlar da servis verecek kaynak olarak hazır tutulur [2-3].

Yükler 440, 115 ve 4160 volt 60 Hz'de ve 440 ile 115volt 400 Hz'de elektrik enerjisine ihtiyaç duyarlar. Savaş gemilerinde 440 Hz'e ihtiyaç duyulan sistemler; komuta ve gemi sevk idare sistemlerinin belirli kısımları, silah sistemleri ile uçak (uçak gemilerinde), helikopterlere ve havacılığa ait sistemler gibi sıralanabilir. Elektrikle tahrik edilen gemilerde veya uçak gemilerinde kullanılan destekleyici (özel) yükler nedeniyle 4160V'a ihtiyaç duyulmaktadır. Transformatörler gerilimi bir seviyeden diğerine çevirmek için kullanılmaktadırlar. 60 Hz ve 400 Hz'lik sistem arasında geçiş frekans çeviriciler aracılığıyla sağlanır [1].

## 2. HARP GEMİLERİNİN ELEKTRİK DAĞITIM SİSTEMLERİNDEKİ ÇEŞİTLİLİK

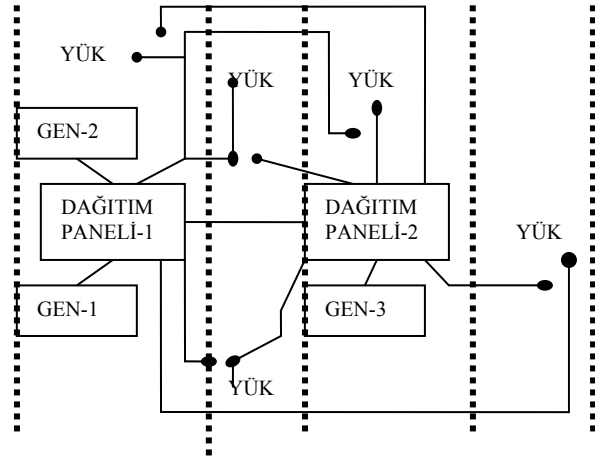
Bir savaş gemisinin elektrik dağıtım sistemindeki temel prensip; savaş sistemleri, tahrik ve hasar kontrol sistemleri gibi kritik yükler için alternatif besleme yolları sağlayabilmesidir. Silah sisteminin beslenmesindeki küçük bir kesinti bile büyük bir felakete sebep olabilir. Gemi dağıtım sistemleri arıza veya hasar durumunda ani olarak elektrik enerjisi transferi yapabilecek yetenekte olmalıdır.

Geleneksel yapıdaki bir gemi elektrik dağıtım sistemi; dağıtım panellerine bağlanmış elektrik üreten birkaç generatör ünitesinin radyal elektrik dağıtım sistemi biçiminde bir araya gelmesi ile oluşur. Şekil-1'de AA Radyal bir dağıtım sistemine örnek verilmiştir. 450 V AA elektrik enerjisi, üç faz olarak gemi bünyesindeki elektrik dağıtım merkezleri veya elektrik panoları aracılığıyla dağıtılır. Generatorler paralel olarak çalışır veya ayrı ayrı yükleri paylaşırlar. Fakat bu tip radyal sistemlerde gemi bünyesinde çok fazla kablo dolaşmaktadır [3].

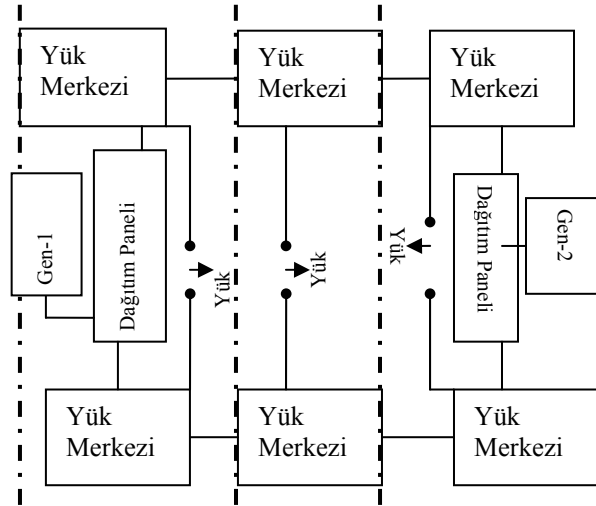
Gemi dağıtım sistemlerinde kullanılan başka bir metot ise bölgesel elektrik (zonal electric distribution) dağıtım sistemidir. Bu tip dağıtım sisteminde geminin sağ ve sol tarafından (sancak ve iskele tarafından) ana elektrik dağıtım hattı geçer ve elektrik enerjisinin dağıtımı için gemi bölgelere ayrılır. Gemiler, özellikle savaş gemileri yüzebilirliklerini korumak için zaten su geçirmez birbirlerinden ayrı tutulmuş bölgelere ayrılmışlardır. Bölgesel dağıtımda gücü dağıtılırken ihtiyaç duyulan elektriksel bölgeleri de doğal olarak gemi inşasından yapısal olarak gelen bu bölgelerdir. Bu Şekil-2'de daha rahat görülmektedir [3-4].

Bir harp gemisini savaş durumunda yara alması muhtemel olduğu için bölgesel dağıtımda geminin sağından (sancak) ve solundan (iskeleden) geçen ana güç hatları bir hasar durumunda ikisi birden devreden

çıkmayacak şekilde tasarlanırlar. Burada iki ana hat arasında iki güverte (gemiye yatay olarak bölen bölmeler) bulunur ki bir hat kesinlikle su hattının üzerinde olacak şekilde yerleştirilir. Her iki hatta da bölgesel dağıtımda her bölmeden geçerken o bölmedeki yük merkezine de bağlanır. Bir harp gemisinin kendini korumak için kullandığı yükler (radar,sonar,silah sistemleri, tahrik sistemleri vs.) gibi yaşamsal yükler yük merkezlerinde her iki ana hattan da beslenecek şekilde bağlanırlar, burada otomatik (ABT=automatic bus transfer) veya el-ile (MBT=manuel bus transfer) bara transfer cihazları da görev alırlar [2].



Şekil 1. AA radyal elektrik dağıtım sistemi şeması



Şekil 2. AA bölgesel elektrik dağıtım sistemi şeması

Bölgesel dağıtım sistemlerinde gemi bünyesinde dolaşan ana elektrik dağıtım kablolarıdır ve böylece geleneksel yapıdaki radyal dağıtım sistemlerinde olduğu gibi generator dağıtım panolarından çok fazla sayıda besleyici kablo çıkmamış olur. Bu durum gemi bünyesinde kullanılan toplam kablo uzunluğunu da

azaltır. Bölgesel dağılım ile gemilerin inşaa aşamasında kullanılan kablo miktarındaki azalma ile maliyet düşmekte, ayrıca geminin elektrik sistemini kurmak da kolaylaşmaktadır. Radyal sistemdeki karışıklığın bu sistemde azaltılmış olması bir savaş gemisinin yara nedeniyle arıza yapma ihtimalini azalttığı gibi arızaya müdahale hızını da arttırmıştır. Arıza yerini belirlemek bölgesel sistemlerde inşa gereği elektriksel bölmeler bulunduğu için daha kolaydır.

AA bölgesel dağıtım sistemleri, generator dağıtım panellerinden, iki adet ana AA güç hattından, yük merkezlerinden, transformatörlerden, frekans çeviriciden, bara transfer cihazlarından meydana gelmiştir.

Bölgesel dağıtımdaki bir diğer yöntem de doğru akım (DA) bölgesel dağıtımdır. DA gerilim; DA kaynaktan, veya AA'dan DA' a çeviriciden elde edilebilir, ana besleme hatları ile AA bölgesel dağıtıma benzer şekilde bölgelere dağıtılır [2-3].

### 3. GEMİ DAĞITIM SİSTEMLERİNDE ARIZA YERİNİ BELİRLEMENİN ÖNEMİ

Bir savaş gemisindeki elektrik dağıtım sistemindeki arıza; herhangi bir yükün kendisinde malzemeden kaynaklanan sebeplerden veya savaşta herhangi yara nedeniyle meydana gelmiş olabilir. Yüklerden kaynaklanan arızalara ek olarak arızalar kablolardan, generatörlerden, baralardan, devredeki yükler için yetersiz elektrik enerjisi üretiminden de meydana gelmiş olabilir.

Bir arıza oluştuğunda koruma elemanları arızalı bölgeyi izole ederler. Bu durum faal olup da izole edilmiş bölgede bulunan yüklerin de beslenememesine sebep olur. Gemi görev devamlılığı düşünüldüğünde arıza sebebiyle beslenemeyen faal bölgelere güç sağlamak için gücün dağıtımının restore edilmesi (yeniden yapılandırılması) gerekmektedir. Bu da geminin dağıtım sistemindeki yapının çeşitli anahtarlamalarla açma/kapama işlemleri ile faal olan azami sayıda sistemin beslenebileceği şekilde değiştirilmesidir. Özellikle yaşamsal yükler arıza olsa bile faaliyetlerine devam ettirilmelidirler.

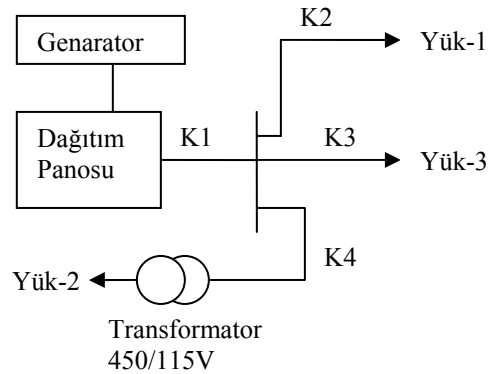
Restorasyon işlemine başlamadan önce arıza yerini belirlemek şarttır. Arızanın yerine ait bilgilerden; hangi besleyici kabloda olduğu, kablunun neresinde, ana generator dağıtım panellerinden uzaklığı gibi bilgilere, doğru bir yeniden yapılandırma için ihtiyaç duyulmaktadır. Arıza yerlerini belirlemek için arıza anındaki akım ve gerilim bilgilerinden de faydalanılarak akıllı yöntemlerin uygulamaları yapılmaktadır [5-6].

### 4. GEMİ GÜÇ DAĞITIM SİSTEMİNİN BİLGİSAYAR DESTEKLİ ANALİZİ

Gemi güç sistemlerinin modellenmesinde bir çok bilgisayar programı kullanılabilir. Bunların bazıları EMTP-ATP, Spice, Saber, Matlab-Simulink, ACSL ve benzerleridir. Bu programları genel olarak iki kategoriye ayırabiliriz. İlk kategoride sistemin durum denklem kümesiyle tanımlandığı farz edilir. İkinci kategoride ise sistem kendi devre elemanları yardımıyla tanımlanır. Özellikle sistemin ağaç parametreleri ve devre yapısı giriş olarak girilir. Sistemin tümünün fark denklemlerinin elde edilmesi amaçlanmıştır. Bu yaklaşımın önemli avantajı araştırmacını kompleks devrelerin durum denkleminin çıkarma işleminden uzaklaştırılmasıdır [1].

Arıza simülasyonlarında, gemi gövdesi ile oluşan arızalarda; gemi gövdesinin tuzlu su ile teması ve tuzlu suyun mükemmel bir iletken olması gerçeğiyle gemi gövdesiyle toprağın aynı potansiyelde olduğu varsayılabilir. Bu nedenle faz-gövde arızası faz-toprak arızası şekliyle modellenilebilir.

Bu bildiride EMTP-ATP [7] ve Matlab-Simulink [8] ile geminin küçük bir parçası modellenmeye çalışılmış ve elde edilen sonuçlar sunulmuştur. Şekil-3'te örnek olarak incelenen sistem gösterilmiştir.



Şekil 3. Örnek Sistem.

Örnek sistemimize ait veriler aşağıda verilmiştir;

Generator: 3 fazlı, 12KVA, 60Hz 450 V.

Transformatör: 5KVA, 450/115V, Δ/Δ.

Yük-1: 2 KW, Cosφ=1,0, 450V, Δ bağlı

Yük-2: 5KVA, Cosφ=0,8, 115V Δ bağlı

Yük-3: 2 KW, Cosφ=1,0, 450V, Y bağlı

K1: Kablo-1: 3 faz, 350 MCM tipinde, uzunluk 12. 2m

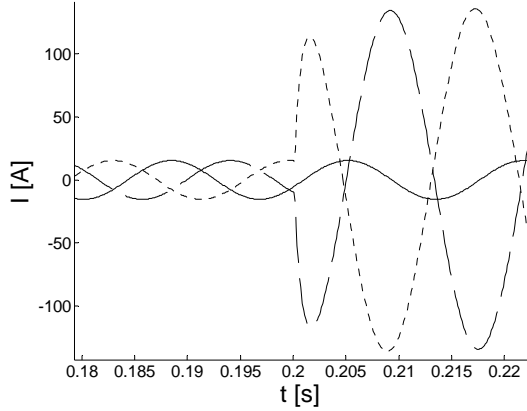
K2: Kablo-2: 3 faz, 6 AWG tipinde, uzunluk 20m

K3: Kablo-3: 3 faz, 6AWG, uzunluk 12.2m

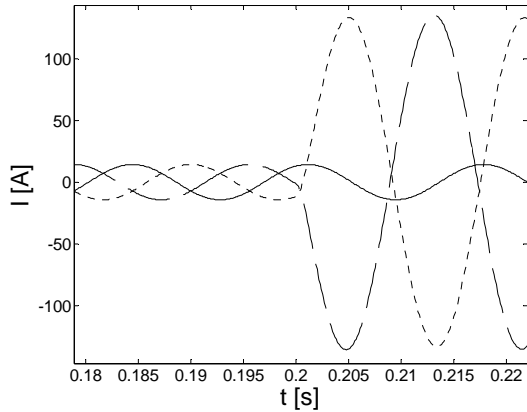
K4: Kablo-4: 3 faz, 6 AWG, uzunluk 12m

Model sistem üzerinde incelemeler açısından iki programı karşılaştırmak amacıyla gerçekleştirilen arıza incelemelerinden faz-faz arızasına ilişkin akım

eğrileri şekil 4 ve 5’ de verilmiştir. Göz önüne alınan faz-faz arızası için simülasyon 0-0,5 saniye arasında gerçekleşmiştir. Arızanın yerinin K1 kablosunun tam ortası, arıza oluş anının ise 0,2 saniye olduğu kabul edilmiştir. İncelemeler sonucunda her iki program ile faz-faz arızası için elde edilen eğriler dağıtım panelinin hemen çıkışında K1 kablosu başında yapılan ölçümler sonucunda elde edilmiştir.



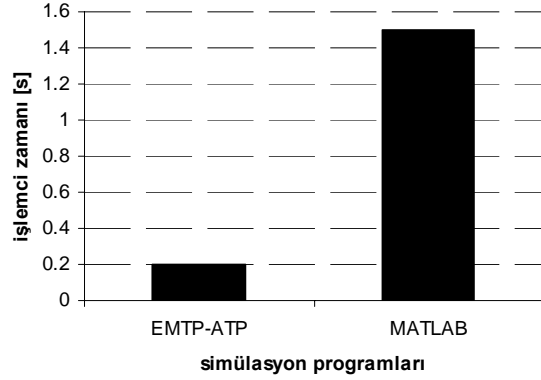
Şekil 4. Faz-Faz arızası için EMTP-ATP den elde edilen arıza akımı değişimi.



Şekil 5. Faz-Faz arızası için Matlab-Simulink den elde edilen arıza akımı değişimi.

Şekil 4 ve 5 deki sonuçlar karşılaştırıldığında elde edilen arıza akım değerleri arasında çok küçük farklar olduğu (%1 den az) gözlenmiştir. Simülasyonlar Intel P4, 3 GHz hızında işlemcili, 512 MB RAM bellekli bir kişisel bilgisayar üzerinde koşturulmuştur. EMTP-ATP ve Matlab-Simulink programlarının koşma süresi işlemci-zamanı (cpu time) olarak kaydedilmiştir. Bu hızlara ilişkin ortalama olarak elde edilen veriler şekil 6 da görülebilir. Bu şekilden görüldüğü gibi EMTP-ATP ile çok daha hızlı (0,2 s den daha az) bir sürede çözüm elde edilebilmektedir. Matlab-Simulink ile bu çözüm süresi ilk yükmeden sonra ortalama olarak 1,5 s civarındadır.

EMTP-ATP nin daha hızlı çözüme ulaşması ve kayıt olma şartı ile serbest kullanım olanağı avantajları olarak görülmektedir. Matlab-Simulink’ in ise daha uzun çözüm süresine ihtiyaç duymasına karşın, kolay kullanım ara yüzü ve kolay fonksiyon eklenebilme özelliği avantajlarıdır.



Şekil 6. Simülasyon programlarının koşma süresi

## 5. SONUÇ:

Herhangi bir yara veya sistem arızalarında dahi bir savaş gemisinin, azami sayıdaki sistemini faal tutabilmek zorunluluktur. Bu da arıza yerini belirleme ve yeniden yapılandırmanın savaş gemileri açısından önemini vurgulamaktadır. Arıza incelemeleri ve yer belirleme aşamalarında kullanılacak yazılımların oldukça hızlı sonuç vermesi gerekli müdahalelerin en kısa sürede gerçekleştirilebilmesini sağlayacaktır.

Bu bildiri genel olarak savaş gemilerindeki elektrik dağıtım sistemlerinin kendilerine has özellikleri, gemi dağıtım sistemlerindeki günümüzdeki çeşitlilik, bu sistemleri modellerken kullanılacak simülasyon programları üzerinde genel olarak durulmuştur. Daha sonra yaygın olarak kullanılan iki ayrı elektrik sistemi simülasyon yazılımının (Matlab-Simulink ve EMTP-ATP) arıza incelemesi açısından karşılaştırılması küçük bir sistem üzerinde gerçekleştirilmiştir.

İleride yapılacak çalışmalarda uygun simülasyon araçları ile beraber gerçekleştirilecek akıllı yöntemlerin uygulamaları ile arıza yerlerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar, harp gemisi elektrik dağıtım sisteminin işletiminin daha iyi hale getirilmesini sağlayabilir.

## KAYNAKLAR:

- [1] Zhang H., Butler K.L.,Sarma,N.D.R., “Simulation of Ungrounded Shipboard Distribution Systems in PSpice”, Proceedings of 1998 Midwest Symposium on Circuits of Systems, Notre Dame IN, August 1998, pp 58-62

- [2] Zhang H., Butler K.L., Sarma N.D.R, DoCarmo H., Adediran A., Gopalakrisnan S., “Analysis of tools for Simulation of Shipboard Electric Power System”, ELSEVIER Electric Power System Research 58(2001) pp 111-122
- [3] Hegner H., Desai B., “Integrated Fight Through Power”, Power Engineering Society Summer Meeting, 2002 IEEE ,Volume: 1, 21-25 July 2002 pp:336 - 339 vol.1
- [4] Chester R. Petry, Rumburg Jay W. , “ Zonal Electrical Distribution Systems: An Affordable Architecture for the Future”, Naval Engineers Journal, May 1993
- [5] Karen L. Butler-Purry, Srivastava Sanjeev K., Sarma N.D.R. “Shipboard Power Restore for Active Duty” IEEE Computer Applications in Power, July 2002.
- [6] Butler K., Sarma N.D.R, “Network Reconfiguration for Service Restoration in Shipboard Power Distribution Systems”, IEEE Trans. Power Systems Vol 16 No:4 November 2001
- [7] CanAm ATP-EMTP User Group, Alternative Transient Program (ATP) Rule Book, Portland, 1992.
- [8] MATLAB, Release 13 , The MathWorks Inc., Natick MA, USA, 2002.