

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**HARP GEMİSİ ELEKTRİK DAĞITIM SİSTEMİNDE ARIZA YERİNİN
BELİRLENMESİNDE BULANIK KARAR VERME
YÖNTEMİNİN UYGULANMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Müh. İzzet Emre AFACAN

Anabilim Dalı: Elektrik Mühendisliği

Programı: Elektrik Mühendisliği

Tez Danışmanı: Doç.Dr. Mustafa BAĞRIYANIK

Mayıs, 2005

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**HARP GEMİSİ ELEKTRİK DAĞITIM SİSTEMİNDE ARIZA YERİNİN
BELİRLENMESİNDE BULANIK KARAR VERME
YÖNTEMİNİN UYGULANMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Müh. İzzet Emre AFACAN

(504021006)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 9 Mayıs 2005

Tezin Savunulduğu Tarih : 2 Haziran 2005

Tez Danışmanı Doç. Dr. Mustafa BAĞRIYANIK

Diğer Jüri Üyeleri Prof. Dr. Adnan KAYPMAS (İ.T.Ü)

Yrd. Doç. Dr. Şeniz ERTUĞRUL (İ.T.Ü)

Mayıs, 2005

ÖNSÖZ

Tez danışmanım olma talebimi kabul ederek bana güvenen, bu çalışmayı yapma olanağı sağlayan, çalışmalarımı büyük bir sabır ve özenle inceleyerek, karşılaştığım zorlukları aşmada bana yol gösteren değerli hocam Doç.Dr. Mustafa BAĞRIYANIK ve eşi Dr. Fatma Gül BAĞRIYANIK'a, İ.T.Ü Elektrik Mühendisliği bölümünde öğrenci olarak geçirdiğim öğrenim süresi zarfında bana emeği geçen tüm değerli hocalarıma, tez süresince benimle bilgilerini paylaşan ve manevi desteklerini esirgemeyen sevgili arkadaşlarım Müh.Esra KARAER ve Araş.Gör. Suna BOLAT'a teşekkürlerimi sunarım.

Her zaman benimle birlikte olduklarını bilmekten mutluluk duyduğum aileme; özellikle manevi katkılarında dolayı kardeşim Evren AFACAN ve amcam Selçuk AFACAN'a teşekkür eder; mensubu olmaktan gurur duyduğum, bana yüksek lisans eğitimi yapma olanağı sağlayan Deniz Kuvvetleri Komutanlığına minnettarlığımı belirtirim.

İzzet Emre AFACAN

Mayıs, 2005

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	ii
KISALTMALAR.....	v
TABLO LİSTESİ.....	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
SEMBOL LİSTESİ.....	x
ÖZET.....	xi
SUMMARY.....	xiii
1 GİRİŞ	1
2 GEMİ ELEKTRİK SİSTEMLERİNİN GENEL ÖZELLİKLERİ	5
2.1 Genel Gemi Elektrik Sistemi	5
2.1.1 Gemilerdeki Elektrik Makineleri ve Tesisatının Genel Tanıtımı	5
2.1.2 Deniz Şartları	6
2.1.3 Gemi Elektrik Dağıtım Sistemlerinin Sınıflandırılması	8
2.1.4 Gemilerde Alternatif Akımın Tercih Sebepleri.....	8
2.1.5 Gemilerde Nötr Noktası Yalıtılmış Sistem Kullanımı.....	9
2.1.6 Elektrik Yüklerinin Türleri	10
2.2 Harp Gemilerinde Elektrik Dağıtım Sistemleri	11
2.2.1 Harp Gemilerinin Güç Dağıtım Sistemlerindeki Çeşitlilik	17
3 GEMİ ELEKTRİK DAĞITIM SİSTEMLERİNDE ARIZALAR ve ARIZA YERİ BELİRLEME.....	22
3.1 Karasal Elektrik Dağıtım Sistemlerinde Arıza Yeri Belirleme.....	22
3.2 Gemilerde Arıza Yeri Belirleme	24
3.2.1 Savaş Gemilerinde Kullanılan Koruma Cihazları	25
3.2.2 Gemi Elektrik Dağıtım Sistemlerinde Yeniden Yapılandırma/Restorasyon.....	28
4 HARP GEMİSİ ELEKTRİK DAĞITIM SİSTEMLERİNDE BULANIK KARAR VERME YÖNTEMİ İLE ARIZA YERİNİN BELİRLENMESİ	33
4.1 Gemilerde Arıza Yerini Belirlemenin Önemi	33
4.2 Bulanık Karar Verme	33
4.2.1 Bulanık Kümeler ve Bulanık Mantık.....	35
4.3 Amaçlanan Yöntem	41
4.3.1 Üyelik Fonksiyonlarının Gemi için Seçimi	44
5 ÖRNEK SİSTEM İNCELEMELERİ	49
5.1 Simülasyon Programlarının İncelenmesi	49
5.2 Dinamik Yük Durumunun İncelenmesi.....	52
5.3 Harp Gemisi Elektrik Dağıtım Sisteminde Bulanık Karar Verme İle Arıza Yerinin Bulunması Yönteminin Uygulanması.....	60
5.3.1 Arıza Yeri İncelemeleri İçin Ele Alınan Örnek Sistem	60
5.3.2 Örnek Sistemin Simülasyonu.....	65

5.3.3	Bulanık Karar Verme Temelli Arıza Yeri Belirleme Yönteminin Örnek Sistem Üzerindeki Uygulaması	72
6	SONUÇLAR ve ÖNERİLER	90
	KAYNAKLAR.....	93
	EK A.....	96
	EK B.....	98
	EK C.....	99
	EK D.....	103
	EK E.....	106
	EK F.....	109
	EK G.....	111
	EK H.....	130
	EK I.....	132
	EK J.....	134
	EK K.....	136
	ÖZGEÇMİŞ.....	141

KISALTMALAR

A	: Anahtar/Kesici
AA	: Alternatif Akım
ABT	: Otomatik Bara Transfer Cihazı (Automatic Bus Transfer Unit)
ASCL	: Advanced Continuous Simulation Language
CADD	: Computer Aided Detector Design
DA	: Doğru Akım
DC ZED	: Direct Current Zonal Electric Distribution
DMS	: Veri Yönetim sistemleri (Data Management System)
EMTP	: Electro Magnetic Transient Program
FACTS	: Flexible AC Transmission System
G	: Generatör
K	: Kablo
LVR	: Düşük Gerilimden Kurtarma Cihazı (Low Voltage Release)
LVP	: Düşük Gerilimden Kurtarma Cihazı (Low Voltage Protection)
M_1	: 1nolu Multimetre Bloğu
Max	: Maksimum
MBT	: Manüel Bara Transfer Cihazı (Manual Bus Transfer Unit)
Min	: Minimum
ZED	: Bölgesel Dağıtım Sistemleri (Zonal Electric Distribution)
RMS	: Efektif Değeri (Root Mean Square)
Rpm	: Dakikadaki devir sayısı (Rotations or Revolutions per minute)
PCM	: Güç Çevirici Ünitesi (Power Conversion Module)
SCADA	: Supervisory Control and Data Acquisition
UF	: Üyelik Fonksiyonu
UF1	: 1nci Tip Üyelik Fonksiyonu
A/K	: Atış kontrol sistemi
Kumd.	: Kumanda sistemi
Sist.	: Sistem
M	: Ana Güverte
T	: Su kesimi üstündeki alt güverte
S	: Su kesimi altındaki alt güverte

TABLO LİSTESİ

<u>No</u>	<u>Sayfa No</u>
Tablo 4.1: Yaş Tablosu.....	36
Tablo 4.2: Bulanıklık ve Rastlantısallık Arasındaki Fark.....	38
Tablo 5.1: Gemideki Generatörlere Ait Değerler	60
Tablo 5.2: Simülasyondaki Adım Boyu/Sayısı	66
Tablo 5.3: Üyelik fonksiyonu parametrelerinin değerleri.....	75
Tablo 5.4: UF10 Üyelik Fonksiyonu ile Senaryo Sonuçları.....	78
Tablo 5.5: UF10 Üyelik Fonksiyonu ile Senaryo Sonuçları.....	79
Tablo 5.6: Değişik Üyelik Fonksiyonları Tipleri ile elde edilen Toplam Doğruluk Yüzdeleri	80
Tablo 5.7: Üç Faz Arızası için İnceleme Sonuçları	81
Tablo 5.8: İki Faz Arası Arızası için İnceleme Sonuçları	82
Tablo 5.9: Faz iletken ve Nötr iletkeni Arası Arıza İncelemeleri Sonucu	83
Tablo 5.10: K1A Hattında Oluşan Arıza Senaryoları	85
Tablo 5.11: Son Kararın Elde Edilmesi ve Son Karar Üyelik Değerleri	86
Tablo 5.12: Son Karar Değerleri	87
Tablo 5.13: Bölmelere Ait Konum Üyelik Değerleri.....	88
Tablo A.1: Hat Özellikleri	96
Tablo B.1: Yüklerin Bulundukları Bölme ve Güverte İsimleri.....	98
Tablo C.1: Yüklerin Özellikleri.....	99
Tablo D.1: Seyir Durumundaki Model Gemi için Yüklerin Anahtar Durumları.....	103
Tablo E.1: Üyelik Fonksiyonu UF1 için Parametre Değerleri.....	106
Tablo E.2: Üyelik Fonksiyonu UF10 için Parametre Değerleri.....	107
Tablo E.3: Üyelik Fonksiyonu UF18 için Parametre Değerleri.....	108
Tablo G.1: UF1 Tipindeki Üyelik Fonksiyonları ile Elde Edilen Sonuçlar.....	111
Tablo G.2: UF2 Tipindeki Üyelik Fonksiyonları ile Elde Edilen Sonuçlar.....	112
Tablo G.3: UF3 Tipindeki Üyelik Fonksiyonları ile Elde Edilen Sonuçlar.....	113
Tablo G.4: UF4 Tipindeki Üyelik Fonksiyonları ile Elde Edilen Sonuçlar.....	114
Tablo G.5: UF5 Tipindeki Üyelik Fonksiyonları ile Elde Edilen Sonuçlar.....	115
Tablo G.6: UF6 Tipindeki Üyelik Fonksiyonları ile Elde Edilen Sonuçlar.....	116
Tablo G.7: UF7 Tipindeki Üyelik Fonksiyonları ile Elde Edilen Sonuçlar.....	117
Tablo G.8: UF8 Tipindeki Üyelik Fonksiyonları ile Elde Edilen Sonuçlar.....	118
Tablo G.9: UF9 Tipindeki Üyelik Fonksiyonları ile Elde Edilen Sonuçlar.....	119
Tablo G.10: UF10 Tipindeki Üyelik Fonksiyonları ile Elde Edilen Sonuçlar.....	120
Tablo G.11: UF11 Tipindeki Üyelik Fonksiyonları ile Elde Edilen Sonuçlar.....	121
Tablo G.12: UF12 Tipindeki Üyelik Fonksiyonları ile Elde Edilen Sonuçlar.....	122
Tablo G.13: UF13 Tipindeki Üyelik Fonksiyonları ile Elde Edilen Sonuçlar.....	123
Tablo G.14: UF14 Tipindeki Üyelik Fonksiyonları ile Elde Edilen Sonuçlar.....	124
Tablo G.15: UF15 Tipindeki Üyelik Fonksiyonları ile Elde Edilen Sonuçlar.....	125
Tablo G.16: UF16 Tipindeki Üyelik Fonksiyonları ile Elde Edilen Sonuçlar.....	126
Tablo G.17: UF17 Tipindeki Üyelik Fonksiyonları ile Elde Edilen Sonuçlar.....	127
Tablo G.18: UF18 Tipindeki Üyelik Fonksiyonları ile Elde Edilen Sonuçlar.....	129
Tablo H.1: Üç Faz Arızası Senaryolarında Elde Edilen Kestirimler	130
Tablo H.2: Hat İsimleri Listesi	131

Tablo I.1: Faz Arası Arızasında Akım Üyelik Fonksiyonları ile Kestirilen Arıza Yerleri.....	132
Tablo J.1: Faz İletkeni ve Nötr İletkeni Arasındaki Arıza Durumlarında Kestirim Sonucu	134

ŞEKİL LİSTESİ

<u>No</u>	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1: Halka Şeklinde Bağlı Generatörler	12
Şekil 2.2: Gemideki Dağıtım Panelleri ve Generatörlerin Yerleşimi.....	13
Şekil 2.3: Gemilerde Elektrik Dağıtım Sistemi ve Hayati Yükün Beslenmesi	15
Şekil 2.4: Gemi Elektrik Dağıtım Sistemi	17
Şekil 2.5: AA Radyal Dağıtım	18
Şekil 2.6: AA Bölgesel Dağıtım	19
Şekil 4.1: Geleneksel ve Bulanık Kümelerde Üyelik/Karakteristik Fonksiyon	37
Şekil 4.2: Üyelik Fonksiyon Tipleri	41
Şekil 4.3: Arıza Akımı Üyelik Fonksiyonu	45
Şekil 4.4: Konum Üyelik Fonksiyonu	46
Şekil 4.5: Görev Durumu Üyelik Fonksiyonu	47
Şekil 5.1: Örnek Sistem	50
Şekil 5.2: Faz-Faz Arızası için EMTP-ATP'den Elde Edilen Arıza Akımı Değişimi..	51
Şekil 5.3: Faz_Faz Arızasında Matlab-Simulink'den Okunan Arıza Akımı Değişimi	51
Şekil 5.4: Simülasyon Programlarının Koşma Süresi	52
Şekil 5.5: Küçük Model	52
Şekil 5.6: Generator Çıkış Gerilimi Rms Değer Grafiği.....	53
Şekil 5.7: Generatör uç geriliminin değişimi.....	54
Şekil 5.8: Motor Senkron Hızı	54
Şekil 5.9: Motor Moment Grafiği	55
Şekil 5.10: Motor Rotor Akımı Grafiği	55
Şekil 5.11: Motor Stator Akımı Grafiği	56
Şekil 5.12: İki Faz Gövde Arızasında Generatör Çıkış Gerilimi	57
Şekil 5.13: İki Faz-Gövde Arızasında Motor Hız Grafiği	57
Şekil 5.14: İki faz-Gövde Arızasında Motor Moment Grafiği.....	58
Şekil 5.15: Üç Faz Gövde Arızasında Generatör Çıkış Gerilim Grafiği	58
Şekil 5.16: Üç Faz Gövde Arızasında Motor Devir Grafiği.....	59
Şekil 5.17: Üç Faz Toprak Arızasında Motor Moment Grafiği	59
Şekil 5.18: Gemideki Generatörler ve Dağıtım Panoları.....	61
Şekil 5.19: Örnek Geminin Radyal Dağıtım Sisteminin İndirgenmiş Şekli	63
Şekil 5.20: Simülasyon Modelinde Hatları İsimlendirme Metodu	63
Şekil 5.21: Model Gemimize Ait Bölme ve Güverteleri Gösteren Temsili Şekil	64
Şekil 5.22: Generatör Dağıtım Panosunda Çıkan Ana Hatlar.....	65
Şekil 5.23: Simülasyon Modelinde Ölçüm Cihazlarının Yerleri.....	67
Şekil 5.24: Arıza Yerinin Hat Üzerindeki Oransal İfadesi.....	67
Şekil 5.25: Üç Faz Gemi Gövdesi Arızasında Üç Faza Ait Akım	68
Şekil 5.26: Üç Faz Gemi Gövdesi Arızasında Üç Faza Ait Faz Toprak Gerilimleri..	69
Şekil 5.27: Üç Faz Gemi Gövdesi Arızasında Üç Faza Ait Faz Arası Gerilimleri	69
Şekil 5.28: AB Faz arası arızasında ABC Faz arası Gerilimleri.....	70
Şekil 5.29: AB Faz arası arızasında ABC Faz Toprak Gerilimleri.....	70
Şekil 5.30: AB Faz arası Arasındaki Arızada ABC Faz Akımları	71
Şekil 5.31: A fazı Nötr Arasındaki Arızada ABC Akımları	71
Şekil 5.32: A fazı Nötr Arasındaki Arızada Faz Arası Gerilimleri	72
Şekil 5.33: Arıza Akımı Üyelik Fonksiyonu	73

Şekil 5.34: Üyelik Fonksiyonlarında İç İç Geçiş	74
Şekil 5.35: Üyelik Fonksiyonlarında Yamuğun Eğimlerinin Değişimi.....	74
Şekil 5.36: Başka Bir Üyelik Fonksiyonunu Kapsayan Üyelik Fonksiyonu	76
Şekil 5.37: 1nolu Bölmeye Ait Konum Üyelik Değeri	85
Şekil 5.38: 3nolu Bölmeye Ait Konum Üyelik Değeri	85
Şekil K.1: Ana Sistem Şekli.....	136
Şekil K.2: Ana Sistem Şeklinde (Şekil K.1) Görülen Baş Tarafa Giden Hat Alt Bloğu.....	137
Şekil K.3: Ana Sistem Şeklinde (Şekil K.1) Görülen Geminin Kıç Tarafına Giden Hatlar Alt Bloğu.....	138
Şekil K.4: Tarafa Giden Hat Alt Bloğu (Şekil K.2)'de Yer Alan M_Güvertedeki Hatlar Alt Bloğu.....	139
Şekil K.5: Baş Tarafa Giden Hat Alt Bloğu (Şekil K.2)'de Yer Alan 8,9,10nolu Güvertede Yer Alan Hatlar/Yükler Alt Bloğu.....	140
Şekil K.6: Baş Tarafa Giden Hat Alt Bloğu (Şekil K.2)'de Yer Alan Alt Sistem Dağıtım Panosu (ChangeoverBox 440V/60Hz) Alt Bloğu.....	140

SEMBOL LİSTESİ

A	: Amper
A	: Geleneksel yapıdaki bir A kümesi
$\overline{A}$	: A bulanık kümesinin tümleyeni
$\tilde{A}$	: A bulanık kümesi
A_α	: α -kesme seviye kümesi ile edilmiş olan hatların sıralanması
a,b,c,d	: Yamuk tipi üyelik fonksiyonunun parametreleri
a_0	: Akım üyelik fonksiyonlarında hattın sonunun ifadesi
AHS	: Arızalı olmaya aday hatların kümesi
cosϕ	:Güç faktörü
D	: Son karar aşamasında elde edilen aday arızalı hat kümesi
DD_{ij}	: i 'ninci senaryoda, j 'ninci α -kesme seviyesindeki doğruluk yüzdesi
d_0	: Akım üyelik fonksiyonlarında hat başının ifadesi
f	: frekans
Hz	: Hertz
I	: Akım
K_A(x)	: Karakteristik fonksiyon
kVA	: Kilo volt amper
L_{S_i}	: i 'nci senaryodaki gerçek arızalı hat
Maks.	: Üyelik fonksiyonun en yüksek değeri
Nm	: Newton metre
msn	: mili saniye
P(x)	: Olasılık fonksiyonu (probability)
S(AHS_{α_{ij}})	: $AHS_{\alpha_{ij}}$ kümesindeki eleman sayısını
sn	: saniye
t	: zaman
TD_{α_j}	: j 'ninci α -kesme seviyesinde toplam doğruluk yüzdesi
UF	: Bulanık Sayı
V	: Volt
Vmax	: Gerilimin maksimum değeri
W	: Watt, Güç Birimi
$\mu_A(x)$	: Bir X evrensel kümesindeki A bulanık kümesine ait üyelik fonksiyonu
$\mu_A(I)$	: Akım üyelik fonksiyonunda belirli bir I akım değerine karşılık düşen üyelik değeri
μ_A	: Akım Üyelik Fonksiyonu
μ_k	: Konum Üyelik Fonksiyonu
$\mu_k(L)$	: L hattına ait konum üyelik değeri
μ_o	: Operatör deneyimi üyelik fonksiyonu
$\mu_o(L)$	: L hattına ait operatör deneyimi üyelik değeri
μ_D	: Son karar üyelik değeri
α	: α seviye kümesi (α level set)
α-kesme	: α -kesme seviyesi (α -cut level)

HARP GEMİSİ ELEKTRİK DAĞITIM SİSTEMİNDE ARIZA YERİNİN BELİRLENMESİNDE BULANIK KARAR VERME YÖNTEMİNİN UYGULANMASI

ÖZET

Çağımızda elektrik enerjisinin gemilerdeki kullanımı süratle artmaktadır. Çok küçük hacimlerde çok fazla sayıda elektrikli cihaz bulunduran gemilerdeki elektrik sistemleri karadaki elektrik sistemlerinden farklılıklar gösterir. Karmaşık yapıdaki elektrikli cihazlar kullanan harp gemilerindeki elektrik sistemlerinin de diğer gemiler gibi kendine has özellikleri bulunmaktadır. Harp gemileri için hasar altında çalışabilecek hayati yükleri sürekli besleyebilecek kabiliyette elektrik dağıtım sistemleri tasarlanmaktadır. Harp gemisinin elektrik dağıtım sistemi silah, tahrik ve hasar kontrol sistemleri gibi kritik yükler için alternatif besleme yolları sağlayabilecek özellikte olmalıdır. Günümüzde harp gemilerinin elektrik dağıtım sistemlerinin daha güvenilir ve dayanıklı kılmak amacıyla bu gemilerde kullanılan elektrik dağıtım sistemleri üzerinde araştırmalar yapılmaktadır.

Harp gemileri savaşta görev yapmak üzere tasarlanırlar ve savaş ortamında isabet/yara almaları muhtemeldir. Bu durumda geminin hayatta kalması ve görevine devam edebilmesi bir savaşın kaderi açısından önemli olmaktadır. Bu nedenlerden ötürü de gemide oluşan bir arıza durumunda arızaya müdahale reaksiyonu ve hızı çok önem kazanmaktadır. Harp gemisinde savaşta alınan isabet/yara çok boyutlu ve yaygın bir elektrik arızasına sebep olabilir ve devredeki yükler için yetersiz elektriksel güç üretimi de sistemlerin işlevliğini kaybetmesine yol açabilir. Gemi elektrik sisteminde bir arıza oluştuğunda, arızalı bölgenin sistemin geri kalan arızasız/faal bölgelerinden izole tutulması, hızla arızanın giderilmesi ayrıca faal olup da izole edilmiş arızalı bölgede kaldığı için beslemesiz kalmış yüklere de elektrik iletiminin sağlanması gerekir. Geminin elektrik dağıtım sistemindeki bir arızada, arıza durumunun tanımlanıp, sistemin yeniden yapılandırılması, böylece sistemde iyileştirmeye, restorasyona gidilmesi arıza sonrası gerçekleştirilmesi gereken adımlardır. Sistemde arıza yeri ne kadar hızlı ve doğru olarak belirlenirse arıza durumundaki bir sonraki süreç olan restorasyon/ yeniden yapılandırma o kadar hızlı ve kapsamlı olarak gerçekleştirilecektir.

Harp gemisine ait elektrik dağıtım sistemlerinde ana hatlar üzerinden çok fazla yan hat çıkışı olduğu için bir arıza olduğunda birbirine yakın olan hatlar veya elektriksel olarak generatörden uzaklıkları yakın olan hatlar muhtemel arıza yeri olarak karşımıza çıkmaktadır. Arıza yerini belirleme sürecinde karşılaşılan bu ve benzeri belirsizliklerin bulanık karar verme yöntemine dayalı bir algoritmanın kullanımı ile açılabilmesi değerlendirilmiştir. Bulanık karar verme yöntemi ile arıza yeri belirleme çalışmalarında karar verme işleminde, sistem sorumlusunun deneyimlerinin de göz önüne alınabilmesi elde edilen bu yöntemin sağladığı bir esneklik olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu tez çalışmasında, harp gemisi elektrik dağıtım sisteminde arıza yerinin belirlenmesinin bulanık karar verme yöntemine dayalı olarak gerçekleştirilmesi

amaçlanmıştır. Bir harp gemisini bilgisayar ortamında modelleyebilmek için kullanılacak çeşitli simülasyon programları örnek bir sistem üzerinde denenmiş ve çalışma için uygun simülasyon aracına karar verilmiştir. Amaçlanan yöntemi örnek bir harp gemisinin üzerinde gerçeklemek için simülasyon modeli bilgisayar ortamında oluşturulmuştur. Bulanık kümeler yardımıyla harp gemileri elektrik dağıtım sisteminde arıza yeri belirleme çalışmalarını gerçekleştirmek için model gemi üzerinde incelemeler yapılmış ve çeşitli arıza senaryolarında sonuçlar elde edilmiştir. Rasgele üretilmiş arıza senaryolarının sonuçları ile sistem üzerinde deneyim kazanılmış ve arıza akım bilgisine dayalı akım üyelik fonksiyonları oluşturulmuştur. Hatların gemi üzerindeki konumlarından ötürü arıza yapma risklerinin farklılık göstermesinden dolayı, bu etkininde yönteme yansıtılması için konum üyelik fonksiyonları oluşturulmuştur. Akım üyelik fonksiyonlarının kullanımı ile rasgele oluşturulmuş arıza senaryoları sonucunda elde edilen aday arızalı hat kümesine konum üyelik fonksiyonlarının etkisi yansıtılmıştır ve son karar aday arızalı hat kümeleri oluşturulmuş, elde edilen sonuçlar irdelenmiştir.

FAULT LOCATION IN SHIPBOARD POWER DISTRIBUTION SYSTEM USING FUZZY DECISION MAKING METHOD

SUMMARY

In this age, usage of electric energy increases fast. Shipboard electrical power systems which have many electrical devices in a small bulk have their own characteristics and differ from their terrestrial counter parts so have the electrical power systems in warships that supply sophisticated systems. Electrical distribution system in a warship is projected and it has competence to supply all vital loads in any situation like malfunction or a combat hit. The electrical distribution system in a warship must supply energy for the vital loads like weapon, command–control, navigation and communication systems etc via alternative paths. The investigations are conducted in order to form more reliable and secure electrical distribution systems for today's warships

Warships are designed to function in battle conditions and they may probably get injured or have a combat hit at the battle. In this situation, to be able to keep on the duty of a battle ship or to be survival is important for the fate of a war. That is why it becomes important to react to a fault situation in a shipboard electrical system and so is rapidity of this reaction. A combat hit can cause a widespread fault situation. Moreover, low power production for the active loads may occur just before a certain major failure. After a fault has occurred in a shipboard electrical system, protection devices isolate the faulty section to prevent or limit damages during abnormalities and to minimize their effects on the remainder of the system. In a fault situation, first the fault detection and location should be determined, then restoration (or reconfiguration) of the system should be conducted in order to repair the faulty system. From fault to new restored situation, all steps are scrutinized very quickly for ship safety.

If the faulted feeder has several laterals and branches like shipboard power distribution systems, there can be a number of possible places having the same electrical distance from the feeding point for the fault. It is evaluated that this type of situations and similar problems in fault location process can be tackled by using an algorithm that is based on fuzzy decision making method. Algorithms based on fuzzy decision method that are used to locate fault in a warship are very resilient because operator experience can be inserted in decision making process of the fault location by the algorithms.

In this study, the goal is to use fuzzy decision based on algorithm in the fault location process of a warship electrical distribution system. Several simulation tools are analyzed in an example system to find the appropriate one for our investigation. A simulation model of a warship is formed in order to realize the proposed method on the warship electrical distribution system. The investigations are conducted on the simulation model to define a fuzzy decision based on algorithm to locate the fault

in a warship electrical distribution system. Moreover, some random fault scenarios are created to obtain the number of data and results. The experience of the model warship is gotten from the random fault scenarios and so the current membership functions which are based on fault current are formed. In addition, the location of the lines in a warship has some effect on risks of the line that has a fault. And to reflect this kind of effect in the proposed method, the location membership function is formed. The results of the random fault scenario in which the current membership functions used are combined with the location membership function of the lines and the new result obtained from the new list of possible faulty lines is presented and all the results are explained.

1 GİRİŞ

Günümüzde gelişen teknoloji ile beraber gemilerde elektrik enerjisinin kullanımı da her geçen gün artmaktadır. Harp gemisi elektrik enerji sistemleri, kendine has özelliklere sahiptir ve karmaşık bir yapıda olan seyir, haberleşme, silah, harekate yönelik sistem ve algılayıcılar (sensörler) için enerji sağlarlar. Gemi sistemleri, karasal sistemlere göre çok küçük hacimlerde çok fazla sayıda elektrikli cihaz içerirler.

Gemide elektriksel yükler, hayati ve hayati olmayanlar olarak iki kısma ayrılırlar. Göreve ve gemi emniyetine etki eden yükler hayati yükler olarak adlandırılırken; kaybı halinde görev ve gemi emniyetini tehlikeye sokmayan yükler hayati olmayan yükler olarak adlandırılır [1,2]. Gemilerde hayati önemdeki yüklerin sürekli beslenmesi bir zorunluluktur ve bunun için elektrik dağıtım sistemleri çift kaynakla bu tip yükleri besleyebilecek şekilde tasarlanırlar. Hayati önemdeki yükleri besleyen, besleme hatları, gemi bünyesinde aynı bölme ve güverteden geçmeyecek şekilde tesis edilirler, başka bir deyişle iki dağıtım panosu arasında gemi bünyesinde bölgesel olarak bir ayırım vardır [3]. Bu dağıtım hatlarının birbirlerine yakın bulunmamalarının sebebi savaşta, yara altında hayati yükü besleyen asli ve yedek hattın ikisinin birden devre dışı kalmasının önüne geçilmesinin amaçlanmasıdır.

Bir arıza durumunda bile hayati yükleri besleyebilme olanağını yaratabilmek için gemilerde genellikle topraksız elektrik dağıtım sistemleri kullanılır [4]. Harp gemilerinin dağıtım sistemlerinde çeşitlilikler gözlemlenmektedir. Bilim adamları savaşta alınan bir yara nedeniyle karşılaşılabilecek arızalara karşı daha dayanıklı, aynı zamanda da kurulumu kolay ve ucuz maliyetli sistemler tasarlamaktadırlar [5,6]. Harp gemilerindeki dağıtım sistemlerindeki bu çeşitliliği radyal, bölgesel, halka şeklindeki dağıtım sistemleri olarak örnekleyebiliriz [2].

Harp gemileri temel olarak su üstü gemileri, denizaltılar, uçak gemileri olarak üç gruba ayrılırlar. Bu gemilerin temelde görevlerinin farklı olmaları nedeniyle sahip oldukları elektrikli cihazlar ve yükler de farklılık gösterir. Bu nedenlerden ötürü harp gemisi elektrik sistemi farklı gerilim ve frekans seviyelerine sahiptir. Genelde su üstü harp gemilerinde 440V, 115V 60Hz ve 440V, 115V 400Hz gerilim kullanılmaktadır [4]. 400Hz'e ihtiyaç duyan sistemler, silah sistemleri ve komuta-kontrol sistemleridir.

Uçak gemileri ve elektrikle tahrik edilen gemilerde 4160 V gerilim seviyesine de ihtiyaç duyulmaktadır [2,7].

Gemilerde arızalar herhangi bir yükün malzeme problemi nedeniyle oluşmuş olabilir. Yüklerde oluşan arızalara ek olarak gücü yüklere ileten kablolarda, elektrik üreten veya dağıtan donanımlarda da arızalar oluşabilir. Devredeki yükler için yetersiz elektriksel güç üretimi de sistemlerin işlerliğini kaybetmesine yol açabilir. Harp gemisinde savaşta alınan isabet/yara çok boyutlu ve yaygın bir elektrik arızasına sebep olabilir. Burada çok boyutluluk ile kast edilen isabet alınan bölmelerdeki yük merkezlerinde birçok kablonun aynı anda hasar görmüş olması durumudur.

Gemi elektrik sisteminde bir arıza oluştuğunda, arızalı bölgenin sistemin geri kalan arızasız/faal bölgelerinden izole tutulması, hızla arızanın giderilmesi ayrıca faal olup da izole edilmiş arızalı bölgede kaldığı için beslemesiz kalmış yüklere de elektrik iletiminin sağlanması gerekir. Bunun içinde elektrik sisteminde arıza mevcut olan bir gemide elektrik dağıtım sistemi restore edilerek dağıtım sistemi yeniden yapılandırılmalıdır. Günümüzde yeniden yapılandırma işlemlerinde operatörün müdahalesine daha az ihtiyaç duyan böylece daha hızlı olabilen, otomatik olarak sistemin yeni yapısını oluşturabilecek otomatik akıllı yeniden yapılandırma teknikleri, uzman yaklaşımlar kullanılmaktadır [6,8]. Bu yaklaşımlarda operatörün müdahalesinin azaltılması ile anlık, hesaplanmamış ve yanlış müdahale sonucu zaten arızalı olan sistemin bir felakete sürüklenmesinin önüne geçilmesi amaçlanmaktadır.

Yeniden yapılandırma işlemine başlarken arıza yeri hakkında kesin veya kabul edilebilir doğruluk sınırları içinde bilgiye sahip olmamız gerekmektedir. Arıza yerini belirleme, yeniden yapılandırma işleminin başarısını doğrudan etkiler. Gemilerde hatlarda bulunan koruma elemanları arıza anında aşırı akımı görürler, bir üst seviyede de yük merkezleri/dağıtım panolarındaki koruma elemanları kendilerine bağlı olan hatlardaki aşırı akımın toplamını görürler. Şayet hattaki koruma elemanı herhangi bir sebeple çalışmaz veya geç kalırsa bir üst seviyede bulunan koruma elemanı devreye girerek alt sistemin tümünün enerjisini keser, arızanın yayılmasını önlemek amacı ile bu bölgeyi izole eder. Bu durumda arıza yerine ait bilgimizde bulanıklık artar. Arıza yeri hakkında kabul edilebilir sınırlar içinde bilgi olmadan da yeniden yapılandırma işlemine başlanamaz.

Arızanın bulunduğu hat üzerinden çok fazla sayıda yan kol/hat çıkışı yapıyorsa; arıza yeri incelemelerinde ana güç kaynağından aynı elektriksel uzaklıkta bulunan veya bu mesafenin birbirine yakın olduğu hatlar muhtemel arıza yeri olarak karşımıza

çıkabilmektedir [9]. Bu durum gemilerdeki elektrik dağıtım sistemlerinde de karşımıza çıkmaktadır, çünkü radyal sistemlerde dağıtım hattı üzerindeki hatlardan çok fazla sayıda yan kolun/hattın çıkışı yaptığı gözlemlenmektedir. Ayrıca arıza yerinin kaynağa yakınlığı yerlerde belirsizliğin arttığı çeşitli araştırmalarda gözlenmiştir [9,10].

Gemilerde arıza yerinin belirlenmesindeki belirsizlikleri (bulanıklıkları) ele alabilecek uygun bir yöntemin kullanılması, arıza yerinin doğru şekilde belirlenmesinde başarıyı arttırabilir. Birçok mühendislik probleminin çözümünde uygulaması gerçekleştirilen bulanık karar verme (fuzzy decision making) yöntemi, harp gemilerinin elektrik dağıtım sistemlerinde arıza yeri belirlemede karşımıza çıkan problemleri aşmamızda yardımcı olabilir. Bulanık karar verme temelli bu yaklaşımda, arıza yerini bulmak üzere çeşitli amaçlar doğrultusunda uygun üyelik fonksiyonları oluşturulur. Bu üyelik fonksiyonları sistemde var olan belirsizliği ve işletici (operatör) deneyimlerini ele almamıza olanak sağlar. Bulanık karar verme ve bulanık küme temelli yöntemlerin sağladığı bir olanak da sezisel bilgilerin ifade edilebilmesidir.

Bu tez çalışmasında, harp gemisi elektrik dağıtım sisteminde arıza yerinin belirlenmesinin bulanık karar verme yöntemine dayalı olarak gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. Yöntemde operatörlerin geminin dağıtım sisteminde ve arıza yeri belirlemede önceden kazanmış oldukları deneyim, üyelik fonksiyonları ile göz önüne alınabilir. Ayrıca yöntemde arıza yerini belirlerken hatların içinde bulundukları gemideki bölmelerin arıza yapma risklerine katkıları da göz önüne alınmıştır. Burada savaş durumunda geminin, termal iz, radar kesit alanının, gemi üzerinde yayımın (elektromanyetik yayım, radar, telsiz gibi) fazla olduğu bölmelerden isabet alabileceği değerlendirilmektedir. Buna ek olarak bazı hatların gemi üzerinde bulundukları konum itibari ile arıza yapma ihtimallerinin daha korunaklı, deniz şartlarının yıpratıcı etkilerini hissetmeyen bölümlerde yer alan hatlara nazaran daha fazla oldukları da uygun üyelik fonksiyonları ile ele alınabilir. Ayrıca görev durumuna göre devredeki yüklerde değişiklikler olabilmektedir. Bir harp gemisi görev durumları; liman durumunda (sahilden kaynağında beslenme), seyir halinde (intikal süratinde seyrederek, seyir için gerekli cihazlar devrededir), görevine yönelik hareket icrasında (örneğin mayın tarama gemisi, hücumbot, karakol gemisi gibi) veya demirli durum olarak sınıflandırılabilir. Bu görev durumlarında devrede olan yüklerde farklılık göstermektedir. Arıza yeri belirlemede, geminin görev durumu da uygun üyelik fonksiyonlarının kullanımı ile arıza yeri belirleme probleminin çözümünde göz önüne alınabilir.

Bulanık kara verme yöntemini kullanarak harp gemisi elektrik dağıtım sistemindeki arıza yerlerinin belirlenmesinin amaçlandığı bu tez çalışmasında, çalışmanın genel çerçevesi ve amacı giriş bölümünde sunulmuştur. İkinci bölümde gemi elektrik sistemlerinin genel özelliklerine değinilmiş, ayrıca harp gemilerinin elektrik dağıtım sistemleri ve harp gemilerindeki elektrik dağıtım sistemlerindeki çeşitliliğe yer verilmiştir. Üçüncü bölümde ise gemilerde elektrik dağıtım sistemlerinde arızalar ve arıza yeri belirleme başlığı altında, önce karasal elektrik sistemlerinde arıza yeri belirlemeden bahsedilmiş, sonrada gemilerdeki arıza yeri belirlemenin önemi üzerinde durularak restorasyon işleminin gerekliliği, otomatik ve akıllı yeniden yapılandırma ile uzman yaklaşımın restorasyon işlemindeki uygulamalarına değinilmiştir. Amaçlanan yöntemin açıklandığı dördüncü bölümde harp gemisi elektrik dağıtım sistemlerinde bulanık karar verme yöntemi ile arıza yeri belirleme başlığı altında ilk olarak bulanık kümeler ve bulanık karar verme yönteminin uygulamaları verilmiş, daha sonra amaçlanan yöntem açıklanmıştır. Beşinci bölüm örnek sistem incelemelerini içerir. Bu bölümde simülasyonları gerçekleştirebilmek için kullanılabilecek bilgisayar programlarından olan EMTP-ATP ve MATLAB karşılaştırılmasının yanı sıra arıza durumlarının gemilerde dinamik yüklere etkisinin incelenmesine de yer verilir. Üçüncü aşamada ise amaçlanan yöntemin uygulamasının nasıl yapıldığını göstermek üzere gerçek bir gemiden yola çıkarak oluşturulan elektrik dağıtım sistemi ve simülasyon modeli tanıtılmış, daha sonrada çeşitli arıza senaryoları için amaçlanan yöntem ile elde edilen sonuçlar verilmiştir. Altıncı bölümde ise yöntem uygulaması neticesi elde edilen sonuçlar ve öneriler sunulmuştur.

2 GEMİ ELEKTRİK SİSTEMLERİNİN GENEL ÖZELLİKLERİ

2.1 Genel Gemi Elektrik Sistemi

2.1.1 Gemilerdeki Elektrik Makineleri ve Tesisatının Genel Tanıtımı

Gemilerde kullanılan elektrik makineleri ve tesisat malzemesi ikinci dünya savaşına kadar karada kullanılanlardan pek farklı değildi. Küçük kapasiteli, düşük gerilimli basit doğru akım generatörleri, ilkel telsiz-telgraf cihazlarından yararlanmak için kullanılırdı. İkinci dünya savaşından bu yana elektriğin gemilerde önemli bir yer alması ve gittikçe kullanımının yaygınlaşması, tüketimde ve buna paralel olarak da kullanılan makinelerin güçlerinde artışa sebep oldu. Bununla birlikte kara koşullarından daha ağır olan deniz koşullarına dayanıklı makineler ve malzemelerin kullanılması zorunlu hale geldi [11].

Geçmişte gemilerde pompa, vinç vb. yardımcı makineler, genellikle buhar gücü ile çalıştırılırlardı. Günümüzde ise akla gelen hemen hemen tüm makineler güçlerini elektrik enerjisinden almaktadır. Örnek olarak gemilerdeki modern haberleşme sistemleri (telsiz, uydu haberleşme sistemleri), seyir cihazları (radar, cayro pusula) personelin yaşam mahallerindeki iklimlendirme sistemleri, soğuk hava depoları, otomasyon ve uzaktan kumanda sistemleri v.s elektrik enerjisine ihtiyaç duymaktadırlar. Harp gemilerinde sivil gemilerin kullandığı elektrikli cihazlara ek olarak top kumanda sistemleri, atış kontrol sistemleri, çeşitli silahlara ait lançerler ve sensörler v.s. eklenmektedir.

Gemilerin elektrik sistemleri üzerinde nem ve tuzlu suyun oldukça yıpratıcı etkileri vardır. Ayrıca denizde seyir halindeki geminin deniz şartları ile değişen oranda sallanması ve bu salınımın düzenli olamaması da elektrik sistemlerini zorlayıcı bir etki yaratmaktadır. Gemiler, denizlerdeki geniş boyutlu sıcaklık tesirleri ile de karşı karşıyadırlar. Sallanmanın, titreşimlerin ve sınırları geniş olan sıcaklık değişimlerinin kötü tesirleri gemideki tüm elektrikli sistemleri olumsuz olarak etkiler. Bu kötü etkilerden korunmak için gerekli önlemlerin eksiksiz olarak alınması, elektrik sistemlerinde de denize uygun malzemelerin kullanılması zorunludur [11,12].

Güvertelerde çalışan elektrik makineleri ve tesisat deniz suyu tesirlerine karşı koyacak biçimde yapılır. Örneğin demir almak/atmak için ve halat manevralarında

kullanılan güverte üzerindeki bir elektrik makinesi olan 'ırgat', denizin şiddetli, hırçın olduğu ve tüm güvertenin deniz suyuna girip çıktığı bir durumda bile deniz suyuna ve tuza karşı koyabilecek özellikte olmalıdır. İç kısımlardaki elektrik makineleri ve tesisat ise; nemin yoğunlaşması ile her an damlayan suların zararlı tesirleri altında kalabilirler. Bunların korunmaları yapılmazsa elektrik dirençleri azalır, yalıtkanların yaşlanması hızlanır dolayısı ile cihazlar ve sistemler bozulurlar ve yangın çıkma tehlikesi artar.

Gemilerin kuvvetli denizlerde trim (başa-kıça olan salınım hareketi) ve yalpa yapmaları (sağ-sola olan salınım hareketi), elektrik makinelerinin yataklarını da zorlar. Bir harp gemisinde savaşta alınan isabetler neticesi oluşacak patlamalardan meydana gelen şokları da bu tip bozucu etkilere ekleyebiliriz.

Bu sebeplerden dolayı gemide bulunan elektrik makinelerinin karadakilere göre daha dayanıklı yapılması gerekir. Gemilerde elektrik enerjisini üreten generatörlere yardımcı makineler denir ve bu makineler denizli havalarda geminin yaptığı kritik yalpa ve trim açılarında da çalışabilecek şekilde tasarlanır ve test edilirler. Ana makine ve pervanelerin meydana getirdiği titreşimler devre kesicilerini (şalterleri, kontaktörleri), sigorta buşonlarını, hatta duylardaki ampulleri gevşetir. Bu durumda, iyi sabitlenememiş tesisat malzemesinde kabloların sürtünmesi sonucu aşınma ile kısa devreler de meydana gelebilir.

Yukarıda açıklanan ve benzeri sakıncaları önlemek için gemilerde kullanılacak elektrik makineleri ve tesisat malzemeleri, ilgili standartlara göre tasarlanarak tesis edilmelidir. Buna ek olarak gemi elektrik sisteminin güvenli ve güvenilir çalışmasını sağlamak açısından, elektrik sisteminin bakım çalışmaları düzgün, planlı bir biçimde yapılmalıdır.

2.1.2 Deniz Şartları

Geminin elektrik dağıtım sistemi inceleme konusu olarak ele alınmadan önce, kara ve denizdeki durumları incelemek yararlı olur. Daha önce de açıklandığı gibi, gemide kullanılacak elektrik makineleri ve cihazları ile karada kullanılanlar arasında belirli farklar vardır [11]. Bu farklar aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- Gemilerde generatör ve kontrol düzenleri için yer sınırlıdır.
- Besleme kabloları, kara tesislerine göre çok kısadır. Böylece, kablo direnci ve reaktansı az olduğundan kısa devre akımları çok büyük olur.

- Kara tesislerinde besleme kaynaklarının kapasiteleri devreye alınan motor kapasitelerine göre büyüktür. Herhangi bir motorun devreye alınması şebeke gerilimini etkilemez. Gemilerde ise bu fark çok azdır. Böylece, bir gemide büyük bir motor devreye girerken ana generatör gerilimi düşer. Bunu önlemek için generatör çıkış geriliminin ani yüklerden aşırı etkilenmemesi ve bu etkinin süresinin çok kısa olması için uygun ayar düzenlerinin kullanılması gerekir.
- Gemide elektrik enerji beslemesinin sürekli olması gerekir. Bilhassa dar sularda seyreden (örneğin boğaz geçişi yapan veya mayından arındırılmış taranmış bir kanaldan geçecek bir harp gemisi) ya da bir iskeleye yanaşmak (aborda olmak), kalkmak (avara etmek) için manevra yapan bir gemide elektrik üretiminin kesilmesi gemiyi tehlikeye sokar. Bu tip bir durumda elektrik üretiminin kesildiği anda ilk olarak dümen motorları beslenemediği için gemi dümenle kontrol edilemeyecektir ve bu tür bir arızanın aniden çıkması, hazırlıksız yakalanılması sonucunda karaya oturma veya başka bir gemi ile çatışmak içinde bulunulan duruma göre kaçınılmaz olabilir; gemi bataabilir, can güvenliği tehlikeye girebilir.
- Gemide uygun kapasitede en azından aynı güçte yedek bir generatör bulunulması gerekir. Bunun yanı sıra generatörlerin kendi başına (otomatik olarak) uzun süre çalışabilecek durumda olmaları gereklidir. Bu sebeplerle, generatörlerin güvenli biçimde ve en azından standartlara uygun yapılması, denenmesi ve yapılabildiği kadar basit olması gerekir.
- Gemilerde, tüm ana besleme kabloları (dikey ve yatay) çift olarak tesis edilir.
- Denizdeki generatörler değişken ortam koşullarında çalışmak zorundadır. Bundan başka tuzlu ve yağlı hava gibi zararlı tesirler mevcuttur. Titreşim de generatörlere ve motorlara önemli zararlar verir.
- Gemilerde generatör boyutlarına göre büyük dinamik yükler mevcuttur.
- Gemilerde savaş, haberleşme, kontrol sistem ve sensörlerine ait olan çok sayıda elektronik yükler mevcuttur. Bu elektronik yükler güç kalitesine ve gücün kesilmesine karşı hassas yüklerdir. Örneğin 70 veya 100ms'lik bir güç kesilmesi geminin tüm sisteminin devreden çıkmasına ve onarım zamanının çok uzun olacağı istenmeyen durumlara sebep olabilir.

- Elektrik enerjisi uygulamalarının, gemilere karadaki uygulamalardan daha sonra girmesine karşın, gemilerde elektrik kullanan cihaz ve sensörlerde yaşanan gelişme karadakilere göre daha süratli olmuştur.

2.1.3 Gemi Elektrik Dağıtım Sistemlerinin Sınıflandırılması

Gemilerdeki elektrik dağıtım sistemleri,

- Doğru akım elektrik dağıtım sistemleri
- Alternatif akım elektrik dağıtım sistemleri

olarak iki kısma ayrılabilir [12].

2.1.3.1 Doğru Akım ve Tek Fazlı Alternatif Akım

- Bir kutbu topraklı iki iletkenli sistem
- Gemi bünyesinden izole edilmiş iki iletkenli sistem
- Tek iletkenli gemi bünyesinden dönüşlü sistem

2.1.3.2 Üç Fazlı Alternatif Akım

- Gemi bünyesinden dönüşü olmayan 4 iletkenli nötrü topraklı sistem
- Gemi bünyesinden dönüşlü, nötrü topraklı, 3 iletkenli sistem
- Gemi bünyesinden izole edilmiş 3 iletkenli sistem

2.1.3.3 Orta Gerilim Sistemleri

- Gemi bünyesinden izole 3 iletkenli sistem
- Nötrü topraklı 3 iletkenli sistem

2.1.4 Gemilerde Alternatif Akımın Tercih Sebepleri

Gemilerin sınırlı bir hacme sahip olması, tonajları ölçüsünde ağırlık kısıtlarının bulunması ve ucuz maliyetin istenmesi gibi etkilere ötürü mühendisler ağırlık, hacim, fiyat bakımından elverişli olan sistemlerin gemilerdeki uygulamalarını tercih etmektedirler. Bazı özel durumlar haricinde bilhassa büyük güçlerde alternatif akım motorları tesisatı doğru akıma göre daha ucuz, daha hafif, daha az yer kaplaması nedenlerinden ötürü tercih edilen sistem olarak öne çıkmaktadır [11,12].

Gemilerdeki elektrik enerjisine ihtiyaç duyan yüklerdeki artış, gemiye güç sağlayan yardımcı makinelerin (generatörlerin) kapasitelerinin de artmasına sebep olmuştur. Alternatif akımlı sistemlerde sincap kafesli asenkron motorların kullanımı dayanıklılık, hafiflik, küçüklük, ucuz bakım tutum gibi etkenlerden ötürü yaygınlık

kazanmıştır. Bir doğru akım motorunun yol vericisi ile birlikte ağırlığı aynı güçteki bir sincap kafesli asenkron motorunun ağırlığından %35 daha fazladır. Aynı şartlarda fiyat ise doğru akımlı motorlarda %100 fazladır. Doğru akım motorları yol vericisiz çalıştırılmazlar. Halbuki küçük kapasiteli asenkron motorlarını belirli şartları sağlanmak kaydıyla yol vericisiz doğrudan doğruya devreye sokma imkanı mevcuttur. Diğer yandan, büyük kapasiteli alternatif akım motorlarının yol verme düzenleri daha ucuz ve daha hafif oldukları gibi bakım tutumları çok kolay, ihtiyaç duyulan yedek parça sayısı az ve ucuzdur [12,13].

Alternatif akım sisteminin doğru akım sistemine göre tercih edilmesi geminin cinsine (yolcu, şilep vb.) tonajına ve elektrik malzemesinin temin edildiği ülkeye göre değişir. Genellikle gemilerin tonajı büyüdükçe (bilhassa yolcu gemilerinde) alternatif akım sistemi daha maliyetinin düşüklüğü sebebiyle tercih edilir.

Küçük gemilerde ise maliyetteki azalma önemsiz olmasına karşılık, bakımlarının kolay olması, elektrik personeline olan ihtiyacı azaltır. AA motorlarının piyasadan kolayca temin edilebilmesi, seyir cihazları, buzdolapları, radyo ve televizyonlar gibi cihazların doğrudan doğruya ya da ucuz transformatörlerle kolayca çalıştırılabilmesi, tamir masraflarının düşük oluşu, ağırlık azalması, yerden kazanma nedenleriyle AA tercih edilir.

AA makinelerinin ilk uygulamalarında motor devrinin değiştirilebilmesindeki güçlükler günümüzde güç elektroniği uygulamalarındaki artış ve gelişmeler ile kolayca aşılabilmektedir. Güç elektroniği uygulamalarının yaygın olarak kullanımından önce doğru akım makinelerinde motor devrinin basit bir biçimde kolayca değiştirilmesine karşın alternatif akım makinelerinde bu işlemin daha zor yapılması bir dezavantaj olarak görülmüştür. Bu dezavantaj, ilk olarak elektrik motorlarından hareket alan makinelerin tasarımını bir ya da en fazla iki devirli yapmakla, motorların kutup sayılarını değiştirmekle aşılıma çalışılmıştır [11,12].

Günümüzde modern dağıtım sistemlerinde DA sistemine de ihtiyaç duyulmaktadır. Fakat günümüzde çoğu gemide doğru akım üretmek yerine alternatif akımı üretilip doğru akıma çevirerek ve dağıtım sistemimizde yüklerimizin ihtiyaç duyduğu gerilim seviyelerini, biçimlerini DA'dan AA'a ve DA'dan DA'a çeviren çeviriciler kullanarak giderme yoluna gidilmiştir.

2.1.5 Gemilerde Nötr Noktası Yalıtılmış Sistem Kullanımı

Genellikle gemilerde nötrü yalıtılmış (nötr noktası topraklanmamış) elektrik sistemi tercih edilir. Bunun sebebi, gemi işleminde sürekliliği sağlamaktır. Örneğin üçgen

bağlı generatörlerin kullanıldığı bir elektrik dağıtım sisteminde bir fazda meydana gelen arıza, devreyi besleyen kaynağı ciddi bir biçimde etkilemez [3,4]. Topraklanmış nötrlü sistemlerde ise herhangi bir arıza o fazı işlemez duruma getirir. Bu durum hava fanları, yakıt pompaları, soğutma suyu pompaları, dümen motorları, harp gemilerinde silah sensör ve sistemleri gibi önemli cihaz, makineleri hareketsiz ve çalışmaz bırakır. Bunların herhangi birinin çalışmaması geminin hareketsiz kalmasına veya seyir emniyetinin tehlikeye girmesine sebep olabilir.

Harp gemisi haricindeki diğer gemilerde özellikle aydınlatma devrelerinde nötrü topraklı sistem kullanımı, malzeme teminindeki kolaylık ve düşük maliyetli olması nedeni ile bazı tasarımcılar tarafından tercih edilmektedir. Fakat seyir fenerleri, telsiz cihazları gibi geminin seyir emniyeti açısından önemli yüklerin nötrü topraklı sistemlerden beslenmesi sakıncalı olabilir. Nötrü yalıtılmış sistemlerde, personelin emniyeti için koruma ve ihbar sistemi oldukça iyi tasarlanmalı ve işletilmelidir.

2.1.6 Elektrik Yüklerinin Türleri

Gemilerdeki yükleri, yaşamsal ve yaşamsal olmayanlar olarak ikiye ayrılır.

- Yaşamsal yükler; yangın tulumlarının pompaları, seyir için gerekli yükler (dümen motoru, radar, telsiz vs.), silah sistemleri ve sensörleri olarak sıralanabilir. Yaşamsal yükler, genellikle alternatif ve asli kaynak olarak, birden fazla noktadan güç sağlayabilecek şekilde beslenirler.
- Yaşamsal olmayan yükler ise kendilerine güç aktarılamadığı takdirde gemi emniyetini tehlikeye düşürmeyecek olan yüklerdir. Çamaşırhanenin yükü, kamaralardaki yükler vs. örnek olarak verilebilir.

Geminin dağıtım sistemi tesis edilirken yüklerin yaşamsal veya yaşamsal olmamaları çok önemlidir. Yaşamsal yüklerin alternatif ve asli iki ayrı kaynaktan beslenebilmeleri sağlanmalıdır. Geminin elektrik dağıtım sistemi yaşamsal bir yüke gelen güçte bir azalma olduğu takdirde otomatik olarak alternatif güç kaynağını bu yüke bağlayabilecek kapasitede olmalıdır. Ayrıca dağıtım sistemi gerektiği takdirde herhangi bir yüke gelen asli ve alternatif besleme arasında el-kumandalı (manüel) olarak geçiş yapabilme imkanı sağlayabilmelidir [2].

Gemiler inşa aşamasındayken kullanılacak generatör kapasite ve sayılarını belirlerken, hangi yüklerin sürekli devrede oldukları ve aralıklı devreye girip çıkan yüklerin ise hangi oranda sistemimizi yükledikleri önem kazanmaktadır. Bu durumda da yükler, sürekli devrede kalması gerekenler ile ara sıra devreye girip çıkanlar olarak da sınıflandırılabilirler. Bu iki sınıf aşağıdaki gibi verilebilir [11,12].

- Aralıklı Yükler: Sürekli olarak çalışmayan yüklerdir. Bunlara örnek olarak; akaryakıt transfer pompaları, separatörler (yakıt, yağ), temizlik suyu hidrofor motorları, içme suyu hidrofor motorları, sintine ve balast pompaları, yangın ve genel hizmet pompaları, radyo vericileri, çamaşır makineleri, büfe teçhizatı (ekmek kızartıcı, çay pişirme ocağı vb.) gösterilebilir. Bu tür yükler gemide sürekli olarak çalışmadıklarından generatörleri de aralıklı yüklerler.
- Sürekli Yükler: Gemilerde sürekli olarak çalışmaları gereken yüklerdir. Bu tür yüklere örnek olarak; deniz suyu soğutma pompası, yağlama yağı pompası, tatlı su soğutma pompası, makine dairesi havalandırma fanları, ambar, oturma yerleri, istirahat salonları, tuvalet vb. yerler için havalandırma fanları, gemi seyir fenerleri, gemi aydınlatması, seyir cihazları (radar, cayro pusula, otomatik pilot vs.), dümen motorları sıralanabilir.

2.2 Harp Gemilerinde Elektrik Dağıtım Sistemleri

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

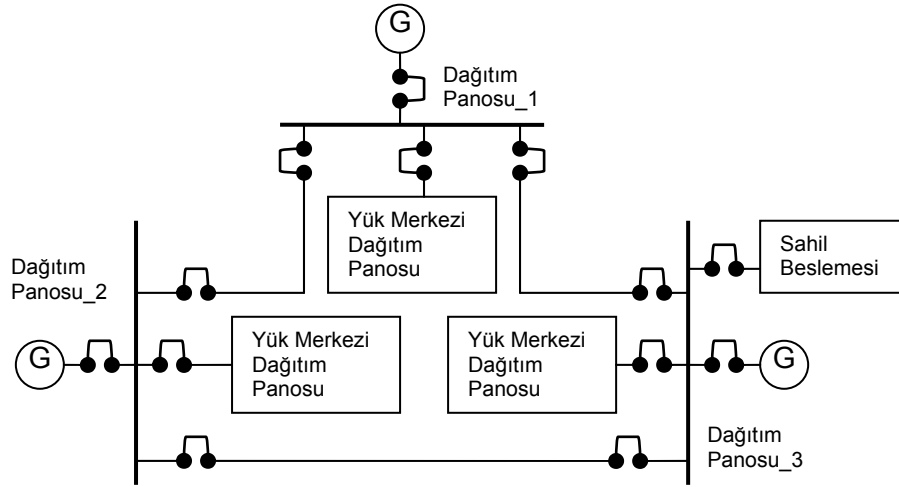
Durum aslında normal bir gemi içinde pek farklı değildir. Normal bir gemide de herhangi bir arıza durumunda geminin sevk ve tahrik sisteminin faal kalması istenir. Herhangi bir elektrik arızasında gemi dümen sisteminize ve dümen motorlarınıza güç iletemezseniz dümeniz kilitlenir dar sulardan geçerken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

Yukarıda örneklendirmeye çalıştığımız çeşitli nedenlerden ötürü gemilerde yükler hayati ve hayati olmayan yükler olarak iki bölüme ayrılır. Hayati yükler; her ne olursa olsun gücün sürekliliğinin sağlanması gerektiği yükler olup, genelde alternatif güç kaynaklarıyla da desteklenirler. Bir generatör devreden çıkar veya o generatörden gelen dağıtım sistemi hasar görürse alternatif generatör ve alternatif yolla hayati sistem beslenir [2].

Günümüzde gemilerde genellikle güç sistemlerinin bir fazında arıza olsa bile sürekli çalışabilecek topraksız üçgen biçiminde dağıtım sistemleri ve üç fazlı üretilmiş güç

kullanılır. Bu tip sistemler günümüzün harp gemilerinde de yaygın olarak kullanılmaktadır [3].

Harp gemilerinde çeşitli gerilim seviyeleri mevcuttur. Genelde gerilim 440 volt AA olarak 60 Hz. de üretilir. Gemi elektrik sistemlerinde kullanılan en yaygın yapı; herhangi bir generatörün herhangi bir yüke güç sağlamasına olanak sağlayan halka şeklinde bağlanmış generatör yapılarıdır [7]. Bu özellik hayati bir yükün beslenmesi için çalışan generatör ünitesinin kaybedilmesi durumunda, bu yüke güç sağlanabilmesi açısından çok önemlidir. Halka şeklinde bağlı generatörler Şekil 2.1’ de gösterilmiştir.

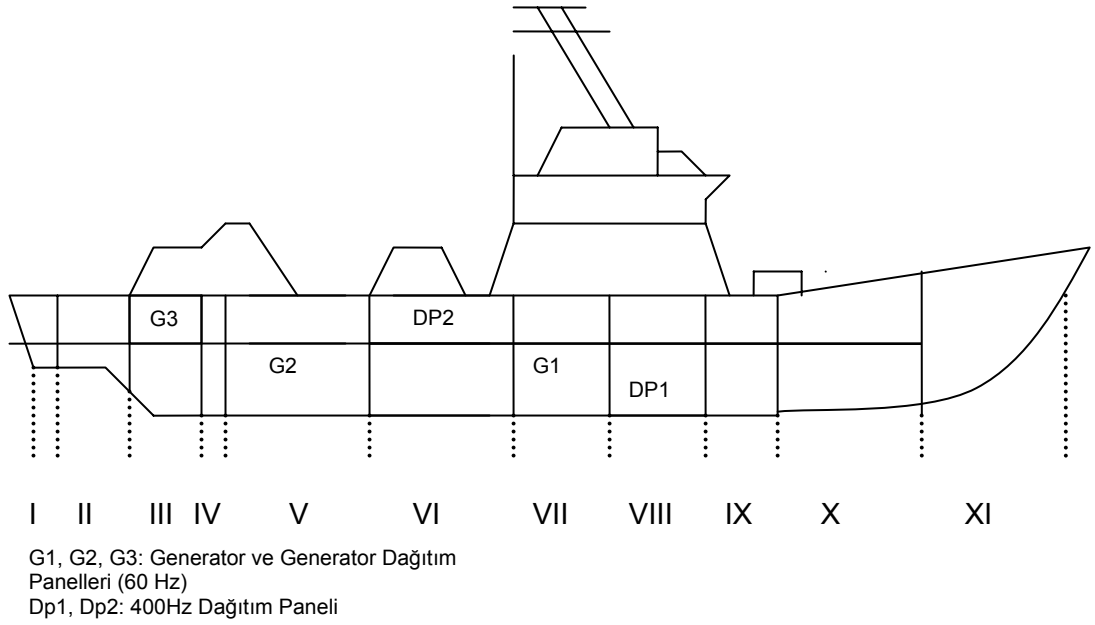


Şekil 2.1: Halka Şeklinde Bağlı Generatörler [7]

Generatörler, “generatör dağıtım panoları”na (generator switchboard) bağlanırlar. Generatör dağıtım panoları; kendilerine ait olan generatöre yakın yerleştirilmişlerdir. Generatör dağıtım panoları; generatörler, yükler, yük merkezleri arasında güç transferine olanak sağlarlar. Generatör dağıtım panoları bir veya birçok anahtarlama ünitesinden (switchgear unit) meydana gelmişlerdir, üzerlerinde kontaktör ve kesiciler de bulunur. Bu panolar; ölçü aletlerine ait görüntüleme cihazlarını, koruma cihazlarını, ayar (regüle) işleminde kullanılan cihazları üzerlerinde barındırırlar. Bunun amacı ise elektrik dağıtımını ve generatörleri kontrol etmektir.

Generatör dağıtım panoları üç kısımda da incelenebilir. Birinci kısımda; generatör kontrolleri, kesicilerin kontrolü, koruma cihazları, generatör kesicileri (generator breaker) yer alır. Kalan diğer iki bölümde ise bara bağlama kesicileri (bus tie breakers), yük merkezlerinin kesicileri (load center breaker), bazı ana yüklerin kesicileri yer alır.

Bara bağlama devreleri ise generatör dağıtım panolarını birbirlerine bağlarlar. Böylece bir dağıtım panosu ile diğer bir pano arasında güç transferine olanak sağlanır. Özellikle harp gemilerinde generatörler/ “generatör dağıtım panoları” 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 tamamen enerjisiz kalarak harekattan sarkık bir duruma düşmesini engellemek amaçlanmıştır. Şekil 2.2’ de farklı bölgelere yerleştirilmiş generatör ve generatör dağıtım panoları gösterilmeye çalışılmıştır.



Şekil 2.2: Gemideki Dağıtım Panelleri ve Generatörlerin Yerleşimi

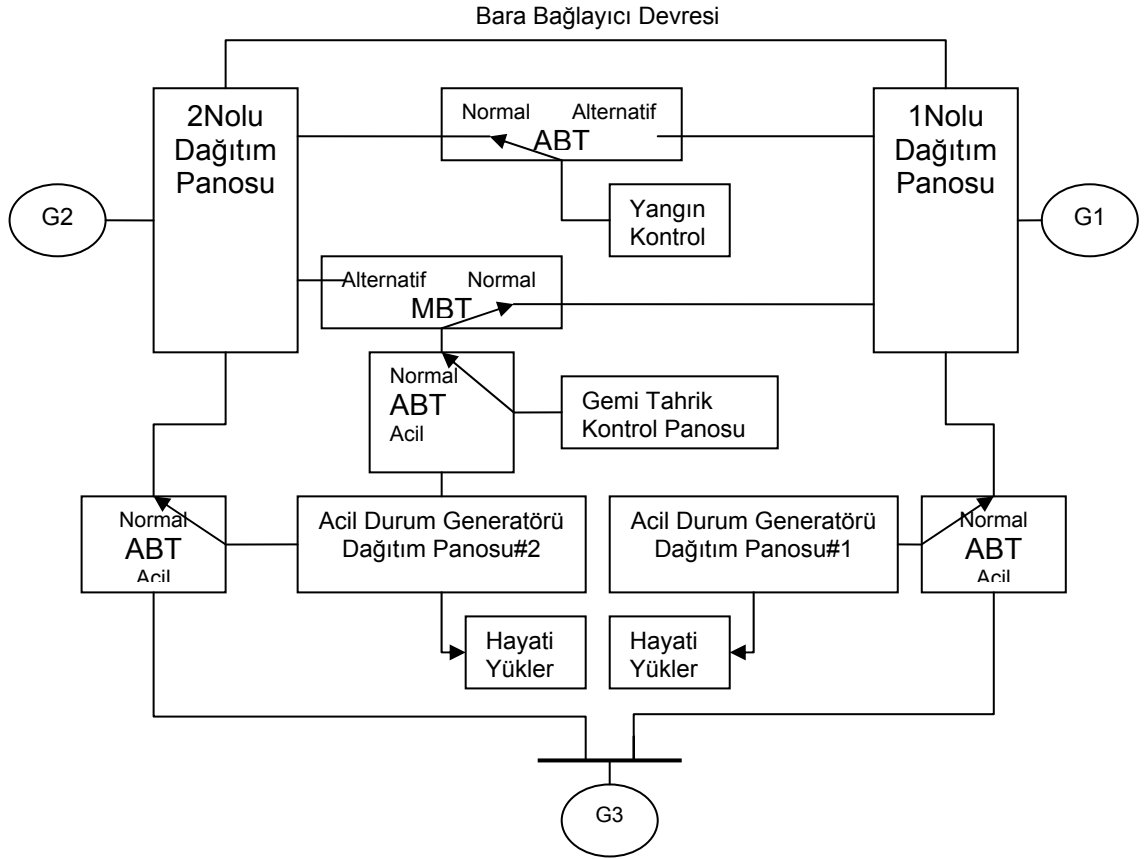
Genel olarak dünya bahriyelerindeki çok amaçlı su üstü harp gemilerinde üç generatörlü ve halka şeklinde bağlanmış sistemler kullanılmaktadır. Fakat bu tip gemilerde genel hareketlerde, normalde iki generatör kullanımda kalırken üçüncü generatör acil durumlarda servis verecek yedek kaynak olarak hazır tutulur [3,7].

Gemi elektrik dağıtım sistemindeki diğer bir bileşen ise koruma röleleridir. Koruma röleleri, elektrik sisteminde meydana gelen arızaları algılayarak, kesicilere açma kumandası verir. Örneğin aşırı akım rölesi önceden tayin edilmiş bir değeri aşan akımla karşılaşırsa verdiği açma işareti ile devreyi açık devre haline getirir. Böylece sistemin aşırı akım sonucu zarar görmesi engellenir.

Devre kesiciler ise generatör veya yükü korumak için çeşitli durumlarda açma işareti ile açık hale geçen, yük ve kısa devre akımını kesebilen bir elektriksel cihazdır. Bu cihaz aşırı akım, düşük voltaj, düşük frekans durumları gibi durumlarda sistemi korumak amacı ile devreyi keser. Devre kesici açarak devreyi kestikten sonra operatör tarafından tekrar kurulabilir ve devreyi tekrar kapatması sağlanabilir. Aynı zamanda bu eleman el-ile veya otomatik olarak kumanda edilerek sistemde anahtarlama işlemleri yapılır [1,3].

Gemi güç dağıtım sistemlerindeki diğer bileşenler ise yük merkezleri, bara transfer üniteleri, transformatörler ve elektrik enerjisini yüklere dağıtan kablolardır.

Gemilerde yükleri besleyen elektrik dağıtım sistemi, radyal elektrik dağıtım sisteminin bir türüdür. Radyal dağıtım sistemi, generatör dağıtım panolarının seviye olarak altında yer alır. Bir veya daha fazla yük merkezi generatör dağıtım panolarına bağlı olup, geminin muhtelif bölgelerindeki yük yoğunluğunun beslenmesini sağlar. Yük merkezleri güç panolarına veya bireysel olarak yüklere elektrik enerjisi sağlarlar. Yük merkezleri bu işlemi ya doğrudan ya da ABT (otomatik bara transfer) veya MBT (el-kumandalı bara transfer) cihazları yardımı ile yaparlar [2]. Yaşamsal önemdeki yükler için iki ayrı besleme (normal ve alternatif) ABT ve MBT'ler ile sağlanır. Bu bara transfer cihazları (ABT/MBT) yaşamsal yüklere çift kaynak sağlamak için kullanılır [2]. Çünkü yaşamsal bir yükün ihtiyaç duyduğu güç sürekli sağlanmalıdır. Ona güç sağlayan ünitenin devreden çıkması durumunda bu yükü (yaşamsal yükü) hemen beslenmek için hazır duran alternatif bir ünite bulunmalıdır. Şekil 2.3' de gemilerdeki elektrik dağıtım sisteminde normal ve alternatif olmak üzere yaşamsal bir yük için çift kaynak kullanarak gücün nasıl iletildiği gösterilmiştir.



Şekil 2.3: Gemilerde Elektrik Dağıtım Sistemi ve Hayati Yükün Beslenmesi

ABT'ler güçteki azalmaya karşı duyarlı cihazlardır. Normal kaynağından beslenen yük gerekli gücü alamazsa, ABT hemen bu kaynağı yükten ayırır ve alternatif kaynağı yüke bağlar. ABT'ler 50msn gibi çok kısa sürelerde yükü transfer edecek şekilde tasarlanmışlardır. MBT'ler ise yükün normal kaynaktan alternatif kaynağa transferini sağlarlar fakat ABT'den farklı olarak bu işi kendileri otomatik olarak yapamazlar, el-kumandaları ile işletilirler.

Yükler; direkt olarak generatör dağıtım panolarından veya yük merkezlerinden, elektrik dağıtım panolarından beslenirler. Elektrik dağıtım panoları, kendilerinin besledikleri yüklerin merkezine yerleştirilirler. Bu panolar, aydınlatma veya güç dağıtım sistemlerinin belirli parçaları için koruma ve kontrolü de sağlarlar.

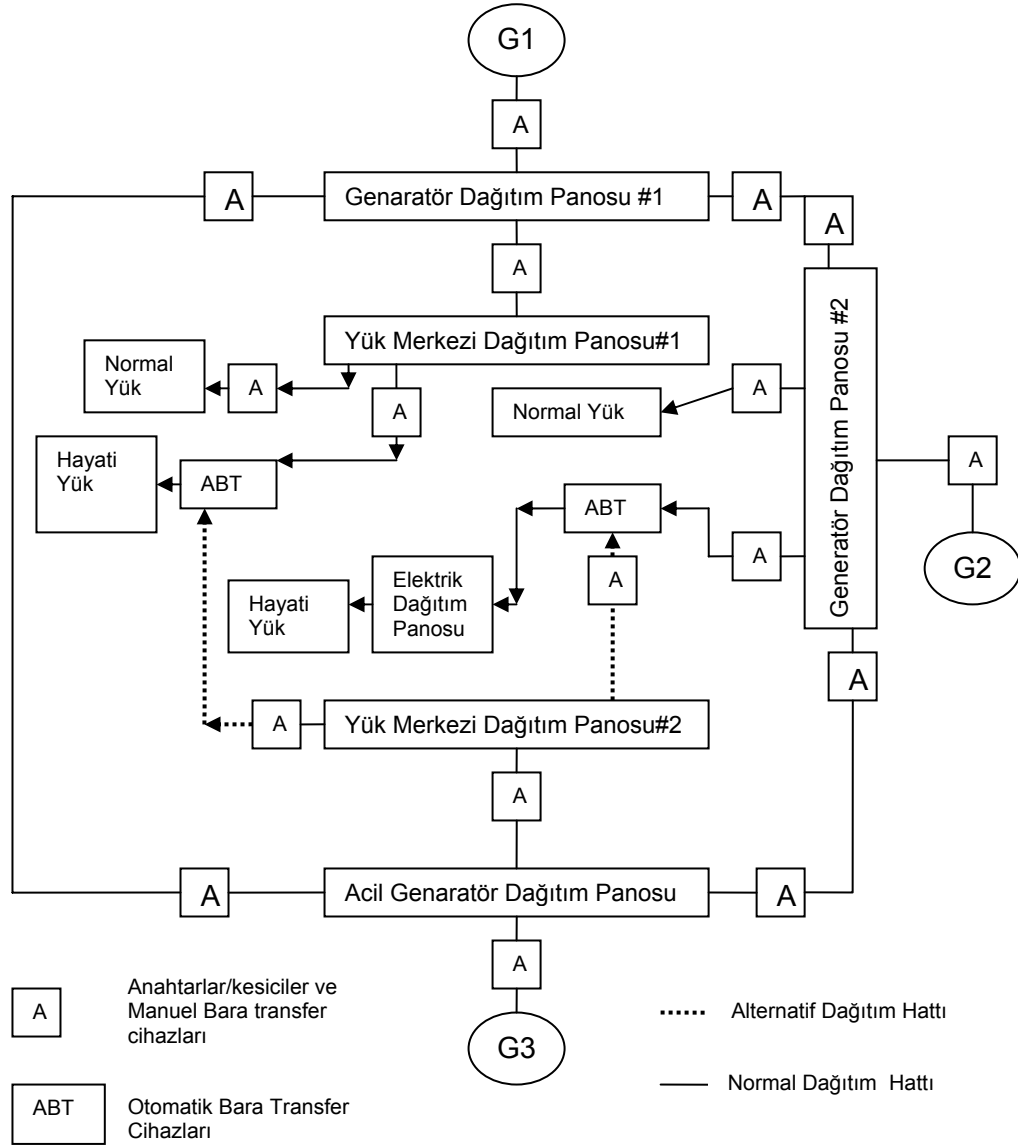
Farklı gerilim kademelerine ihtiyaç duyan yükler vardır. Harp gemilerinde kullanılan gerilim kademeleri AA 60Hz frekansta 440, 115 ve 4160Volt'tur. Ayrıca savaş gemilerinde 400Hz'e ihtiyaç duyan sistemlerde bulunmaktadır (440Volt 400Hz ve 115Volt 400Hz). Bunlar; komuta ve gemi sevk idare sistemlerinin belirli kısımları, silah sistemleri ile uçak (uçak gemilerinde), helikoptere 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 400Hz'lik sistem arasında geçiş motor-generatör grubu veya frekans çeviriciler yardımıyla sağlanır [3].

Gemi elektrik enerji sistemleri karasal ticari enerji tesislerinden basit olmalarına rağmen, gemi elektrik sistemlerine ait arıza incelemeleri, yeniden yapılandırma/restorasyon ve tasarım çalışmaları gibi alanlar özel dikkat gerektiren, kendilerine ait karakteristikleri bulunan inceleme alanlarıdır. Bazı sivil gemiler ile savaş gemilerinde MW seviyelerinde birkaç generatörün gemi gibi sınırlı ve dar bir alanda sıkışık olarak bulunduklarını görmekteyiz. Bu dar alandaki sıkışıklık elektriksel olarak generatörler ve yükler arasında kuvvetli kuplajlara sebep olmaktadır. Bu yüklerin birçoğu elektronik yükler olup, enerji kalitesindeki sıkıntılara karşı hassas ve geminin görevini, seyir emniyetini idamesi için hayati sayılan yüklerdir.

Bilhassa savaş durumunda gemi elektrik sistemi; bir harp gemisindeki yaşamsal sistemlere (silah sistemleri, tahrik sistemleri, sonar, radarlar vs.) sürekli ve güvenilir güç sağlamak zorundadır. Gemi elektrik enerji sistemi gemiyi yüzer durumda tutmalı, tehlikeli bir alandan uzaklaşabilmesini sağlamalı, silah sistem ve sensörlerini faal tutabilmelidir. Koruma sistemleri ise bir arıza durumundan etkilenmiş yükleri ayırt edip mümkün olan en kısa sürede sistemde yeniden yapılanmayı (restorasyonu) sağlayacak kabiliyette olmalıdır.[7]

Savaş gemilerini üç ana başlık altında sınıflandırabiliriz. Bunlar denizaltılar, su üstü harp gemileri, uçak gemileridir. Su üstü harp gemilerinde daha öncede değinildiği gibi genelde üç generatöre sahip ve generatörleri de birbirine halka şeklinde bağlanmış bir yapı mevcuttur. Bu yapıda normal çalışma durumunda iki generatör kullanımda kalırken üçüncü generatör acil durumlar için yedek rezerv olarak saklı tutulur. Şekil 2.4' de bir gemi elektrik dağıtım sisteminin bir gösterimi yapılmıştır.



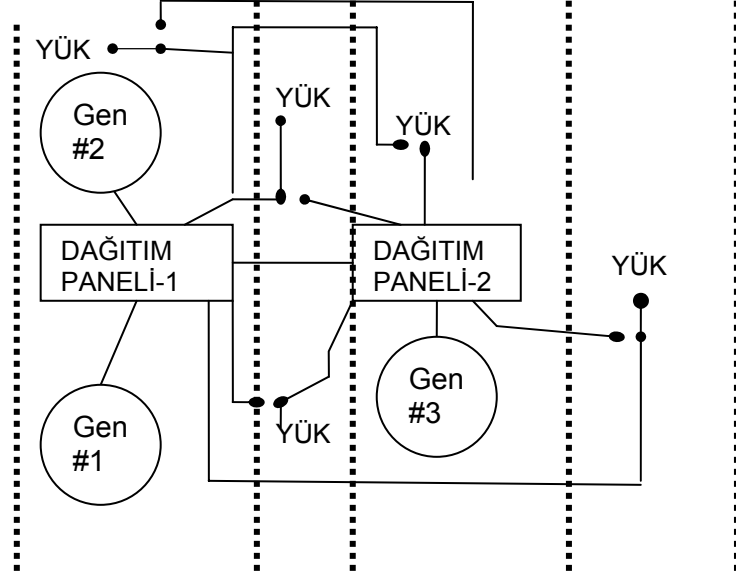
Şekil 2.4: Gemi Elektrik Dağıtım Sistemi

2.2.1 Harp Gemilerinin Güç Dağıtım Sistemlerindeki Çeşitlilik

Bir savaş gemisinin elektrik dağıtım sistemindeki anahtar nokta; savaş sistemleri, tahrik ve hasar kontrol sistemleri gibi kritik yükler için alternatif besleme yolları sağlayabilmesidir. Silah sistemi beslemesindeki küçük bir aksama bile büyük bir felakete sebep olabilir. Gemi dağıtım sistemleri arıza veya hasar durumunda ani olarak güç transferi yapabilecek kabiliyette olmalıdır.

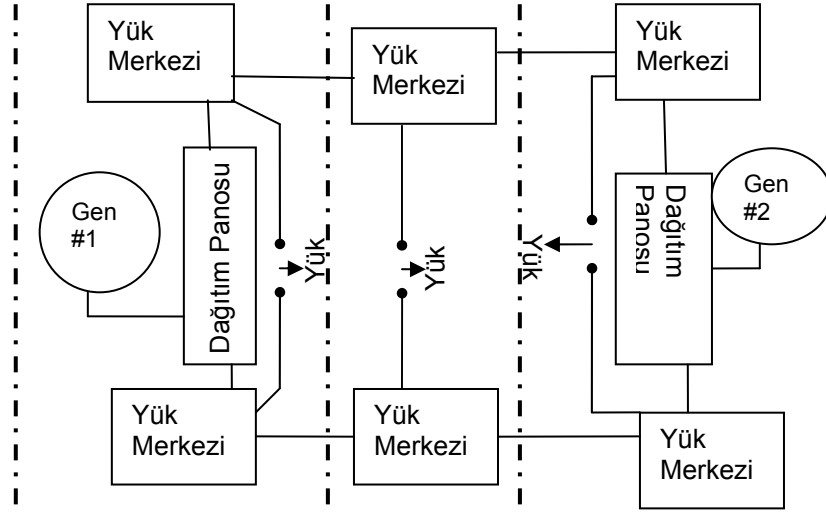
Geleneksel yapıdaki bir gemi güç dağıtım sistemi; Generator dağıtım panolarına bağlanmış güç üreten birkaç generatör ünitesinin radyal elektrik dağıtım sistemi biçiminde bir araya gelmesi ile oluşur. Şekil 2.5'de AA Radyal bir dağıtım sistemine

örnek verilmiştir. 440 V AA elektrik enerjisi, üç faz olarak gemi bünyesindeki elektrik dağıtım merkezleri veya elektrik panoları aracılığıyla dağıtılır. Generatörler paralel olarak veya ayrı ayrı yükleri paylaşırlar. Fakat bu tip radyal sistemlerde gemi bünyesinde çok fazla kablo dolaşmaktadır [14].



Şekil 2.5: AA Radyal Dağıtım [14]

Gemi dağıtım sistemlerinde kullanılan başka bir metot ise bölgesel elektrik dağıtım sistemidir. Bu tip dağıtım sisteminde gemini sağ ve sol tarafından (sancak ve iskele tarafından) ana besleme hattı geçer ve gücün dağıtımı için gemi bölgelere ayrılır. Gemiler, özellikle harp gemileri yüzebilirliklerini korumak için zaten su geçirmez birbirlerinden ayrı tutulmuş bölmelere ayrılmışlardır. Bölgesel dağıtımda gücü dağıtırken ihtiyaç duyulan güç bölmeleri de doğal olarak geminin inşasından yapısal olarak gelen bu bölmelerdir [5,14,15]. Bunu Şekil 2.6' de daha rahat gözlemekteyiz.



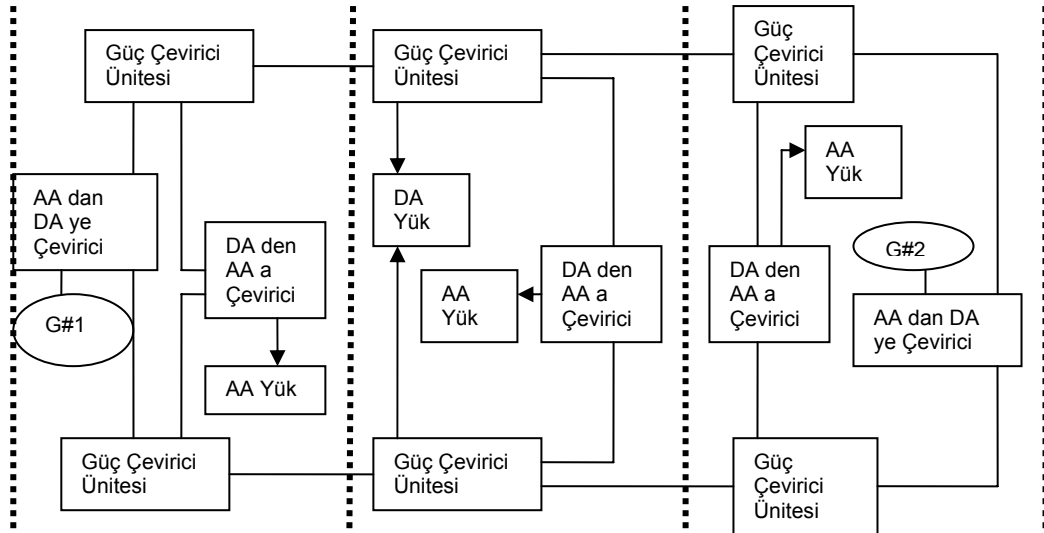
Şekil 2.6: AA Bölgesel Dağıtım [5]

Bir harp gemisini savaş durumunda yara alması muhtemel olduğu için bölgesel dağıtımda geminin sağ (sancak) ve solundan (iskeleden) geçen ana besleme 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 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 hayati yükler yük merkezlerinde her iki ana hattan da beslenecek şekilde bağlanırlar. Burada otomatik veya el-kumandalı bara transfer cihazları da görev alırlar.

Bölgesel dağıtım sistemlerinde gemi bünyesinde ana güç dağıtım kabloları dolaşır. Böylece geleneksel yapıdaki radyal dağıtım sistemlerinde olduğu gibi generatör dağıtım panolarından çok fazla sayıdaki besleyici kablo çıkmamış olur. Bu durum gemi bünyesinde kullanılan toplam kablo uzunluğunu da azaltır. Bölgesel dağılım ile gemilerin inşa aşamasında kullanılan kablo miktarındaki azalma ile maliyet düşmekte, ayrıca geminin elektrik sistemini kurmakta kolaylaşmaktadır [5]. 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; generatör dağıtım panoları, iki adet ana AA güç hattından, yük merkezlerinden, transformatörlerden, frekans çeviricilerden, bara transfer cihazlarından meydana gelmiştir.

DA bölgesel dağıtımda da geminin sağ ve sol tarafında ana güç hatlarının varlığı ve tüm dağıtım sisteminin elektriksel olarak bölgelere ayrıldığı görülmektedir [6]. DA gerilim; DA kaynaktan veya AA 'dan DA'a çeviriciden elde edilebilir, ana besleme hatları ile bölgelere dağıtılır. DA bölgesel dağıtım sisteminin gösterimi Şekil 2.7' dendir. DA gücün dağıtımının baştaki avantajı AA bölgesel dağıtımda büyük elektromekanik anahtarların (switchgear) kullanılmaması ile maliyetin düşmesidir. Bu sistemde arıza korumalarında veya sistem ya da alt sistemin izolasyonunun gerçekleştirilmesinde elektromekanik anahtarların yerine güç elektroniği uygulamaları ile açma kapama işlemlerinin yapılması sağlanır. DA bölgesel dağıtımdaki her bölmenin sol ve sağ taraflarındaki 'güç çevirici ünitesi' (PCM) kendi bağlı olduğu bölmenin sağ veya solundaki ana besleme hattına bağlıdır. Güç çevirici üniteleri, bir bölmedeki herhangi bir kararsızlık, bozucu etkiden diğer bölmelerin etkilenmesinin önüne geçmeyi ve bu kötü durumun diğer bölmelerden izole olarak kalmasını sağlarlar [16]. Böylece bölgesel elektrik dağıtımındaki kabiliyette arttırılmıştır. Şekil 2.7' de DA bölgesel dağıtımı görmekteyiz.



Şekil 2.7: DA Bölgesel Dağıtım [14]

Gemi elektrik dağıtım sistemlerindeki gelişmelerin sonucunda bölgesel dağıtımın yeni tip savaş gemilerinde yalınlaşacağı ön görülmektedir. DA bölgesel dağıtımda

ise DA dağıtımın gelişen yarı iletken teknolojisine ayak uydurabilme esnekliği vardır. Bu durum DA dağıtımı ön plana çıkarmaktadır [14].

2.2.1.1 AA Bölgesel Dağıtım ile DA Bölgesel Dağıtımın Karşılaştırması

DA Bölgesel dağıtım (DC Zonal Electric Distribution=DC ZED) daha hafif ve maliyet daha düşüktür. Fakat AA bölgesel dağıtım marjinal olarak daha efektiftir.

DA bölgesel dağıtımlı sistemlerin bakım tutum idame maliyetleri düşüktür, bakım performansları yüksektir.

AA bölgesel dağıtım sistemlerin yeniliklere ayak uyduracak şekilde geliştirilme imkanları DA bölgesel dağıtıma göre daha sınırlıdır.

AA bölgesel dağıtım sistemleri, DA bölgesel dağıtım sistemlerine göre daha düşük kapasiteli çalışmalara uygulanırlar. DA bölgesel dağıtım sistemler daha az verimle çalışmalarına rağmen AA bölgesel dağıtım sistemdeki gücü elde edebilmektedirler.

DA Bölgesel dağıtım, AA Bölgesel dağıtıma göre bir arıza durumunda daha izoledir. DA Bölgesel dağıtımda her güç dağıtım merkezinde güç çeviriciler bulunmaktadır. Dağıtım sisteminde alt ve üst sistemler güç çeviriciler vasıtasıyla izole olurlar.

DA Bölgesel dağıtımda güç dağıtım sistemindeki bir arıza sebebiyle oluşan ark veya başka nedenden ortaya çıkan herhangi bir anlık gerilim değişimi tamamen izole edebilmektedir [5,14].

3 GEMİ ELEKTRİK DAĞITIM SİSTEMLERİNDE ARIZALAR ve ARIZA YERİ BELİRLEME

3.1 Karasal Elektrik Dağıtım Sistemlerinde Arıza Yeri Belirleme

Elektrik enerji sistemleri son 50 yılda hızla gelişmiştir. Bu durum ve elektrik enerji sistemlerindeki yaygınlık, elektrik hatlarının sayısının ve toplam uzunluklarının artmasına yol açmıştır. Hatlarda oluşan arızalar; fırtınalardan, yıldırım düşmesinden, kar, dolu gibi tabiat şartlarından ve hatlardaki izolasyon maddelerindeki yıpranma, yaşlanma nedeniyle oluşan delinmelerden, kuşların oluşturduğu kısa devreler gibi sebeplerden meydana gelmektedir. Çoğu elektrik arızası mekanik olarak da hasarlara sebep olmaktadır. Bu hasarlar giderilmeden hattı tekrar kullanıma sokmamız olanaksızdır. Sistemimizde iyi bir yeniden yapılandırma/restorasyon için arıza yerinin bilinmesi veya kabul edilebilir doğruluk sınırları içerisinde tahmin edilebilmesi gerekmektedir [17]. Arıza belirleyen cihazlar, hem sürekliliğini koruyan arızalar hem de anlık oluşan geçici arızalar için kullanılabilirler. Geçici ve anlık arızalar genelde küçük önemsiz hasarlara sebep olur ve yapılan incelemelerde kolayca fark edilirler. Arıza yerini bulmamıza yarayan cihazlar arızayı erken onarma kabiliyetini bize kazandırarak arızanın tekrarlanmasının önüne geçip sistemin büyük hasarlara maruz kalmasını engeller.

Son yıllarda arıza yerini belirleme konusu elektrik enerji sistemleriyle ilgilenen mühendis ve araştırmacıların ilgisini çekmektedir. Bu araştırmaların çoğunda iletim hatlarındaki arızaların yeri belirlenmeye çalışılmıştır. Bunun sebebi de iletim hatlarının bir arıza durumunda fiziksel olarak kontrol edilmelerinin çok zaman almasından kaynaklanmaktadır. Arıza yeri belirlemede kullanılan ilkel metot görsel incelemedir. İletim hatlarındaki arıza yerlerini tahmin etmeye dayanan metotlar; hattın bir veya iki ucundan yapılan ölçümler sonucu elde edilen gerilim ve akım değerlerini kullanmaktadırlar.

Bu yöntemleri da üç kategoriye ayırabiliriz [17].

- Yürüyen dalgaları kullanan yöntemler
- Gerilimler ve akımların yüksek frekanslı bileşenlerini kullanan yöntemler

- Hattın uçlarından ölçülen temel frekanstaki gerilimler ve akımları kullanan yöntemler

Son yöntem aynı zamanda empedans temelli yöntem olarak da adlandırılır. Empedans temelli yöntemler; gerilim fazörünün, akım fazörüne bölünmesi ilkesine dayanarak hesaplanan empedansın değerine göre arıza yerini tahmin etmeyi hedeflerler [18]. Uygulama kolaylığı nedeniyle, en yaygın kullanılan yöntem, empedans temelli yöntemdir. Bu yöntem, iki alt kategoriye ayrılabilir. Alt kategorilerden, birincisi iletim hattının bir ucundaki verileri kullanan yöntem ve ikincisi ise iletim hattının iki ucundaki verileri kullanan yöntem olarak tanımlanır. Hatları koruyan röleler bu tip yöntemleri kullanarak sistemi bir arızadan korumayı amaçlamışlardır. Mesafe röleleri yardımıyla arızanın olduğu yerin mesafesi bulunarak arıza yerinin de belirlenmesine amaçlayan çalışmalar mevcuttur.

Kısa devre arızalarının yerini, ölçülen arıza akımı değerlerine göre belirlemeye çalışan modern sistemler, üç ana sistem üzerine kurulmuşlardır. Bu üç sistem; dağıtımdaki verileri yöneten sistem olan DMS (Distribution Data Management System), alt sistemlerin uzaktan kontrolünü tele-kontrol ile sağlayan SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) sistemi ve röle korumaları olarak adlandırılırlar. Modern sistemlerdeki asıl amaç ölçülen ve hesaplanan arıza akımlarının karşılaştırmasını yapmaktır. Bu hesaplama arıza olduğu anda sistem ağının topolojisini aynı kabul ederek gerçek zamanlı olarak yapılır [19].

Bir arıza oluştuğunda arıza yeri bulan sistem aşağıdaki sırada çalışır.

- Koruma cihazları arıza bilgilerini (akım, arıza tipi, hangi fazları içerdiği, etkilenen hat, rölelerin durumlarını) kaydederler.
- Bu bilgiler SCADA merkezine gönderilir.
- SCADA merkezi bu bilgilere, ilgili hatlar da ölçülen yüklerin akımlarını ve ana transformatörün alt sistemindeki yük akışına ait bilgileri de ekler.
- SCADA merkezi tarafından genişletilen bu bilgi kümesi DMS'ye gönderilir.
- DMS bilgileri işleyerek ilgili hatlardaki arıza akımını hesaplar ve ölçülen verilerle karşılaştırır. Arıza yeri belirleme algoritmalarını çalıştırarak arıza yerini belirler.

Arıza yerini belirleyen metotlarda en zorlanılan durum, arızanın alt sistemin başlangıcında veya generatöre yakın olduğu durumdur. Çünkü bu durumda arıza seviyesi çok yükselir ve bu da akım transformatörlerinde doymaya sebep verip onların doğru çalışmalarına bozucu bir etki oluşturur [19].

3.2 Gemilerde Arıza Yeri Belirleme

Günümüzde savaş gemileri çok karmaşık yapıdaki haberleşme, seyir, atış kontrol ve silah sistemlerini kullanmaktadırlar. Sistemlerin çalışmaya devam edebilmesi için gücün yüklere devrede oldukları süre içinde sürekli olarak aktarılması gerekmektedir.

Gemilerde arızalar herhangi bir yükün malzeme problemi nedeniyle oluşmuş olabilir. Yüklere oluşan arızalara ek olarak gücü yüklere ileten kablolarda, elektrik üreten veya dağıtan donanımlarda da arızalar oluşabilir. Devredeki yetersiz elektriksel güç üretimi de sistemlerin işlerliğini kaybetmesine yol açabilir. Harp gemisinde savaşta alınan isabet/yara çok boyutlu ve yaygın bir elektrik arızasına sebep olabilir [20]. Burada çok boyutluluk ile kast edilen isabet alınan bölmedeki yük merkezinde birçok kablounun aynı anda hasar görmüş olması durumudur.

Gemi elektrik sisteminde bir arıza oluştuğunda, arızalı bölgenin sistemin geri kalan arızasız/faal bölgelerinden izole tutulması, hızla arızanın giderilmesi ayrıca faal olup da izole edilmiş arızalı bölgede kaldığı için beslemesiz kalmış yüklere de elektrik iletiminin sağlanması gerekir.

Arıza durumunda bile hayati yüklerin ihtiyaç duyduğu elektrik beslemesinin bu yüklere sürekli sağlanması, arızalı bölgenin izole edilebilmesi sonucu o bölgede kalan fakat faal olan yüklere elektrik iletebilmek, yetersiz elektriksel güç üretimi durumunda hayati olmayan yükleri devreden çıkararak hayati yükler için yeterli miktarda güç sağlayabilmek gemideki dağıtım sisteminin görevleri arasındadır. Bu durum bir harp gemisinin görevine devam edebilmesi, yara aldığı anda hayatta kalabilmesi açısından çok önemlidir.

Burada yüklerin önceden hayati/hayati olmayan olarak belirlenmiş olması gerekir ki tüm savaş gemilerinde harekata, seyire, göreve yönelik yükler hayati kapsama girer. Bu ayrım yetersiz üretim durumunda sistemdeki yüklerden bazılarının devreden çıkarılması gerektiğinde devreden çıkarılabilecek yüklerin seçiminde de bize yardımcı olmaktadır.

Geminin elektrik dağıtım sistemindeki bir arızada, arıza durumunun tanımlanıp, sistemin yeniden yapılandırılması, böylece sistemde iyileştirmeye, restorasyona gidilmesi arıza sonrası gerçekleştirilmesi gereken adımlardır.

Dağıtım sistemlerinde yeniden yapılandırma, sistemin dağıtım hatlarının yapısında çeşitli anahtarlama (açma/kapama) işlemleri ile gerçekleştirilir [7]. Burada ana amaç sistemin iyileştirilmesi için en fazla sayıda yüke (öncelikle hayati yüklere) çalışma

kısıtlamaları içerisinde elektrik enerjisi iletebilmektir [7,8]. Bir kablonun dayanabileceği en büyük akım miktarı, sistemin çalışma kısıtlamalarına bir örnek olarak verilebilir. Sistemimizde yeniden yapılanma, arızalı bir sistemin restorasyonu (iyileştirilmesi) veya az güç üretimi durumunda kayıpların azaltılması, arıza sonrası dengesizleşen yüklerin dengeli hale getirilmesi işlemleri için gerekli olmaktadır. Yeniden yapılanma askeri gemiler için daha da önem kazanmaktadır. Bir savaş gemisinde alınan bir isabetin yol açtığı yara neticesi elektrik sisteminde meydana gelen bir arıza sonrası göreve devam edebilmek ve hayatta kalmak için restorasyon yapılması önemlidir.

3.2.1 Savaş Gemilerinde Kullanılan Koruma Cihazları

Elektrik dağıtım sistemlerinde, anormal bir durum anında geride kalan faal olan sistemin bu durumdan en az etkilenmesini sağlamak ve bozucu etki süresince arızanın yayılmasının önüne geçmek için koruma cihazları kullanılır [12,21]. Tüm koruma sistemi, temelde üç kısımda ele alınabilir. Bunlardan birincisi görüntüleme (veri toplama) işlemidir. Bu işlem elektrik sistemlerimizin parametrelerini (akım, gerilim, frekans, sıcaklık, güç faktörü gibi) sürekli olarak izlemeyi sağlar. İkinci aşamada ise mantık basmağı yer alır. Mantık basamağında sistemin içinde bulunduğu durumun normal mi yoksa anormal mi olduğu kararına varılır. Üçüncü aşama ise sistemin veya diğer bileşenlerin arıza durumunu sınırlamak, engellemek için hızla anahtarlamaların yapıldığı, açma işleminin gerçekleştiği aşamadır. Bu son aşamada ayrıca sistemi yeniden yapılandırmakta amaçlanmıştır.

Generatörlere ait akım, gerilim, faz açıları, güç, frekans, devre kesicilerin durumları gibi değerler generatörlerin üzerinden ve aynı zamanda da makine kontrol dairesinden görüntülenebilir. Generatörlerin kontrolleri de hem üzerlerinden hem de uzaktan makine kontrol dairelerinden yapılabilir. Generatörlere ait generatörlerin dağıtım panolarında yer alan devre kesiciler vardır [7].

Bara bağlama kesicileri ise uzaktan veya el-kumandalı olarak kontrol edilebilirler. Buradaki gerilim, akım, güç, devre kesicinin durumu da cihaz üzerinden veya makine kontrolden gözlenebilirler. Devre kesicilerin durumları cihaz üzerinden yerel olarak, makine kontrolden de uzaktan değiştirilebilirler. Bu eleman generatörlerin dağıtım panoları arasında güç transferine olanak sağlayan elemandır. Bara bağlama kesicilerinin koruma elemanı da generatör dağıtım panosu üzerinde yer alır.

Yük merkezlerindeki akım, gerilim değerleri kendi üzerlerinden veya uzaktan izlenebilmektedir. Ayrıca kendi üzerlerinden yerel ve makine kontrolden uzaktan olarak iki biçimde kontrol edilebilirler.

Güç dağıtım panoları üzerindeki akım, gerilim sadece panonun üzerinden okunabilmektedir. Bu pano kendisi üzerinden beslenen yüklerin merkezine yerleştirilir ve üzerinde koruma elemanları olarak devre kesiciler, sigortalar içerir. Bu panonun uzaktan kontrol özelliği yoktur, kontrol sadece pano üzerinden yapılır.

Gemide kullanılan çeşitli frekans seviyeleri için (60 Hz veya 400 Hz) frekans çevirici üniteleri kullanılır [4]. Bu ünitelere ait gerilim, akım, güç, frekans, faz açısı, sıcaklık değerleri kendi üzerlerinden veya makine kontrol dairesinden okunabilirler. Bu cihazları kontrol etme imkanları; çeviricinin kendi üzerinden el-ile, makine kontrol dairesinden uzaktan olmak üzere iki şekildedir. Ayrıca frekans çevirici dağıtım panolarının üzerinde devre kesiciler yer almaktadır.

Frekans çevirici dağıtım panolarını birbirine bağlayan bara bağlama devrelerinin amacı yükün ihtiyaç duyduğu belirli frekanstaki gücü herhangi bir çevirici aracılığıyla sağlayabilmektir. Bu seviyede yer alan bara bağlama devrelerine ait akım değerleri hem kendi üzerlerinden hem de makine kontrolden uzaktan görüntülenebilirler. Fakat bu cihazın kontrolü sadece kendi üzerinden yapılabilir. Koruma elemanı ise frekans çevirici dağıtım panosu üzerinde yer alır.

Hayati olmayan yükler üzerinde sadece akım değerleri okunabilir. Bu yükler için kontrol, sadece kendi üzerlerinden yapılır. Fakat bu yüklerde kontrolün farklı gerçekleştiği durumlarda bulunmaktadır. Örneğin, gemide bir arıza sonucu yetersiz güç üretimi gerçekleştiğinde, hayati yüklere güç iletebilmek için sistemdeki toplam yük miktarının azaltılması gerekebilir [7,8]. Bu da hayati olmayan yüklerden bazılarının güç akışının kesilmesi ile sağlanabilir. Güç üretimine olan talep bazı hayati olmayan yüklerin devre dışı bırakılması ile azalacağından, hayati sistemler için gerekli olan güçte sağlanabilir. Böylece, yetersiz güç üretiminin gemide yaygın bir arızaya sebep olmasının da önüne geçilebilir. Bu sınıflamaya giren hayati olmayan yüklerin kontrolleri hem kendi üzerlerinde el-ile, hem de otomatik olarak yapılabilir. Otomatik kontrol; yetersiz güç durumu algılandığında bu yükü sistemden otomatik olarak ayırmaya yarayan bir kontrol biçimidir. Otomatik kontrolde kimsenin müdahalesi beklenmez. Hayati olmayan yüklere ait koruma elemanları ise devre kesiciler, sigortalardır. Bu koruma elemanları generatör dağıtım panolarında, yük merkezlerinde, güç dağıtım panolarında, frekans çevirici dağıtım panolarında yer alırlar.

Hayati yükler ise geminin göreve devamı için ve gemi emniyeti için gerekli her ne sebeple olursa olsun devrede tutulması amaçlanan yüklerdir. Bu yükler üzerinden de akım değerleri görülebilir. Bu yüklerin kontrolü de yerel olarak kendi üzerlerinden

yapılmaktadır (yükü devreye alma/ deveden çıkarma). Bu tip yükler için devre kesiciler, sigortalar koruma işlevi görürler ve güç dağıtım panolarında, generatör, yük merkezi, frekans çeviricilerin dağıtım panolarında yer alırlar.

Yukarıdaki açıklamalardan da anlaşıldığı gibi yük merkezlerinin alt seviyelerinde bulunan koruma elemanları yerel olarak kontrol edilebilmektedir, uzaktan kontrol imkanları yoktur. Bu seviyelerde istenilen değerleri görüntüleme işlemleri de cihaz üzerinden yapılabilmektedir.

Koruma cihazlarından bahsederken gemilerde çok sık kullanılan ve daha sonradan bir arıza durumunda sistemde iyileştirme yaparken bulundukları statülerde değişiklikler yaparak sistemin yeniden yapılandırılacağı, restore edileceği koruma elemanlarını açıklayalım. Bazılarına önceden de değinmiş olduğumuz cihazlar; otomatik bara transfer cihazları (ABT), manüel (el-kumandalı) bara transfer cihazları (MBT), devre kesiciler, düşük gerilimden kurtarma cihazları (LVR), düşük gerilimden koruma cihazları (LVP) olarak sıralanabilir. LVR ve LVP güç üretimde bir azalma veya devredeki yükler için yeterli gücü sağlanmadığı düşük gerilim durumunda faaliyet gösteren cihazlardır [1,3,4,7,8]. Bu cihazlar elektrik motorlarını düşük gerilimden korumak için kullanılırlar. Düşük gerilim durumu oluştuğunda LVR ve LVP yüke giden elektrik beslemesini keserek düşük gerilimin olumsuz etkilerini yüke iletmemeyi amaçlar. Düşük gerilim durumu ortadan kalktığı zaman LVR otomatik olarak yüke tekrar güç sağlamak üzere devreyi kapar [8]. Fakat LVP kullanımında karşılaşılan fark; bu cihazın sistem normal çalışma durumuna geri dönse bile tekrar bağlı olduğu yükü enerjilendirmek üzere operatör tarafından manüel olarak devreyi kapatacak şekilde eski durumuna getirilmesi gerekmesidir.

Hayati ve hayati olmayan yükler şeklinde gemide iki tip yük olduğunu daha önceki bölümlerde de belirtmiştik. Yük merkezlerindeki dağıtım panoları bu iki tip yüke ya doğrudan ya da güç panoları vasıtası ile elektrik enerjisi iletirler. Yükler panolara ya doğrudan bağlanır ya da ABT ve MBT denilen elemanlar kullanılır. Hayati yükler en az çift kaynakla beslenir (normal / alternatif). Hayati bir yük, besleme kaynağını kaybederse ABT veya MBT onu alternatif güç kaynağından beslemek üzere anahtarlama işlemi gerçekleştirir. ABT alternatif güç kaynağına geçişi otomatik olarak gerçekleştirirken, MBT burada operatör müdahalesine ihtiyaç duyar. ABT'lerin MBT'den farklı bir diğer özelliği de arıza anında alternatif kaynağa bağlanmış olduğu yükü, arızanın giderildiğini ve arıza öncesi kullandığı normal kaynaktan gelen gücün eski durumuna döndüğünü anlayınca tekrar eski normal beslemesine otomatik olarak bağlamasıdır.

3.2.2 Gemi Elektrik Dağıtım Sistemlerinde Yeniden Yapılandırma/Restorasyon

Sistemde arızanın olduğu anda her bir hatta bulunan kesici aşırı akımı görür. Yük merkezlerindeki bir üst seviyede bulunan kesicilerde hatlardaki aşırı akımların toplamını görürler. Bazı arıza durumlarında arızadan etkilenmiş olan hattın kesicisi herhangi bir sebeple çalışmaz veya geç kalırsa, o zaman bir üst seviyede bulunan kesiciler çalışarak alt seviyelerdeki tüm sistemlerin enerjilerini kesebilir. Bu durumda alt seviyelerdeki tüm sistemlerin enerjisinin kesilmesinin yanında alt seviyede bulunan faal durumdaki hatlara da giden güç kesilmiş olur. Bu tip yani tüm bölgenin bir arıza nedeniyle güçsüz kaldığı durumda, kesicinin açmasına sebep olan arızanın yeri hakkında operatör net bir bilgi edinemez [7,8]. Eksik bilgi nedeniyle arızanın yeri doğru olarak belirlenemez. Arızalı bölgede olup da enerjisiz kalan fakat faal olan hatlara ve bunların besledikleri yüklere, özellikle hayati önemdeki yüklere güç iletimi için sistemde yeniden yapılandırmaya gitmemizde zorlaşır.

Ana dağıtım sisteminden ayrılmış alt dağıtım sistemlerinin başlangıç noktasında, acil durum veya özel frekans dağıtım panolarında (askeri gemilerde bu frekans 400Hz'dir ve silah, atış kontrol sistemleri ve sensörleri bu frekansı kullanır) toprak detektörleri yer alır. Bu detektörler gemi gövdesi (gemi gövdesi toprak ile aynı gerilimde olarak düşünülmektedir) ile fazlar arasında olan bir arızayı tespit etmek için kullanılır. Toprak arızası tespit edildiğinde operatör bu arızanın tespit edildiği noktadan başlayarak, ilk önce fazları tek tek izole edip arıza tipini belirler. Daha sonra alt sistemlere doğru arızanın yerini belirlemek üzere incelemeye devam edilir. Burada deneme-yanılma metodu ile arıza yerini belirlemeye çalışır ki bu metod savaş gemileri için uygun değildir. Çok zaman alan bu metodu (deneme-yanılma) savaşta yara almış, hayatta kalmaya çalışan, görevine devam etmek mecburiyetinde olan bir gemide kullanma imkanı yoktur.

Görüldüğü gibi koruma elemanları arızayı tespit ettikleri anda, harekete geçerek arızalı bölgeyi arızanın yayılmaması için izole ederler [22]. Burada arıza yerini belirlemek, izole edilmiş bölgede kalıp faal olan hayati sistemlere güç sağlamak için yapılacak olan bir yeniden yapılandırma ve restorasyon önem kazanmaktadır [20].

Arıza yerini belirleme ve yeniden yapılanma/restorasyon için yapılan bu konudaki tüm çalışmalarda amaç, insan faktörünü azaltmaktır. Çünkü operatörün her zaman hata yapma olasılığı yüksektir ve arızalı sisteme o anki kararı doğrultusunda müdahale edebildiği görülmektedir. Operatörün anlık ve hesaplanmamış müdahalesi belki sistemi aşırı yükleyip zaten arızalı olan sistemimizi felakete doğru

sürükleyebilir. Genelde modern sistemlerde gerekli anahtarlama işlemleri, hayati yükler için alternatif güç kaynaklarının devreye sokulması otomatik olarak yapılabilmektedir. Operatörün müdahale hızından çok kısa bir sürede sistemin otomatik olarak ve akıllı biçimde yeniden yapılandırılması/restoresi için arıza yerinin belirlenmesi, arızanın izole edilmesi, gerekli ise sistem aşırı yüklendiğinde daha etkili biçimde devredeki yüklerin azaltılması, daha hızlı yeniden yapılanma/restorasyon sağlayabilmektedir [7]. Restorasyon/yeniden yapılanma için sistemde çeşitli anahtarlama işlemlerini gerçekleştirmeden önce yapılacak anahtarlama sonucunda sistemin yeni duruma vereceği tepki; istenilen sistem kısıtlamalarının karşılanıp karşılanmadığı yük akışı metotlarının uygulamaları ile kontrol edilmektedir [22].

3.2.2.1 Akıllı ve Otomatik Yeniden Yapılandırma/Restorasyon

Dağıtım sistemini bir arıza durumunda akıllı biçimde yeniden yapılandıran sistemler; uzaktan görüntüleme kabiliyetine, tüm devre kesici ve rölelerin uzaktan kontrolüne, gemi bünyesindeki elektrik dağıtım sistemimize ait tüm cihazların gemideki konum bilgileriyle bilgisayar ortamında veri tabanı oluşturulmasına, arıza yerini doğru belirlemek ve bunun yanında yeniden yapılandırma/restorasyonu sistemimize uygulayabilecek tekniklere ihtiyaç duyar [7,22].

Gemi bünyesinde ana cihazların konumlandırma bilgilerini içeren veri tabanı, dağıtım sistemimizdeki generatörler, yükler, kesiciler, kablolar, bara transfer üniteleri, transformatörler, frekans çeviriciler gibi ana elemanların konum bilgilerini içerir. Tüm elemanlar için ayrıca başka bir veri tabanında cihazlara ilişkin bilgilerde kaydedilir. Bu veriler yükün tipi, gerilim seviyesi (440V/115V), frekans seviyesi (60Hz/400Hz), öncelik derecesi (önemli, yarı önemli, önemli), acil bir durum anındaki çalıştırma katsayısı, gemide bulunduğu yer gibi bilgilerdir.

Herhangi bir arızanın oluşması durumunda röleler arızaya cevap verip çalıştığında; görüntülenen veriler ve koruma elemanlarının durum bilgileri koordineli olarak hangi koruma elemanının çalışmış olduğunu, çalışan bu koruma elemanının dağıtım sistemimizin hangi bölgesini ve hangi eleman ile hatları koruduğunu, konum bilgilerini içeren veri tabanını da kullanarak bize söyler [22]. Rölenin çalışması bizi arıza yeri hakkında bilgilendirir. Dağıtım sistemimizde arızalı bölgede kaldığı için beslenemeyen yükler belirlenir, bir listesi oluşturulur. Bu yüklerden kritik yükler varsa bunların enerjisiz kalması bir felaket doğurur.

Ana dağıtım sistemimizden arıza nedeniyle izole edilmiş ve kopmuş olup beslenemeyen yüklerin, hatların bir listesi otomatik yeniden yapılandırma tekniği

kullanan sistem tarafından bize iletilir. Bu tekniği kullanarak yeniden yapılandırma/restorasyonu sağlayacak olan sistem çeşitli kontrol sinyalleri üretilen güc iletiminin sağlanamadığı yükleri alternatif hatlara veya dağıtım panolarına bağlayarak sistemimizde restorasyonu sağlamış olur. Bu işlemler arıza nedeniyle beslenemeyen kritik yükler veya faal olan diğer yükler zarar görmeden önce çok kısa bir sürede otomatik olarak yapılır [7].

Otomatik olarak yeniden yapılandırma/restorasyonda önemli bir basamakta çeşitli anahtarlama, kontrol komutlarıyla yeniden yapılandırılan sistemde talep analizinin yapılmasıdır. Talep analizinde amaç generatör kapasitemizin yeniden yapılandırılan dağıtım sistemimizden talep edilen gücü karşılayıp karşılayamamasıdır. İşte akıllı olarak adlandırılan yeniden yapılandırma tekniklerinde genelde uzman sistem yaklaşımları (expert sistem) kullanılarak generatör kapasitesi ve sistemden talep edilen güç arasında en iyi noktaya (optimum noktaya) yaklaşık bir çözüm aranır [7,23].

Sistemimizde yeniden yapılandırma için kullanılan teknik, bize cihazın konum bilgisini içeren veri tabanını da kullanarak yapılacak işlemleri yer ve cihaz bazında sıralar. Daha sonra otomatik sistem buna göre kesicilere aç/kapa komutları ileterek alternatif hat ve dağıtım panelleriyle arızalı hatları atlayarak istenilen yüke öncelik hayati yüklerde olmak kaydıyla güç aktarabilmemizi sağlar [7,8,22].

3.2.2.2 Uzman Yaklaşımlı Sistem

Bir savaş gemisinde görevi nedeniyle devrede olan yüklerin miktarı ve tipi değişkenlik gösterir. Su üstü harp gemilerini ele aldığımızda içinde bulunabileceği durum çeşitliliğini demirlemiş halde, limanda, intikal seyrinde, görev durumu (tatbikat ve savaş durumu), acil durum (devrede olan generatörlerden biri devreden çıktığı anda acil durum generatörünün devreye girdiği durum) olarak beşe ayırabiliriz [8]. Göreceğimiz gibi bu beş durumda da gemide devrede olan yük miktar ve tipleri değişkenlik göstermektedir. İşte uzman yaklaşıma dayanarak gemiyi arıza durumunda yeniden yapılandırma/restorasyon gerçekleştirerek faal tutmayı amaçlayan metot, gemideki tüm cihazların konum bilgilerini kendi veri tabanlarında saklarlar [8]. Bu işlemi bazı metotlar; her görev durumundaki yükleri ve sistem yapısını görebilecekleri gemideki konum bilgisini de içeren üç boyutlu CADD programları kullanarak gerçekleştirir [1,8,22]. Bu işlemde geminin şekli bilgisayar ortamına taşınır, cihaz ve kabloların gemideki yerlerine göre bu çizimde konumlandırılırlar. Yöntemin ihtiyaç duyduğu konum bilgisi ve arızanın yayıldığı bölgeler içinde kalan cihazların listesi artık bilgisayar ortamında elde edilebilir.

Çizilen üç boyutlu gemi modeline yerleştirilen dağıtım sistemimizde üç boyutludur. Buradaki tüm elemanlar veri tabanı ile ilişkilendirilmiştir. Bu veri tabanından alınan bilgilerde her bir eleman bağlantı tablosu (hangi düğümler arasında olduğu) gerçek zamanlı ve statik tablolar bulunur.

Gerçek zamanlı tablolar, gerçek zamanlı ölçülen değerlerin ve anlık olarak güncellenen değerleri içerir. Statik durağan değerleri içeren tablolarda ise direnç, endüktans, kapasite vs. değerleri yer alır. Tüm bu veri tabanı birçok elemanın bağlantı bilgilerini, değer bilgilerini, ayrıca koruma elemanlarının anahtar durumlarını da içerir.

Gerçek zamanlı tabloda sürekli yenilenen ve anlık olarak oluşturulan bir veri kümesi yer alır. Bu veriler; generatörün, devre kesicilerin, güç panellerinin, yüklerin, kabloların, yük merkezleri, generatör dağıtım panelleri, transformatörlerin akım gerilim bilgilerini, devre kesicilerin durumlarını (açık/kapalı) , LVP ve LVR'lerin durumlarını, bara bağlayıcıların durumlarını, generatör gücü, generatör hızı ve frekansını içerir.

Geçmiş veri kaydı ise arızanın olduğu andan başlar ve bu andan bir periyot sonrasına sistemin geçici durumunu aşır durağan duruma eriştiği ana kadar elde edilen gerçek zamanlı bilgileri kaydeder.

Gerçek zamanlı ve geçmiş veri kümeleri arıza yerini belirleme işlemi yapan üniteye giriş olarak girilir. Arızanın tespiti ve yerinin belirlenmesi işlemi iki basamakta gerçekleştirilir.

Arıza tespitinde kullanılan metotta sistemdeki anormal durum belirlenmeye çalışılır ve gemi bünyesinde bir arızanın olup olmadığına karar verilir [8]. Burada arızayı tespit etmek için generatör frekansı, generatör ve generatör dağıtım panelleri ile yük merkezlerindeki gerilim seviyesi, devre kesicilerdeki ölçülen akım değerleri kullanılır. Bu değerlerin normal durumdaki limitlerde olup olmaması gözlenerek sistemde arızanın olup olmadığına karar verilir.

Arıza yerini belirlemede ise arıza öncesinde ve sonrasında devre kesicilerin durumları, devre kesicilerde ölçülen akımlar ile arıza öncesi ve sonrası generatör dağıtım panelleri ile yük merkezlerindeki ölçülen gerilim kullanılır. Arıza tespitini ve yerini belirleme işlemi yapan ünitenin ürettiği sonuç arızalı elektrik elemanlarının ve etkilenen yüklerin bir listesini çıkarmaktadır. Bu üretilen liste yeniden yapılandırma/restorasyon işlemi yapan ünitenin girişini oluşturacaktır.

Uzman (expert) sistem yaklaşımı insanın sahip olduğu bilgiyi ve mantıksal sebep zincirini içeren bir yaklaşım olarak karşımıza çıkmaktadır. Gemi dağıtım sisteminde karşılaştığımız problem, karşımıza çıkan çok sayıdaki alternatif ve muhtemel birleşimlerin içerisinde en uygun olan anahtarlama kombinasyonunu (birleşimi) bulmaktır. Uzman sistem uygulaması ile bulunan en iyi anahtarlama kombinasyonu sonucu sistemimizde yeniden yapılanmaya gidebilir [8,22]. Uzman sistem en iyi ve uygulanabilir sonucun bulunması açısından karşımıza iyi bir araç olarak çıkmaktadır [24].

Gemi bünyesinde arıza yerini belirlemek için kullandığımız uzman sistem metoda dayalı analizde arıza yeri belirleme ünitesinin belirlediği arıza yerlerine ait bilgiler uzman (expert) ünitesine girilir. Uzman sisteme giren diğer bir girişte konum bilgilerinin yer aldığı veri tabanıdır. Bu iki ayrı bilgi kaynağı uzman sistem ünitesine giriş olarak alınır. Uzman ünitesi ilk olarak yüklerin önem derecelerini göz önüne alarak bir sıralama yapar, sonra elemanların yeniden yapılandırılabilip yapılandırılmayacaklarına karar verir. En uygun anahtarlama kombinasyonu tespit edildikten sonra sistemin restore edilmiş yeni durumda aşırı yüklenip yüklenmeyeceğini görmek için yük akışı analizi yapılır. Yük akışı analizi ile yeniden yapılandırılan sistemde yüklere giden tüm kabloların kablo akımları ve yüklerin düğüm gerilimlerinin sistemin kısıtları dahilinde olup olmadıkları gözlenir [22]. Şayet yük akışı sonucunda restore edilen yeni yapı sistem kısıtları dahilinde kalınıyorsa son aşama olarak anahtarlara, kesicilere kontrol komutları gönderilerek sistem restore edilir.

4 HARP GEMİSİ ELEKTRİK DAĞITIM SİSTEMLERİNDE BULANIK KARAR VERME YÖNTEMİ İLE ARIZA YERİNİN BELİRLENMESİ

4.1 Gemilerde Arıza Yerini Belirlemenin Önemi

Bir deniz savaşında çatışma altında yara almış bir harp gemisinin harekate devam edebilmesi, hayati idamesi için gerekli olan sistemleri çalıştırabilmesi, üzerine gerçekleştirilen bir taarruza karşılık verip bertaraf edebilmesi, gerektiği takdirde o hareket alanından uzaklaşabilmesi için hayati sistemlerini faal tutması ve içinde bulunduğu arıza durumunu mümkün olan en kısa sürede en az hasarla atlatabilmesi gerekmektedir. Bu yüzden gemi elektrik sisteminde bir arıza oluştuğunda, arızanın en kısa sürede algılanarak arızalı bölgenin sistemin geri kalan arızasız/faal bölgelerinden izole edilmesi ve hızla arızanın giderilmesi gereklidir. Ayrıca faal olup da izole edilmiş arızalı bölgede kaldığı için elektrik enerji beslemesi kesilmiş olan yüklere de en kısa zamanda elektrik iletimi sağlanmalıdır. Böylece bir arıza durumuna müdahale adımları sırasıyla arızanın algılanması/tespit edilmesi; arızalı bölgenin izole edilmesi, arıza yerinin belirlenmesi, sistemin yeniden yapılandırılması şeklinde verilebilir.

Arızanın algılanması, izole edilmesi röleler ile devre kesiciler tarafından yapılan bir işlemdir [21]. Koruma elemanları arızayı algıladıkları an sistemin geri kalan kısmına arızanın yayılmaması için arızalı bölgeyi izole etme işlemini gerçekleştirirler. Bu süre koruma elemanlarının hızları ile doğrudan ilişkili bir süredir. Bir harp gemisinde arızaya müdahale hızı sistemin arızalandığı andan yeniden yapılandırma işleminin gerçekleştiği ana kadar geçen bir süreçtir. Bu süreçte koruma elemanlarının reaksiyonundan sonra gerçekleşecek olan geminin elektrik dağıtım sistemindeki arızanın yerinin belirlenmesindeki hız ve doğruluk yeniden yapılandırma sürecinin işleyişini etkiler. Sistemin yeniden yapılandırılabilmesi için ilk olarak arızanın yerinin belirlenmesi gerekmektedir ve bu durum arızaya müdahale sürecine doğrudan etki eden çok önemli bir basamak olarak karşımıza çıkmaktadır [25].

4.2 Bulanık Karar Verme

Elektrik enerji sistemlerinin işletimi, planlama ve kontrol problemlerinde analitik yaklaşımlar çok uzun süredir kullanılmaktadır. Bununla beraber elektrik

sistemlerinde çok fazla kısıtlama/sınırlama bulunur ve bunun sebebi de sistemlerin büyük, karmaşık, coğrafi olarak geniş bir alana yayılmış, beklenmedik olaylardan etkilenebilen bir yapıda olmasıdır. Bu gerçekler, karmaşık matematiksel formülleri içeren problemlerin etkili bir şekilde üstesinden gelebilmeyi zorlaştırır. Elektrik enerji sistemlerindeki pek çok problemin çözülmesinde, analitik tekniklerin yanı sıra bulanık küme teorisinin de kullanılması, bu sistemlerde karşılaşılan zor problemleri çözmede yardımcı olmaktadır. [26]. Bulanık mantığın iyi bir araç olmasının nedeni, net olmayan, belirsiz veya bulanık bilgileri kullanabilen ve böylece problemleri çözümleyebilen tek teknik olmasıdır. Kesin olamama, belirsizlik mühendislik problemlerinde sıkça karşılaşılan kavramlardır.

Elektrik enerji sistemlerinde kesin olamama nedenleri ve oluşan belirsizliklere aşağıda farklı açılardan örnekler verilmiştir [26];

- Elektrik enerji sistemlerindeki yüklerde veya generatörlerde değişiklik yaparak ya da sistem yapısını (topolojiyi) değiştirerek çalışma durumunun değiştirilmesi,
- Sistemde çaprazlanmış (transpose) veya çaprazlanmamış (untranspose) hatlar gibi çeşitli yapıların bulunması,
- Farklı yapıda arıza durumlarının varlığı ve bu arıza durumlarının arıza tespiti, arıza yerini belirleme, arıza tipi, arıza yolundaki direnç gibi çeşitli belirsizlikleri içermesi.
- Gerilim ve akım bilgisi gönderen ölçme cihazlarının ölçme ve veriyi iletme aşamalarında yaşanan sorunlar. SCADA sistemlerindeki ölçüm cihazları ölçüm sonuçlarını merkezi üniteye iletirler. Elektromanyetik dalgalar aracılığıyla gerçekleşen bu iletim aşamasında, elektromanyetik yayımda gürültü nedeniyle oluşan bozulmadan kaynaklanan yanlış ve hatalı bilginin iletilmesi durumu örnek olarak verilebilir.
- Elektrik enerji sisteminin planlama, yönetim, kontrol ve işletiminde insan faktöründen doğan belirsiz, kesin olmayan bilgiler.

Yukarıda verilen belirsizlik durumları gibi elektrik sistemlerinde çok sayıda bulanık (fuzzy) durum mevcuttur. Elektrik enerji sistemlerindeki kararlılığı; sistemlerin işletilmesinde karşılaşılan çok önemli bir sorun olarak ele alabiliriz. Bir elektrik sistemi kararlı veya kararsızdır. Sistem kararlı ise biz bu sistemin göreceli olarak ne kadar kararlı olduğunu veya bu kararlı durumun derecesini bilmek isteriz. Burada da kararlılığın derecesini belirlerken sistemin az durağan, yüksek oranda durağan,

tamamen durağan olduğunu belirten tabirler kullanırız. Sistem kararsız ise bunu “çok küçük kararsızlık söz konusu” şeklindeki bir tümce ile açıklayabiliriz. İşte bu açıklamalardan “dengeli/ durağan/ kararlı” kavramının ne kadar bulanık ve çizgileri kesin olmayan bir kavram olduğu görülmektedir [26].

Bulanık mantık yönteminin klasik yöntemlere göre avantajları vardır [27];

- Bulanık mantık anlaşılması çok kolay olan, kullandığımız cümleler, dilbilgisel kavramlar şeklinde ifade edilebilme yeteneği üzerine kurulmuş bir tekniktir.
- Bulanık mantık kesin olmayan verilerin sınırları içerisinde kalarak, belirsizliği çözebilir.
- Bulanık mantık uzman deneyiminin üzerine kurulan bir yöntemdir ve kolayca uygulanabilir.
- Bulanık mantık tekniği ile karmaşık problemler çözülebilir.

Elektrik enerji sistemlerinde kullanılan bulanık mantık uygulamalarının bir kaç aşağıdaki gibi sıralanabilir [27];

- Kontrol alanında; elektrik sistemi kararlılaştırıcılarında, makine kontrolü, yük-frekans kontrolü, FACTS (Flexible AC Transmission System) kontrol problemlerinde,
- Optimizasyon alanında; planlama, üretim planlaması, kararlılık, ücretlendirme, bakım planlaması, dağıtım sistemi optimizasyon problemlerinde,
- Sistem işletim alanında; ihtimaller ve beklenmedik olayların analizinde, gerilim kontrolünde, yük tahmini, durum tahmini, karar vermeyi desteklemede, yük akışında,
- Koruma ve teşhis alanında; dağıtım hatlarının korunması, arıza yeri belirleme, transformatörlerde, arıza tespiti/teşhisi, sistemin durumunun görüntülenmesinde kullanılmaktadır [26,27].

4.2.1 Bulanık Kümeler ve Bulanık Mantık

Bulanık kümeler teorisi kesin olmayan kavramlar üzerine kurulmuş bir teori olup, belirsiz ve kesin olmayan kavramları kullanarak çalışılmasını sağlamaktadır. İnsan zekası da aynı yöntemleri kullanarak karar vermeyi gerçekleştirdiğinden bulanık kümeler teorisi insan zekası karar verme sürecine benzer bir yöntem kullanarak sonuca ulaşmayı sağlayabilmektedir [28].

Bulanık kümeler yöntemi ilk olarak 1965’li yıllarda L.A. Zadeh tarafından ortaya atılmış fakat ilk yıllarda bilim adamları tarafından pek fazla ilgi gösterilmemiştir. Son yıllarda ise bu yöntem önem kazanmış ve birçok alanda kendine uygulama sahası bulmuştur. Bulanık mantığın uygulama bulduğu alanlar çok çeşitlidir. Bu alanlar elektrik sistemleri, hekimlikte teşhis, yaklaşık akıl yürütme, iktisat bilimi, işlem araştırması, planlama, sınıflama, biçimlerin tanınması gibi çeşitli örneklerle sıralanabilir [29].

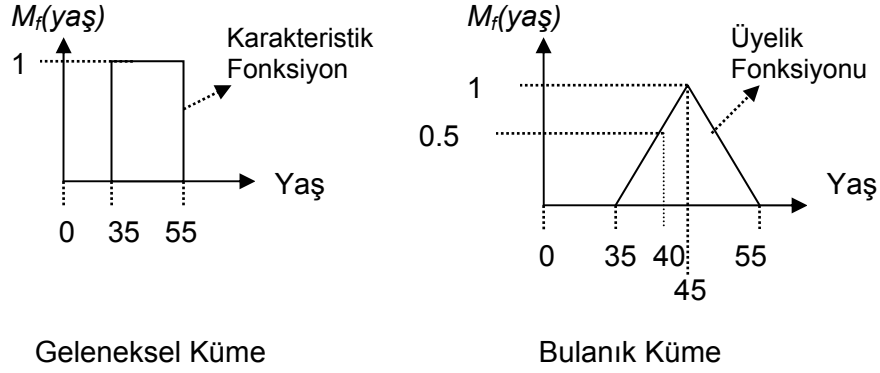
Bulanık kümeler, doğru ve yanlış; evet ve hayır tipi geleneksel mantığın ikilemelerinden kurtulmayı sağlarlar. Geleneksel (crisp) yapının iki değerli olma “evet” ve “hayır” cevabı yerine bulanık yapıda “daha fazla ve daha az” cevapları kullanılabilir [28,29]. Geleneksel yapıda kullanılagelen mantıkta bir durum doğru veya yanlış olabilir ama ikisi arasında bir değer olamaz. Küme teorisine göre kümenin sınırları geleneksel yapıda kesin olarak belirlenmiştir ve bir eleman ya o kümenin içindedir ya da dışındadır. Fakat bulanık mantıkta kümenin sınırları kesin değildir, netleşmemiştir ve bu durumda o kümeye bir eleman biraz ait olabilir ama birazda olmayabilir. Bu durumda kesin yargılar yerine bulanık mantık bir durum karşısında derecelendirme olanağı sağlayan bir metot olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bulanık mantık ve bulanık kümeleri daha kapsamlı bir biçimde açıklamadan önce geleneksel küme ile bulanık küme arasındaki farkları bir örnekle göstermeye çalışalım.

Tablo 4.1: Yaş Tablosu

Genç	35 Yaşından küçük
Orta Yaş	35 yaş ve 55 yaş arasında
Yaşlı	56 yaşında veya daha yaşlı

Orta yaş tanımı, Tablo 4.1’de gösterildiği gibi ele alınabilir. Tablo 4.1’de gösterilen orta yaş kavramı; geleneksel yapıda ve bulanık yapıda olmak üzere iki grafikte Şekil 4.1’de açıklanmaya çalışılmıştır.



Şekil 4.1: Geleneksel ve Bulanık Kümelerde Üyelik/Karakteristik Fonksiyon

Yukarıdaki grafiklerde $M_f(yaş)$ ($0 \leq M_f \leq 1$) yaş bakımından derecelendirmeyi yansıtmaktadır. 40 yaşını bu iki kümede ve Tablo 4.1'deki verilere göre inceleyecek olursak;

Klasik (geleneksel küme teorisine göre $M_f(40) = 1$ ve $M_f(45) = 1$ dır.

Bulanık küme teorisine göre $M_f(40) = 0.5$ ve $M_f(45) = 1$ dır.

Görüldüğü gibi 40 yaş geleneksel kümede orta yaş olarak gözlemlenirken, bulanık kümede biraz orta yaşlı, biraz genç sayılır ve orta yaş ile gencin tam arasındadır sonucu elde edilmiştir. Verilen örnekten de anlaşılacağı üzere, bulanık kümelerde sınırlar net olmadığı için kümeye geçiş geleneksel yapıdaki gibi kesin, katı olmaz bilakis yumuşak bir geçiş söz konusudur [30].

4.2.1.1 Bulanık Kümelerin Temel Prensipleri

Bir X evrensel kümesindeki A bulanık kümesi $\mu_A(x)$ üyelik fonksiyonu (membership function) ile tanımlanır. Üyelik fonksiyonu ile her reel sayıya karşı düşen bir üyelik derecesi bulunabilir. Üyelik derecesi, A bulanık kümesinin belirttiği kategoriye bir " x " elemanın aitlik mertebesidir [28,30,31].

$$\mu_A(x) \rightarrow [0 : 1] \quad (4.1)$$

Bulanık mantıkta belirtilen aitlik derecesinin olasılık ile hiçbir ilgisi yoktur. Rastlantısallık (olasılık) bir nesnenin veya olayın bulanık olmayan, keskin sınırlı bir kümeye ait olup, olmamasının belirsiz durumu ile ilgilidir. Bulanık kümede o kümeye ait olma mümkünlüğü kavramı olasılığın yerini alır [9]. Olasılık, istatistiksel bilgilere erişilebildiği takdirde keskin olmayan bir durumun uygun bir ölçme biçimidir. Buna açıklık getirmek için bir X evrensel olay kümesini ele alalım.

$\mu_A(x), A(x) = a$: belirli bir $x \in X$ elemanının A kümesindeki üyelik fonksiyonu değeri,

$P(x \in A) = a$: $x \in X$ elemanın A kümesine ait olma olasılığı,

Yukarıdaki çerçevede bir inceleme (deney) yapsak ve bu x elemanı seçilerek sonucu irdelersek

Tablo 4.2: Bulanıklık ve Rastlantısallık Arasındaki Fark

	Deneyden Önce	Deneyden Sonra
Bulanıklık	$A(x) = a$	$A(x) = a$
Rastlantısallık (Olasılık)	$P(x \in A) = a$	$\begin{cases} 1; x \in A \\ 0; x \notin A \end{cases}$

Deney sonucundan da görülebileceği gibi olasılık deneyden önceki öncül şeklini deney sonrasında 1 ya da 0 değerlerini alarak sonlandırır. Bulanık küme temellinde ise hiçbir değişiklik olamaz [30].

Sonuç olarak olasılık, rastlantısal olayların oluşuna dayanan modellerdeki istatistiksel belirsizliklerle bağlı modelleme durumları için kullanılır. Bulanık kümelerin matematiksel gösterimlerinden bahsetmeden önce sık kullandığımız geleneksel yapıdaki kümelerin gösterimlerini açıklayalım.

Geleneksel kümeyi ifade etme yöntemlerinden birisi kümeye ait elemanları birer birer listeleyerek kümeyi analitik olarak ifade etmektir [29].

$$A = \{x \mid x \leq 5\} \quad (4.2)$$

Bir diğer metot ise karakteristik fonksiyon kullanarak üye elemanlarını tanımlamaktır.

$$K_A(x) = \begin{cases} 1; x \in A \\ 0; x \notin A \end{cases} \quad (4.3)$$

Burada “1” üye olma, “0” ise üye olmamayı ifade eder. Bulanık kümeler bir geleneksel kümenin genelleştirmişidir ve üyelik fonksiyonu da karakteristik fonksiyonun genelleştirmiş hali olarak karşımıza çıkar. X evrensel olay kümesinin elemanı x ’lerin toplamı ile oluşturulmuş $\tilde{A}$ bulanık kümesi, X ’de bir bulanık küme

olmak şartıyla bulanık kümenin gösterimi x elemanına karşılık düşen üyelik fonksiyon değerinden oluşan sıralanmış çiftlerle ifade edilir.

$$\tilde{A} = \{(x, \mu_{\tilde{A}}(x)) \mid x \in X\} \quad (4.4)$$

$\mu_{\tilde{A}}(x)$, üyelik fonksiyonu $\tilde{A}$ bulanık kümesinde “ x ” in üyeliğinin derecesidir. Bulanık kümeleri belirtmenin bir farklı gösterimi de sonlu evrensel olay kümesi için aşağıdaki denklemde gösterilmiştir.

$$\tilde{A} = \mu_{\tilde{A}}(x_1)/x_1 + \mu_{\tilde{A}}(x_2)/x_2 + \mu_{\tilde{A}}(x_3)/x_3 + \dots + \mu_{\tilde{A}}(x_n)/x_n = \sum_{i=1}^n \mu_{\tilde{A}}(x_i)/x_i \quad (4.5)$$

Evrensel olay kümemiz sonsuz ise aşağıdaki denklemdeki gibi ifade edilebilir.

$$\tilde{A} = \int_x (\mu_{\tilde{A}}(x_i)/x_i) \quad (4.6)$$

Bulanık bir $\tilde{A}$ kümesinde $\mu_{\tilde{A}}(x)$, x 'in üyelik derecesini verir ve 0 ile 1 arasında değer alır. Biz α (0 ile 1 arasında değer almak kaydıyla) seviyesinden daha büyük üyelik dereceleri ile ilgilenip, daha düşük üyelik dereceleri ile ilgilenmek istemeyebiliriz. Bu durumda bulanık mantık metodu α değerinden daha küçük üyelik derecelerini ihmal edip yeni bir küme oluşturmamıza izin verir. Oluşan bu yeni kümeye α -seviye kümesi (α -level set) denir. Tüm bu işleme de α -kesmesi (α -cut) adı verilmiştir [28,32].

En az α derecesindeki $\tilde{A}$ bulanık kümesine ait olan elamanların geleneksel kümesi,

$$A_{\alpha} = \{x \in X \mid \mu_{\tilde{A}}(x) \geq \alpha\} \quad (4.7)$$

Aşağıda da “sert (strong) α -seviye kümesi” veya “sert α -seviye kesmesi” gösterilmiştir.

$$A_{\alpha} = \{x \in X \mid \mu_{\tilde{A}}(x) > \alpha\} \quad (4.8)$$

4.2.1.2 Bulanık Mantık İşlemleri

Bir bulanık A kümesini, X evrensel uzayındaki elemanlar x olmak kaydıyla X evrensel uzayında tanımlayalım.

$$A = \{(x, \mu_A(x)) \mid x \in X\} \quad (4.9)$$

- Şayet $A=B$ şeklinde iki bulanık küme mevcutsa

$$\mu_A(x) = \mu_B(x) \quad (4.10)$$

- Bir bulanık kümenin tümleyeni $\bar{A}$ olarak tanımlanır.

$$A \not\subset \bar{A} \quad (4.11)$$

$$\mu_{\bar{A}}(x) = \mu_{\subseteq A}(x) = 1 - \mu_A(x); x \in X \quad (4.12)$$

- D bulanık kümesini A ve B bulanık kümelerinin birleşimi olarak tanımlarsak. Bulanık kümelerde birleşim işlemi aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$\mu_D(x) = \mu_{A \cup B}(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x)) \quad (4.13)$$

$$\max(\mu_A(x), \mu_B(x)) = \begin{cases} \mu_A(x), & \mu_A(x) \geq \mu_B(x) \\ \mu_B(x), & \mu_A(x) < \mu_B(x) \end{cases} \quad (4.14)$$

- D bulanık kümesi A ve B bulanık kümelerinin kesişimi ise kesişim işlemi aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$\mu_D(x) = \mu_{A \cap B}(x) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x)) \quad (4.15)$$

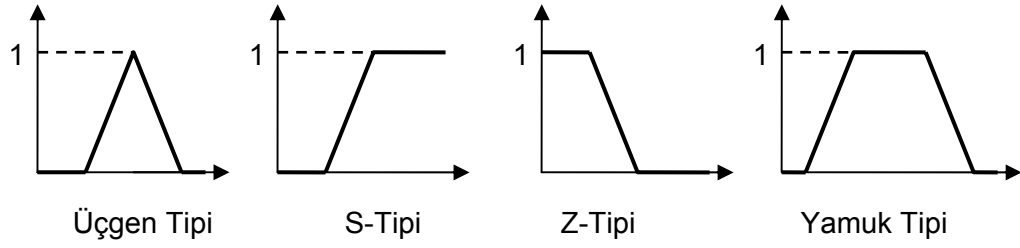
$$\min(\mu_A(x), \mu_B(x)) = \begin{cases} \mu_A(x), & \mu_A(x) \leq \mu_B(x) \\ \mu_B(x), & \mu_A(x) > \mu_B(x) \end{cases} \quad (4.16)$$

Birleşim işleminde yukarıdaki ifadelerde maksimum olan üyelik fonksiyonu tanımlanmıştı. Kesişim işleminde de minimum işlemi kullanılmıştı. Burada max ve min'in kullanımı A veya B bulanık mantık kümelerinden yalnız birisinin işlemimizin sonucu olarak karşımıza çıktığını görmekteyiz. Halbuki A veya B kümelerinin birleşim veya kesişim işleminde birbirlerine etkileri göz ardı edilmemelidir. Bu durumda işlemde cebrik toplamanın kullanıldığı özel birleşim işlemlerinden bahsedilir ve bu işlemler A veya B bulanık mantık kümelerinin birbirlerine olan etkilerini de içermektedirler. Bu birleşim işlemleri Hamacher birleşimi ve Dubois birleşimi adlarıyla anılmaktadırlar [28].

$$\mu_{A \cup B}(x) = \mu_A(x) + \mu_B(x) - \mu_A(x) \cdot \mu_B(x) \quad (4.17)$$

4.2.1.3 Bulanık Kümelerde Kullanılan Standart Üyelik Fonksiyonları

İnsanların gerçek değerleri yorumlama şekillerini yaklaşık olarak ifade eden genel olarak kullanılan üyelik fonksiyonları Şekil 4.2'de gösterilmiştir.



Şekil 4.2: Üyelik Fonksiyon Tipleri

“Alçak”, “orta”, “yüksek” gibi dilbilgisel kavramları ifade eden birçok bulanık küme tanımlanabilir. Bir büyüklüğün değişik durumlarını tanımlamak üzere kullanılan bu dilbilgisel kavramlara bulanık değişkenler denilir.

Üyelik işlemlerinin değişkenlerinin ve üyelik fonksiyonlarının belirlenmesinde kesin sonuç veren belirgin bir yöntem yoktur. Uzun testler yapmadan gerçekten ne kadar ve ne biçimde üyelik fonksiyonu gerektiğini önceden belirlemek çok güçtür.

Bulanık mantık yaklaşımında, işaretlerin bir ön işlemeye tabi tutularak, geniş alana yayılmış değerlerin daha az sayıda üyelik fonksiyonlarına indirgendikleri çalışmalar uygulamada daha hızlı bir şekilde sonuca ulaşılmasını sağlar.

4.3 Amaçlanan Yöntem

Arıza yeri incelemelerinde; arızanın olduğu ana dağıtım hattı üzerinden fazla sayıda yan kol, hat çıkışı yapıyorsa inceleme sonunda ana güç kaynağından aynı elektriksel uzaklıkta bulunan veya bu mesafenin birbirine yakın olduğu hatlar muhtemel arıza yeri olarak karşımıza çıkabilmektedir [9]. Özellikle toprak arızalarında, nötr noktası izole olan elektrik dağıtım sistemlerinin bu tip nedenlerden ötürü arıza yeri belirleme çalışmalarında pratik çözümlere ulaşmakta güçlerle karşılaşmaktadır [9]. Özellikle topraksız radyal dağıtım sistemleri kullanan harp gemilerinde de ana dağıtım hatları üzerinde çok fazla sayıda yan kol/hattın çıktığı; dağıtım sisteminde dallanmanın gözlemlendiği bir yapı bulunmaktadır. Dolayısıyla harp gemisinin elektrik dağıtım sisteminde arıza yerinin belirlenmesinde zorluklarla karşılaşmaktadır. Bu nedenle, esnek yapıdaki karar verme algoritmalarının kullanımı, harp gemileri elektrik dağıtım sistemlerinde arıza yerinin belirlenmesinde yararlı olacaktır. Arıza yerinin belirlenmesinde karşılaşılan belirsizlik durumu, bu çalışmada model olarak ele alınan harp gemisi elektrik dağıtım sisteminde yapılan analizlerde de gözlenmiştir.

Bu belirsizlikleri aşmak için bulanık karar verme yöntemi temelli bir arıza yeri algoritması kullanılması, yararlı olabilir.

Harp gemilerinde elektrik dağıtım sistemlerindeki generatörlere, dağıtım panolarına, yük merkezlerine, yüklere vs. ait akım, gerilim, frekans gibi önemli veriler, görevli makine/elektrik bölümü personelini bilgilendirmek üzere gemide makine kontrol dairesinde toplu olarak bir masa üzerinde gözlemlenmektedir. Burada operatör, anahtarların, koruma elemanlarının durumunu da görebilmektedir. Makine kontrol dairesinde bulunan ve geminin elektriksel sistemlerinin veri tabanını içeren bu masa bir nevi SCADA sistemi olarak görev yapmaktadır. Gemi tipine göre değişken olmakla birlikte makine kontrol ve hasar kontrol odaları bu gemideki güç sisteminin kontrolünde görev alırlar [6].

Harp gemilerinde her cihazın arıza kayıtlarının tutulduğu tarihçe defterleri bulunmaktadır. Bu kayıtlar tüm elektrikli sistem, cihaz ve besleyici hatları da kapsayacak şekilde tutulmaktadır. Gemilerde operatörlerin bir arıza durumunda önceden bu tip bir problemle karşılaşılıp karşılaşılmadığına dair kayıtları inceleyebilmesi operatörün tecrübelerini destekleyici bir unsurdur. Bu kayıtlar ve sistem üzerindeki geçmiş birikimi ışığında, gemideki elektrik dağıtım sisteminde oluşmuş bir arıza durumu sonrasında arızanın yerini belirlemeye yönelik yapılacak çalışmalarda; operatör tecrübesini kullanabilmektedir. Fakat bu tecrübe operatörün sezisel bilgisi olarak yansımaktadır. Sezisel bilgiler ise kesin ve kati bir şekilde doğru değildir. Bu durumda arıza yerini belirleme çalışmalarında bu sezisel bilginin kullanımı tek başına yeterli olamamaktadır [10]. Operatörün en önemli görevi bir arıza durumunda arıza yerini belirlemek ve sistemde yeniden yapılandırmaya/restorasyona gitmektir.

Bir savaş gemisinde bulunan elektriksel yüklerin ve elektriksel hatların gemide bulundukları konum arıza yapma olasılıkları açısından önem kazanmaktadır. Bir savaş gemisinin savaşta güdümlü mermi isabeti neticesi yara alması muhtemeldir. Bu durumda da radar güdümlü bir güdümlü mermi geminin radar kesit alanına göre saldıracaktır. Muhtemelen geminin radar kesit alanı fazla olan bölgesinden gemiyi vuracaktır. Termal güdümlü bir güdümlü mermi ise geminin termal izine göre saldırıya geçer ve yine muhtemel olarak termal izi fazla olan yerlerden gemimiz güdümlü mermi isabeti alacaktır. Bu durumda bazı bölgelerde bulunan hatların veya yüklerin arıza yapma ihtimalleri gemide bulundukları konumları gereği daha fazla olabilmektedir. Gemideki yüklerin ve hatların bulundukları konum deniz şartlarından etkilenme durumuna göre de farklılık göstermektedir. Bazı yük veya hatlar açık

güverte üzerinde bulundukları, denizin yıpratıcı etkileriyle daha fazla karşı karşıya kaldıkları gözlemlenir. Buna karşılık kapalı alanda bulunan veya deniz/tabiât şartlarından daha az etkilenen yerlerden geçen hatlarda bulunmaktadır. Tabiât şartlarının yıpratıcı etkisini daha fazla hisseden hat veya yüklerin arıza yapma ihtimalleri daha fazladır. Yüklerin ve hatların bulundukları konum gereği arıza yapma ihtimalleri değişiklik göstermektedir. Bu da gemideki yüklerin/hatların gemi üzerindeki konumlarının arıza yeri belirlemede bir etken olarak karşımıza çıkarmaktadır.

Doğru bir arıza yeri belirleme uygulaması için, operatör tecrübesinin, sistem bilgilerinin, koruma elemanları tarafından izole edilen bölgenin gemi üzerindeki konumunun durumu gibi verilerin bir bütün olarak ele alınabildiği bir yöntemin kullanılması başarımızı yükseltecektir. Fakat bu tip girdilerin ve kesin olmayan sezisel bilgileri içeren bir veri topluluğunun karşımızda bulanık bir ortam oluşturduğu görölmektedir.

Bu çalışmada da yukarıda da açıklanan kesinliği olmayan veri kümemiz ışığında bulanık karar verme yöntemi temelli bir karar verme çalışması ile kalıcı bir arıza durumunda arıza yerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Gemide bulanık karar verme yöntemi temelli arıza yeri belirleme çalışmalarımızda operatör tecrübesi, hat/yüklerin konumları, görev tipi (seyir, savaş, sahil durumu gibi), arıza akım bilgisi gibi çeşitli veri gruplarından faydalanarak bulanık kümelerdeki üyelik fonksiyonlarımızı oluşturabiliriz. Fakat bu çalışmada arıza akım bilgisine dayalı olarak oluşturulan üyelik fonksiyonları, arıza yerini belirlemede temel olarak ele alınmıştır. Arızanın yerinin belirlenmesinin amaçlandığı bu çalışmada, temel olarak “arıza akım üyelik fonksiyonları” ele alınmıştır. Ayrıca doğru sonuca ulaşabilmek ve arıza yeri belirleme probleminin çözümünde operatör deneyimini katabilmek için diğer üyelik fonksiyonlarından da nasıl faydalanılabileceği gösterilmiştir. Bu üyelik fonksiyonlarına örnek olarak, konum bilgisine ve operatör tecrübesine dayanan üyelik fonksiyonları verilebilir. Birden fazla üyelik fonksiyonlarının (akım üyelik fonksiyonu, konum üyelik fonksiyonu...) bir arada ele alınması, bulanık mantıkta birleşim işlemi ile gerçekleştirilir. Elde edilen sonuç, her hatta ait nihai üyelik değerlerini verecektir. Bu üyelik değerlerine göre hatların sıralanması, bize arıza yerlerinin bir öncelik sıralamasını sunacaktır. En yüksek üyelik en muhtemel arıza yerini göstermektedir. Arıza yerinin, yöntem sonucunda oluşturulan muhtemel arıza yerlerini içeren listede (kestirim kümesinde) en yüksek üyelik değerine sahip olan hatta olmadığı kesin olarak görüldüğü takdirde üyelik derecelerinin sıralanışına göre doğru arıza yerlerinin bulunması amaçlanmaktadır.

4.3.1 Üyelik Fonksiyonlarının Gemi için Seçimi

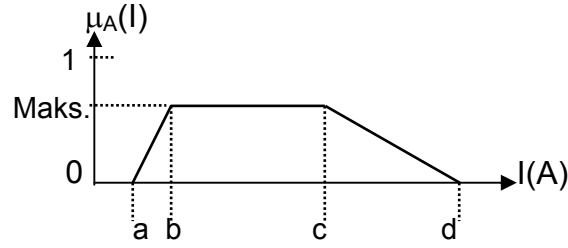
Bulanık küme temelli bir yaklaşım ile arıza yerini belirlemedeki en önemli nokta olan üyelik fonksiyonlarını oluşturmak yöntemin ilk hedefidir.

4.3.1.1 Akım Üyelik Fonksiyonunun Belirlenmesi

Bir harp gemisinin dağıtım sistemindeki hatlarda oluşan arızalar sonucunda oluşan arıza akımları generatör dağıtım panolarında görülebilmektedir. Dağıtım sistemindeki bir arızanın yerine göre arıza akımında değişiklik olduğu gerçeği ışığında arıza akım bilgilerinin dağıtım sistemindeki arıza yerini belirlemede kullanılması amaçlanmıştır [9,10]. Bu arıza akım bilgisinin bulanık küme kavramına taşınması ise harp gemisinin elektrik dağıtım sisteminin özellikleri dikkate alınarak yapılmalıdır.

İnceleme ve araştırmalar doğrultusunda arıza akımına ait üyelik fonksiyonu yamuk tipi üyelik fonksiyonu olarak göz önüne alınmıştır [9,10]. Yamuk tipinin seçilmesindeki en önemli etken; arıza yerinin hattın orta kesimlerine yakın olduğu yerlerde arıza yerini belirlemek üzere daha net ve kesin verilerin bize yansımaları, bununla birlikte hattın başına ve sonuna yaklaşıldıkça belirsizliğin artmasıdır [19].

Arıza akımı için göz önüne alınan üyelik fonksiyonu Şekil 4.3' da gösterilmiştir. Şekil 4.3' deki benzer "arıza akımı üyelik fonksiyonları", incelenen geminin elektrik dağıtım sisteminde bulunan her bir hat için ayrı ayrı elde edilmiş, her hattın kendisine ait bir "arıza akımı üyelik fonksiyonu" oluşturulmuştur. Arıza akımı üyelik fonksiyonlarında yatay ekseninde akım değerleri, dikey ekseninde de üyelik değeri yer almaktadır. Arızanın yeri hat üzerinde generatöre ne kadar yakınsa, o kadar büyük bir arıza akımı ölçüm cihazlarında gözlemlenmiştir. Arıza yeri hat üzerinde generatörden uzaklaştıkça, ölçüm cihazlarımızda okuduğumuz arıza akımı da düşmektedir. Hattın başlangıcındaki arızalara ilişkin arıza akımları Şekil 4.3' deki üyelik fonksiyonumuzda c-d aralığında yer alırken, hattın orta kısımlarında oluşan arızalara ilişkin akım değerleri b-c aralığında, hattın sonunda generatörden uzak kısmında oluşturulan arızalarda akım değerleri a-b aralığına yerleşmektedir. Unutulmaması gereken en önemli nokta arıza akımı büyükse, arıza hattın başına yakındır ve belirsizlik (kesin olamama) daha yüksektir [10]. Bu nedenle üyelik fonksiyonları oluşturulurken; hattın başına yani generatöre yakın yerde oluşmuş arızalar sonucundaki akım değerleri büyürken belirsizlik artışını bu kısımdaki c-d arasındaki eğimi hat sonunda a-b arasındaki eğime göre daha fazla oluşturarak ifade edilebilir [9]. Akım üyelik fonksiyonunun yatay ekseninde yer alan akım değerlerinin generatör dağıtım panosunda görülen değerlerdir.



Şekil 4.3: Arıza Akımı Üyelik Fonksiyonu

Şekil 4.3'de verilen yamuk tipi (trapezoidal) üyelik fonksiyonları oluşturulurken kullanılan bulanık sayı UF,

$$UF = [a, b, c, d] \quad (4.18)$$

dir. Bu bulanık sayı kullanılarak, yamuk tipi üyelik fonksiyonu;

$$\mu_A(I) = \begin{cases} 0 & I \leq a \\ \frac{(I - a)}{(b - a)} & a \leq I \leq b \\ 1 & b \leq I \leq c \\ \frac{(d - I)}{(d - c)} & c \leq I \leq d \\ 0 & I \geq d \end{cases} \quad (4.19)$$

olarak tanımlanır.

Generator dağıtım panolarından birkaç adet ana hat/kol gemi bünyesinden dağılmakta bu ana hat ve kollar daha sonra gemi içinde diğer yan hat ve kollara ayrılmaktadır. Akım üyelik fonksiyonu için kullanılan akım değeri generatör dağıtım panosundan çıkan her ana hat başında yapılan ölçümlerle elde edilmektedir. Bir arıza oluştuğunda generatör dağıtım panosundan okunan akım değerine karşılık gelen akım üyelik değeri dağıtım sistemindeki tüm hatların akım üyelik fonksiyonlarından elde edilmektedir.

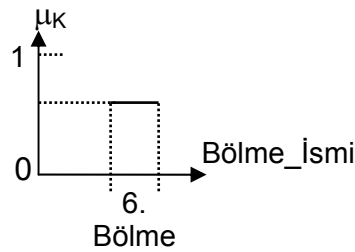
Bir arıza durumunda ölçülen akım değerini üyelik fonksiyonlarının yatay ekseninde karşılık geldiği değerden hatta ait akım üyelik fonksiyonlarındaki dikey eksene karşılık gelen üyelik değerleri okunur. Böylece arıza akımı değeri kullanılarak dağıtım sistemindeki hatlar için üyelik değerleri elde edilir. Bulanık kümelerdeki α - seviye kesmesi uygulaması ile α -seviyesi gerçek arıza yeri bulununcaya kadar kademeli olarak daha alt seviyedeki α -seviyelerine doğru düşülür. α -seviye

kesmelerinin kullanımı ile üyelik değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanmış olur ve böylece muhtemel arıza yerlerinin bir listesi üretilmiştir.

4.3.1.2 Konum Üyelik Fonksiyonunun Belirlenmesi

Her hattın gemi içinde geçtiği bölmenin kendine has özellikleri vardır. Bu durumda bazı bölgelerde bulunan hatların veya yüklerin arıza yapma ihtimalleri gemide bulundukları konuma göre değişiklik gösterebilir. Gemideki yüklerin ve hatların bulundukları konum deniz şartlarından etkilenme durumuna göre de farklılık göstermektedir. Bazı yük veya hatlar açık güverte üzerinde bulundukları, denizin yıpratıcı etkileriyle daha fazla karşı karşıya kaldıkları gözlemlenir. Buna karşılık kapalı alanda bulunan veya deniz/tabiât şartlarından daha az etkilenen yerlerden geçen hatlar da bulunmaktadır. Tabiat şartlarının yıpratıcı etkisini daha fazla hisseden hat veya yüklerin arıza yapma ihtimalleri daha fazladır. Bazı bölmelerdeki hatlar diğer bölmelere göre daha yeni veya eski olabilir bunlarda o bölmede bulunan bir hattın arıza yapma ihtimalini arttırabilir. Ayrıca bir harp gemisinde radar/termal izi fazla olan bölmeler veya bu bölmelere yakın olan bölmelerin savaşta isabet alma ihtimalleri daha fazladır ve dolayısıyla buralarda bulunan cihazların arıza yapma ihtimali de diğer bölmelere göre daha yüksektir. Bu durumda bulanık kümelerin esnekliğinden faydalanarak operatörün deneyimini de katarak geminin bölmelerinin arıza yapmada olası etkilerini arıza yeri bulma çalışmamamıza konum üyelik fonksiyonunu kullanarak katabiliriz.

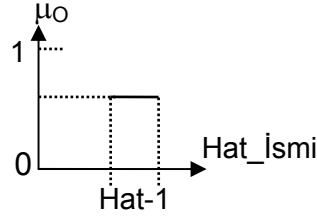
Konum üyelik fonksiyonu da her hat için ayrı ayrı oluşturulabilir. Bu fonksiyonda üyelik değeri dikey eksende yer alırken hat ismi yatay eksende yer almaktadır. Ele alınan üyelik fonksiyonu Şekil 4.4' de gösterilmiştir. Konum üyelik fonksiyonu o konumun kapsadığı bütün hatları etkiler. Akım üyelik fonksiyonunu destekleyici bir üyelik fonksiyonudur.



Şekil 4.4: Konum Üyelik Fonksiyonu

4.3.1.3 Görev Durumu Üyelik Fonksiyonu

Geminin arıza anındaki görev durumu bilgisine ilişkin operatör deneyimi de üyelik fonksiyonları yardımı ile arıza yeri belirleme işleminde kullanılabilir. Bu deneyime dayalı bilginin bir yönteme dahil edilebilmesi, bulanık kümelerin getirdiği bir esnekliktir. Bu üyelik fonksiyonu oluşturulurken Şekil 4.5’ deki gibi bir üyelik fonksiyonu kullanılabilir.



Şekil 4.5: Görev Durumu Üyelik Fonksiyonu

Görev durumuna ilişkin operatör deneyimini yansıtan üyelik fonksiyonu operatörün arıza kayıt defterlerinden elde ettiği, kendi tecrübeleri ile kazandığı bilgi birikimini geminin görev durumu ile ilişkilendirerek, arıza yeri belirleme sürecine katabilmesini amaçlamaktadır. Bu üyelik fonksiyonu her bir hat için ayrı ayrı oluşturulabilir. Bu fonksiyonda yatay eksen de hat ismi, dikey eksen de deneyimlere göre o hatta arıza olabilirliğini gösteren üyelik değeri yer almaktadır.

4.3.1.4 Son Kararın Elde Edilmesi

Her bir hat için oluşturulacak olan üyelik fonksiyonlarından bulanık karar verme yöntemi ile son kararın elde edilmesi işleminde (en yüksek üyelik değerini belirlenmesi); (4.13) ve (4.17) eşitliklerinin sonuca etkileri incelenmiştir. Bu iki denklemle gösterilen birleşim işlemlerinden, birleşim işlemine giren iki üyelik fonksiyonunun etkisinin de sonuca yansıtılabilmesi ve böylece bize kazandırdığı esneklik açısından (4.17) eşitliğinin kullanılmasına karar verilmiştir. Bu denklemde iki üyelik fonksiyonunun bir bileşimini sağlayabilmek için birleşim işlemine giren üyelik fonksiyonlarından hiç birinin maksimum üyelik değerinin “1” olmaması gerekmektedir. Şayet birleşim işlemine giren üyelik fonksiyonlarından birisinin o anki arıza durumu neticesi döndürdüğü değer “1”e eşit olursa; denklem (4.17)’den beklediğimiz sonucun alınmadığını, denklem (4.13) ile alınabilecek bir sonucun elde edildiğini ve bununla beraber denklem (4.17)’yi kullanarak kazanılmak istenilen esnekliğin yakalanamadığı değerlendirilmiştir. Bu nedenle arıza yeri belirleme

alışmalarında üyelik fonksiyonlarını oluştururken bu üyelik fonksiyonları sonucu elde edilebilecek en yüksek değeri, “1”den küçük alınmalıdır. Böylece daha sonra farklı üyelik fonksiyonlarının birleşim işleminde (4.17) eşitliği kullanılabilir.

Örneğin, i nci hat için arıza akımı üyelik fonksiyonundan elde edilen üyelik değeri μ_{f_i} ve konum üyelik fonksiyonundan elde edilen üyelik değeri μ_{k_i} ise bu hat için bulanık karar μ_{D_i} üyelik değeri, (4.17) eşitliği kullanılarak

$$\mu_{D_i} = \mu_{f_i} + \mu_{k_i} - \mu_{f_i} \cdot \mu_{k_i} \quad (4.20)$$

olarak elde edilir. Arıza yeri ise ya en büyük bulanık karara sahip hat

$$D = \max(\mu_{k_i}) \quad i = 1, \dots, n \quad (4.21)$$

ya da belirlenmiş α -seviye kümesi

$$A_\alpha = \{i \in X \mid \mu_{D_i} > \alpha\} \quad (4.22)$$

ile elde edilmiş olan hatların sıralanması ile belirlenebilir. Burada n , hat sayısı ve X ise hatlar kümesidir.

5 ÖRNEK SİSTEM İNCELEMELERİ

Örnek sistem incelemeleri gerçekleştirilirken çalışmalar temel olarak üç kısımda ele alınmıştır.

İlk aşama olarak örnek sistem incelemelerinde kullanılacak simülasyon aracının belirlenmesi amacıyla gemi dağıtım sistemlerinin modellenmesinde kullanılan simülasyon araçları incelenmiş ve bir radyal sistem üzerinde bu simülasyon araçlarından yaygın kullanımı olan EMTP_ATP [33] ve Matlab_Simulink [34] programlarının karşılaştırmaları gerçekleştirilmiştir.

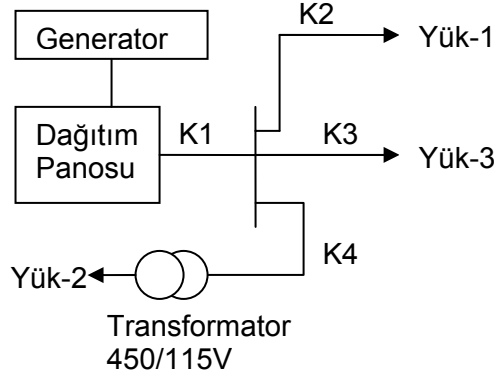
İkinci aşamada gemide kullanılan topraksız radyal dağıtım sistemlerin genel özellikleri ile dinamik yükler olan motorların arıza durumlarından nasıl etkilendiklerinin görülmesi açısından “küçük bir sistemin incelemesi” yapılmıştır.

Üçüncü aşamada ise gerçek bir harp gemisinin dağıtım sistemini temel alarak daha büyük bir simülasyon modeli oluşturulmuş, çalışmamızda bulanık karar verme yöntemini kullanarak arıza yeri belirlemek için amaçlanan yöntemin uygulamasını gerçekleştirmek üzere simülasyonlar yapılmıştır.

5.1 Simülasyon Programlarının İncelenmesi

Gemi elektrik dağıtım sistemlerinin modellenmesinde birçok bilgisayar simülasyon (benzetim) programı kullanılabilir. Bu programlara örnek olarak EMTP-ATP, PSpice[35], Saber[36], Matlab_Simulink ve ACSL[37] verilebilir. Bu programları genel olarak iki kategoriye ayırabiliriz [15]. İlk kategoride sistemin durum denklem kümesiyle tanımlandığı farz edilir. Durum denklemleri klasik programlama dilleriyle söz dizimleri kullanılarak programlanabilirler veya integratör, toplama, çarpma ve diğer işlemler yerine ikonlar kullanılarak grafiksel uygulamalar ile ifade edilebilirler. Durum denklemleri, sayısal yöntemler yardımıyla bilgisayar ortamında çözülebilirler. İlk önce sistemin diferansiyel denklemleri oluşturulduktan sonra sayısal yöntemler ile çözüm elde edilir. İkinci kategoride ise sistem kendi devre elemanları yardımıyla tanımlanır. Özellikle sistemin ağaç parametreleri ve devre yapısı giriş olarak girilir. Sistemin tümünün fark denklemlerini elde edilmesi amaçlanmıştır. Bu yaklaşımın önemli avantajı araştırmacıyı karmaşık devrelerin durum denkleminin çıkarma işleminden uzaklaştırmasıdır. [4]

Bu tez çalışmasında, bir harp gemisine ait güç sisteminin bilgisayar ortamında simülasyonu gerçekleştirilmeden önce EMTP-ATP ve Matlab_Simulink programları incelenmiştir. Bu iki programın çözüm hızlarının ve kullanım kolaylıklarının incelenmesinin ana sistem çalışmalarına başlamadan önce faydalı olacağı değerlendirilmiştir. EMTP-ATP ve Matlab-Simulink ile geminin küçük bir parçası modellenmeye çalışılmış ve elde edilen sonuçlar sunulmuştur.



Şekil 5.1: Örnek Sistem

Şekil 5.1’de gösterilen örnek sisteme ait veriler aşağıda verilmiştir;

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

Transformator: 5KVA,450/115V, Δ/Δ .

Yük-1 : 2 KW, $\cos\phi=1,0$, 450V , Δ bağlı

Yük-2 : 5KVA, $\cos\phi=0,8$, 115V Δ bağlı

Yük-3 : 2 KW, $\cos\phi=1,0$, 450V, Y bağlı

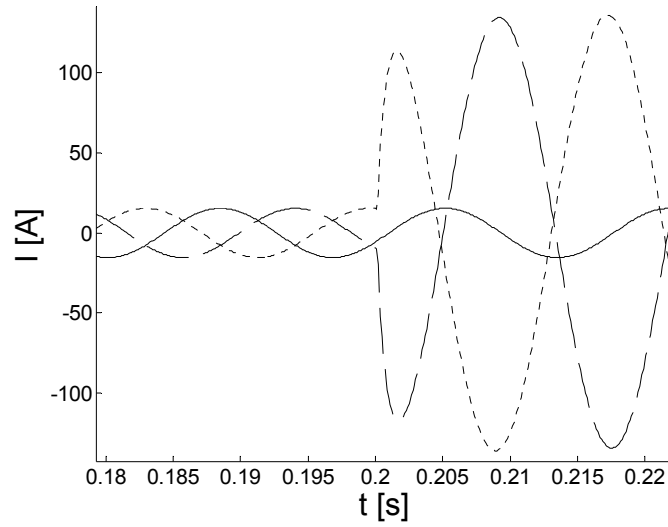
K1 (Kablo-1) : 3 faz, 350 MCM tipinde, uzunluk 12. 2m

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

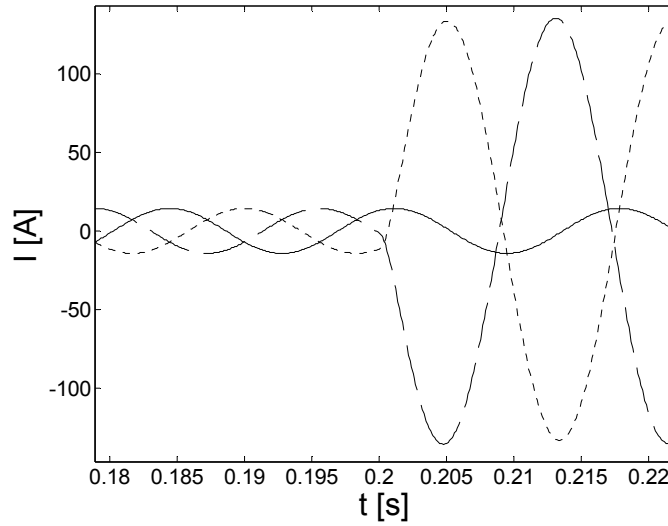
K3 (Kablo-3) : 3 faz, 6AWG,uzunluk 12.2m

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

Örnek sistem üzerinde gerçekleştirilen faz-faz arızası incelemelerinde her iki program ile elde edilen arıza akımı eğrileri Şekil 5.2 ve 5.3’ de verilmiştir. Göz önüne alınan faz-faz arızası için simülasyon 0–0,5 saniye arasında gerçekleşmiştir. Arızanın yeri K1 kablusunun ortası olarak alınmış ve 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.



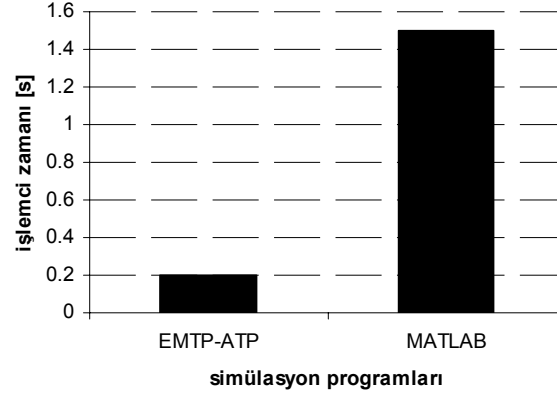
Şekil 5.2: Faz-Faz Arızası İçin EMTP-ATP'den Elde Edilen Arıza Akımı Değişimi



Şekil 5.3: Faz-Faz Arızasında Matlab-Simulink' den Okunan Arıza Akımı Değişimi

Şekil 5.2 ve 5.3' 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 5.4 de 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 yüklemeden sonra ortalama olarak 1,5 s civarındadır. EMTP-ATP'nin daha hızlı çözüme ulaşması ve kayıt olma şartı ile

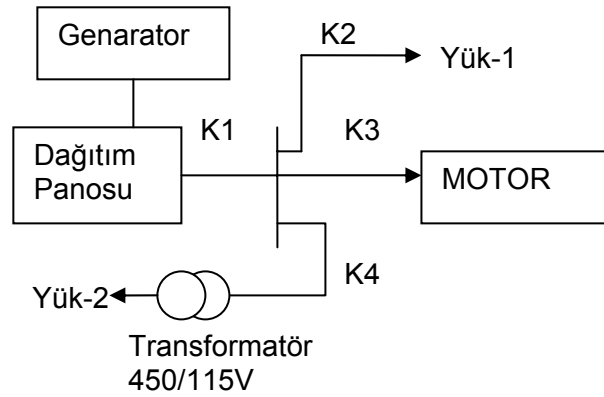
serbest kullanım olanağı avantajları olarak görülmektedir. Matlab-Simulink' in ise daha uzun çözüm süresine ihtiyaç duymasına karşın, kolay kullanım ara yüzü ve kolay fonksiyon eklenebilme özelliği avantajlarıdır [25].



Şekil 5.4: Simülasyon Programlarının Koşma Süresi

5.2 Dinamik Yük Durumunun İncelenmesi

Gemi elektrik dağıtım sistemlerinde kullanılan bir radyal sistem örneği Matlab-Simulink programı kullanılarak incelenmiş ve gemilerdeki topraksız sistemlerin faydaları, çeşitli arızaların dinamik yükler olan motorlara etkileri görülmeye çalışılmıştır [3,4].



Şekil 5.5: Küçük Model

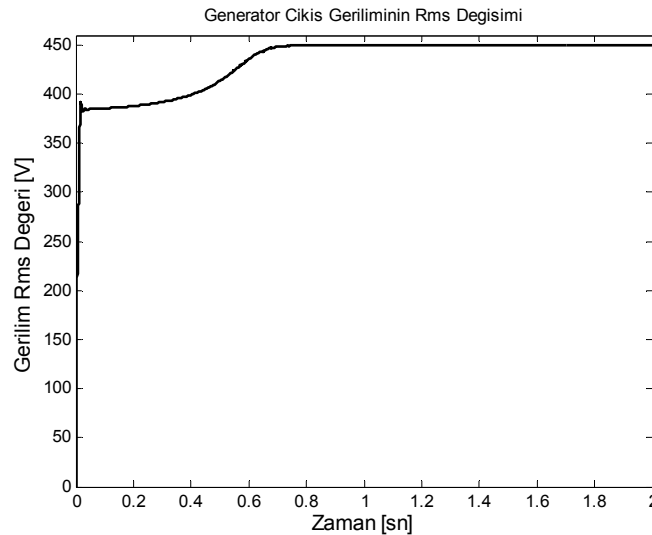
Şekil 5.5’de gösterilen örnek sisteme ilişkin veriler aşağıda sunulmuştur [3,4],

- Generatör; 12 KVA, 450V faz-faz gerilimi olan,60Hz frekansındadır.
- Transformatör; 5 KVA, 450/115V faz-faz; üçgen-üçgen bağlı

- Yük–1;2 KW, güç faktr=1; 450V faz-faz gerilimi olan dengeli üçgen bağlı yüktür.
- Yük–2; 5 KVA; g faktr=0.8,115V faz-faz gerilimi olan dengeli üçgen bağlı yüktür.
- Motor; 5.63HP,450V faz-faz, 3600 rpm senkron hzındadır.
- Kablo–1 (K1); 3 fazlı;12.2 m uzunluğunda, 350MCM
- Kablo–2 (K2); 3 fazlı 20m uzunlukta,6 AWG
- Kablo–3 (K3); 3 fazlı 12.2m uzunlukta, AWG
- Kablo–4 (K4); 3 fazlı 12 m uzunlukta, 6 AWG

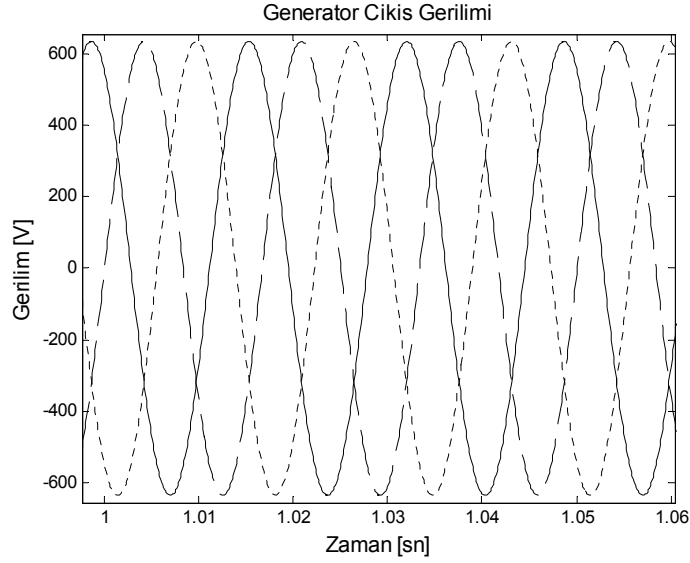
Bu modelin incelemesi Matlab-Simulink programı ile gerçeklenmiştir. Simülasyon sonuçları elde edilirken değişken adım aralığı kullanılmış ve simülasyonlar 0 sn ile 25 sn arasında gerçekleştirilmiştir. Simülasyonlarda arızalar, 1sn ve 1.5 sn arasında Kablo-1'in ortasında oluşturulmuştur.

Simülasyonlar 0sn'de başlatılmış, sistemin enerjilendirilmesi ile meydana gelen devreye alma geçici olayları söndükten ve generatör gerilim değeri 450V faz arası efektif (rms) değerine ulaştıktan sonra arıza incelemeleri, arıza oluş anı olarak 1sn seçilerek gerçeklenmiştir. Toplam simülasyon süresi 2sn alınmıştır. Generatör çıkışındaki faz arası gerilimlerin rms değerlerine ait grafik şekil 5.6'de verilmiştir. Bu şekilden motorun devreye alma akımı yüzünden oluşan gerilimdeki düşme görülebilir. Sürekli alışma durumunda gerilimin, 450 V faz arası efektif değerine ulaştığı da şekil 5.6'dan görülebilir.



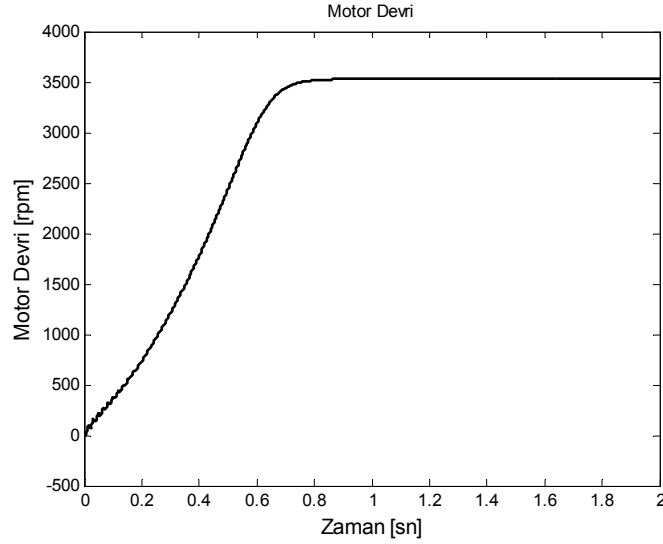
şekil 5.6: Generatör ıkış Gerilimi Rms Değer Grafiği

Generatör uç geriliminin değişimi, Şekil 5.7’ de verilir. Grafikteki gerilimler faz arası değerlerdir (Gerilimin maksimum değeri; $V_{max} = 450 * \sqrt{2} \cong 636$ V).



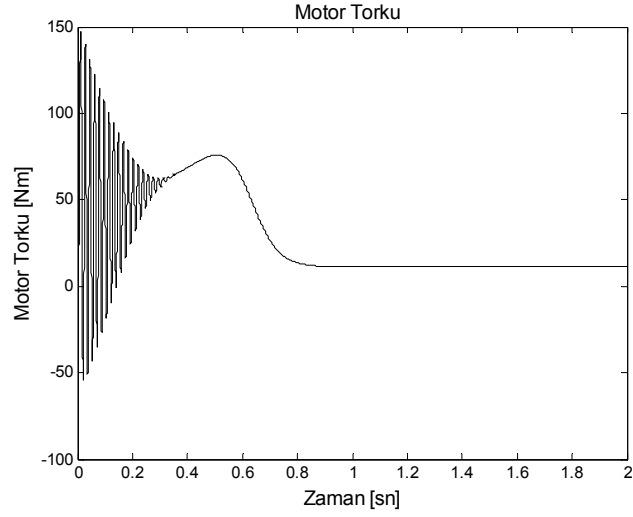
Şekil 5.7: Generatör Uç Geriliminin Değişimi

Sistem normal çalışma durumu için motor hızını gösteren grafik Şekil 5.8’de verilir. Simülasyon sonucu elde edilen değer 3600 rpm’dir. Sistem bilgilerimizdeki senkron hızı değeri simülasyon sonucunda da doğru olarak elde edilmiştir



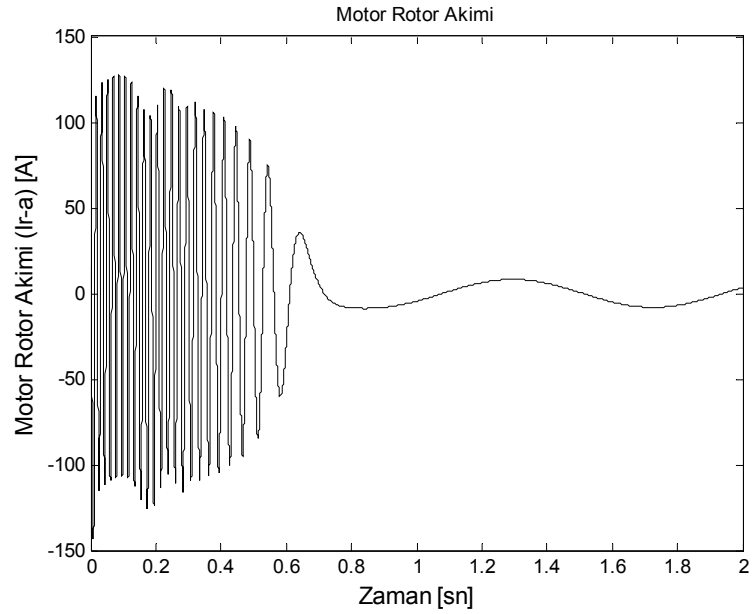
Şekil 5.8: Motor Senkron Hızı

Sistemimizdeki motorun moment grafiği de Şekil 5.9’da gösterilmiştir ve moment değeri, 11.17Nm dir.

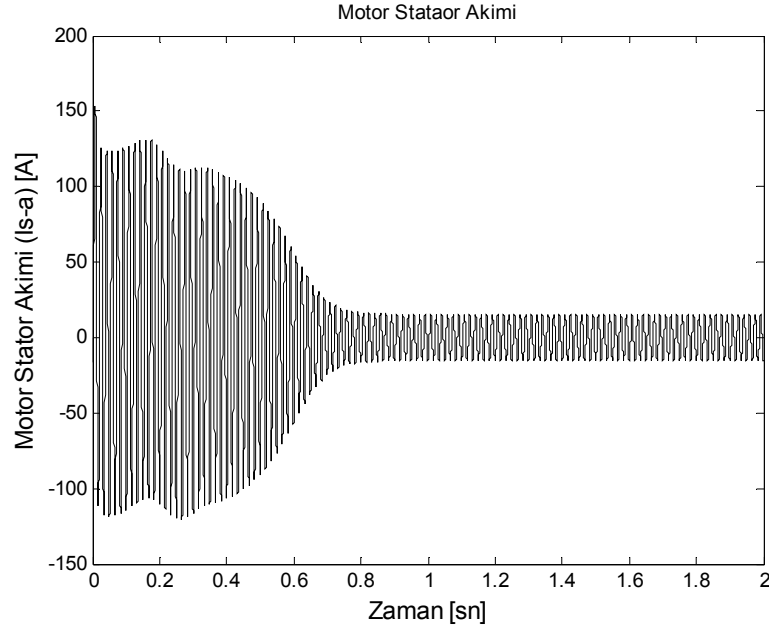


Şekil 5.9: Motor Moment Grafiği

Motorun rotor ve stator akımlarına ilişkin değişimler, sırasıyla Şekil 5.10 ve Şekil 5.11’de verilmiştir. Bu şekillerden motorun ilk çalışma anında çok akım çektiği fakat normal çalışma değerlerine ulaştıktan sonra bu akımın azaldığı görülebilir.



Şekil 5.10: Motor Rotor Akımı Grafiği



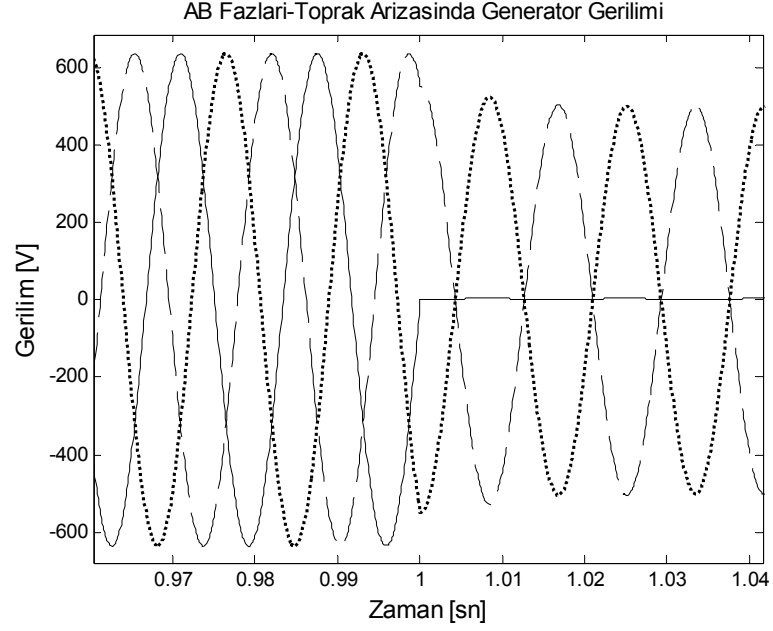
Şekil 5.11: Motor Stator Akımı Grafiği

Sistemimize çeşitli arıza durumlarının etkisini görmek için fazlar ve gemi gövdesi arasında oluşturulan arızalar, gemi gövdesinin deniz suyu ile teması, tuzlu suyun çok iyi bir iletken ve ayrıca toprakla bağlantısı olduğu ön görülerek gemi gövdesinin toprakla aynı potansiyelde olacağı varsayımı ile faz toprak arızasıymış gibi ele alınmıştır.

Sistemimizde arıza durumu oluşturduğunda üçgen bağlı generatörün bir avantaj olarak bir faz ile gemi gövdesi arasında oluşan bir arızadan etkilenmediğini görmekteyiz. Bir faz ve gemi gövdesi arızasında generatör gerilimi değişmemekte ve arızadan pasif yükler ve motor hiç etkilenmemektedir. Sistemin topraksız olması da arıza anında bile kritik yüklere güç sağlamamıza olanak verir, sistemin arıza nedeniyle komple izole edilmesinin de önüne geçilmiş olur. Sistemimizde değişikliklere karşı en hassas olan yük motordur. Bir faz gövde arızasında hassas yükümüz olan motora ait grafikler bile sistemin normal çalışma durumundaki grafiklerle aynı kalmaktadır. Fakat arızanın başlama ve bitiş anlarında küçük ve anlık geçici rejimler gözlemlenmektedir.

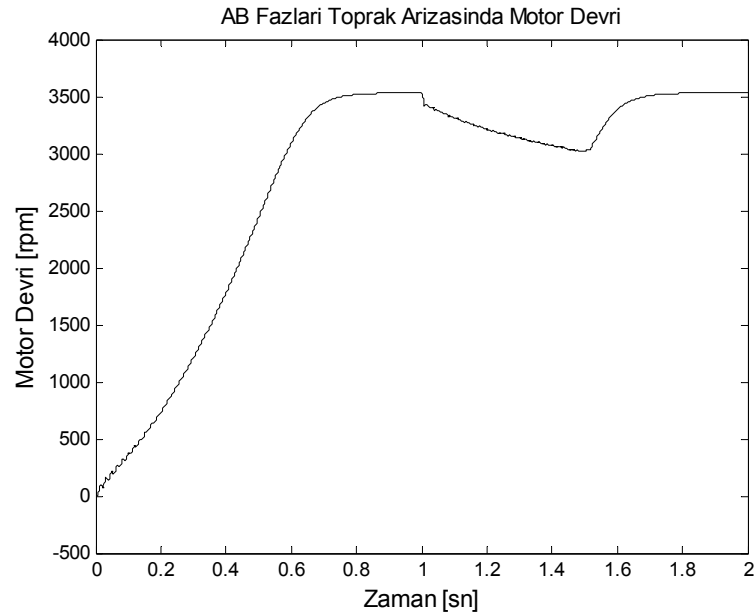
İki faz gövde arızasında ise durum değişmektedir. İki faz gövde arızası daha ciddi bir arıza durumunu karşımıza çıkarmaktadır. İki faz gövde arızasını incelemek için arıza; A ve B fazları arasında oluşturulmuştur. Şekil 5.12'den iki faz gövde arızası durumunda, generatör çıkışındaki gerilimdeki değişim görülebilir. AB faz-faz gerilimi; AB fazları ve gemi gövdesi (toprak) arasındaki arıza nedeniyle sıfır değerindedir. A

ve B fazlarının gerilimleri arıza sonucu sıfıra düştüğü için C ile A ve C ile B faz arası gerilim değerlerinde de gerilim düşümü gözlemlenmektedir. Sistemin arıza öncesi ve arıza süresindeki generatör gerilim değerleri oldukça farklıdır.



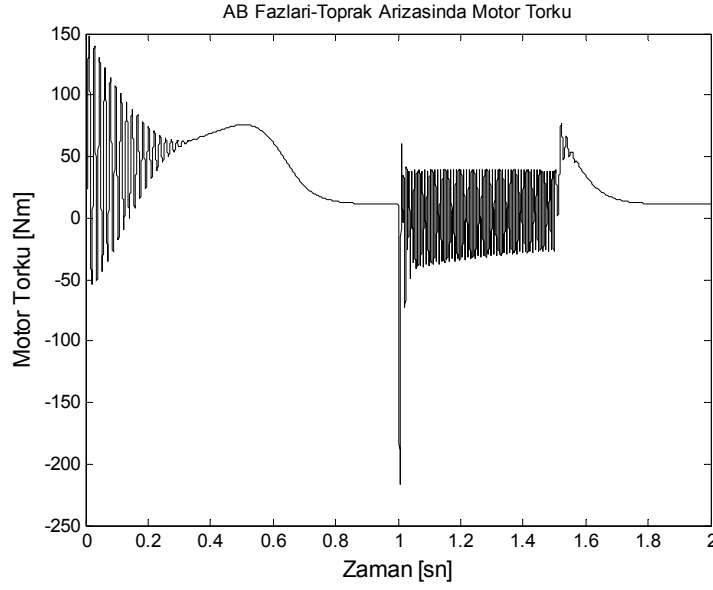
Şekil 5.12: İki Faz Gövde Arızasında Generatör Çıkış Gerilimi

İki faz gövde arasında bir arıza durumunda motorun senkron hızını veren grafik Şekil 5.13’da incelendiğinde motorun hızında bir azalma ve düşüş gözlemlenmiştir.



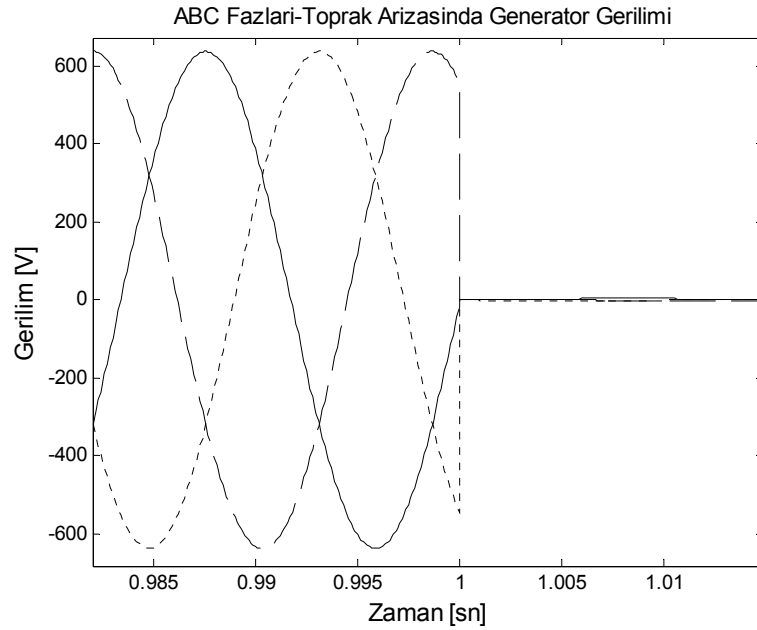
Şekil 5.13: İki Faz-Gövde Arızasında Motor Hız Grafiği

İki faz gövde arızasında motor moment grafiği Şekil 5.14 incelendiğinde momentin arıza süresinde salınım yaptığını görmekteyiz.



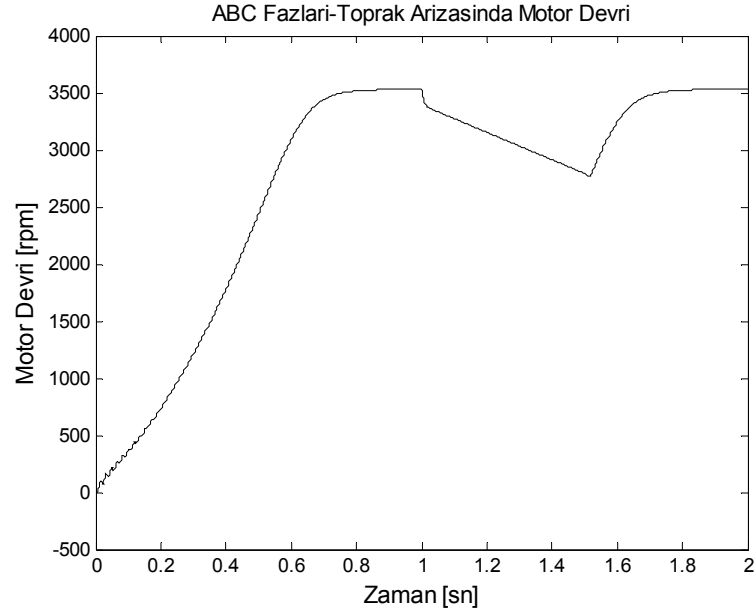
Şekil 5.14: İki faz-Gövde Arızasında Motor Moment Grafiği

Üç faz gövde arasındaki bir arızada generatör çıkışındaki faz arası gerilimlere ait grafikler Şekil 5.15'dedir. Bu grafikte de görüldüğü gibi üç faz arızasında generatör gerilimi sıfıra düşmektedir. Generatör çıkışında Kablo-1'in ortasında oluşan bir arıza neticesi generatör gerilim üretememektedir, sistem enerjisiz kalmıştır.



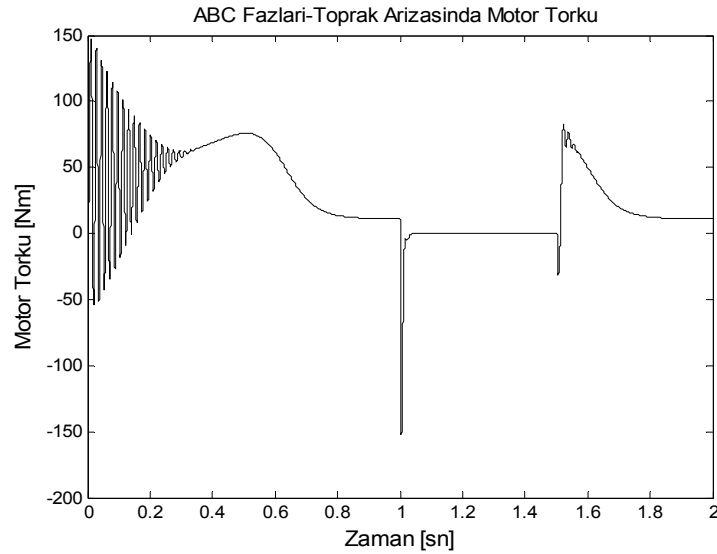
Şekil 5.15: Üç Faz Gövde Arızasında Generator Çıkış Gerilim Grafiği

Bu durumda da motor devri düşmektedir. Motor enerjisiz kalmıştır ve durmaktadır. Üç faz gövde arızasında motor devir grafiği Şekil 5.16'da sunulmuştur.



Şekil 5.16: Üç Faz Gövde Arızasında Motor Devir Grafiği

Motorun moment durumu incelendiğinde Şekil 5.17'de de görüldüğü gibi motor momentinde arıza anında bir tepki olarak negatif yönde bir ani hareket gözlenmekte olup daha sonra motor momenti sıfır değerine ulaşmıştır. Üç faz gövde arızası süresince de bu değerde kalmıştır. Arızanın giderildiği anda tekrar devreye giren motor, daha sonra tekrar asıl moment değerine ulaşabilmiştir.



Şekil 5.17: Üç Faz Toprak Arızasında Motor Moment Grafiği

5.3 Harp Gemisi Elektrik Dağıtım Sisteminde Bulanık Karar Verme İle Arıza Yerin Bulunması Yönteminin Uygulaması

5.3.1 Arıza Yeri İncelemeleri İçin Ele Alınan Örnek Sistem

Harp gemisi elektrik dağıtım sisteminde bulanık karar verme ile arıza yerini belirlemeyi amaçlayan bu çalışmada, bir savaş gemisinin elektrik sistemi ele alınarak örnek sistem oluşturulmuştur. Gemideki elektrik dağıtım sistemi 440V 60Hz; 115V 60 Hz, 440 V 400Hz, 115V 400Hz ve 24V DA olmak üzere çeşitli gerilim ve frekanslarda görev yapmaktadır. Gemideki generatörler (yardımcı makina olarak da adlandırılırlar) 450 V 60 Hz değerinde güç üretirler. Gemide kullanılan değişik frekans değerleri ve gerilim seviyelerine geçiş transformatörler ve frekans çeviriciler ile sağlanmaktadır. Ele alınan harp gemisindeki atış kontrol (A/K) ve silah sistemlerinin bazı kısımları 400Hz'de çalışmaktadır. Örnek sistem için incelediğimiz harp gemisindeki elektrik dağıtım sistemi “nötrü topraksız radyal dağıtım sistemi” olarak karşımıza çıkmıştır. Gemimizde güç sağlayan üniteler olarak üç adet aynı tip generatör (yardımcı makina) görev yapmaktadır. Bu generatörlere ait veriler Tablo 5.1’ de açıklanmıştır [38,39].

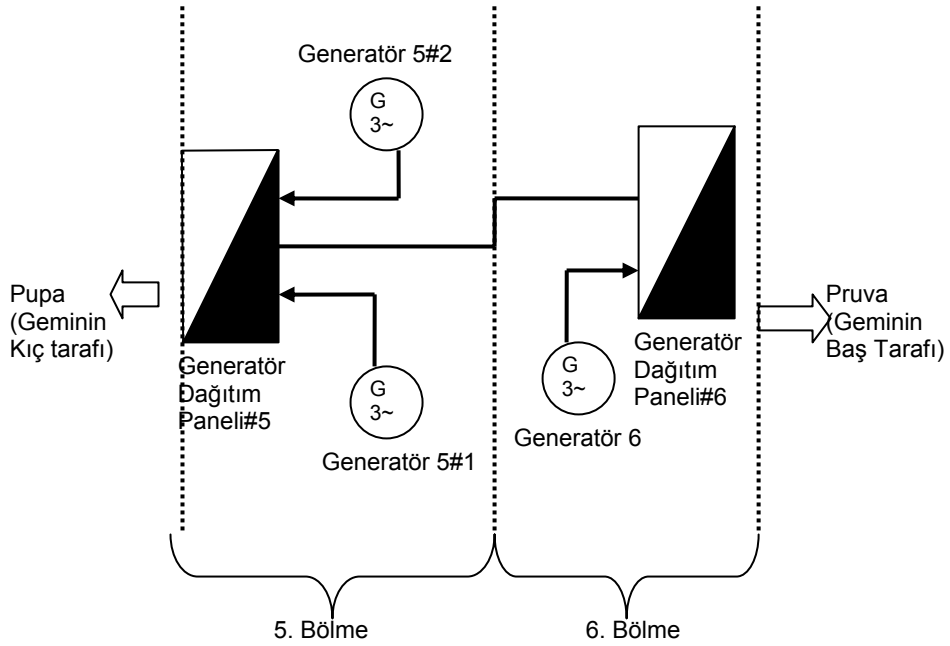
Tablo 5.1: Gemideki Generatörlere Ait Değerler

Gerilim Seviyesi (V)	Bağlanış Şekli	Hz	A	KVA	$\cos\phi$	devir/dakika
450 (3 faz)	Y	60	280	220	0.8	1800

Bu çalışmada farklı frekans ve gerilim seviyelerinde olan geminin tüm elektrik sistemini ele almak yerine 440V 60Hz’lik ana dağıtım sistemimizin bir modelini oluşturmayı ve bu modellemiş olduğumuz gemi güç dağıtım sisteminin üzerinde arıza incelemeleri yapmayı amaçladık. Harp gemisine ait indirgenmiş sistemin modelinde arıza incelemeleri Matlab-Simulink programı yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Matlab-Simulink programının simülasyon aracı olarak seçilmesinin temel sebebi programın esnekliği ve en önemlisi de program ara yüzünün kullanıcı dostu olarak karşımıza çıkmış olmasıdır [25].

Gemide bulunan üç adet generatörün ve bağlı oldukları dağıtım panolarının gemide bulundukları bölme ve bağlanış biçimlerinin gösterimi Şekil 5.18’ de sunulmuştur. Bu şekilden de görüldüğü gibi 5 numaralı bölmede iki adet generatör, 6 numaralı

bölmede ise üçüncü bir generatör yer almaktadır. Dağıtım panelleri de bulundukları bölmedeki generatörlerden beslenmektedirler. 5. bölmede yer alan 5 numaralı “generatör dağıtım panosu” ile 6. bölmede yer alan 6 numaralı “generatör dağıtım panosunun” birbirlerine bağlanmış oldukları Şekil 5.18’den görülebilir. Dağıtım panolarının birbirlerine bağlanmış olmasındaki amaç; generatörden birinde herhangi bir problem nedeniyle güç üretiminde sorunla karşılaşıldığı zaman, acil durum için hazır tutulan generatörün sorunlu generatör yerine devreye sokulabilmesidir. Dağıtım panoların birbirlerine bir hat ile bağlanmış olması, gemimizdeki üç generatörden herhangi birinin gemide mevcut iki adet “generatör dağıtım panosundan” birine bağlanabilme esnekliğini de kazandırmaktadır.



Şekil 5.18: Gemideki Generatörler ve Dağıtım Panoları

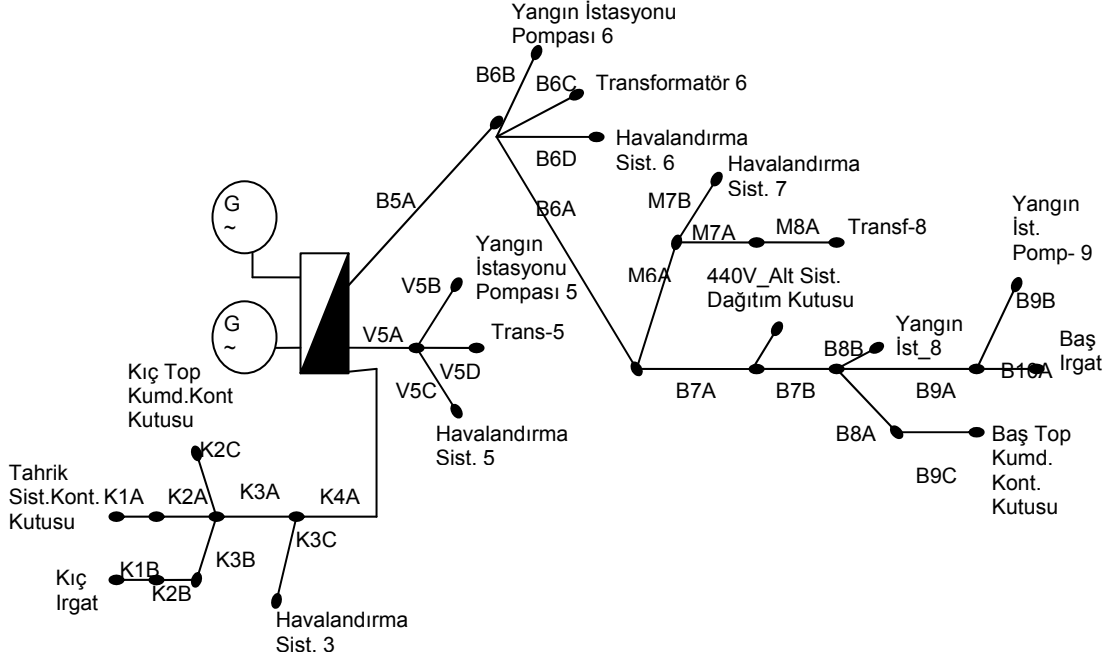
Gemimizde normal durumda iki generatör aynı anda devrede kalarak paralel olarak görev yapmakta ve üçüncü generatör acil durumlar için rezerv olarak saklanmaktadır.

Gemimizin elektrik sisteminde kritik kapsamdaki yaşamsal yükler alternatif ve normal olarak adlandırdığımız çift kaynaktan beslenmektedirler. Burada çift kaynak olarak adlandırdığımız durum, farklı dağıtım panolarından gelen hatlar üzerinden beslenmeleridir. Radyal dağıtım sisteminin temel özelliğini örnek sistem incelemeleri için ele aldığımız gemide de gözlemlemekteyiz. Bu özellik; yaşamsal bir yükün gemideki iki generatör dağıtım panosundan (5. ve 6. dağıtım panoları) çıkan ayrı

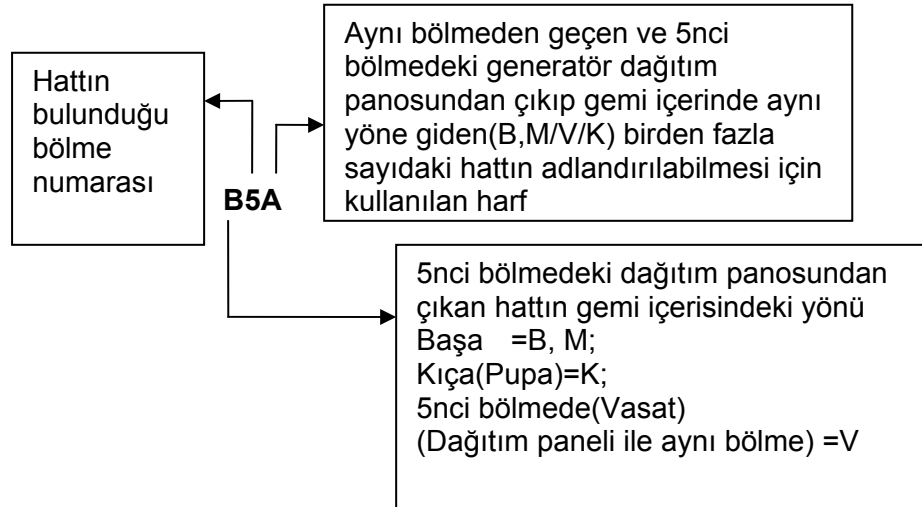
hatlar ile beslenmesidir. O an devrede olan ve gemiyi besleyen dağıtım panosundan çıkan hatlar, yaşamsal yük için normal kaynağı oluşturur; bunun yanında rezerv ve yedek ünite olarak saklanan dağıtım panosundan çıkan hatlar ise yaşamsal yük için alternatif kaynağı oluştururlar. Gemimizde 5 no.lu ve 6 no.lu generatör dağıtım panolarından çıkan iki ayrı hattın aynı yaşamsal yük için gemi içerisinde dolaştığını gözlemlemekteyiz. Tüm radyal sistemlerde oluşan gemi bünyesindeki fazla sayıda kablo dolaşımı da bu gemide de gözümüze çarpmaktadır. Bu durumu harp gemilerindeki elektrik dağıtım sistemlerindeki çeşitliliğe değinildiğinde, radyal ve bölgesel dağıtım açıklanırken Şekil 2.5’de de gösterilmeye çalışılmıştır.

Yaptığımız çalışmada arıza yerini belirlemek amaçlanmıştır. Arıza yerini belirledikten sonra yapılacak bir işlem olan sistemdeki restorasyon ve yeniden yapılandırma çalışmaları için farklı dağıtım panoları/farklı kaynaklardan bir yaşamsal yükün beslenmesini modellemek, yüke gelen hatları normal-alternatif olarak sınıflandırmak, en önemlisi de geminin elektrik dağıtım sisteminin bilgisayar ortamında modeli oluşturulurken normal-alternatif tüm hatların bir arada modellenmesi önem kazanmaktadır. Yeniden yapılandırma veya restorasyon olarak adlandırılan bu işlemde arıza nedeniyle izole edilmiş bölgede kalan fakat faal olan yükleri beslemek için çeşitli anahtarlamalar ile normal ve alternatif hatlar arasında geçişler yapmak gerekir. Ayrıca yeniden yapılandırma, sistem çalışma sınırları ihlal edilmeyecek şekilde yapılmalıdır.

Bu çalışmada, arıza anından önce yaşamsal bir yük için normal olarak sınıflandırılan hatlarla çalışan (sadece normal kaynaktan besleme durumu) bir gemi elektrik dağıtım sisteminde herhangi bir sebeple oluşan arızanın yerini belirlemek amaçlanmıştır. Bu nedenle çalışmamız için örnek olarak ele aldığımız harp gemisinin elektrik dağıtım sistemi, bilgisayar ortamında modeli oluşturulurken çalışmamızın amacı doğrultusunda indirgenmiştir. İndirgeme sonucu elde edilen sistem, beşinci bölmede bulunan “generatör dağıtım panosu” ve devrede olan iki adet generatör ile bu dağıtım panosundan çıkan hatların oluşturduğu radyal dağıtım sistemini içermektedir. Gemi elektrik sisteminin simülasyon modeli, Şekil 5.19’de verilir. Bu şekilden de görüldüğü gibi yüklere giden hatlar isimlendirilirken iki harf bir rakam kullanılmıştır (örneğin B5A). Hatların isimlendirilmesinde kullanılan iki harften ilki generatör dağıtım panosundan çıkan ana hattın gittiği yönü göstermektedir. Hattı isimlendirmede kullanılan rakam ise hattın bulunduğu bölmeyi ifade eder. İsimlendirmede üçüncü sırada yer alan ve hattı isimlendirirken kullanılan ikinci harf ise hattın bulunduğu bölmeden birden fazla hat geçtiğinde bu çeşitliliği ifade etmektedir. Bu durum Şekil 5.20’de daha iyi açıklanmaya çalışılmıştır.



Şekil 5.19: Örnek Geminin Radyal Dağıtım Sisteminin İndirgenmiş Şekli

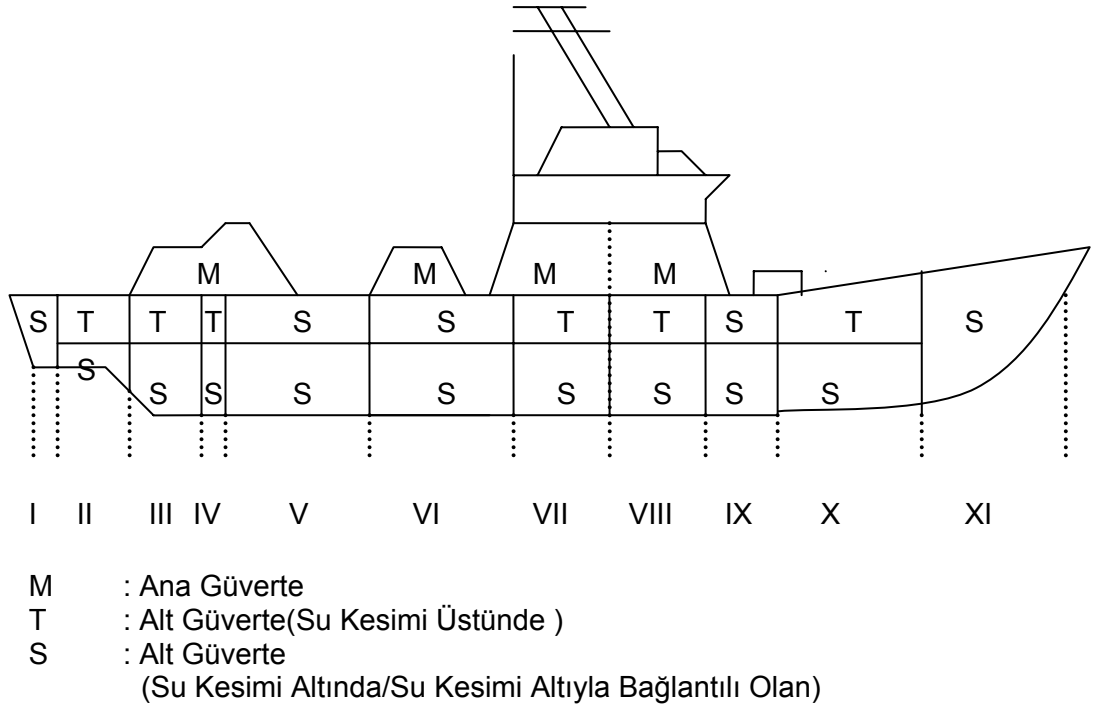


Şekil 5.20: Simülasyon Modelinde Hatları İsimlendirme Metodu

Örnek simülasyon modelinde bulunan hatlara ait değerleri; hat isimleri, hat tipleri, bulundukları bölme, uzunlukları gibi özellikleri toplu olarak içeren bir tablo Ek A' da sunulmuştur.

Model olarak seçtiğimiz harp gemisinin bölme olarak nitelendirdiğimiz birbirlerinden su geçirmez bir şekilde ayrı tutulmuş bölümleri ile güverte olarak adlandırılan gemi boyunca denize paralel olarak uzanan platformlar olarak açıklayabileceğimiz

gemideki dikey olarak farklı seviyelerinin gösterimi Şekil 5.21’de yapılmıştır. Burada Roma rakamları bölmeleri ve Şekil 5.21’de de açıklandığı gibi harfler ise güverte isimlerini ifade etmektedir. Gemideki mevcut yüklerden simülasyonları gerçekleştirmek için bilgisayar ortamında oluşturacağımız model için ele aldığımız yüklerin bulundukları bölme ve güverte isimleri Ek B’ deki tabloda sunulmuştur. Tüm bu yüklerle ait değerler ise Ek C’ de gösterilmektedir. Burada incelediğimiz harp gemisinin elektrik dağıtım sisteminden simülasyon modelini oluştururken göz önüne alınan yüklerin bulunduğu güverteler Şekil 5.21’de gösterilmiştir.



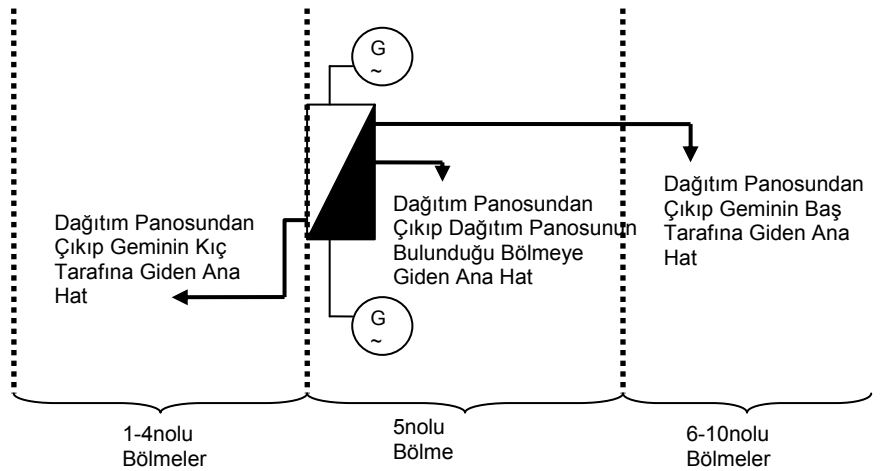
Şekil 5.21: Model Gemimize Ait Bölme ve Güverteleri Gösteren Temsili Şekil

İndirgenmiş elektrik dağıtım sistemi, geminin görev durumu “seyir durumu” olarak belirlenerek oluşturulmuştur. Özellikle atış kontrol ve silah sistem/sensörlerinin kullandığı, 440V 400 Hz, 115V 400Hz veya 115 V 60Hz ile çalışan kısımlar indirgenmiş modele dahil edilmemiştir. Bunun bir nedeni, çalışma amacı olan arıza yeri incelemeleri için atış kontrol, silah sistem/sensörlerinin tam olarak arıza anındaki davranışlarına ilişkin gözlemlerin olmamasıdır. Diğer neden ise, 115V 400Hz, 440 V 400Hz, 115 V 60Hz ile çalışan kısımlara ait verilerin yetersiz olması yüzünden bu sistemleri modellenememesidir. Simülasyon modelindeki yüklerle ilişkin anahtar konumlarını gösteren tablo Ek D’ de sunulmuştur.

5.3.2 Örnek Sistemin Simülasyonu

Örnek alınan harp gemisinin Şekil 5.19’da gösterilen indirgenmiş güç dağıtım sisteminin Matlab-Simulink programı kullanılarak bilgisayar ortamında oluşturulan modelinde çeşitli incelemeler gerçekleştirilmiştir. Bu incelemelerde örnek gemi elektrik dağıtım sistemi hatlarında arızalar oluşturularak, analiz sonuçları kaydedilmiştir. Bu simülasyonlar, bulanık karar verme temelli arıza yeri belirleme yönteminde üyelik fonksiyonların oluşturulmasında kullanılacak olan operatör (sistem sorumlusu) deneyimini simülasyonlar vasıtasıyla sağlamak için gerçekleştirilmiştir. Arıza analizlerinin gerçekleştirildiği senaryolar için, arızalı hatlar ve hat üzerindeki arıza noktaları rasgele olarak üretilmiştir. Bu rasgele olarak oluşturulmuş arıza senaryoları ile elde edilen sonuçlar, üyelik fonksiyonların belirlenmesinde kullanılmıştır.

Şekil 5.19’da gösterilen örnek harp gemisinin radyal elektrik dağıtım sistemi, temel olarak üç ayrı ana besleyici hat/kol çıkışına sahiptir. Bu ana hatlardan bir kol geminin baş tarafına uzanmakta, bir diğer ana hat/kol simülasyon modelimiz için ele aldığımız generatör ve generatör dağıtım panosunun bulunduğu 5nolu bölmede bulunan hatları, başka bir tabirle de dağıtım panosu ile aynı bölmede bulunan hatları beslemektedir. Son ana hat/kol grubu ise 5nolu bölmeden daha düşük bölme numaralı veya farklı bir ifade ile ele aldığımız generatör ve generatör dağıtım panosunun bulunduğu bölmeden çıkan ve geminin kış tarafında yer alan hatları besleyen ana hattır. Açıklanan bu üç ana hat/kol grubunu Şekil 5.22’de daha net görebiliriz. Simülasyonlarda, dağıtım panosunun içi ölçüm noktası olarak alınarak, ana besleyici kolların her fazı için ölçüm sonuçları (akım ve gerilim değerleri) kaydedilmiştir.



Şekil 5.22: Generatör Dağıtım Panosunda Çıkan Ana Hatlar

5.3.2.1 Simülasyon Parametreleri

Matlab_Simulink programı ile gerçekleştirilen örnek sistemi incelemelerinde simülasyon başlangıç zamanından 15 periyotluk bir süre sonra arıza yaratılmıştır. Bu süre sistemdeki akım gerilimlerin sürekli-hal çalışma değerlerine oturmaları için yeterli bir süre olarak kabul edilmiştir. Arıza başlangıç anından sonraki 2 ve 3ncü periyot süresince hesaplanan arıza akımının efektif (RMS) değerleri arıza yeri belirleme yönteminde kullanılmıştır.

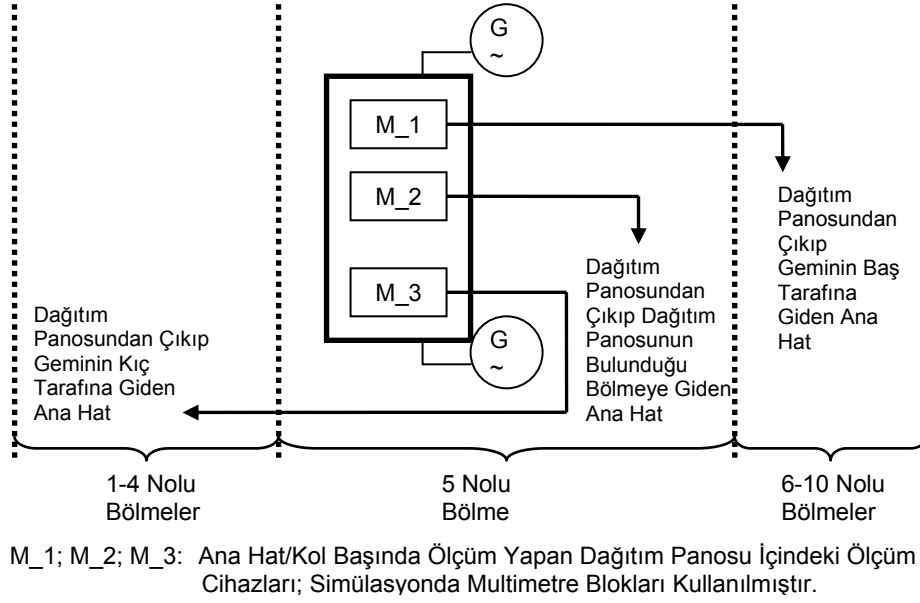
Simülasyon parametrelerinden biri olan adım aralığı 0,0001sn olarak belirlenmiştir. Tablo 5.2’de simülasyonda kullanılan adım boyu ve diğer parametreler toplu olarak sunulmuştur.

Tablo 5.2: Simülasyondaki Adım Boyu/Sayısı

Simülasyon Süresi	0 sn-0,7sn
Adım Boyu	0,0001sn
Sistemin Çalışma Frekansı (f)	60 Hz
Periyot (T); $T = (1/f)$	$\frac{1}{60} \cong 0,016666$ sn
Periyottaki Adım Sayısı; Adım Sayısı=(T/Adım Boyu)	$\frac{1/60}{0,0001} \cong 167$

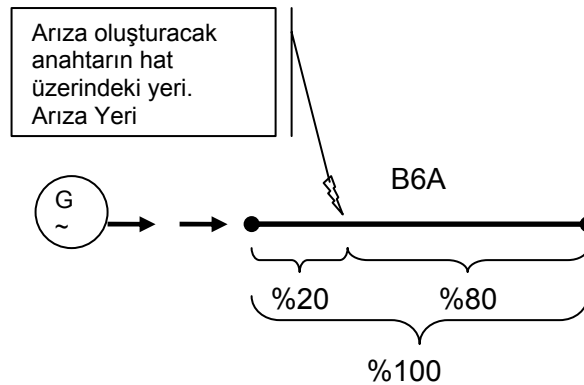
5.3.2.2 Örnek Sistemde Arıza İncelemeleri

Arızalara ilişkin akım bilgileri dağıtım panosunun içinde üç ana hattın/kolun başlangıcında multimetre blokları kullanarak ölçülmüştür. Şekil 5.23’ de görüldüğü üzere M_1 olarak adlandırılan ölçüm cihazı baş tarafa giden ana hatta ait bilgileri, M_2 adlı ölçüm cihazı beş numaralı bölmede (generatör dağıtım panosu ile aynı bölmede) yani makine dairesinde dolaşan ana hatta ait bilgileri ölçerken, M_3 ise geminin kıç tarafındaki 1–4 numaralı bölmelere giden ana hatta ait bilgileri ölçmektedir.



Şekil 5.23: Simülasyon Modelinde Ölçüm Cihazlarının Yerleri

Gemide arıza incelemelerinde, arızalı hat üzerindeki arıza noktası, arızalı hat parçasının uzunluğunun yüzdesi (%) olarak göz önüne alınmıştır. Arıza yerinin hat üzerindeki oransal ifadesinin gösterimi Şekil 5.24’de bir örnek üzerinde açıklanmıştır. Bu şekilde, kodu B6A olan arızalı hatta arıza noktası; generatör tarafına göre (ana besleme panosundan) hattın %20’lik kısmındadır. Bu çalışmada hatlarda arıza yerini ifade etmek için kullanılacak tüm oransal ifadeler; arıza yerinin hattı iki parçaya böldüğü düşünüldüğünde generatöre yakın olan parçanın hattın bütününe göre oransal ifadesi olarak karşımıza çıkacaktır.

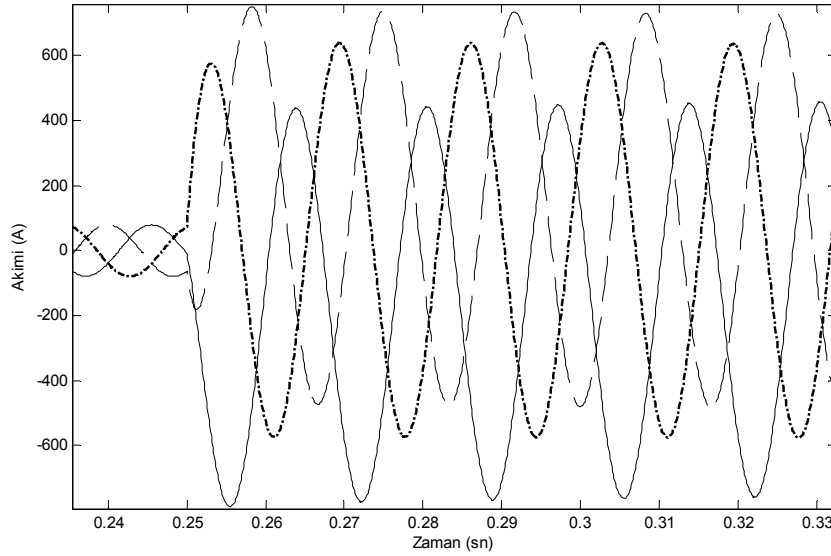


Şekil 5.24: Arıza Yerinin Hat Üzerindeki Oransal İfadesi

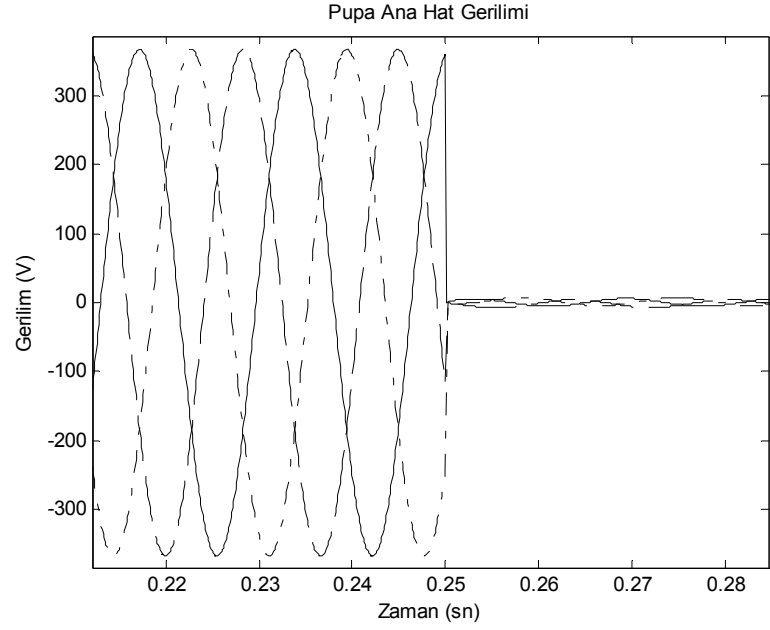
5.3.2.3 Arıza Tiplerine Göre Elde Edilen Ölçüm Sonuçları

Simülasyonlar amaçlanan arıza yeri bulma yöntemi üzerinde etkilerini görmek amacı ile çeşitli arıza tipleri ve farklı arıza durumları için tekrarlanmıştır. Göz önüne alınan arıza tipleri, üç faz gemi gövdesi (toprak) arızası; üç faz arızası; iki faz arası arızası; bir faz-nötr arızasıdır. Arızalar K2A olarak adlandırılan hat parçası üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu hat (K2A) gemini arka kısmına (kıç tarafına) giden ana hat/kol üzerinde yer alan bir hat olduğu için arızanın sistemimize etkisini görmek üzere bu ana hat/kolun başındaki ölçüm cihazı olan “M_3” deki (Şekil 5.23) veriler kullanılmıştır.

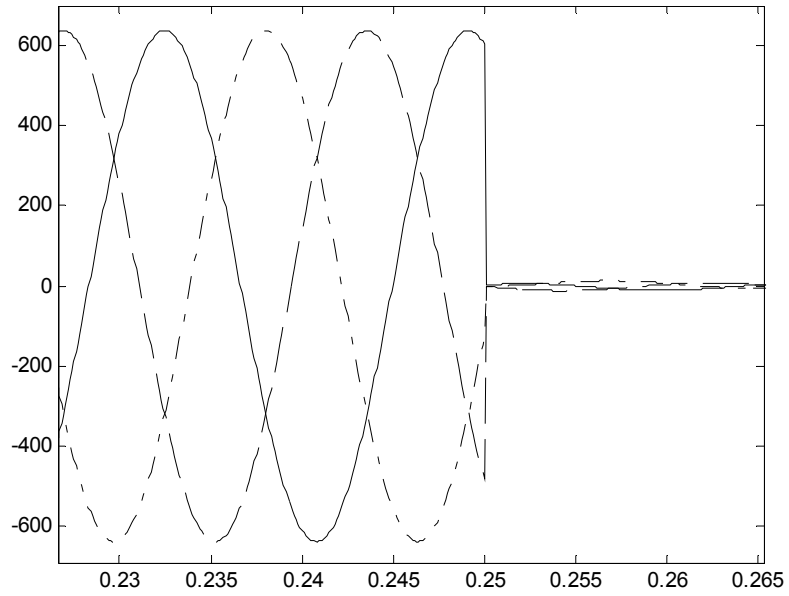
İncelemelerde üç faz ve gemi gövdesi arasında oluşturulmuş bir arıza durumunda elde edilen gerilim ve akım değerleri Şekil 5.25-26’de verilmiştir. Bu şekillerden arıza anında üç faza ait akımlardaki artış ve arıza nedeniyle gerilimdeki büyük düşme görülebilir. Üç faz arasındaki arıza için elde edilen sonuçlar, üç faz ile gemi gövdesi arızasındaki arıza için elde edilen sonuçlar ile aynıdır.



Şekil 5.25: Üç Faz Gemi Gövdesi Arızasında Üç Faza Ait Akım

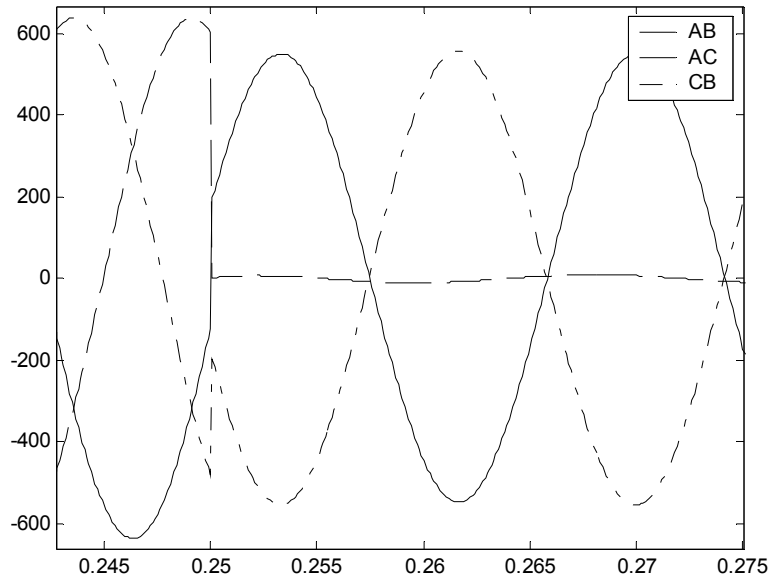


Şekil 5.26: Üç Faz Gemi Gövdesi Arızasında Üç Faza Ait Faz Toprak Gerilimleri

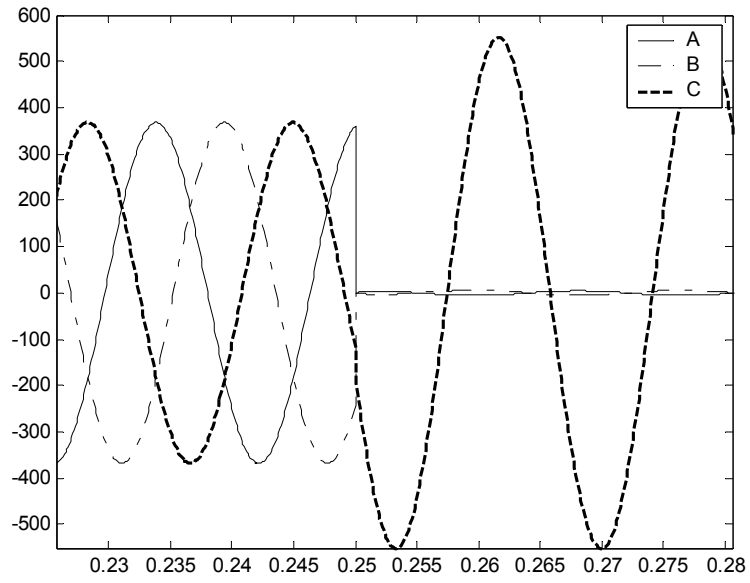


Şekil 5.27: Üç Faz Gemi Gövdesi Arızasında Üç Faza Ait Faz Arası Gerilimleri

İki faz faz arası arızası ise A ve B fazları arasında oluşturulmuştur. Şekil 5.28’de AB faz arası arızasında sistem faz arası gerilimleri sunulmaktadır. Şekil 5.29’de aynı arıza tipi için faz toprak gerilimleri verilmiştir. A ve B fazlarındaki kısa devre bu fazlar ve toprak arasındaki gerilim değerin “0” olmasına sebep olmuştur.

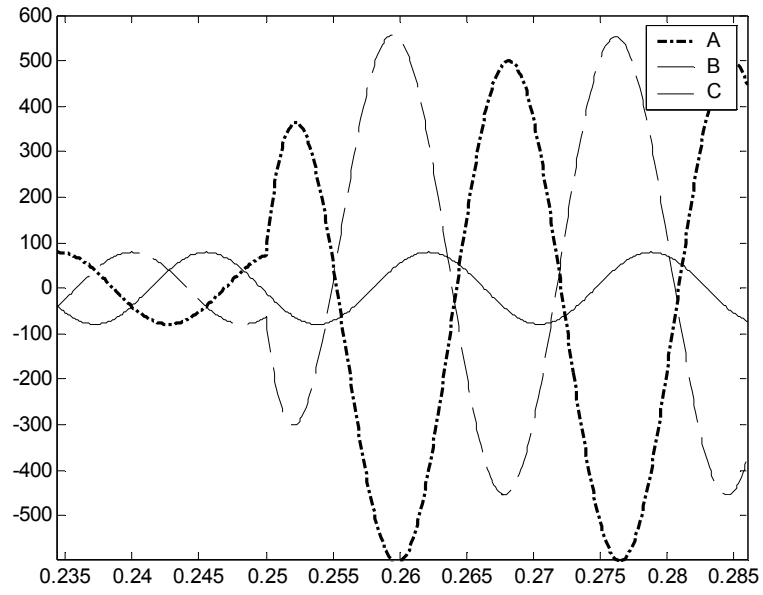


Şekil 5.28: AB Faz Arası Arızasında ABC Faz Arası Gerilimleri



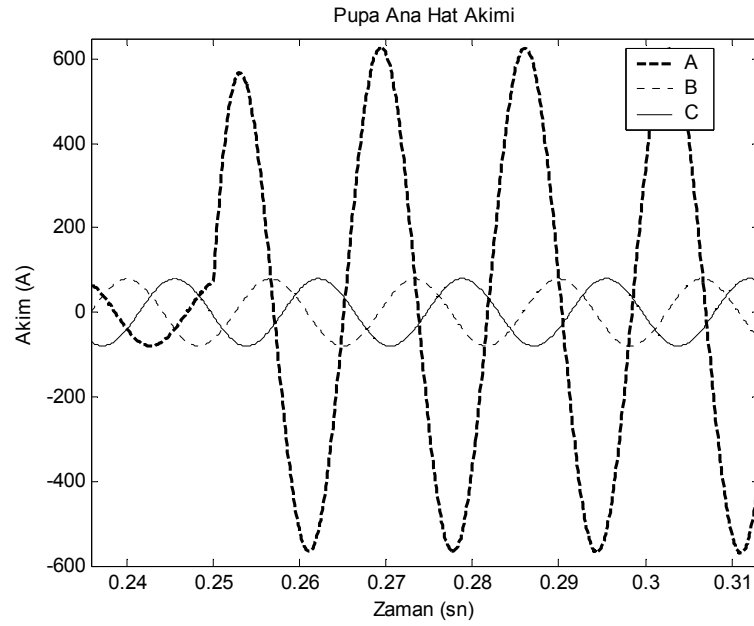
Şekil 5.29: AB Faz Arası Arızasında ABC Faz Toprak Gerilimleri

Şekil 5.30'da AB fazları arasındaki bir arızada ölçüm cihazlarında görüntülenen fazlara ait akım grafikleri görülmektedir.

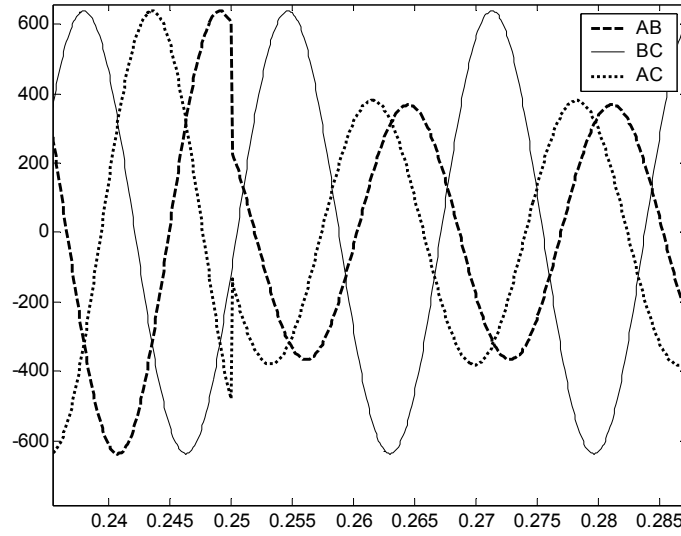


Şekil 5.30: AB Faz Arası Arasındaki Arızada ABC Faz Akımları

A fazı ve nötr arasında oluşmuş bir arıza sonucu, her üç faz akımının değişimi Şekil 5.31’de gösterilmektedir. Burada görüleceği üzere A fazı ile nötr arasındaki bir arızada sadece arızalı olan A fazına ait akım değerinde artış gözlemlenmektedir. Bu arıza durumunda elde edilen faz arası gerilimler ise Şekil 5.32’de sunulmaktadır.



Şekil 5.31: A fazı Nötr Arasındaki Arızada ABC Akımları



Şekil 5.32: A fazı Nötr Arasındaki Arızada Faz Arası Gerilimleri

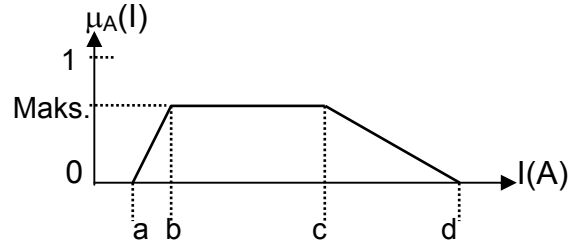
Faz arası gerilimlere bakıldığında A fazında oluşan arıza neticesi AB ve AC faz arası gerilimlerinde düşüş gözlemlenmektedir.

5.3.3 Bulanık Karar Verme Temelli Arıza Yeri Belirleme Yönteminin Örnek Sistem Üzerindeki Uygulaması

Bizim incelemelerimiz için örnek olarak ele aldığımız ve modellediğimiz harp gemisi elektrik dağıtım sistemi üç ana kol/hat'a bağlı çok fazla sayıda yan dal/hat'ta sahiptir (Şekil 5.19). Bu radyal yapı, arıza yeri belirlemede karşımıza belirsiz bir ortam ortaya çıkarmaktadır. Bu belirsizlik için bulanık kümeler kavramından yararlanılmıştır. Örnek sistem incelemelerinde akım ve konum bilgilerine dayalı üyelik fonksiyonları kullanılmış ve amaçlanan yöntemin çeşitli senaryolar için elde edilen sonuçları sunulmuştur.

5.3.3.1 Arıza Akımı Üyelik Fonksiyonu

Model olarak ele aldığımız örnek gemimizin dağıtım sistemindeki hatlarda oluşturulan arızalar sonucunda toplanan arıza akım bilgileri kullanılarak, bulanık kümenin en önemli noktası olan üyelik fonksiyonları oluşturulmuştur. Başka bir deyişle, operatör (sistem sorumlusu) deneyimi, simülasyonlar vasıtasıyla sağlanan arıza verileri ile kazanılarak üyelik fonksiyonları belirlenmesinde kullanılmıştır. Akım üyelik fonksiyonlarını oluştururken yamuk tipi üyelik fonksiyonu uygun olduğu için seçilmiştir [9,10].



Şekil 5.33: Arıza Akımı Üyelik Fonksiyonu

Arıza akımının üyelik fonksiyonu Şekil 5.33’de gösterilmiştir. Her hat için ayrı ayrı elde edilmiş olan bu üyelik fonksiyonlarında yatay eksen de akım değerleri, dikey eksen de üyelik değeri yer almaktadır. Arızanın yeri, hat üzerinde generatöre ne kadar yakınsa, o kadar büyük bir arıza akımı ölçüm cihazlarında gözlemlenmiştir. Arıza yeri hat üzerinde generatörden uzaklaştıkça, arıza akımının değeri de düşmektedir. Hattın başlangıcındaki arızalara ilişkin arıza akımları Şekil 5.33’de ki üyelik fonksiyonumuzda c-d aralığında yer alırken, hattın orta kısımlarında oluşan arızalara ilişkin akım değerleri b-c aralığında, hattın sonunda generatörden uzak kısmında oluşturulan arızalarda akım değerleri a-b aralığına yerleşmektedir. Hat başlarında belirsizlik (kesin olamama) daha yüksektir. Üyelik fonksiyonlarında, dağıtım panosu içerisinde ölçülen fazlara ilişkin arıza akımının efektif (RMS) değerleri kullanılmıştır.

Üyelik fonksiyonlarının seçimi arıza yerini bulmamızda başarıyı doğrudan etkilemektedir. Bu yüzden Şekil 5.33’de gösterilen üyelik fonksiyonundaki a,b,c,d değerlerinin uygun şekilde belirlenmesi önemlidir. Üyelik fonksiyonları belirlenirken ilk olarak bu şekilde gösterilen yamuk tipi üyelik fonksiyonlarımızdaki “b” ve “c” değerleri belirlenmiştir, çünkü bu aralıkta kalan değerler, üyelik fonksiyonumuzda en yüksek üyelik değerine sahiptir. İkinci aşama ise “a” ve “d” değerlerinin belirlenmesidir. “a” değeri hattın uzak ucundaki bir arızadaki akım değeri, “d” ise hat başındaki bir arızadaki akım değeri ile ilgilidir. Her bir hatta ait “akım üyelik fonksiyonlarında” hat üzerinde çeşitli yerlerde arızalar oluşturularak arıza akımları gözlemlenmiş ve sonuçlar üyelik fonksiyonumuzdaki “a,b,c,d” değerlerinin belirlenmesinde kullanılmıştır.

Üyelik fonksiyonunun b ve c değerleri, arıza noktası olarak hat üzerinde generatör tarafına göre hat boyunun yüzdesi olarak belirlenen arıza yeri için ölçülen arıza akımları ile elde edilmiştir.

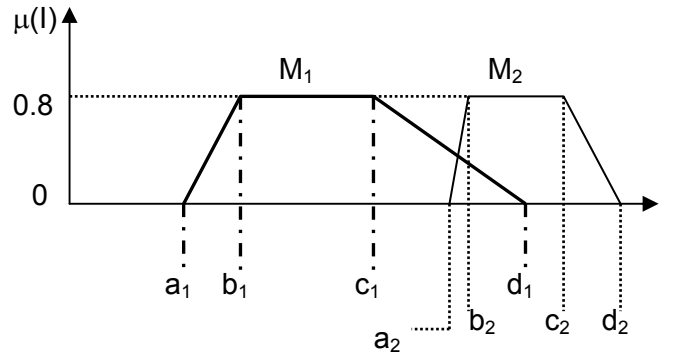
Arıza akımlarımızdan yola çıkarak oluşturulan çalıştığımız üyelik fonksiyonları, hatların birbirlerine bağlanma noktaları için Şekil 5.34'de gösterildiği gibi üst üste binmiş olarak göz önüne alınmıştır. Bunun nedeni hat uçlarındaki arızalarda ortaya çıkan belirsizliği bulanık ortamda ele alabilmektir. a ve d parametreleri yüzde olarak üyelik fonksiyonlarının üst üste binme derecesini ifade etmektedir. Bu değerler hat başı (generatöre yakın uç $d_0=0$) ve hat sonu (generatöre uzak uç $a_0=0$) için elde edilen arıza akımı değerleri kullanılarak hesaplanmıştır.

a ve d değerleri,

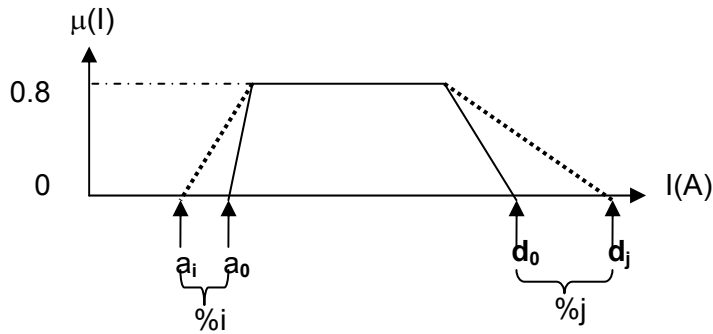
$$a_i = a_0 - |d_0 - a_0| * \%i \quad i > 0 \quad (5.1)$$

$$d_j = d_0 + |d_0 - a_0| * \%j \quad j > 0 \quad (5.2)$$

eşitlikleri ile bulunabilir. Burada i, kayma (üst üste binme) derecesidir. Bu durumda $\%i > 0$ için a değeri, $a=0$ için bulunan değerden küçüktür. $\%j > 0$ için d değeri, $d=0$ için bulunan değerden büyüktür. Şekil 5.35'de a ve d değerleri ile üyelik fonksiyonu ilişkisi gösterilmiştir.



Şekil 5.34: Üyelik Fonksiyonlarında İç İç Geçiş



Şekil 5.35: Üyelik Fonksiyonlarında Yamuğun Eğimlerinin Değişimi

Yukarıda açıklandığı gibi, üyelik fonksiyonlarının a, b, c, d değerleri değiştirilerek yeni üyelik fonksiyon tipleri elde edilmektedir. Bu çalışmada kullanılan üyelik fonksiyonlarının tipleri ve her bir üyelik fonksiyonuna ait a,b,c,d değerlerini belirlemek amacıyla kullanılan parametreler Tablo 5.3’de listelenmiştir.

Tablo 5.3: Üyelik Fonksiyonu Parametrelerinin Değerleri

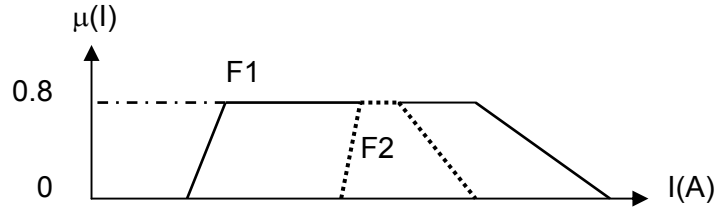
Üyelik Fonksiyonu adı	i (%) a değeri için	b (%)	c (%)	j (%) D değeri için
UF1	0	60	40	0
UF2	0	60	40	10
UF3	0	60	40	15
UF4	0	60	40	20
UF5	0	60	40	25
UF6	5	60	40	10
UF7	10	60	40	15
UF8	15	60	40	20
UF9	20	60	40	25
UF10	0	80	20	0
UF11	0	80	20	10
UF12	0	80	20	15
UF13	0	80	20	20
UF14	0	80	20	25
UF15	5	80	20	10
UF16	10	80	20	15
UF17	15	80	20	20
UF18	20	80	20	25

Örnek sistem için, “a, b, c, d” değerleri ile oluşturulmuş üyelik fonksiyonlarına ait akım değerleri Ek E’deki tablolarda her bir üyelik fonksiyon tipi için ayrı ayrı sunulmaktadır. Üyelik fonksiyonlarının parametrelerini gösteren bu tablolarda ilk sütunda hatların isimleri yer almaktadır, ikinci sütun ise ilgilenilen hattın hangi ana hat/kol üzerinde bulunduğu bilgisini taşır. Tablolarda geri kalan son dört sütun ise her bir hatta ait üyelik fonksiyonunu belirlerken kullanılacak a, b, c ve d parametre değerlerini içermektedir.

Üyelik fonksiyonunun oluşturulmasında, şekillerinin elde edilmesinde ve arıza senaryolarında ölçülen arıza akımı için üyelik değerlerinin hesaplanmasında kullanılan, Matlab ortamında yazılmış fonksiyonda Ek F’de gösterilmiştir.

Gemi elektrik dağım sisteminde arıza yeri belirleme incelemelerinde; sadece arıza akımından yararlanarak yapılan gemi bünyesindeki arızalı hat parçasını belirlemeye yönelik çalışmalarda, yöntem sonucu elde edilen cevaplar arasında birden fazla

adayın karşımıza çıktığı gözlemlenmiştir. Örneğin uzun bir hatta ilişkin üyelik fonksiyonunda üyelik fonksiyonu parametrelerin olan “d ile a” arasındaki elektriksel uzaklık fazla olmaktadır. Bu nedenle, uzun bir hattın üyelik fonksiyonu ile bu hatta elektriksel mesafe olarak yakın olan ya da gemi içerisinde aynı bölmede bulunan kısa bir hattın üyelik fonksiyonu örtüşebilir. Bu durum Şekil 5.36’de açıklanmaya çalışılmıştır. Bu şekilde F1 üyelik fonksiyonu uzun bir hat olduğu için aynı bölmedeki veya generatörden yaklaşık olarak aynı elektriksel uzaklıkta bulunan başka bir hat olan F2’nin üyelik fonksiyonunu kapsamıştır. Bu durumdaki üyelik fonksiyonlarını kullanarak arıza yerini belirlemeye çalıştığımızda; F2 hattında oluşan bir arıza aynı zamanda F1 hattındaki bir arızaymış gibi de görülecektir. Bu belirsizlik (aday arızalı hat sayısı) uygun üyelik fonksiyonunun kullanımı ve operatör tecrübesine ilişkin ilave üyelik fonksiyonlarının göz önüne alınması yardımı ile azaltılabilir. Bu nedenle çalışmada, çeşitli arıza akımı üyelik fonksiyonları denenmiş ve hat parçasının gemi içindeki konumuyla ilişkili arıza olabilirliğine ilişkin operatör tecrübesini göz önüne almayı amaçlayan ilave üyelik fonksiyonunun kullanımı da incelenmiştir.



Şekil 5.36: Başka Bir Üyelik Fonksiyonunu Kapsayan Üyelik Fonksiyonu

Göz önüne alınan arıza akımına dayalı çeşitli üyelik fonksiyon tipleri için, arıza yerini belirlemede en uygun olanını belirlemek amacıyla rasgele üretilmiş farklı arıza yeri senaryoları için incelemeler gerçekleştirilmiştir. Arıza yeri senaryoları oluşturulurken, gemi elektrik dağıtım sistemindeki tüm hatlar arasından rasgele olarak arızalı hat parçası belirlenmiş ve rasgele seçilen bu hat üzerinde rasgele belirlenen bir noktada arıza yeri oluşturulmuştur. Dağıtım panosundaki ölçüm cihazlarımızda okunan arıza akım değerleri, akım üyelik fonksiyonlarına giriş olarak girilerek, üyelik fonksiyonlarımızın nasıl cevap verdikleri gözlenmiştir. Elde edilen üyelik değerleri, α -kesmesine göre sıralanmış ve her α -kesme seviyesi için ayrı ayrı doğruluk oranları hesaplanmıştır. Rasgele denemelerle en iyi üyelik fonksiyonu tipinin seçimini, bu üyelik fonksiyonları ile yapılan arıza tespitinde elde edilen doğruluk yüzdesinin α -kesmelerine göre dağılımı Ek G’de sunulmuştur.

Her bir üyelik fonksiyonu için doğruluk yüzdesinin elde ediliş biçimi aşağıdaki denklemlerle açıklanmaya çalışılmıştır. İlgilenilen besleme kolu üzerinde yer alan tüm hatların kümesi AH,

$$AH = \{L_1, L_2, L_3, L_4, \dots, L_n\} \quad (5.3)$$

dir. “*i*” nci arıza senaryosunda göz önüne alınan “*j*” nci seviyedeki α -kesmesi (α_j) için elde edilmiş olan, arızalı olmaya aday hatların kümesi $AHS_{\alpha_{ij}}$,

$$AHS_{\alpha_{ij}} = \{L_k, \dots, L_m\} \quad (5.4)$$

olarak verilebilir. Bu durumda Doğruluk Derecesi DD_{ij}

$$DD_{ij} = \begin{cases} 1/S(AHS_{\alpha_{ij}}); & L_{S_i} \in AHS_{\alpha_{ij}} \\ 0 & ; L_{S_i} \notin AHS_{\alpha_{ij}} \end{cases} \quad (5.5)$$

dir, burada L_{S_i} , “*i*” nci senaryodaki gerçek arızalı hattın ismidir ve $S(AHS_{\alpha_{ij}})$ ifadesi ise $AHS_{\alpha_{ij}}$ kümesindeki eleman sayısını ifade eder. Buradan, belirli bir α -kesme seviyesi için tüm senaryolar sonucu elde edilen toplam doğruluk yüzdesi TD_{α_i} ;

$$TD_{\alpha_j} = \frac{\sum_{i=1}^N DD_{ij}}{N} \quad (5.6)$$

olarak hesaplanabilir. Denklemden yer alan “*N*” senaryo sayısını ifade eder. “*i*” senaryo numaralarını gösterirken, “*j*” ise farklı α -kesmelerini ifade etmektedir (α_j).

Doğruluk Derecesinin hesabı için bir örnek, Tablo 5.4 ve Tablo 5.5’de sunulmaktadır. Bu tablolarda her bir satırda rastsal olarak oluşturulmuş olan arıza senaryolarında yöntemimizin vermiş olduğu cevaplar gözlemlenmektedir. Elde edilen sonuçlar “ α -kesme seviyelerine göre sütunlar halinde ayrı ayrı gösterilmektedir. “ α -kesme seviyeleri” 0.8 den başlayarak 0.01 değerine kadar düşmektedir ve kesme seviyeleri kademeli olarak düşürülürken bir üst seviyede yakalanamayan sonuçlar alt α -kesme seviyelerinde yakalanabilmektedir. Bu tabloda rastsal arıza yerleri belirlenerek oluşturulan arıza senaryoları için “UF10” akım üyelik fonksiyonu kullanılmıştır.

Tablo 5.4: UF10 Üyelik Fonksiyonu ile Senaryo Sonuçları

Arıza Senaryoları		Kullanılan Üyelik Fonksiyonu =UF10 Bulanık Kümelerle Bulunan Arıza Yeri							
Arızalı Hat İsmi	Arıza Yeri	α_j : “j” nci seviyedeki α -kesmesi							
		$\alpha_1=0.8$	$\alpha_2=0.7$	$\alpha_3=0.6$	$\alpha_4=0.5$	$\alpha_5=0.4$	$\alpha_6=0.3$	$\alpha_7=0.2$	$\alpha_8=0.01$
L15	%61	L4 = 0.8; L10=0.8; L15=0.8; (D ₁₁ =1/3)	L4; L10; L15 (D ₁₂ =1/3)	L4; L10; L15 (D ₁₃ =1/3)	L4; L10; L15 (D ₁₄ =1/3)	L4; L10; L15 (D ₁₅ =1/3)	L4; L10; L15 (D ₁₆ =1/3)	L4; L10; L15 (D ₁₇ =1/3)	L4; L10; L15 (D ₁₈ =1/3)
L14	%82	L3=0.8; L5=0.8; L6=0.8; (D ₂₁ =0)	L3; L5; L6; L14=0.719; (D ₂₂ =1/4)	L3; L5; L6; L14 (D ₂₃ =1/4)	L3; L5; L6; L14 (D ₂₄ =1/4)	L3; L5; L6; L14 (D ₂₅ =1/4)	L3; L5; L6; L14; L4=0.33 (D ₂₆ =1/5)	L3; L4; L5; L6; L14; (D ₂₇ =1/5)	L3; L4; L5; L6; L14 (D ₂₈ =1/5)
L13	%18	(D ₃₁ =0)	L13=0.72 (D ₃₂ =1)	L13; (D ₃₃ =1)	L13 (D ₃₄ =1)	L13 (D ₃₅ =1)	L13 (D ₃₆ =1)	L13 (D ₃₇ =1)	L11=0.06; L13 (D ₃₈ =1)

Ek G’ deki tablolarda, doğruluk yüzdelerinin seçilen üyelik fonksiyonu tipine göre değişkenlik gösterdiği ve yöntem başarımımızın üyelik fonksiyonu tipinden etkilendiğini görmekteyiz. Burada farklı üyelik fonksiyonu tipleri için elde edilmiş olan ortalama doğruluk oranlarının “ α -kesme seviyelerine” göre olan listesi, Tablo 5.6’de gösterilmiştir. Bu tabloda da en yüksek başarıyı %63.125 gibi bir değer ile, diğer üyelik fonksiyonlarına göre daha yüksek α -seviye katında yakalayan üyelik fonksiyonu olarak “UF18”in elde edildiği görülmektedir. Üyelik fonksiyonlarının seçimi için yapılan incelemeler sonucunda “UF18” olarak adlandırılan fonksiyonun arıza yerini en yüksek doğruluk oranı ile bulduğunu gözlemlenmiş ve arıza incelemelerinde amaçlanan yöntemde bu üyelik fonksiyonunun kullanımı uygun görülmüştür.

Tablo 5.5: UF10 Üyelik Fonksiyonu ile Senaryo Sonuçları

Arıza Senaryoları		Kullanılan Üyelik Fonksiyonu = UF10 Bulanık Kümelerle Bulunan Arıza Yeri							
Arızalı Hat İsmi	Arıza Yeri	α_j : “j” nci seviyedeki α -kesmesi							
		$\alpha_1=0.8$	$\alpha_2=0.7$	$\alpha_3=0.6$	$\alpha_4=0.5$	$\alpha_5=0.4$	$\alpha_6=0.3$	$\alpha_7=0.2$	$\alpha_8=0.01$
L14	%82	L3=0.8 L5=0.8 L6=0.8	L3; L5; L6; L14=0.719	L3; L5; L6; L14	L3; L5; L6; L14	L3; L5; L6; L14	L3; L5; L6; L14; L4=0.333	L3; L4; L5; L6; L14;	L3; L4; L5; L6; L14
L8	%95	L4=0.8 L10=0.8 L15=0.8	L4; L10; L15	L4; L10; L15; L9=0.656	L4; L9; L10; L15	L4; L9; L10; L15	L4; L9; L10; L15	L4; L9; L10; L15; L8=0.201	L4; L8; L9; L10; L15
L24	%62	L24=0.8 L28=0.8	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28
L22	%92	L28=0.8	L28	L28	L28	L28	L22=0.32; L28	L22; L28	L22; L28
L13	%18	-	L13=0.72	L13	L13	L13	L13	L13	L11=0.067; L13
L28	%94	-	-	-	-	-	-	L28=0.242	-
L27	%41	L27=0.8	L27	L27	L27	L27	L27	L27	L27; L29=0.079
L11	%6	-	-	-	L11=0.24	L11	L11	L11	L11; L13=0.033
L1	%81	-	L1=0.758	L1	L1	L1	L1	L1	L1; L4=0.164
L7	%14	L5=0.8 L3=0.8	L3; L5	L3; L5	L3; L5; L4=0.576 L7=0.504	L3; L4; L5; L7; L15=0.483	L3; L4; L5; L7; L15	L3; L4; L5; L7; L15	L3; L4; L5; L7; L15
L19	%20	L20=0.8	L19=0.796; L20	L19; L20	L19; L20	L19; L20	L19; L20	L19; L20	L19; L20; L21=0.199
L13	%50	L13=0.8	L13	L13	L13	L13	L13	L13	L13
L13	%95	-	-	-	-	-	-	L13=0.203	L13
TD_{α_i}		%23.95	%41.14	%41.14	%48.95	%54.8	%57.7	%71.4	%53.22

Tablo 5.6: Değişik Üyelik Fonksiyonları Tipleri ile elde edilen Toplam Doğruluk Yüzdeleri

Üyelik Fonksiyonu Adı	Farklı Üyelik Fonksiyonu Tipleri ile Elde Edilen Doğruluk Yüzdesi							
	$\alpha=0.8$	$\alpha=0.7$	$\alpha=0.6$	$\alpha=0.5$	$\alpha=0.4$	$\alpha=0.3$	$\alpha=0.2$	$\alpha=0.01$
UF1	%18.75	%28.125	%23.958	%23.958	%27.08	%42.708	%48.333	%53.229
UF2	%18.75	%27.08	%23.958	%23.958	%34.89	%42.08	%45.729	%45.36
UF3	%18.75	%23.95	%23.95	%27.08	%34.89	%45.20	%37.91	%44.479
UF4	%18.75	%23.958	%23.95	%33.33	%34.58	%39.479	%35.67	%44.53
UF5	%18.75	%23.95	%23.95	%41.66	%40.83	%40.72	%39.11	%43.95
UF6	%18.75	%27.083	%23.958	%23.958	%42.708	%42.08	%48.85	%43.19
UF7	%18.75	%23.95	%23.95	%27.08	%42.39	%51.45	%53.02	%42.76
UF8	%18.75	%23.95	%23.95	%39.58	%42.08	%51.979	%44.34	%42.03
UF9	%18.75	%23.95	%23.95	%42.70	%54.58	%52.55	%43.149	%42.03
UF10	%23.95	%41.14	%41.14	%48.95	%54.89	%57.7	%71.458	%53.229
UF11	%23.95	%41.14	%41.14	%42.39	%54.58	%49.375	%53.33	%45.364
UF12	%23.95	%41.145	%42.395	%41.35	%49.375	%36.354	%52.55	%44.479
UF13	%23.95	%41.145	%42.395	%58.229	%50.10	%40	%48.28	%44.18
UF14	%23.95	%41.14	%48.64	%49.375	%36.145	%38.489	%47.60	%43.95
UF15	%23.95	%41.145	%41.145	%48.645	%57.70	%59.47	%49.687	%43.593
UF16	%23.95	%41.145	%42.395	%54.895	%60	%49.687	%47.77	%43.08
UF17	%23.95	%41.145	%42.395	%53.54	%54.79	%47.77	%43.03	%42.03
UF18	%23.95	%41.145	%48.64	%63.125	%48.385	%46.63	%42.68	%42.03

5.3.3.2 Akım Üyelik Fonksiyonu Kullanarak Elde Edilen Sonuçlar

İncelemeler sonucu seçilmiş olan UF18 tipi üyelik fonksiyonu ile rasgele olarak belirlenmiş hatlarda ve bu hatlar üzerinde yine rasgele olarak seçilmiş noktalarda toplam 56 adet arıza senaryosu oluşturulmuştur. Arıza tipinin üç faz arızası olduğu bu senaryolar için, akım üyelik fonksiyonu ile arıza yeri belirleme incelemeleri gerçekleştirilmiştir. Bu çerçevede elde edilen inceleme sonuçları, toplu olarak tablolar halinde Tablo 5.7 ve Ek H'de verilmiştir.

Tablo 5.7: Üç Faz Arızası için İnceleme Sonuçları

Senaryo No	Arızalı Hat İsmi	Hat Üzerinde Arıza Yeri	α _Kesme Seviyesi	Kestirilen Arıza Yeri
1	L13, B10A	%37	0.8	L13=0.8
2	L12, B9C	%84	0.8	L4=0.8; L10=0.8; L15=0.8
			0.7	L12=0.7205; L4; L10; L15
3	L22, K1A	%62	0.8	L22=0.8; L28=0.8
4	L27, K3A;	%19	0.8	-----
			0.7	L27=0.7838
5	L19, V5B;	%57	0.8	L19=0.8
6	L17, M8A	%23	0.8	L10=0.8; L17=0.8
			0.8	-----
			0.7	L13=0.7498
			0.6	L13
			0.5	L11=0.5432; L13
8	L12, B9C	%66	0.8	L4=0.8; L10=0.8; L12=0.8; L15=0.8
9	L21, V5D	%63	0.8	L21=0.8
10	L13, B10A	%40	0.8	L13=0.8

Tablolarda, çeşitli α -kesme seviyeleri ve bu değere karşılık düşen arıza yeri kestirimleri verilmiştir. Üyelik fonksiyonları ile arıza yeri belirleme çalışmalarında, α -kesme seviyesi akım üyelik fonksiyonumuz için maksimum α -kesme değeri olan 0.8 değerinden başlanarak kademe kademe düşürülmektedir. α -kesme seviyesi kademeli bir şekilde aşağı düşürüldüğünde; bir üst seviyedeki cevaplara ek olarak, üst seviyedeki α -kesme seviyeleri ile yakalanamayan diğer sonuçlar da görülebilmektedir. α -kesme seviyesini 0.8 seviyesinden gerçek arıza yerini bulamadığı takdirde bu seviyeyi “0.1” adım boyuyla kademeli olarak aşağı çekilmiştir. İncelemelerde, 56 adet rasgele denemeden 47 adedinde gerçek arıza yeri, en yüksek α -kesme seviyesindeki cevapların içerisinde yer almıştır. Bu tablodaki denemelerde sadece akım üyelik fonksiyonlarını kullanarak en yüksek α -kesmesi için doğru arıza yeri bilgisine ulaşılabilirlikteki başarı, % 84’ e yakın bir değer olarak karşımıza çıkmaktadır. Genellikle en yüksek α -kesme değeri için gerçek arıza yeri bilgisinin yakalanamadığı arıza durumlarında, bir alt α -kesme seviyesinde gerçek arıza yeri arıza yeri alternatifleri kümesine dahil olduğu gözlenmiştir. Örneğin Tablo 5.7’den de görüleceği üzere, 2 numaralı senaryoda gerçek arıza yeri, B9C hattı (0.7205 üyelik değerine sahip), bir alt α -kesme değeri olan 0.7 de yakalanmıştır. Örnek gemi elektrik dağıtım sistemi dikkatle incelendiğinde, B9C ve B9A hatlarının aynı bölmede (9nolu bölmede) yer aldıkları görülmektedir. Doğal olarak hem gemide hatların boylarının kısa olması hem de aynı bölmede yer almaları bu sonucun elde etmesinde etkili olmuştur.

Sonuçlar incelendiğinde, arıza yeri kestiriminde doğruluk derecesinin düşmesine neden olan durumlar, hat başlarına yakın olan arıza durumları ve bölme içinde birden fazla dallanma ve komşu hat olması olarak gözlemlenmiştir.

Farklı arıza tiplerinin amaçlanan yöntem üzerindeki etkilerini görmek amacı ile iki-faz arası arızası ve faz iletkeni ile nötr iletkeni arasında oluşan arızalar için de incelemeler yapılmıştır. Bu incelemeler Şekil 5.19 da gösterilen K kodlu (kış ana besleme hattı) hattın üzerinde gerçekleştirilmiştir. İki-faz arızası için 37 arıza senaryosunda elde edilen sonuçlar tablolar halinde Tablo 5.8 ve Ek I'de sunulmuştur. Bu senaryolardan 30 adedinde (yaklaşık %81 başarı) en yüksek α -kesmesinde, gerçek arıza yeri, arızalı hat aday kümesi içinde yer almıştır. 6 durumda ise bir alt α -kesme seviyesinde, gerçek arıza yeri aday kümesi içinde yer almıştır.

Tablo 5.8: İki Faz Arası Arızası için İnceleme Sonuçları

Senaryo No	Arızalı Hat İsmi	Hat Üzerinde Arıza Yeri	α _kesme Seviyesi	Kestirilen Arıza Yeri
1	L28 K3B	%62	0.8	L22=0.8; L28=0.8
2	L28 K3B	%92	0.8	-----
			0.7	-----
			0.6	-----
			0.5	L28=0.5638
3	L25 K2B	%18	0.8	-----
			0.7	L25=0.7678
4	L29; K3C	%94	0.8	L24=0.8
			0.7	L28=0.7523; L24
			0.6	-----
			0.5	L29=0.5207; L28; L24
5	L25 K2B	%6	0.8	-----
			0.7	-----
			0.6	-----
			0.5	L25=0.5736
6	L22 K1A	%81	0.8	L28=0.8
			0.7	L22=0.7804; L28
7	L24 K2A	%14	0.8	L29=0.8
			0.7	L24=0.7031; L29
8	L27 K3A	%20	0.8	L27=0.8
9	L24 K2A	%27	0.8	L24=0.8
10	L29 K3C	%45	0.8	L29=0.8

Bir faz iletkeni ile nötr iletkeni arasındaki arıza durumu için 36 arıza senaryosunda elde edilen sonuçlar tablolar halinde Tablo 5.9 ve Ek J'de sunulmuştur. Bu senaryolardan 30 adedinde (yaklaşık %83 başarı) en yüksek α -kesmesinde, gerçek arıza yeri, arızalı hat aday kümesi içinde yer almıştır. 5 durumda ise bir alt α -kesme seviyesinde, gerçek arıza yeri aday kümesi içinde yer almıştır.

Farklı arıza tiplerinin, amaçlanan bulanık karar verme temelli arıza yeri belirleme yöntemi ile elde edilen sonuçlar üzerinde etkisinin olmadığı, oldukça yakın doğruluğa erişildiği gözlenmiştir.

Tablo 5.9: Faz iletken ve Nötr iletkeni Arası Arıza İncelemeleri Sonucu

Senaryo No	Arızalı Hat İsmi	Hat üzerinde Arıza Yeri	α _Kesme Seviyesi	Kestirilen Arıza Yeri
1	L28 K3B	%62	0.8	L22=0.8; L28=0.8
2	L28 K3B	%92	0.8	-----
			0.7	-----
			0.6	-----
			0.5	L28=0.5628
3	L25 K2B	%18	0.8	-----
			0.7	L25=0.7680
4	L29; K3C	%94	0.8	L24=0.8;;
			0.7	L28=0.7266; L24
			0.6	L24; L28
			0.5	L29=0.5207; L24; L28
5	L25 K2B	%6	0.8	-----
			0.7	-----
			0.6	-----
			0.5	L25=0.5739
6	L22 K1A	%81	0.8	L28=0.8
			0.7	L22=0.78; L28
7	K24 K2A	%14	0.8	L29=0.8
			0.7	L24=0.7034; L29
8	L27 K3A	%20	0.8	L27=0.8;
9	L24 K2A	%27	0.8	L24=0.8
10	L29 K3C	%45	0.8	L29=0.8

5.3.3.3 Konum Üyelik Fonksiyonunun Sonuçlara Katkısı

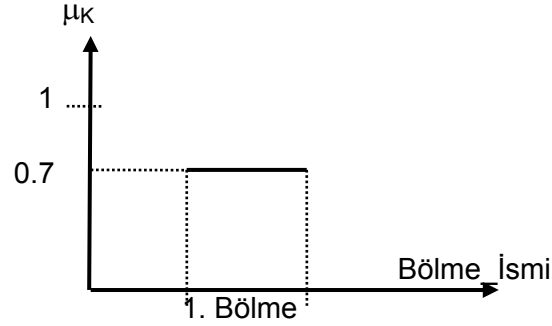
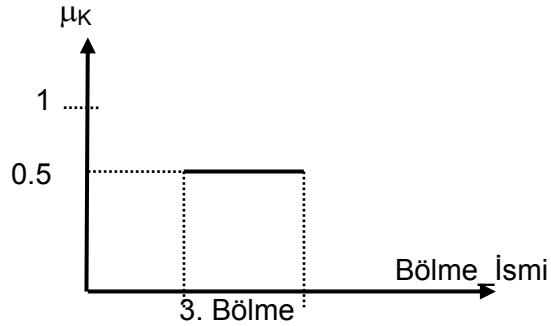
Her hattın gemi içinde geçtiği bölmenin kendine has özellikleri vardır. Bu durumda bazı bölgelerde bulunan hatların veya yüklerin arıza yapma ihtimalleri gemide bulundukları konuma göre değişiklik gösterebilir. Konum üyelik fonksiyonunun oluşturulmasında gemide bulunan tüm hatların konumları ve bu hatların arıza istatistikleri gözlenmelidir. Gemide kapalı mahalde yer almayan ve deniz yıpratıcı etkisine direkt maruz kalan güverte üzerindeki yüklere açık güverte üzerindeki yükler denilmektedir. Açık güvertedeki yükleri besleyen hatlar, bu yüklerin ağır deniz şartlarından etkilenmeleri sonucu yüklerde veya bu hatların yüke bağlandıkları bağlantı noktalarında problemlerle karşılaşmaktadır. Yüklerin deniz şartlarından etkilenmesini önleyen su geçirmez yalıtım malzemelerindeki yaşlanma deniz şartlarından etkilenmeyen kapalı bir konumdaki hatta göre daha fazla, hızlı olmaktadır. İşte bu gibi durumlar neticesi gemide bulunan bazı bölmeler diğer bölmelere göre daha fazla arıza riski altındadır.

Örneğin K1A hattı, model olarak incelediğimiz gemide 1nolu bölmede yer almaktadır ve bu bölme geminin arka tarafında bulunan ilk bölmedir. Bu bölmede K1A hattının beslediği yük geminin tahrik sistemine ait yüklerin yer aldığı bir dağıtım panosudur. 1nolu bölmedeki bu dağıtım panosundaki hatlar tahrik sistemindeki şaft titreşimlerinin etkisi altındadırlar. Pervanelerin bağlandığı şaftın gemi sacını su kesimi altından delerek dışarı çıktığı noktada su geçirmez salmastralarla bölmeye su girişi engellenmektedir. Buna rağmen bu bölmedeki dağıtım panosundan çıkan yükler az miktarda da olsa gemi sintinesine sızan suyun oluşturduğu nemli bir ortamda yer almaktadırlar. Salmastra denilen pervane şaftının denize çıkış noktasından su girişini engelleyen su geçirmez malzemelerin zamanla aşınması, değişime ihtiyaç duyması ve şafttaki titreşim miktarındaki değişim gibi nedenlerden ötürü tam bir sızdırmazlık sağlayamamaktadır. Dolayısıyla bu bölmelerdeki nem miktarı değişiklik göstermektedir. 1nolu bölmede yer alan bir diğer hat olan K1B hattı da kış üstünde yer alan ırgat denilen cihazı besleyen hattır. Geminin limana yanaşmasında halat ile yapılan manevralarda kullanılan, açık güverte üzerinde yer alan bir cihaz olan ırgat deniz şartlarının yıpratıcı etkisi altında kalabilmektedir. Bu durum, K1B hattının arıza yapma ihtimalini arttırabilir. Bu iki örnek durum, hatların konumları ile arıza oluşma olasılıkları arasında bir ilişki kurulabileceğini gösterir. Bulanık karar verme temelli arıza yeri belirleme yönteminde, bu durum uygun üyelik fonksiyonları ile değerlendirilebilir. Böylece arıza üyelik fonksiyonu ile beraber karar vermede konum üyelik fonksiyonunun kullanılması, arıza yeri kestiriminde sonuçlardaki doğruluğu arttırabilir. Bu tez çalışmasında konum üyelik fonksiyonları da karar verme işlemine dahil edilerek, örnek sistem incelemeleri gerçekleştirilmiştir.

Yukarıda belirtildiği gibi, 1nolu bölmede yer alan hatların arıza yapma risklerinin gemi bünyesindeki diğer başka hatlara göre daha fazla olduğu göz önüne alınabilir. 1nolu bölmedeki K1A hattında oluşturduğumuz iki farklı arıza durumu için (üç faz arızası) arıza akımı üyelik fonksiyonları ile elde edilen sonuçlar Tablo 5.10'da verilmiştir. Bu tablodan, doğru arıza yeri olan K1A hattının da aday arıza yeri kümesi içinde K3B hattı ile beraber yer aldığı görülebilir. Karar verme aşamasında konum üyelik fonksiyonlarının da probleme dahil edilmesi ile alternatif aday arıza yeri sayısı azaltılabilir veya alternatif arıza yerlerinin son karar üyelik değerlerine göre bir öncelik sıralaması elde edilebilir. Göz önüne alınan örnek hatlar için konum üyelik fonksiyonları Şekil 5.37 ve Şekil 5.38'de gösterilmiştir.

Tablo 5.10: K1A Hattında Oluşan Arıza Senaryoları

Deney No	Arıza Yeri/ Hat ismi	α -Kesme Seviyesi	Arıza akımı üyelik Değeri
1	%75; K1A;	0.8	K1A=0.8; K3B=0.8
2	%62; K1A;	0.8	K1A=0.8; K3B=0.8

**Şekil 5.37:** 1nolu Bölmeye Ait Konum Üyelik Değeri**Şekil 5.38:** 3nolu Bölmeye Ait Konum Üyelik Değeri

Birden fazla üyelik değerini (arıza akımı üyelik değeri ve konum üyelik değeri) kullanarak son karar, bulanık kümelerdeki birleşim işlemi ile elde edilebilir. K1A hattında oluşturulmuş bir arıza durumu için elde edilen son karar üyelik değerleri Tablo 5.11’de sunulmuştur. Bu tabloda, son karar üyelik değeri μ_D incelendiğinde sadece akım üyelik fonksiyonu elde edilen sonuçların, bölmelere ait konum üyelik fonksiyonlarının da etkisi ile değiştiği gözlemlenmektedir. Akım üyelik fonksiyonları sonucu her iki arıza durumunda da K1A ve K3B hatları arızalı hatlar olarak “0.8 üyelik değeri ” ile eşit üyelik değerine sahiptir. Fakat konum üyelik fonksiyonlarının

göz önüne alınması ile elde edilen son karar μ_D değerlerine bakıldığında, K1A'nın üyelik değerinin K3B'den daha büyük bir üyelik değeri olan 0.94 olduğu gözlenmiştir. Böylece K1A hattı, aday arızalı hat kümesinde daha büyük üyelik değeri ile en büyük öncelikli hat olmaktadır.

Bu örnek, işletim sorumlusu deneyimleri, arıza istatistikleri gibi veriler ışığında oluşturulacak uygun konum üyelik fonksiyonlarının arıza yeri belirleme işleminde operatörü doğru sonuca yönlendirebileceğini göstermektedir.

Tablo 5.11: Son Kararın Elde Edilmesi ve Son Karar Üyelik Değerleri

Senaryo No	Arıza Yeri/ Hat ismi	Akım üyelik Fonksiyonu Sonucu (μ_A)	Konum Üyelik Fonksiyonu (μ_K)	Son Kararın Elde Edilmesi (μ_D) $\mu_{D_i} = \mu_{A_i} + \mu_{K_i} - \mu_{A_i} \cdot \mu_{K_i}$
1	%75; K1A	K1A=0.8	1nolu Bölme=0.7	0.94
		K3B=0.8	2nolu Bölme=0.5	0.90
2	%62; K1A	K1A=0.8;	1nolu Bölme=0.7	0.94
		K3B=0.8	2nolu Bölme=0.5	0.90

Örnek olarak göz önüne alınan B, M ve V kodlu hatlardaki çeşitli arıza durumları için konum üyelik fonksiyonunun ilavesi ile elde edilmiş olan son karar değerleri Tablo 5.12'de verilmiştir. Bu tablodaki sonuçlar, konum üyelik fonksiyonunun dahil edilmesinin, gerçek arıza yerinin, aday arıza yeri kümesi içinde önceliğini arttırabildiğini göstermektedir.

Tablo 5.12: Son Karar Değerleri

Senaryo No	Arıza Yeri/ Hat ismi	Akım Üyelik Fonksiyonu Sonucu (μ_A) Hat İsmi=Üyelik Değeri (μ_A)	Konum Üyelik Fonksiyonu (μ_K) Bölme İsmi=Üyelik Değeri (μ_K)	Son Karar Üyelik Değerleri (μ_D) (μ_D)= $\mu_A + \mu_K - \mu_A \mu_K$	Son Değerlendirme Sonrası Kestirilen Arıza Yerleri Sıralaması
2	%84; B9C	B6C=0.8; B9A=0.8; M7A=0.8; B9C=0.7205	6.Blm=0.6; 9.Blm=0.8; M7.Blm=0.65	B9A=0.96; B9C=0.9441 M7A=0.93; B6C=0.92;	B9A B9C; M7A; B6C
7	%93; B9B	B10A=0.7498; B9B=0.5432	10.Blm=0.6; 9.Blm=0.8;	B10A=0.8999; B9B=0.9086	B9B; B10A
36	%87; M7B	B6B=0.8; B8A=0.8; M7B=0.6611; B6C=0.6525; B7A=0.6399; M7A=0.6247	6.Blm=0.6; 7.Blm=0.3; M7.Blm=0.65 8.Blm=0.4	B6B=0.92; B8A=0.88; M7B=0.8814; B6C=0.8610; B7A=0.7479; M7A=0.8499	B6B; M7B; B8A; M7A B6C; B7A
39	%86; B9B	B10A=0.7283; B9B=0.6812	9.Blm=0.8; 10.Blm=0.6	B10A=0.8913; B9B=0.9362	B9B; B10A

Göz önüne alınan örnek durumlarda hatlara, içinde bulunduğu bölmelerin konumlarına göre konum üyelik değerleri atanmıştır. Bu konum üyelik değerleri Tablo 5.13'da gösterilmektedir. Konum üyelik fonksiyonları oluşturulurken gemi üzerindeki bölmelerin arıza yapma potansiyelleri göz önüne alınmıştır. Model gemimizin arıza kayıt defterlerinin elimizde olmaması nedeniyle, gemideki bölmelere ait arıza istatistik bilgilerine ulaşılammış bu nedenle de gemideki tüm hatlar için konum üyelik değerleri oluşturulamamıştır. Göz önüne alınan hatlara ise deneyim ve kestirimlerimiz doğrultusunda üyelik değerleri atanmıştır. Örneğin, 6 nolu bölmenin konum üyelik değeri 0.6 olarak belirlenmiştir. Generatör ve dağıtım panosunun yer aldığı bu iç bölme, deniz şartlarının yıpratıcı etkilerine maruz kalmadığı için 9 nolu bölmeğe göre ($\mu_K = 0.8$) daha düşük konum üyelik değerine sahiptir. 9 nolu bölmede ağır deniz şartlarından etkilenebilirliği yüksek olan bir bölmedir.

Tablo 5.13: Bölmelere Ait Konum Üyelik Değerleri

Bölme Numarası	Bölmede Yer Alan Hat İsimleri	Bölmeye Ait Üyelik Değeri (μ_k)
6	B6A; B6B; B6C; B6D	0.6
M6	M6A	0.65
7	B7A; B7B	0.3
M7	M7A; M7B	0.65
8	B8A; B8B	0.4
9	B9A; B9B; B9C	0.8
10	B10A	0.6

7 ve 8nolu bölmedeki hatların genel olarak çalışma anında deniz şartları gibi etkenlerden kapalı mahalde olmaları itibari ile uzak olmaları nedeniyle konum üyelik değerleri diğer bölmelere nazaran düşük tutulmuştur. M6 ve M7 olarak adlandırılmış olan bölmeler 6 ve 7 nolu bölmenin üzerinde yer alan fakat hacim olarak ana güverte üzerindeki bulunan gemideki hacimlerdir. Bu bölmelerin yerleri Şekil 8.4'de de görülmektedir. Bu bölmelerde ana güverteye açılan kaportalar bulunması, yaşam mahallerine yakınlıkları ve savaş durumunda bir isabet alma olasılığının daha fazla olduğu ön görülmüştür. Geminin güdümlü mermi veya radar kontrolü ile atış yapabilen toplar sonucu yara alma ihtimalinin, geminin radar izinin bu bölmelerde fazla olduğu düşünülmüştür. Bu nedenlerden ötürü M6, M7 bölmelerinin konum üyelik değerleri 6, 7nolu bölmelere göre bir miktar daha yüksek seçilmiştir. Bu incelemeler, sadece amaçlanan bulanık karar verme temelli arıza yeri belirleme yönteminin uygulamasını gerçekleştirmek amacı ile kurgulanmıştır.

Arıza yeri belirleme çalışmalarında akım, konum üyelik değerleri yardımıyla, aday arıza yeri kümesi ve müdahale/arama listesinin nasıl elde edilebileceği açıklanmıştır. Arıza yeri belirleme çalışmasında önemli bir nokta da, koruma elemanlarının durumu arıza durumunda hangi bölgelerin izole edildiği, hangi yüklerin arızalı durumda bile beslenebildiği gibi bilgilerin bu metoda dahil etmemiş olmamasıdır. Bu verilerde

karar verme işlemi süresince analize dahil edilirse elde edilecek doğruluk artacaktır. Konum üyelik fonksiyonları oluşturulurken tamamen geminin şekli, yapısı ve tecrübeler göz önüne alınmıştır. Arıza kayıtları, istatistiklerden tam anlamıyla yararlanarak bu yöntem için daha destekleyici konum üyelik fonksiyonları elde etmek mümkün görülmektedir.

Gemideki tüm yüklerin modellenenebilmesi silah sistemlerinin de bu modele dahil edilebilmesi neticesi bazı görev durumlarına belirli hatların daha fazla yüklendikleri gözlemlenebilir bu durumda sınır değerlerine çok yakın çalışan bu tip hatların arıza yapma ihtimalleri de diğerlerine göre daha fazla olabilecektir. Yine belirli görev durumlarında bazı yüklerin devreye alınması bazı hatlardaki koruma elemanlarında açmalara sebep olabilir. Hatta bazı hatlar yaşlanmaya maruz kalmaları nedeniyle kronik arızalara sebep olabilirler ve bu durumlarda tecrübeli bir operatör daha önce benzer bir arıza durumu yaşamış olduğu için tamamen deneyimini kullanarak arıza yerini doğru olarak tahmin edebilir. Deneyimlere dayalı geminin görev durumunu yansıtan uygun üyelik fonksiyonlarının da dahil edilmesi ile arıza yeri bu tez çalışmasında amaçlanan yöntem ile çok yüksek doğrulukta belirlenebilecektir.

6 SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Gelişen teknoloji ile beraber gemilerde elektrik enerjisinin kullanımı da her geçen gün artmaktadır. Gemilerdeki elektrik sistemlerinin kendine has özellikleri vardır. Harp gemisi elektrik enerji sistemlerinin de diğer gemiler gibi kendine has özellikleri bulunmaktadır ve karmaşık yapıdaki elektrikli cihazları kullanırlar. Gemilerde, karasal sistemlere göre çok küçük hacimlerde çok fazla sayıda elektrikli cihaz bulunur. Harp gemilerinde de diğer gemilerde de olduğu gibi elektrik enerjisi çok yoğun olarak kullanılmaktadır, harp gemileri için hasar altında çalışabilecek hayati yükleri sürekli besleyebilecek kabiliyette elektrik dağıtım sistemleri tasarlanmalıdır. Bir harp gemisinin elektrik dağıtım sisteminin en önemli özelliklerinden biri; savaş sistemleri, tahrik ve hasar kontrol sistemleri gibi kritik yükler için alternatif besleme yolları sağlayabilmesidir.

Harp gemileri savaşta görev yapmak üzere tasarlanırlar ve savaş ortamında isabet/yara almaları muhtemeldir. Savaşta yara alan harp gemisi; yaranın boyutu çok büyükse çatışma alanından kaçabilmeli, çatışmaya devam edip düşman kuvvetleri üzerindeki baskıyı sürdürebilmeli veya verilen görevi tamamlamak üzere harekate devam edebilmelidir. Bu nedenlerden ötürü de gemide oluşan bir arıza durumunda arızaya müdahale tepkisi ve hızı çok önem kazanmaktadır. Gemi elektrik sisteminde bir arıza oluştuğunda, arızalı bölgenin sistemin geri kalan arızasız/faal bölgelerinden izole tutulması, hızla arızanın giderilmesi ayrıca faal olup da izole edilmiş arızalı bölgede kaldığı için beslemesiz kalmış yüklere de elektrik iletiminin sağlanması gerekir. Geminin elektrik dağıtım sistemindeki bir arızada, arıza durumunun tanımlanıp, sistemin yeniden yapılandırılması, böylece sistemde iyileştirmeye, restorasyona gidilmesi arıza sonrası gerçekleştirilmesi gereken adımlardır. Sistemde arıza yeri ne kadar hızlı ve doğru olarak belirlenirse arıza durumundaki bir sonraki süreç olan restorasyon/ yeniden yapılandırma o kadar hızlı ve kapsamlı olarak gerçekleştirilecektir.

Gemi elektrik dağıtım sistemlerinde ana hatlar üzerinden çok fazla yan hat çıkışı olduğu için bir arıza olduğunda birbirine yakın olan hatlar veya elektriksel olarak generatörden uzaklıkları yakın olan hatlar muhtemel arıza yeri olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu da arıza yerini belirleme işlemini zorlaştırmakta, olası aday arıza

yeri sayısını arttırmaktadır. Arıza yerinin belirlenmesindeki bu belirsizlik, özellikle radyal dağıtım sistemi kullanan gemilerde gözlenmektedir. Arıza yeri belirleme işleminin bulanık karar verme yöntemine dayalı bir algoritma ile gerçekleştirilmesi, karar verme işleminde, sistem sorumlusunun deneyimlerinin de göz önüne alınabilmesi nedeniyle daha iyi sonuçlara ulaşmada yararlı olacaktır.

Bu tez çalışmasında, harp gemisi elektrik dağıtım sisteminde arıza yerinin belirlenmesinin bulanık karar verme yöntemine dayalı olarak gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. Yöntemde operatörlerin geminin dağıtım sisteminde ve arıza yeri belirlemede önceden kazanmış oldukları deneyim, üyelik fonksiyonları ile göz önüne alınabilir. Ayrıca yöntemde arıza yerini belirlerken hatların içinde bulundukları gemideki bölmelerin arıza yapma risklerine katkıları da göz önüne alınabilmektedir.

Bir harp gemisini bilgisayar ortamında modelleyebilmek için kullanılabilecek çeşitli simülasyon programları örnek bir sistem üzerinde denenmiş ve kullanıcı arayüzündeki kolaylık nedeniyle Matlab-Simulink programının kullanımına karar verilmiştir. Amaçlanan yöntemi örnek bir harp gemisinin üzerinde gerçeklemek için bir harp gemisine ait veriler kullanılarak simülasyon modeli bilgisayar ortamında oluşturulmuştur. Bulanık kümeler yardımıyla harp gemileri elektrik dağıtım sisteminde arıza yeri belirleme çalışmalarının gerçekleştirmek için model gemi üzerinde incelemeler yapılmış ve çeşitli arıza senaryolarında sonuçlar elde edilmiştir.

Örnek gemi sistemi üzerinde deneyim kazanmak amacıyla rasgele üretilmiş arıza senaryolarının sonuçları akım üyelik fonksiyonları oluşturulmasında kullanılmıştır. İncelemelerde sonuçlarda büyük etkisi olması nedeni ile, uygun üyelik fonksiyonunu belirlemenin önemli olduğu gözlenmiştir. Bu nedenle farklı tipte üyelik fonksiyonları göz önüne alınarak sonuçlar elde edilmiş ve sonuçların ışığında doğruluk derecesi en uygun tip belirlenmiştir.

Sadece arıza akımı üyelik fonksiyonuna dayalı olarak elde edilen sonuçlara göre arıza yeri hat uçlarına yakın olduğunda, aday arıza yeri sayısının artmakta ve karar verme ye ilişkin tatminlik derecesi düşmektedir. Bulanık karar verme yönteminin sağladığı en büyük esneklik birden fazla etki ve durumu, arıza yerini belirleme sürecine dahil edilebilme olanağıdır. Bir harp gemisi için bu etkiler, hatların bulundukları konumun etkisi, görev tipinin etkisi olarak verilebilir. Uygun üyelik fonksiyonlarının kullanımı ile bu etkilerin karar verme sürecine dahil edilmesi, aday arızalı hat sayısını azaltılabilmekte ve son karara ilişkin tatminlik derecesini yükseltebilmektedir. Tez çalışmasında, bir hattın gemi içindeki konumundan dolayı

arızalı hat olabilirliği üyelik fonksiyonları ile karar verme sürecine dahil edilmiş ve bir ana hat üzerinde gerçekleştirilen inceleme sonuçları sunulmuştur.

Sonuç olarak, bulanık karar vermeye dayalı olarak arıza yeri belirleme yönteminin, arıza tipinden etkilenmediği, arıza yeri belirleme işleminde ortaya çıkan belirsizliği gidermede ümit verici olduğu gözlenmiştir. Amaçlanan yöntemin başarısı, yöntemin uygulanacağı gemiye ilişkin arıza istatistikleri, yeterli donanım verisi, operatör deneyimleri ile oluşturulacak uygun üyelik fonksiyonlarının kullanımı ile artacaktır.

Gelecekte yapılacak çalışmalarla, ideale yakın olarak bir harp gemisindeki tüm gerilim ve frekans seviyelerinde görev yapan dağıtım sisteminin bilgisayar modeli oluşturularak daha kapsamlı bir sistemde farklı gerilim ve frekans seviyelerinde arıza yeri incelemeleri gerçekleştirilebilir.

Harp gemisi görev durumunu, hatların konum bilgisini, arıza istatistiklerini vb verileri uygun üyelik fonksiyonları ile karar verme sürecine dahil eden bulanık karar vermeye dayalı arıza yeri belirleme yöntemiyle beraber, koruma elemanları ve anahtar durumlarının/konumlarına ilişkin bilgilerin de kullanımı ile daha iyi sonuçların elde edilebileceği değerlendirilmelidir. Amaçlanan yöntemin, akıllı yöntemler ve uzman (expert) sistemlerin uygulamaları ile beraber kullanımı ise araştırılmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] **Butler-Purpy, K. L. , Sarma, N.D.R.**,2002, Visualization for Shipboard Power Systems, Proceedings of the 36th Annual Hawaii International Conference on, 6-9 Jan. 2003, pp:1-8
- [2] **Adediran, A. T.**, 2003, A Study of Power Electronic Building Block (PEBB)-Based Integrated Shipboard Power Systems During Reconfiguration, *PhD Thesis*, Texas A&M University, Texas
- [3] **Zang, H., Butler, K. L., Sarma, N.D.R., Do Carmo, H., Gopalakrishnan, S.**, 2001, Analysis of Tools for Simulation of Electric Power Systems, Elsevier Science on Electric Power Systems Research 58, pp. 111–122
- [4] **Zhang, H., Butler K.L, Sarma, N.D.R.**, 1998, Simulation of Ungrounded Shipboard Distribution Systems in PSpice, Proceedings of 1998 Midwest Symposium on Circuits of Systems, Notre Dame, pp 58-62
- [5] **Chester R. P., Rumburg J., W.**, 1993, Zonal Electrical Distribution Systems: An Affordable Architecture for the Future, Naval Engineers Journal, pp: 45-51
- [6] **Kaddah, S. S.**, 2002, Cost Effective Damage Control Analysis for Shipboard Power System, Central Asia, *PhD Thesis*, Horward University Department of Electrical Engineering, Washington D.C
- [7] **Butler, K. L., Sarma, N. D. R., Whitcomb, C., Do Carmo, H., Haibo, Z.**, 1998, Shipboard Systems Deploy Automated Protection, IEEE Computer Applications in Power, **Vol. 11, No:2**, pp. 31-36
- [8] **Srivastava, S. K., Butler, K. L., Sarma, N. D. R.**, 2002, Shipboard Power Restored for Active Duty, IEEE Computer Applications in Power, **Vol. 15, No:3**, pp. 16-23
- [9] **Jarventausta, P., Verho, P., Partanen, J.**,1994, Using Fuzzy Sets to Model The Uncertainty In The Fault Location Process of Distribution Networks, IEEE Transaction on Power Delivery, **Vol. 9, No:2**, pp. 954-960
- [10] **Zhong, W., Liu, W.-H. E.**, 1996, Application of a Fuzzy Set Method in Distribution System Fault Location, IEEE International Symposium, 12-15 May, **Vol 1**, pp: 617-620
- [11] **Eralp, F. ,** 1987, Gemi Elektriği, Cilt2, İ.T.Ü Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi Matbaası, İstanbul

- [12] **Güler, Ü.** , 1996, Bir Geminin Elektrik Donanımının İncelenmesi ve Projelendirilmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli
- [13] **Dz.K.K.**, 1961, Gemi Elektrik Sistemleri, Deniz Basımevi, İstanbul
- [14] **Hegner H., Desai B.**, 2002, Integrated Fight Through Power, IEEE Power Engineering Society Summer Meeting, **Vol: 1**, pp: 336 – 339
- [15] **Wasynczuk, O., Walters E., A., Hegner, H.**, 1997, Simulation of a Zonal Electric Distribution System for Shipboard Applications, IECEC-97 Energy Conversion Engineering Conference Proceedings of 32nd Intersociety, **Vol: 1**, pp: 268-273
- [16] **Ciezki, J.J., Ashton, R.W.** ,1999, A Technology Overview for a Proposed Navy Surface Combatant DC Zonal Electric System, Naval Engineers Journal, **Vol 111**, pp: 59-69
- [17] **Saha, M. M., Das, R., Verho, P., Novosel, D.**, 2002, Review of Fault Location Techniques for Distribution Systems, Power Systems and Communications Infrastructures for the Future, Beijing, 23-27 September 2002
- [18] **Usta, Ö., Bayrak, M.**, 2003, Adaptif Mesafe Rölesi, Elektrik-Elektronik-Bilgisayar 10ncu Ulusal Kongresi, 17–21 Eylül 2003, İstanbul, s: 71–74
- [19] **Pettissalo, S., Sauna-aho, S., Hanninen, S., Lehtonen, M., Maenpaa, R., Kuru, J.**, 2000, A New Application for Fault Location in Distribution Networks Tesla Report, No: 34/2000
- [20] **Butler, K. L., Sarma, N.D.R., Prasad, V.R.**, 2001, Network Reconfiguration for Service Restoration in Shipboard Power Distribution Systems, IEEE Transactions on Power Systems, **Vol: 16, No: 4**, pp: 653-661
- [21] **Rickover, H. G., Ross, P.N.**, 1944, Fault Protection on Shipboard AC Power Distribution Systems, AIEE Transactions, **Vol 63**, pp: 1109-1120
- [22] **Srivastava, S.K, Butler-Purry, K.L.**, 2003, Configuration Validation Using ATP Simulation for An Automatic Shipboard Power System Restoration Method, International Conference on Power Systems Transients (IPST 2003), September 2003, New Orleans, pp:1-5
- [23] **Adediran, A.T, Xiao, H., Butler, K.L.**, 2000, The Modeling and Performance Testing of a Shipboard Power System, Proceedings of the 33 Annual Frontiers of Power Conference, October 2000, **Vol: 1–1**, pp: 1–9
- [24] **Yih Hsu, Y., Lu, F.C., Chien, Y. Liu, J.P., Liu, J.T, Yu, H.S., Kuo, R.T.**, An Expert System for Locating Distribution System Faults, 1990, IEEE Transactions on Power Delivery , **Vol: 6, Issue:1** , pp: 366-372
- [25] **Afacan, I.E., Bağrıyanık, F.G., Bağrıyanık, M.** , 2004, Harp Gemileri Elektrik Dağıtım Sistemleri Üzerine Bir İnceleme, ELECO–2004, Bursa, s: 94–98

- [26] **Song, Y., Johns, A. T.**, 1997, Application of Fuzzy Logic in Power Systems Part1 General Introduction to Fuzzy Logic, IEEE Power Engineering Journal, **Vol. 11, No: 5**, pp. 219-222
- [27] **Song, Y., Johns, A. T.**, 1999, Application of Fuzzy Logic in Power Systems Part3 Example Applications, IEEE Power Engineering Journal, **Vol. 13, No: 2**, pp. 97-103
- [28] **Zimmermann, H.J.**, 1991, Fuzzy Set Theory-and Its Applications, Kluwer Academic Publishers, Massachusetts
- [29] **Bağrıyanık, M.**, 1997, Enerji iletiminde gerilim kararlı en uygun reaktif güç desteklemelerinin incelenmesi, *Doktora Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [30] **El-Hawary, M. E.**, 1998, Electric Power Application of Fuzzy Systems, Wiley-IEEE Press
- [31] **Tanaka, K.**, 1996, An Introduction to Fuzzy Logic for Practical Applications, Springer, New York, USA
- [32] **Cox, E.**, 1992, Fuzzy Fundamentals, IEEE Spectrum, October 1992, pp: 58-61
- [33] **CanAm ATP-EMTP User Group**, 1992, Alternative Transient Program (ATP) Rule Book, Portland
- [34] **MATLAB**, Release 13, 2002, The MathWorks Inc., Natick MA, USA
- [35] **MicroSim Corporation**, 1997, PSpice A/D Simulator ver 8.0, USA
- [36] **Analogy Inc.**, 2000, Saberbook Navigator ver 4.3, USA
- [37] **Mitchell and Gauthier Associates**, 1991, Advanced Continuous Simulation Language Reference Manual, Concord, Massachusetts
- [38] **Siemens**, Synchronous Machines-1FC6 Catalog, Order-No: NMA 2749 DE, Germany
- [39] **Uljanik**, Brushless Constant-Voltage Synchronous-Alternators 1FC (Low Voltage for Shipboard and Industrial Use), Pula, Croatia, pp: 1-40

EK A : MODELLENEN GEMİDE YER ALAN HATLARIN ÖZELLİKLERİ

Tablo A.1: Hat Özellikleri

Sıra NO	Hat İsmi	Hat Tipi	Hattın Bulunduğu Bölme Nosu	Bölmedeki Yaklaşık Uzunluğu (m)
1	B5A	4x400	5	9
2	B6A	4x400	6	8
3	B6B	4x10	6	4
4	B6C	4x4	6	8
5	B6D	4x25	6	4,5
6	B7A	4x16	7	7
7	B7B	4x400	7	6
8	B8A	4x16	8	7
9	B8B	4x10	8	4
10	B9A	4x2,5	9	5
11	B9B	4x10	8	4
12	B9C	4x16	9	3
13	B10A	4x2,5	10	7
14	M6A	4x400	6	4
15	M7A	4x4	7	6
16	M7B	4x25	7	4
17	M8A	4x4	8	3

Tablo A.1 (Devam)

Sıra NO	Hat İsmi	Hat Tipi	Hattın Bulunduğu Bölme Nosu	Bölmedeki Yaklaşık Uzunluğu (m)
18	V5A	4x400	5	5
19	V5B	4x10	5	5
20	V5C	4x25	5	4,5
21	V5D	4x25	5	5
22	K1A	4x4	1	1
23	K1B	4x2,5	1	0,84
24	K2A	4x4	2	3,5
25	K2B	4x2,5	2	3
26	K2C	4x16	2	2
27	K3A	4x400	3	6
28	K3B	4x2,5	3	4,1
29	K3C	4x16	3	5
30	K4A	4x400	4	2

EK B : MODEL GEMİDEKİ YÜKLERİN BÖLME ve GÜVERTELERE DAĞILIMI**Tablo B.1:** Yüklerin Bulundukları Bölme ve Güverte İsimleri

Bölme Numarası	Yükler	Güverte Numarası
1	Tahrik Kontrol Kumanda Kutusu (Steering Gear Change Over Box)	S
	Kıç İrgat Dağıtım Panosu	S
2	Kıç Top Kumanda Kontrol Kutusu	T
3	Havalandırma/İklimlendirme Sistemi Dağıtım Panosu#3	T
5	Havalandırma/İklimlendirme Sistemi Dağıtım Panosu#5	S
	Yangın İstasyonu Dağıtım Panosu#5	S
	440V/115V (60Hz) Transformatör#5	S
6	Yangın İstasyonu Dağıtım Panosu#6	S
	440V/115V (60Hz) Transformatör#6	S
	Havalandırma/İklimlendirme Sistemi Dağıtım Panosu#6	S
7	440 V/60Hz Alt Sistem Dağıtım Panosu	T
	Atış Kontrol Sist. Transformatör_1; 450V/115V	T
	Atış Kontrol Sist Transformatör_2; 450V/115V	T
7	Havalandırma/İklimlendirme Sistemi Dağıtım Panosu#6	M
8	440V/115V (60Hz) Transformatör#8	M
	Yangın İstasyonu Dağıtım Panosu#8	T
9	Yangın İstasyonu Dağıtım Panosu#9	S
	Baş Top Dağıtım Panosu	S
10	Baş İrgat Dağıtım Panosu	T

EK C : SİMÜLASYON MODELİ OLUŞTURULAN GEMİDEKİ YÜKLERE AİT DEĞERLER

Tablo C.1: Yüklerin Özellikleri

Yükler	Yüklere Ait Değerler
Tahrik Kontrol Kumanda Kutusu (Steering Gear Changeover Box)	5,5kW; 7.2A
Kıç Irgat Dağıtım Panosu	4kW; 5,2A
Kıç Top Kumanda Kontrol Kutusu	10kW; 16kVA; 15A
Havalandırma/İklimlendirme Sistemi Dağıtım Panosu#3	37,2kW; 48.8A
Havalandırma/İklimlendirme Sistemi Dağıtım Panosu#5	19,52kW; 35A
Yangın İstasyonu Dağıtım Panosu#5	25kW; 40,8A
440V/115V (60Hz) Transformatör#5	Aydınlatma Yükleri: 5619W; $\cos\phi = 0,8$ Makine Dairesi Kontrol Konsolu_1: 200W, $\cos\phi = 0,8$ Makine Dairesi Kontrol Konsolu:_2 250W, $\cos\phi = 0,8$ Makine Dairesindeki Diğer Yükler: 1040 W;180 Var
Yangın İstasyonu Dağıtım Panosu#6	25kW; 40,8A

Tablo C.1 (Devam)

Yükler	Yüklere Ait Değerler
440V/115V (60Hz) Transformatör#6	Aydınlatma Yükleri: 2450 W; $\cos\phi=0,8$ Köprü Üstü (K/Ü) Kontrol Konsolu= 5,1kW; $\cos\phi=0,8$ Makine Dairesi Bağlantı Kutusu: 540W, $\cos\phi=0,8$
Havalandırma/İklimlendirme Sistemi Dağıtım Panosu#6	48,35kW; 77A
440 V 60 Hz Alt Sistem Dağıtım Panosu (440V 60Hz Changeover Box)	Radio (Telsiz) transformatör ünitesi_1: 14,1 kVA; 18,5A Radio (Telsiz) Transformatör ünitesi_1: 14,1 kVA; 18,5A Suüstü Radar Transformatör ünitesi: 18.9 kVA; 24A; Suüstü Radarı Hidrolik Güç Ünitesi: 7kVA; 9.2A; Suüstü Radarı Sensör İklimlendirme Ünitesi:1kVA; 1.3A; Takip Radarı Güç Ünitesi ve Yükseltici Kabini: 1kVA; 1.3A; Baş Top Kontrol Kutusu: 5kW; 6.6A
Havalandırma/İklimlendirme Sistemi Dağıtım Panosu#6	48,35kW; 77A

Tablo C.1 (Devam)

Yükler	Yüklere Ait Değerler
Atış Kontrol Sistemi Transformatör_1; 450V/115V	Güdümlü Mermi Sist. Çok Amaçlı Konsülleri: 6,1kVA Güdümlü Mermi Lançer_1 Anahtarlama Ünitesi:2,4 kVA Güdümlü Mermi Lançer_2 Anahtarlama Ünitesi:2,4 kVA Cayro (Hakiki Kuzeyi Gösteren Pusula) Baş Top Bağlantı Kutusu: 0,5 kVA Güdümlü Mermi Sist. Anahtarlama Ünitesi: 0,2 kVA Diğer Yükler Toplamı (Radar, ripiter vs. görüntüleme konsülleri) : 3,39kVA İzleme Radarı ve direktör motoru: 1,9kVA Buradaki tüm yükler için $\cos\phi=0,8$ alındı.
Atış Kontrol Sistemi Transformatör_2; 450V/115V	Baş Top Çok Amaçlı Konsül: 0,75 kVA Dekoy (Yanılıcı/Sahte hedef oluşturan bir savunma sistemi, Decoy) Ana Güç Paneli: 0,65k VA Diğer Yükler Toplamı: 14,82kVA Buradaki tüm yükler için $\cos\phi=0,8$ alındı.
440V/115V (60Hz) Transformatör#8	Köprüüstü Kontrol Konsülü Aydınlatma Sist.: 2520W; $\cos\phi=1$ Aydınlatma Sistemi Bağlantı Kutusu: 6032W; $\cos\phi =0,8$ Mutfak Yükleri:480 W; $\cos\phi=0,8$ Köprüüstü Seyir Fenerleri ve Işıldak Paneli: 352W; $\cos\phi=0,8$

Tablo C.1 (Devam)

Yükler	Yüklere Ait Değerler
Yangın İstasyonu Dağıtım Panosu#8	25kW; 40,8 A
Yangın İstasyonu Dağıtım Panosu#9	25kW; 40,8 A
Baş Top Dağıtım Panosu	17kW; 24 A
Baş Irgat Dağıtım Panosu	4.5kW; 6 A

EK D : MODEL GEMİDE BULUNAN YÜKLERİN ANAHTAR DURUMLARI

Tablo D.1: Seyir Durumundaki Model Gemi için Yüklerin Anahtar Durumları

Yükler	Yüklerin Simülasyondaki Anahtar Konumları (Açık/ Kapalı=Devrede Değil/Devrede)
Tahrik Kontrol Kumanda Kutusu	Kapalı
Kıç Irgat Dağıtım Panosu	Açık
Kıç Top Kumanda Kontrol Kutusu	Açık
Havalandırma/İklimlendirme Sistemi Dağıtım Panosu#3	Kapalı
Havalandırma/İklimlendirme Sistemi Dağıtım Panosu#5	Kapalı
Yangın İstasyonu Dağıtım Panosu#5	Açık
440V/115V (60Hz) Transformatör#5	Aydınlatma Yükleri: Kapalı Makine Dairesi Kontrol Konsülü_1: Kapalı Makine Dairesi Kontrol Konsülü_2: Kapalı Makine Dairesindeki Diğer Yükler: Kapalı
Yangın İstasyonu Dağıtım Panosu#6	Açık
440V/115V (60Hz) Transformatör#6	Aydınlatma Yükleri: Kapalı Köprü Üstü (K/Ü) Kontrol Konsülü: Kapalı Makine Dairesi Bağlantı: Kapalı
Havalandırma/İklimlendirme Sistemi Dağıtım Panosu#6	Kapalı

Tablo D.1 (Devam)

Yükler	Yüklerin Simülasyondaki Anahtar Konumları (Açık/ Kapalı=Devrede Değil/Devrede)
440 V 60 Hz Alt Sistem Dağıtım Panosu	Radyo (Telsiz) Transformatör Ünitesi_1: Kapalı Radyo (Telsiz) Transformatör Ünitesi_2: Kapalı Suüstü Radar Transformatör Ünitesi: Kapalı Suüstü Radarı Hidrolik Güç Ünitesi: Kapalı Suüstü Radarı Sensör İklimlendirme Ünitesi: Kapalı Takip Radarı Güç Ünitesi ve Yükseltici Kabini: Açık Baş Top Kontrol Kutusu: Açık
Atış Kontrol Sistemi Transformatör_1; 450V/115V	Güdümlü Mermi Sist. Çok Amaçlı Konsülleri: Açık Güdümlü Mermi Lançer_1 Anahtarlama Ünitesi: Açık Güdümlü Mermi Lançer_2 Anahtarlama Ünitesi: Açık Cayro (Hakiki Kuzeyi gösteren Pusula)/ Baş Top Bağlantı Kutusu: Açık Güdümlü Mermi Sist. Anahtarlama Ünitesi: Açık Diğer Yükler Toplamı (Radar, ripiter vs. görüntüleme konsülleri): Açık İzleme Radarı ve Direktör motoru: Açık

Tablo D.1 (Devam)

Yükler	Yüklere Ait Değerler
Atış Kontrol Sistemi Transformatör_2; 450V/115V	Baş Top Çok Amaçlı Konsül: Açık Dekoy (Yanılıcı/Sahte hedef oluşturan bir savunma sistemi, Decoy) Ana Güç Paneli: Açık Diğer Yükler Toplamı: Açık
Havalandırma/İklimlendirme Sistemi Dağıtım Panosu#6	Kapalı
440V/115V (60Hz) Transformatör#8	Köprüüstü Kontrol Konsolu Aydınlatma Sist.: Kapalı Aydınlatma Sistemi Bağlantı Kutusu: Kapalı Mutfak Yükleri: Kapalı Köprüüstü Seyir Fenerleri&Işıldak Paneli: Kapalı
Yangın İstasyonu Dağıtım Panosu#8	Açık
Yangın İstasyonu Dağıtım Panosu#9	Açık
Baş Top Dağıtım Panosu	Açık
Baş İrgat Dağıtım Panosu	Açık

EK E : AKIM ÜYELİK FONKSİYONLARINA AİT PARAMETRELER

Burada Tablo E.1 ve Tablo E.2’de sırasıyla UF1 ve UF10 üyelik fonksiyonu tiplerine ait parametre değerleri sunulmaktadır. Diğer üyelik fonksiyon tiplerine ait parametre değerleri de tez çalışması sırasında oluşturulmuştur. Tablo E.3’de akım üyelik fonksiyonlarından UF18 tipine ait parametre değerleri gözlemlenmektedir. UF18 üyelik fonksiyonu bu çalışma için temel oluşturacak bir üyelik tipi olarak dikkat çekmektedir.

Tablo E.1: Üyelik Fonksiyonu UF1 için Parametre Değerleri

Hat İsimleri	Baş=1 Vasat=2 Kiç=3 AnaHat/Kol	a_degeri	b_degeri	c_degeri	d_degeri
B5A	1	451,5552	451,6223	451,6559	451,7293
B6A	1	451,2539	451,3741	451,4343	451,5612
B6B	1	447,9708	449,3622	450,0777	451,5571
B6C	1	440,3617	444,4403	446,6539	452,5142
B6D	1	448,6862	449,8076	450,3807	451,5586
B7A	1	449,285	450,0601	450,4536	451,2586
B7B	1	449,1771	449,2206	449,2424	449,2917
B8A	1	446,2017	447,3627	447,9569	449,1799
B8B	1	445,8142	447,122	447,7935	449,179
B9A	1	437,4515	441,7115	444,0271	449,1304
B9B	1	435,0117	435,9814	436,4744	437,4813
B9C	1	445,0042	445,4794	445,7193	446,2089
B10A	1	425,3957	429,8772	432,267	437,4377
M6A	1	450,5028	450,8015	450,9516	451,2596
M7A	1	441,3907	444,7696	446,5775	450,4791
M7B	1	449,369	449,8185	450,0452	450,5085
M8A	1	437,366	438,9343	439,7412	441,4088
V5A	2	451,3198	451,3858	451,4188	451,491
V5B	2	445,1017	447,5356	448,7776	451,3207
V5C	2	449,0606	449,9573	450,409	451,3252
V5D	2	429,029	437,327	441,7447	451,2521

Tablo E.1 (Devam)

Hat İsimleri	Baş=1 Vasat=2 Kıç=3 AnaHat/Kol	a_degeri	b_degeri	c_degeri	d_degeri
K1A	3	438,4411	439,5015	440,0365	441,1161
K1B	3	420,1925	421,367	421,96	423,155
K2A	3	441,1084	445,0183	447,0446	451,252
K2B	3	423,1491	427,0959	429,1268	433,3136
K2C	3	449,7381	450,3442	450,6507	451,2671
K3A	3	451,2708	451,3434	451,3814	451,4574
K3B	3	433,2978	440,0286	443,5962	451,2155
K3C	3	447,6736	449,164	449,9209	451,4555
K4A	3	451,3942	451,4829	451,4955	451,5209

Tablo E.2: Üyelik Fonksiyonu UF10 için Parametre Değerleri

Grafikteki Değerler/Hat İsimleri	Baş=1 Vasat=2 Kıç=3 AnaHat/Kol	a_degeri	b_degeri	c_degeri	d_degeri
B5A	1	451,5552	451,58873	451,6835	451,7293
B6A	1	451,2539	451,31387	451,48863	451,5612
B6B	1	447,9708	448,66123	450,80253	451,5571
B6C	1	440,3617	442,35743	448,01213	452,5142
B6D	1	448,6862	449,24363	450,95713	451,5586
B7A	1	449,285	449,67097	450,8455	451,2586
B7B	1	449,1771	449,19883	449,25857	449,2917
B8A	1	446,2017	446,77853	448,556	449,1799
B8B	1	445,8142	446,4634	448,47277	449,179
B9A	1	437,4515	439,5354	446,501	449,1304
B9B	1	435,0117	435,4944	436,96983	437,4813
B9C	1	445,0042	445,24117	445,9558	446,2089
B10A	1	425,3957	427,60007	434,78793	437,4377
M6A	1	450,5028	450,65197	451,09643	451,2596
M7A	1	441,3907	443,05007	448,47907	450,4791
M7B	1	449,369	449,5932	450,26753	450,5085
M8A	1	437,366	438,1441	440,56163	441,4088
V5A	2	451,3198	451,35277	451,44563	451,491
V5B	2	445,1017	446,312	450,03273	451,3207
V5C	2	449,0606	449,508	450,85703	451,3252
V5D	2	429,029	433,11087	446,3904	451,2521
K1A	3	438,4411	438,97	440,57493	441,1161
K1B	3	420,1925	420,77493	422,5562	423,155
K2A	3	441,1084	443,04057	449,12627	451,252
K2B	3	423,1491	425,10403	431,2023	433,3136
K2C	3	449,7381	450,03573	450,9584	451,2671
K3A	3	451,2708	451,302	451,4194	451,4574
K3B	3	433,2978	436,60817	447,33453	451,2155
K3C	3	447,6736	448,41123	450,68533	451,4555
K4A	3	451,3942	451,4668	451,5083	451,5209

Tablo E.3: Üyelik Fonksiyonu UF18 için Parametre Değerleri

Hat İsimleri	Baş=1 Vasat=2 Kıç=3 AnaHat/Kol	a_degeri	b_degeri	c_degeri	d_degeri
B5A	1	451,5204	451,58873	451,6835	451,7728
B6A	1	451,1924	451,31387	451,48863	451,638
B6B	1	447,2536	448,66123	450,80253	452,4536
B6C	1	437,9312	442,35743	448,01213	455,5523
B6D	1	448,1118	449,24363	450,95713	452,2767
B7A	1	448,8903	449,67097	450,8455	451,752
B7B	1	449,1542	449,19883	449,25857	449,3203
B8A	1	445,6061	446,77853	448,556	449,9244
B8B	1	445,1412	446,4634	448,47277	450,0202
B9A	1	435,1157	439,5354	446,501	452,0501
B9B	1	434,5178	435,4944	436,96983	438,0987
B9C	1	444,7632	445,24117	445,9558	446,51
B10A	1	422,9873	427,60007	434,78793	440,4482
M6A	1	450,3515	450,65197	451,09643	451,4488
M7A	1	439,5731	443,05007	448,47907	452,7512
M7B	1	449,1411	449,5932	450,26753	450,7934
M8A	1	436,5574	438,1441	440,56163	442,4195
V5A	2	451,2855	451,35277	451,44563	451,5338
V5B	2	443,8579	446,312	450,03273	452,8755
V5C	2	448,6077	449,508	450,85703	451,8914
V5D	2	424,5844	433,11087	446,3904	456,8078
K1A	3	437,906	438,97	440,57493	441,7849
K1B	3	419,6	420,77493	422,5562	423,8956
K2A	3	439,0797	443,04057	449,12627	453,7879
K2B	3	421,1162	425,10403	431,2023	435,8548
K2C	3	449,4323	450,03573	450,9584	451,6493
K3A	3	451,2335	451,302	451,4194	451,5041
K3B	3	429,7143	436,60817	447,33453	455,695
K3C	3	446,9172	448,41123	450,68533	452,401
K4A	3	451,3689	451,4668	451,5083	451,5526

EK F : ÜYELİK DEĞERLERİ İÇİN MATLAB FONKSİYONU

% X=30*5 ve X(i,j) ve i=satır_hat no, j=(a,b,c,d,konum); (a,b,c,d) değerleri seçilen
%üyelik fonksiyonu tipine göre önceden belirlendi

% Konum ise 1=bas, 2=vasat, 3=pupa olmak üzere ölçüm sensorü bilgisini verir

```
function sonuc = Member_alfa_V3(X,hatname),
```

% Akım ve konum bilgilerini gir

% I, (1x2) matris: 1. sütun, arıza akımı; 2. sütun, konum bilgisi

```
I(1,1)=input('Arıza Sonrası Okunan I (Amper) Degerini Gir=');
```

```
I(1,2)=input('Akım Nereden Okundu? Bas=1; Vasat=2; Pupa=3; Giriniz=');
```

% alfa değerini gir. alfa-kesmesi 0:1 arasında olmalı

```
alfa=input('Alfa Kesme Seviyesini Girin (alfa=0:1) =');
```

% membership fonksiyonunu oluştur

```
L = size(X, 1);
```

```
for i = 1 : L,
```

```
    if I < X(i, 1),
```

```
        Mu(i) = 0;
```

```
    elseif X(i, 1) <= I(1) & I(1) < X(i, 2)
```

```
        Mu(i) = 0.8*(I(1) - X(i, 1)) / (X(i, 2) - X(i, 1));
```

```
    elseif X(i, 2) <= I(1) & I(1) <= X(i, 3),
```

```
        Mu(i) = 0.8;
```

```
    elseif X(i, 3) < I(1) & I(1) <= X(i, 4),
```

```
        Mu(i) = 0.8*(X(i, 4) - I(1)) / (X(i, 4) - X(i, 3));
```

```
    elseif I(1) > X(i, 4),
```

```
        Mu(i) = 0;
```

```
    end
```

```
end
```

% sonuclara, alfa-kesmesi uygula,

```
% sonuc=(satır nosu, Mu degeri) bilgilerini iceren bir matris
```

```
a=0;
```

```
for i = 1 : L,  
    if Mu(i) >= alfa & l(2)==X(i,5),  
        a=a+1;  
        sonuc(a,1)=i;  
        sonuc(a,2)=Mu(i);  
        sonucA(a,1)= hatname(i);  
    end  
end
```

```
sonucA,
```

```
% Mu(i) i=1:L (tüm hatlar) için grafiklerin çizdirilmesi.
```

```
M= [0, 0.8, 0.8, 0];
```

```
x(:,1)=X(:,1);  
x(:,2)=X(:,2);  
x(:,3)=X(:,3);  
x(:,4)=X(:,4);
```

```
for i = 1 : L,  
    plot(x(i, :), M), hold on,  
end
```

```
hold off;
```

Tablo G.1: UF1 Tipindeki Üyelik Fonksiyonları ile Elde Edilen Sonuçlar

Senaryolar		Bulanık Kümelerle Bulunan Arıza Yeri							
		α_i : "j" nci seviyedeki α -kesmesi							
Hat Adı	Arıza Yeri	$\alpha_1=0.8$	$\alpha_2=0.7$	$\alpha_3=0.6$	$\alpha_4=0.5$	$\alpha_5=0.4$	$\alpha_6=0.3$	$\alpha_7=0.2$	$\alpha_8=0.01$
L15	%61	L4 = 0.8	L4; L15=0.7792	L4; L15; L10=0.6974	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15
L23	%89	-	-	-	-	-	-	L23=0.2184	L23
L2	%46	L2=0.8	L2	L2	L2	L2	L2;	L2	L2; L3=0.0762; L4=0.1499; L5=0.0967
L14	%82	-	-	L5=0.6259; L6=0.6177	L5; L6;	L5; L6; L3=0.4975;	L3; L5; L6; L14=0.3594	L3; L5; L6; L4=0.2563; L14;	L3; L4; L5; L6; L14;
L8	%95	L4=0.8; L15=0.8	L4; L15	L4; L15	L4; L15	L4; L15; L10=0.4363;	L4; L10; L15; L9=0.3259	L4; L9; L10; L15	L4; L9; L10; L15; L8=0.1
L24	%62	-	L24=0.7591	L24; L28=0.6717	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28
L22	%92	-	-	L28=0.6365	L28	L28	L28	L28	L22=0.1597; L28
L13	%18	-	-	-	-	-	L13=0.3691	L13;	L11=0.0335; L13
L28	%94	-	-	-	-	-	-	-	L28= 0.1189
L27	%41	L27=0.8	L27	L27	L27	L27	L27;	L27	L27; L29=0.0396
L11	%6	-	-	-	-	-	-	-	L11=0.1228; L13=0.0172
L1	%81	-	-	-	-	-	L1=0.3791	L1	L4=0.1266;
L7	%14	-	L3=0.7474	L3	L3	L3; L4=0.4428; L5=0.4170	L3; L4; L5; L7=0.3391	L3; L4; L5; L7; L15=0.2478	L3; L4; L5; L7; L15;
L19	%20	L20=0.8	L20	L20	L20	L19=0.4033; L20	L19; L20;	L19; L20;	L19; L20; L21=0.1021
L13	%50	L13=0.8	L13	L13	L13	L13	L13	L13	L13
L13	%95	-	-	-	-	-	-	-	L13=0.0999
TD_{α_i}		%18.75	%28.125	%23.958	%23.958	%27.08	%42.708	%48.333	%53.229

Tablo G.2: UF2 Tipindeki Üyelik Fonksiyonları ile Elde Edilen Sonuçlar

Senaryolar		Bulanık Kümelerle Bulunan Arıza Yeri							
		α_j : "j" nci seviyedeki α -kesmesi							
Hat Adı	Arıza Yeri	$\alpha_1=0.8$	$\alpha_2=0.7$	$\alpha_3=0.6$	$\alpha_4=0.5$	$\alpha_5=0.4$	$\alpha_6=0.3$	$\alpha_7=0.2$	$\alpha_8=0.01$
L15	%61	L4 = 0.8	L4; L10=0.7165; L15=0.7792	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15
L23	%89	-	-	-	-	-	-	L23=0.2184	L23
L2	%46	L2=0.8	L2	L2	L2	L2	L2;	L2; L3=0.2174; L4=0.2615; L5=0.2346	L2;L3; L4; L5; L6=0.0318;
L14	%82	-	-	L5=0.6601; L6=0.6536	L3=0.5566; L5; L6;	L3; L5; L6;	L3; L5; L6; L4=0.3496 L14=0.3594	L3; L4; L5; L6; L14;	L3; L4; L5; L6; L14; L15=0.1249
L8	%95	L4=0.8 L15=0.8	L4; L15	L4; L15	L4; L15; L10=0.5041	L4; L10; L15;	L4; L10; L15; L9=0.3259	L4; L9; L10; L15	L4; L9; L10; L15; L8=0.1;
L24	%62	-	L24=0.7591;	L24; L28=0.6961	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28
L22	%92	-	-	L28=0.6365	L28	L28	L28	L28	L22=0.1597; L28
L13	%18	-	-	-	-	L13=0.4505	L13	L13;	L11=0.0335; L13
L28	%94	-	-	-	-	-	-	-	L25=0.0048; L28=0.1189
L27	%41	L27=0.8	L27	L27	L27	L27	L27;	L27	L27; L24=0.1359; L26=0.0421; L28=0.1384; L29=0.19
L11	%6	-	-	-	-	-	-	L11=0.2561	L11; L13=0.1650
L1	%81	-	-	-	-	-	L1=0.3791	L1; L4=0.2422;	L1; L4; L2=0.0249; L3=0.1431, L5=0.1413
L7	%14	-	L3=0.7474	L3	L3; L4=0.5041	L3; L4; L7=0.4260 L5=0.4170	L3; L4; L5; L7; L15; L15=0.3521	L3; L4; L5; L7; L15;	L3; L4; L5; L7; L15; L8=0.1088; L9=0.1137; L10=0.1311
L19	%20	L20=0.8	L20	L20	L20	L19=0.4812; L20	L19; L20;	L19; L20; L21=0.2343	L19; L20; L21
L13	%50	L13=0.8	L13	L13	L13	L13	L13	L13	L13
L13	%95	-	-	-	-	-	-	-	L13=0.0999
TD_{α_i}		%18.75	%27.08	%23.958	%23.958	%34.89	%42.08	%45.729	%45.36

Tablo G.3: UF3 Tipindeki Üyelik Fonksiyonları ile Elde Edilen Sonuçlar

Senaryolar		Bulanık Kümelerle Bulunan Arıza Yeri							
		α_j : "j" nci seviyedeki α -kesmesi							
Hat Adı	Arıza Yeri	$\alpha_1=0.8$	$\alpha_2=0.7$	$\alpha_3=0.6$	$\alpha_4=0.5$	$\alpha_5=0.4$	$\alpha_6=0.3$	$\alpha_7=0.2$	$\alpha_8=0.01$
L15	%61	L4 = 0.8	L4; L10=0.7236; L15=0.7792	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15
L23	%89	-	-	-	-	-	-	L23=0.2184	L23
L2	%46	L2=0.8	L2	L2	L2	L2	L2; L4=0.3041	L2; L3=0.2692; L4; L5=0.2851	L2;L3; L4; L5; L6=0.1006; L15=0.0648
L14	%82	-	-	L5=0.6725; L6=0.6667	L3; L6; L3=0.5782;	L3; L5; L6;	L3; L5; L6; L4=0.3853; L14=0.3594	L3; L4; L5; L6; L14;	L3; L4; L5; L6; L14; L10=0.0286; L15=0.1832; L16=0.0536;
L8	%95	L4=0.8; L15=0.8	L4; L15	L4; L15	L4; L15; L10=0.5293	L4; L10; L15	L4; L10; L15; L9=0.3259	L4; L9; L10; L15;	L4; L9; L10; L15; L8=0.1; L12=0.0509
L24	%62	-	L24=0.7591; L28=0.7051	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28
L22	%92	-	-	L28=0.6365	L28	L28	L28	L28	L22=0.1597; L28
L13	%18	-	-	-	-	L13=0.4806	L13	L13;	L11=0.0335; L13
L28	%94	-	-	-	-	-	-	-	L28= 0.1189; L25=0.0756
L27	%41	L27=0.8	L27	L27	L27	L27	L27;;	L27; L29=0.2449	L27; L29; L24=0.1947; L26=0.1106; L28=0.1959
L11	%6	-	-	-	-	-	L11=0.3049	L11; L13=0.2198	L11; L13
L1	%81	-	-	-	-	-	L1=0.3791	L1; L3=0.2015, L4=0.2863; L5=0.2001	L1; L3; L4; L5; L2=0.0937; L15=0.0388
L7	%14	-	L3=0.7474	L3	L3; L4=0.5275	L3; L4; L7=0.4582 L5=0.4170	L3; L4; L5; L7; L15=0.3907	L3; L4; L5; L7; L15;	L3; L4; L5; L7; L15; L8=0.1705; L9=0.1748; L10=0.1881
L19	%20	L20=0.8	L20	L20	L19=0.5097; L20	L19; L20	L19; L20	L19; L20; L21=0.2833	L19; L20; L21
L13	%50	L13=0.8	L13	L13	L13	L13	L13	L13	L13
L13	%95	-	-	-	-	-	-	-	L13=0.0999
TD_{α_i}		%18.75	%23.95	%23.95	%27.08	%34.89	%45.20	%37.91	%44.479

Tablo G.4: UF4 Tipindeki Üyelik Fonksiyonları ile Elde Edilen Sonuçlar

Senaryolar		Bulanık Kümelerle Bulunan Arıza Yeri							
		α_j : "j" nci seviyedeki α -kesmesi							
Hat Adı	Arıza Yeri	$\alpha_1=0.8$	$\alpha_2=0.7$	$\alpha_3=0.6$	$\alpha_4=0.5$	$\alpha_5=0.4$	$\alpha_6=0.3$	$\alpha_7=0.2$	$\alpha_8=0.01$
L15	%61	L4 = 0.8	L4; L10=0.7296; L15=0.7792	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15
L23	%89	-	-	-	-	-	-	L23=0.2184	L23
L2	%46	L2=0.8	L2	L2	L2	L2	L2; L3=0.3125; L4=0.3405; L5=0.3273	L2;L3; L4; L5	L2;L3; L4; L5; L6=0.1581; L10=0.0054; L15=0.1232;
L14	%82	-	-	L5=0.6830; L6=0.6777	L3=0.5963; L5; L6	L3; L5; L6; L4=0.4157	L3; L4; L5; L6; L14=0.3594	L3; L4; L5; L6; L14; L15=0.2322;	L3; L4; L5; L6; L14; L15; L16=0.1151; L10=0.0892;
L8	%95	L4=0.8; L15=0.8	L4; L15	L4; L15	L4; L15; L10=0.5505	L4; L15; L10;	L4; L10; L15; L9=0.3259	L4; L9; L10; L15;	L4; L9; L10; L15; L8=0.1; L12=0.1127
L24	%62	-	L24=0.7591; L28=0.7127	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28
L22	%92	-	-	L28=0.6365	L28	L28	L28	L28	L22=0.1597;; L28
L13	%18	-	-	-	L13=0.5060	L13	L13	L13;	L13; L11=0.0335
L28	%94	-	-	-	-	-	-	-	L25=0.1348; L28=0.1189
L27	%41	L27=0.8	L27	L27	L27	L27	L27;	L27; L24=0.2439; L28=0.2442; L29=0.2907	L24; L27; L28; L29; L26=0.1677;
L11	%6	-	-	-	-	-	L11=0.3456	L11; L13=0.2659	L11; L13
L1	%81	-	-	-	-	-	L1=0.3791; L4=0.3240;	L1; L4; L3=0.2503, L5=0.2493	L1; L3; L4; L2=0.1513; L5; L6=0.0443; L15=0.0993
L7	%14	-	L3=0.7474	L3	L3; L4=0.5475	L3; L4; L7=0.4854; L5=0.4170; L15=0.4233	L3; L4; L5; L7; L15;	L3; L4; L5; L7; L15; L8=0.2220; L9=0.2259; L10=0.2361	L3; L4; L5; L7; L8; L9; L10; L15;
L19	%20	L20=0.8	L20	L20	L19=0.5336; L20	L19; L20	L19; L20; L21=0.3244	L19; L20; L21	L19; L20; L21
L13	%50	L13=0.8	L13	L13	L13	L13	L13	L13	L13
L13	%95	-	-	-	-	-	-	-	L13=0.0999
TD_{α_i}		%18.75	%23.958	%23.95	%33.33	%34.58	%39.479	%35.67	%44.53

Tablo G.5: UF5 Tipindeki Üyelik Fonksiyonları ile Elde Edilen Sonuçlar

Senaryolar		Bulanık Kümelerle Bulunan Arıza Yeri							
		α_j : "j" nci seviyedeki α -kesmesi							
Hat Adı	Arıza Yeri	$\alpha_1=0.8$	$\alpha_2=0.7$	$\alpha_3=0.6$	$\alpha_4=0.5$	$\alpha_5=0.4$	$\alpha_6=0.3$	$\alpha_7=0.2$	$\alpha_8=0.01$
L15	%61	L4 = 0.8	L4; L10=0.7347; L15=0.7792	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15
L23	%89	-	-	-	-	-	-	L23=0.2184	L23
L2	%46	L2=0.8	L2	L2	L2	L2	L2; L3=0.3493; L4=0.3719; L5=0.3631	L2;L3; L4; L5; L6=0.2069;	L2;L3; L4; L5; L6; L15=0.1730; L10=0.0632; L14=0.0525
L14	%82	-	-	L3=0.6117; L5=0.6919; L6=0.6870	L3; L5; L6	L3; L5; L6; L4=0.4419	L3; L4; L5; L6; L14=0.3594	L3; L4; L5; L6; L14; L15=0.2740	L3; L4; L5; L6; L14; L15; L10=0.1409; L16=0.1672
L8	%95	L4=0.8 L15=0.8	L4; L15	L4; L15	L4; L15; L10=0.5687	L4; L15; L10	L4; L10; L15; L8=0.1; L9=0.3259	L4; L8; L9; L10; L15	L4; L8; L9; L10; L15 L12=0.1650;
L24	%62	-	L24=0.7591; L28=0.7192	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28
L22	%92	-	-	L28=0.6365	L28	L28	L28	L28	L22=0.1597; L28
L13	%18	-	-	-	L13=0.5276	L13	L13	L13;	L11=0.0335; L13
L28	%94	-	-	-	-	-	L28=0.1189	L25=0.1850; L28	L25; L28
L27	%41	L27=0.8	L27	L27	L27	L27 L29=0.3295	L27;;	L26=0.2161; L24; L27 L24=0.2857; L28=0.2853; L28; L29	L24; L26; L27; L28; L29;
L11	%6	-	-	-	-	-	L11=0.3802; L13=0.3052	L11; L13;	L11; L13;
L1	%81	-	-	-	L1=0.3791	L1	L1; L4=0.3565;	L1; L4 L2=0.2003 L3=0.2918 L5=0.2910	L1; L2; L3; L4; L5; L6=0.1017; L10=0.0462; L15=0.1509
L7	%14	-	L3=0.7474	L3	L3; L4=0.5647; L7=0.5085	L3; L4; L7; L5=0.4170; L15=0.4510	L3; L4; L5; L7; L15;	L3; L4; L5; L7; L15; L8=0.2658; L9=0.2693; L10=0.2771	L3; L4; L5; L7; L8; L9; L10; L15;
L19	%20	L20=0.8	L20	L20	L19=0.5538; L20	L19; L20	L19; L20; L21=0.3595	L19; L20; L21	L19; L20; L21
L13	%50	L13=0.8	L13	L13	L13	L13	L13	L13	L13
L13	%95	-	-	-	-	-	-	-	L13=0.0999
TD_{α_i}		%18.75	%23.95	%23.95	%41.66	%40.83	%40.72	%39.11	%43.95

Tablo G.6: UF6 Tipindeki Üyelik Fonksiyonları ile Elde Edilen Sonuçlar

Senaryolar		Bulanık Kümelerle Bulunan Arıza Yeri							
		α_i : "j" nci seviyedeki α -kesmesi							
Hat Adı	Arıza Yeri	$\alpha_1=0.8$	$\alpha_2=0.7$	$\alpha_3=0.6$	$\alpha_4=0.5$	$\alpha_5=0.4$	$\alpha_6=0.3$	$\alpha_7=0.2$	$\alpha_8=0.01$
L15	%61	L4 = 0.8	L4; L10=0.7392; L15=0.7865	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15
L23	%89	-	-	-	-	L23=0.4134	L23	L23	L23
L2	%46	L2=0.8	L2	L2	L2	L2	L2; L3=0.3809; L4=0.3992; L5=0.3938	L2; L3; L4; L5; L6=0.2488; L15=0.2160	L2; L3; L4; L5; L6; L15; L10=0.1132; L14=0.1054
L14	%82	-	-	L3=0.6249; L5=0.6995; L6=0.6950	L3; L5; L6; L14=0.5076	L3; L5; L6; L14; L4=0.4648	L3; L4; L5; L6; L14; L15=0.3100	L3; L4; L5; L6; L14; L15; L16=0.2120	L3; L4; L5; L6; L14; L15; L16; L10=0.1856;
L8	%95	L4=0.8 L15=0.8	L4; L15	L4; L15	L4; L15; L10=0.5844	L4; L15; L10; L9=0.4869	L4; L9; L10; L15; L8=0.3374	L4; L8; L9; L10; L15; L12=0.2100	L4; L8; L9; L10; L12; L15
L24	%62	-	L24=0.7731; L28=0.7247	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28
L22	%92	-	-	L28=0.6933	L28	L28	L22=0.3744; L28	L22; L28	L22; L28
L13	%18	-	-	-	L13=0.5463	L13	L13	L13; L11=0.2921	L11; L13
L28	%94	-	-	-	-	-	L28=0.3556	L25=0.2282; L28	L25; L28
L27	%41	L27=0.8	L27	L27	L27	L27	L27; L24=0.3217; L28=0.3208; L29=0.3628	L26=0.2577; L24; L27; L28; L29	L24; L26; L27; L28; L29; L30=0.0746
L11	%6	-	-	-	-	L11=0.4098	L11; L13=0.3391	L11; L13; L10=0.2682; L17=0.259	L10; L11; L13; L17
L1	%81	-	-	-	L1=0.5229	L1	L1; L3=0.3275; L4=0.3848; L5=0.3269	L1; L3; L4; L5; L2=0.2423	L1; L2; L3; L4; L5; L6=0.1510; L10=0.0973; L15=0.1954
L7	%14	-	L3=0.7653	L3	L3; L4=0.5798 L7=0.5285 L5=0.5468	L3; L4; L5; L7; L15=0.4749	L3; L4; L5; L7; L15; L8=0.3033; L9=0.3065; L10=0.3126	L3; L4; L5; L7; L8; L9; L10; L15; L6=0.2602;	L3; L4; L5; L6; L7; L8; L9; L10; L15; L16=0.1532
L19	%20	L20=0.8	L20	L20	L19=0.5711; L20	L19; L20	L19; L20; L21=0.3898	L19; L20; L21	L19; L20; L21
L13	%50	L13=0.8	L13	L13	L13	L13	L13	L13	L13
L13	%95	-	-	-	-	-	L13=0.3446	L13	L13
TD_{α_i}		%18.75	%27.083	%23.958	%23.958	%42.708	%42.08	%48.85	%43.19

Tablo G.7: UF7 Tipindeki Üyelik Fonksiyonları ile Elde Edilen Sonuçlar

Senaryolar		Bulanık Kümelerle Bulunan Arıza Yeri							
		α_j : "j" nci seviyedeki α -kesmesi							
Hat Adı	Arıza Yeri	$\alpha_1=0.8$	$\alpha_2=0.7$	$\alpha_3=0.6$	$\alpha_4=0.5$	$\alpha_5=0.4$	$\alpha_6=0.3$	$\alpha_7=0.2$	$\alpha_8=0.01$
L15	%61	L4 = 0.8	L4; L10=0.7255; L15=0.7836	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15
L23	%89	-	-	-	-	-	L23=0.3355	L23	L23
L2	%46	L2=0.8	L2	L2	L2	L2	L2; L4=0.3156	L2; L4; L3=0.2830; L5=0.2985	L2; L3; L4; L5; L6=0.1189; L15=0.0833
L14	%82	-	-	L5=0.6759; L6=0.6702	L5; L6; L3=0.5840	L3; L5; L6; L14=0.4485	L3; L5; L6; L14; L4=0.3949	L3; L4; L5; L6; L14	L3; L4; L5; L6; L14; L10=0.0478; L15=0.1987; L16=0.0731
L8	%95	L4=0.8 L15=0.8	L4; L15	L4; L15	L4; L15; L10=0.536	L4; L15; L10; L9=0.4229	L4; L9; L10; L15	L4; L9; L10; L15; L8=0.2429	L4; L8; L9; L10; L15; L12=0.0706
L24	%62	-	L24=0.7676; L28=0.7075	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28
L22	%92	-	-	L28=0.6708	L28	L28	L28	L22=0.2887; L28	L22; L28
L13	%18	-	-	-	-	L13=0.4887	L13	L13;	L11=0.1891; L13
L28	%94	-	-	-	-	-	-	L28=0.2621	L25=0.0944; L28
L27	%41	L27=0.8	L27	L27	L27	L27	L27	L27; L24=0.2103; L28=0.2112; L29=0.2594	L24; L26=0.1288; L27; L28; L29;
L11	%6	-	-	-	-	-	L11=0.3179	L11; L13=0.2345	L10=0.1538; L17=0.1481; L11; L13
L1	%81	-	-	-	-	L1=0.4658	L1;	L1; L3=0.2170, L4=0.2983; L5=0.2158	L1; L3; L4; L5; L2=0.1120; L15=0.0580
L7	%14	-	L3=0.7582	L3	L3; L4=0.5338	L3; L4; L5=0.4951; L7=0.4669; L15=0.4011	L3; L4; L5; L7; L15;	L3; L4; L5; L7; L15; L10=0.2033;	L3; L4; L5; L7; L10; L15; L6=0.1507; L8=0.1869; L9=0.1910; L16=0.0224
L19	%20	L20=0.8	L20	L20	L19=0.5173; L20	L19; L20	L19; L20;	L19; L20; L21=0.2963	L19; L20; L21
L13	%50	L13=0.8	L13	L13	L13	L13	L13	L13	L13
L13	%95	-	-	-	-	-	-	L13=0.2481	L13
TD_{α_i}		%18.75	%23.95	%23.95	%27.08	%42.39	%51.45	%53.02	%42.76

Tablo G.8: UF8 Tipindeki Üyelik Fonksiyonları ile Elde Edilen Sonuçlar

Senaryolar		Bulanık Kümelerle Bulunan Arıza Yeri							
		α_j : "j" nci seviyedeki α -kesmesi							
Hat Adı	Arıza Yeri	$\alpha_1=0.8$	$\alpha_2=0.7$	$\alpha_3=0.6$	$\alpha_4=0.5$	$\alpha_5=0.4$	$\alpha_6=0.3$	$\alpha_7=0.2$	$\alpha_8=0.01$
L15	%61	L4 = 0.8	L4; L10=0.7328; L15=0.7852	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15
L23	%89	-	-	-	-	-	L23=0.3780	L23	L23
L2	%46	L2=0.8	L2	L2	L2	L2	L2; L3=0.3353; L4=0.3598; L5=0.3494	L2;L3; L4; L5;	L2;L3; L4; L5; L6=0.1883; L10=0.0411; L14=0.0290; L15=0.1540;
L14	%82	-	-	L3=0.6058; L5=0.6885; L6=0.6835	L3; L5; L6;	L3; L5; L6; L14=0.4807; L4=0.4318	L3; L4; L5; L6; L14;	L3; L4; L5; L6; L14; L15=0.2580	L3; L4; L5; L6; L14; L15; L16=0.1474; L10=0.1211;
L8	%95	L4=0.8 L15=0.8	L4; L15	L4; L15	L4; L15; L10=0.5617	L4; L15; L10; L9=0.4579	L4;L9; L10; L15;	L4; L9; L10; L15; L8=0.2945	L4; L8; L9; L10; L15; L12=0.1451
L24	%62	-	L24=0.7706; L28=0.7167	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28
L22	%92	-	-	L28=0.6831	L28	L28	L22=0.3354; L28	L22; L28	L22; L28
L13	%18	-	-	-	L13=0.5194	L13	L13	L13; L11=0.2454	L11;L13
L28	%94	-	-	-	-	-	L28=0.3133	L28	L25=0.1659; L28
L27	%41	L27=0.8	L27	L27	L27	L27	L27; L29=0.3147	L24=0.2698; L26=0.1977; L28=0.2696; L27; L29	L24; L26; L27; L28; L29; L30=0.0320
L11	%6	-	-	-	-	-	L11=0.3670	L11; L10=0.2165; L13=0.2902; L17=0.2087	L10; L11; L13; L17
L1	%81	-	-	-	L1=0.4970	L1	L1, L4=0.3440;	L1; L4; L3=0.2760; L5=0.2751	L1; L3; L4; L5; L2=0.1816; L6=0.0798; L10=0.0236; L15=0.1312
L7	%14	-	L3=0.7621	L3	L3; L4=0.5581 L5=0.5233	L3; L4; L5; L7=0.4997 L15=0.4404	L3; L4; L5; L7; L15;	L3; L4; L5; L7; L15; L6=0.2105; L8=0.2491; L9=0.2527; L10=0.2615	L3; L4; L5; L6; L7; L8; L9; L10; L15; L16=0.0938
L19	%20	L20=0.8	L20	L20	L19=0.5461; L20	L19; L20	L19; L20; L21=0.3461	L19; L20; L21	L19; L20; L21
L13	%50	L13=0.8	L13	L13	L13	L13	L13	L13	L13
L13	%95	-	-	-	-	-	L13=0.3010	L13	L13
TD_{α_i}		%18.75	%23.95	%23.95	%39.58	%42.08	%51.979	%44.34	%42.03

Tablo G.9: UF9 Tipindeki Üyelik Fonksiyonları ile Elde Edilen Sonuçlar

Senaryolar		Bulanık Kümelerle Bulunan Arıza Yeri							
		α_j : "j" nci seviyedeki α -kesmesi							
Hat Adı	Arıza Yeri	$\alpha_1=0.8$	$\alpha_2=0.7$	$\alpha_3=0.6$	$\alpha_4=0.5$	$\alpha_5=0.4$	$\alpha_6=0.3$	$\alpha_7=0.2$	$\alpha_8=0.01$
L15	%61	L4 = 0.8	L4; L10=0.7392; L15=0.7865	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15
L23	%89	-	-	-	-	L23=0.4134	L23	L23	L23
L2	%46	L2=0.8	L2	L2	L2	L2	L2; L3=0.3809; L4=0.3992; L5=0.3938	L2; L3; L4; L5; L6=0.2488; L15=0.2160	L2; L3; L4; L5; L6; L15; L10=0.1132; L14=0.1054
L14	%82	-	-	L3=0.6249; L5=0.6995; L6=0.6950	L3; L5; L6; L14=0.5076	L3; L5; L6; L14; L4=0.4648	L3; L4; L5; L6; L14; L15=0.3100	L3; L4; L5; L6; L14; L15; L16=0.2120	L3; L4; L5; L6; L14; L15; L16; L10=0.1856;
L8	%95	L4=0.8; L15=0.8	L4; L15	L4; L15	L4; L15; L10=0.5844	L4; L15; L10; L9=0.4869	L4; L9; L10; L15; L8=0.3374	L4; L8; L9; L10; L15; L12=0.2100	L4; L8; L9; L10; L12; L15
L24	%62	-	L24=0.7731; L28=0.7247	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28
L22	%92	-	-	L28=0.6933	L28	L28	L22=0.3744; L28	L22; L28	L22; L28
L13	%18	-	-	-	L13=0.5463	L13	L13	L13; L11=0.2921	L11; L13
L28	%94	-	-	-	-	-	L28=0.3556	L25=0.2282; L28	L25; L28
L27	%41	L27=0.8	L27	L27	L27	L27	L27; L24=0.3217; L28=0.3208; L29=0.3628	L26=0.2577; L24; L27; L28; L29	L24; L26; L27; L28; L29; L30=0.0746
L11	%6	-	-	-	-	L11=0.4098	L11; L13=0.3391	L11; L13; L10=0.2682; L17=0.259	L10; L11; L13; L17
L1	%81	-	-	-	L1=0.5229	L1	L1; L3=0.3275, L4=0.3848; L5=0.3269	L1; L3; L4; L5; L2=0.2423	L1; L2; L3; L4; L5; L6=0.1510; L10=0.0973; L15=0.1954
L7	%14	-	L3=0.7653	L3	L3; L4=0.5798 L7=0.5285 L5=0.5468	L3; L4; L5; L7; L15=0.4749	L3; L4; L5; L7; L15; L8=0.3033; L9=0.3065; L10=0.3126	L3; L4; L5; L7; L8; L9; L10; L15; L6=0.2602;	L3; L4; L5; L6; L7; L8; L9; L10; L15; L16=0.1532
L19	%20	L20=0.8	L20	L20	L19=0.5711; L20	L19; L20	L19; L20; L21=0.3898	L19; L20; L21	L19; L20; L21
L13	%50	L13=0.8	L13	L13	L13	L13	L13	L13	L13
L13	%95	-	-	-	-	-	L13=0.3446	L13	L13
TD_{α_i}		%18.75	%23.95	%23.95	%42.70	%54.58	%52.55	%43.149	%42.03

Tablo G.10: UF10 Tipindeki Üyelik Fonksiyonları ile Elde Edilen Sonuçlar

Senaryolar		Bulanık Kümelerle Bulunan Arıza Yeri							
		α_i : "j" nci seviyedeki α -kesmesi							
Hat Adı	Arıza Yeri	$\alpha_1=0.8$	$\alpha_2=0.7$	$\alpha_3=0.6$	$\alpha_4=0.5$	$\alpha_5=0.4$	$\alpha_6=0.3$	$\alpha_7=0.2$	$\alpha_8=0.01$
L15	%61	L4 = 0.8; L10=0.8; L15=0.8	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15
L23	%89	-	-	-	-	L23=0.4403	L23	L23	L23
L2	%46	L2=0.8	L2	L2	L2	L2	L2	L2	L2; L3=0.1494; L4=0.1951; L5=0.1894
L14	%82	L3=0.8; L5=0.8; L6=0.8	L3; L5; L6; L14=0.7197	L3; L5; L6; L14	L3; L5; L6; L14	L3; L5; L6; L14	L3; L5; L6; L14; L4=0.3336	L3; L4; L5; L6; L14;	L3; L4; L5; L6; L14
L8	%95	L4=0.8; L10=0.8; L15=0.8	L4; L10; L15	L4; L10; L15; L9=0.6564	L4; L9; L10; L15	L4; L9; L10; L15	L4; L9; L10; L15	L4; L9; L10; L15; L8=0.2013	L4; L8; L9; L10; L15
L24	%62	L24=0.8; L28=0.8	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28
L22	%92	L28=0.8	L28	L28	L28	L28	L22=0.3201; L28	L22; L28	L22; L28
L13	%18	-	L13=0.7202	L13	L13	L13	L13	L13	L11=0.0672; L13
L28	%94	-	-	-	-	-	-	L28=0.2419	-
L27	%41	L27=0.8	L27	L27	L27	L27	L27	L27	L27; L29=0.0790
L11	%6	-	-	-	L11=0.2417	L11	L11	L11	L11; L13=0.0335
L1	%81	-	L1=0.7587	L1	L1	L1	L1	L1	L1; L4=0.1648
L7	%14	L5=0.8; L3=0.8	L3; L5	L3; L5	L3; L5; L4=0.5763; L7=0.5046	L3; L4; L5; L7; L15=0.4833	L3; L4; L5; L7; L15	L3; L4; L5; L7; L15	L3; L4; L5; L7; L15
L19	%20	L20=0.8	L19=0.7962; L20	L19; L20	L19; L20	L19; L20	L19; L20	L19; L20	L19; L20; L21=0.1996
L13	%50	L13=0.8	L13	L13	L13	L13	L13	L13	L13
L13	%95	-	-	-	-	-	-	L13=0.2030	L13
TD_{α_i}		%23.95	%41.14	%41.14	%48.95	%54.89	%57.7	%71.458	%53.229

Tablo G.11: UF11 Tipindeki Üyelik Fonksiyonları ile Elde Edilen Sonuçlar

Senaryolar		Bulanık Kümelerle Bulunan Arıza Yeri							
		α_i : “j” nci seviyedeki α -kesmesi							
Hat Adı	Arıza Yeri	$\alpha_1=0.8$	$\alpha_2=0.7$	$\alpha_3=0.6$	$\alpha_4=0.5$	$\alpha_5=0.4$	$\alpha_6=0.3$	$\alpha_7=0.2$	$\alpha_8=0.01$
L15	%61	L4 = 0.8 L10=0.8 L15=0.8	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15
L23	%89	-	-	-	-	L23=0.4403	L23	L23	L23
L2	%46	L2=0.8	L2	L2	L2	L2	L2; L3=0.3590; L5=0.3868	L2; L3; L5	L2; L3; L5; L4=0.3237; L6=0.0522
L14	%82	L3=0.8 L5=0.8 L6=0.8	L3; L5; L6; L14=0.7197	L3; L5; L6; L14	L3; L5; L6; L14;	L3; L5; L6; L14; L4=0.4327	L3; L4; L5; L6; L14;	L3; L4; L5; L6; L14; L15=0.2065	L3; L4; L5; L6; L14; L15
L8	%95	L4=0.8 L10=0.8 L15=0.8	L4; L10; L15	L4; L10; L15 L9=0.6564	L4; L9; L10; L15;	L4; L9; L10; L15;	L4; L9; L10; L15	L4; L9; L10; L15; L8=0.2013	L4; L8; L9; L10; L15
L24	%62	L24=0.8 L28=0.8	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28
L22	%92	L28=0.8	L28	L28	L28	L28	L22=0.3201; L28	L22; L28	L22; L28
L13	%18	-	L13=0.7451	L13	L13	L13	L13	L13	L11=0.0672; L13
L28	%94	-	-	-	-	-	-	L28= 0.2419	L25=0.0081; L28
L27	%41	L27=0.8	L27	L27	L27	L27	L27; L29=0.3164	L27; L29; L24=0.2259 L28=0.2296	L24; L27; L28; L29; L26=0.0701
L11	%6	-	-	-	-	L11=0.4235	L11	L11; L13=0.2730	L11; L13
L1	%81	-	L1=0.7587	L1	L1	L1	L1	L1; L3=0.2362 L4=0.2998 L5=0.2330	L1; L3; L4; L5; L2=0.0379
L7	%14	L5=0.8 L3=0.8	L3; L5	L3; L5; L4=0.6239	L3; L4; L5; L7=0.5805; L15=0.5823	L3; L4; L5; L7; L15	L3; L4; L5; L7; L15	L3; L4; L5; L7; L15; L10=0.2165	L3; L4; L5; L7; L10; L15; L8=0.1796; L9=0.1877
L19	%20	L20=0.8	L19=0.7975; L20	L19; L20	L19; L20	L19; L20	L19; L20; L21=0.3880	L19; L20; L21	L19; L20; L21
L13	%50	L13=0.8	L13	L13	L13	L13	L13	L13	L13
L13	%95	-	-	-	-	-	-	L13=0.2030	L13
TD_{α_i}		%23.95	%41.14	%41.14	%42.39	%54.58	%49.375	%53.33	%45.364

Tablo G.12: UF12 Tipindeki Üyelik Fonksiyonları ile Elde Edilen Sonuçlar

Senaryolar		Bulanık Kümelerle Bulunan Arıza Yeri							
		α_j : “j” nci seviyedeki α -kesmesi							
Hat Adı	Arıza Yeri	$\alpha_1=0.8$	$\alpha_2=0.7$	$\alpha_3=0.6$	$\alpha_4=0.5$	$\alpha_5=0.4$	$\alpha_6=0.3$	$\alpha_7=0.2$	$\alpha_8=0.01$
L15	%61	L4 = 0.8; L10=0.8; L15=0.8	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15
L23	%89	-	-	-	-	L23=0.4403	L23	L23	L23
L2	%46	L2=0.8	L2	L2	L2	L2; L3=0.4202; L5=0.4442	L2; L3; L5 L4=0.3694;	L2; L3; L4; L5	L2; L3; L4; L5; L6=0.1562; L15=0.1014
L14	%82	L3=0.8; L5=0.8; L6=0.8	L14=0.7197	L3; L5; L6; L14	L3; L5; L6; L14	L3; L5; L6; L4=0.468; L14	L3; L4; L5; L6; L14	L3; L4; L5; L6; L14; L15=0.2867	L3; L4; L5; L6; L14; L15; L10=0.0448 L16=0.0825
L8	%95	L4=0.8; L10=0.8; L15=0.8	L4; L10; L15	L4; L10; L15; L9=0.6564	L4; L9; L10; L15	L4; L9; L10; L15	L4; L9; L10; L15	L4; L9; L10; L15; L8=0.2013	L4; L8; L9; L10; L15; L12=0.0787
L24	%62	L24=0.8 L28=0.8	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28
L22	%92	L28=0.8	L28	L28	L28	L28	L28; L22=0.3201	L22; L28	L22; L28
L13	%18	-	L13=0.7525	L13	L13	L13	L13	L13	L11=0.0672; L13
L28	%94	-	-	-	-	-	-	L28= 0.2419	L25=0.1187; L28
L27	%41	L27=0.8	L27	L27	L27	L27	L27; L29=0.3848; L24=0.3058 L28=0.3074	L24; L27; L28; L29	L24; L27; L26=0.1738; L28; L29
L11	%6	-	-	-	-	L11=0.4762	L11; L13=0.3442	L11; L13	L11; L13
L1	%81	-	L1=0.7587	L1	L1	L1	L1; L3=0.3144 L4=0.3478 L5=0.3119	L1; L3; L4; L5;	L1; L3; L4; L2=0.1366; L5; L15=0.0607
L7	%14	L5=0.8 L3=0.8	L3; L5	L3; L5; L4=0.6408 L7=0.6055 L15=0.6117	L3; L4; L5; L7; L15	L3; L4; L5; L7; L15	L3; L4; L5; L7; L15	L3; L4; L5; L7; L15; L8=0.2659 L9=0.2728 L10=0.2942	L3; L4; L5; L7; L8; L9; L10; L15
L19	%20	L20=0.8	L19=0.7978; L20	L19; L120	L19; L120; L21=0.4438	L19; L120; L21	L19; L120; L21	L19; L120; L21	L19; L120; L21
L13	%50	L13=0.8	L13	L13	L13	L13	L13	L13	L13
L13	%95	-	-	-	-	-	-	L13= 0.2030	L13
TD_{α_j}		%23.95	%41.145	%42.395	%41.35	%49.375	%36.354	%52.55	%44.479

Tablo G.13: UF13 Tipindeki Üyelik Fonksiyonları ile Elde Edilen Sonuçlar

Senaryolar		Bulanık Kümelerle Bulunan Arıza Yeri							
		α_i : "j" nci seviyedeki α -kesmesi							
Hat Adı	Arıza Yeri	$\alpha_1=0.8$	$\alpha_2=0.7$	$\alpha_3=0.6$	$\alpha_4=0.5$	$\alpha_5=0.4$	$\alpha_6=0.3$	$\alpha_7=0.2$	$\alpha_8=0.01$
L15	%61	L4 =0.8; L10=0.8; L15=0.8	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15
L23	%89	-	-	L23=0.4403	L23	L23	L23	L23	L23
L2	%46	L2=0.8	L2	L2	L2	L2; L3=0.4664; L4=0.4072; L5=0.4877	L2; L3; L4; L5	L2; L3; L4; L5; L6=0.2349	L2; L3; L4; L5; L6; L10=0.0081 L15=0.1845
L14	%82	L3=0.8; L5=0.8; L6=0.8	L14=0.7197	L3; L5; L6; L14	L3; L5; L6; L14	L3; L5; L6; L4=0.4971; L14	L3; L4; L5; L6; L14; L15=0.3478	L3; L4; L5; L6; L14; L15	L3; L4; L5; L6; L10=0.1336 L14; L15; L16=0.1696
L8	%95	L4=0.8; L10=0.8; L15=0.8	L4;L10; L9=0.6564; L15	L4;L10; L9; L15	L4;L10; L9; L15; L8=0.2013	L4; L8; L9; L10; L15	L4; L8; L9; L10; L15	L4; L8; L9; L10; L15; L12=0.1666	L4; L8; L9; L10; L12; L15
L24	%62	L24=0.8; L28=0.8	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28
L22	%92	L28=0.8	L28	L28	L22=0.3201; L28	L22; L28	L22; L28	L22; L28	L22; L28
L13	%18	-	L13=0.7582	L13	L13	L13	L13	L13	L11=0.0672; L13
L28	%94	-	-	-	-	-	-	L25=0.2023; L28=0.2419	L25; L28
L27	%41	L27=0.8	L27	L27	L27	L27; L29=0.4362	L27; L29; L24=0.3661; L28=0.3665	L26=0.2517; L24; L27; L28; L29	L24; L26; L27; L28; L29
L11	%6	-	-	-	L11=0.5160	L11	L11; L13=0.3985	L11; L13	L11; L13
L1	%81	-	L1=0.7587	L1	L1	L1	L1; L3=0.3736; L4=0.3875; L5=0.3715	L1; L3; L4; L2=0.2127; L5	L1; L2; L3; L4; L5; L6=0.0657; L15=0.1487
L7	%14	L5=0.8; L3=0.8	L3; L5	L3; L5; L4=0.6548; L7=0.6254; L15=0.6341	L3; L4; L5; L7; L15	L3; L4; L5; L7; L15	L3; L4; L5; L7; L15; L8=0.3311; L9=0.3371; L10=0.3537	L3; L4; L5; L7; L8; L9; L10; L15	L3; L4; L5; L7; L8; L9; L10; L15
L19	%20	L20=0.8	L19=0.7981; L20	L19; L20	L19; L20; L21=0.4864	L19; L20; L21	L19; L20; L21	L19; L20; L21	L19; L20; L21
L13	%50	L13=0.8	L13	L13	L13	L13	L13	L13	L13
L13	%95	-	-	-	-	-	-	L13=0.2030	L13
TD_{α_i}		%23.95	%41.145	%42.395	%58.229	%50.10	%40	%48.28	%44.18

Tablo G.14: UF14 Tipindeki Üyelik Fonksiyonları ile Elde Edilen Sonuçlar

Senaryolar		Bulanık Kümelerle Bulunan Arıza Yeri α_j : "j" nci seviyedeki α -kesmesi							
Hat Adı	Arıza Yeri	$\alpha_1=0.8$	$\alpha_2=0.7$	$\alpha_3=0.6$	$\alpha_4=0.5$	$\alpha_5=0.4$	$\alpha_6=0.3$	$\alpha_7=0.2$	$\alpha_8=0.01$
L15	%61	L4=0.8; L10=0.8; L15=0.8	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15
L23	%89	-	-	L23=0.4403	L23	L23	L23	L23	L23
L2	%46	L2=0.8	L2	L2	L2; L3=0.5027 L5=0.5217	L2; L3; L4=0.4388 ; L5	L2; L3; L4; L5;	L2; L3; L4; L5; L6=0.2964; L15=0.25	L2; L3; L4; L5; L6; L15; L10=0.0914; L14=0.0741
L14	%82	L3=0.8; L5=0.8; L6=0.8	L3; L5; L6; L14=0.7197	L3; L5; L6; L14	L3; L5; L6; L14; L4=0.5215	L3; L4; L5; L6; L14;	L3; L4; L5; L6; L14; L15=0.3959	L3; L4; L5; L6; L14; L15; L10=0.2037; L16=0.2379	L3; L4; L5; L6; L10; L14; L15; L16
L8	%95	L4=0.8; L10=0.8; L15=0.8	L4; L10; L15; L9=0.6564	L4; L9; L10; L15	L4; L9; L10;; L15	L4; L9; L10; L15	L4; L9; L10; L15	L4; L8=0.2013; L9; L10; L12=0.2355 L15	L4; L8; L9; L10; L15; L12
L24	%62	L24=0.8; L28=0.8	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28
L22	%92	L28=0.8	L28	L28	L28	L28	L22=0.3201; L28	L22; L28	L22; L28
L13	%18	-	L13=0.7626	L13	L13	L13	L13	L13	L11=0.0672; L13
L28	%94	-	-	-	-	-	-	L25=0.2676; L28=0.2419	L25; L28
L27	%41	L27=0.8	L27	L27	L27;	L24=0.4133; L27; L28=0.4129; L29=0.4763;	L24; L27; L26=0.3124; L28; L29	L24; L26; L27; L28; L29	L24; L26; L27; L28; L29
L11	%6	-	-	-	L11=0.5470	L11; L13=0.4412	L11; L13;	L11; L13;	L11; L13;
L1	%81	-	L1=0.7587	L1	L1	L1; L3=0.4199; L4=0.4207; L5=0.4181	L1; L3; L4; L5;	L1; L3; L4; L5; L2=0.2731; L15=0.2180	L1; L2; L3; L4; L5; L15; L6=0.1456; L10=0.0668
L7	%14	L5=0.8 L3=0.8	L3; L5	L3; L5; L4=0.6665; L7=0.6416; L15=0.6517	L3; L4; L5; L7; L15	L3; L4; L5; L7; L15; L10=0.4007	L3; L4; L5; L7; L8=0.3821; L9=0.3874; L10; L15	L3; L4; L5; L7; L8; L9; L10; L15	L3; L4; L5; L7; L8; L9; L10; L15
L19	%20	L20=0.8	L19=0.7983; L20	L19; L20	L19; L20; L21=0.5198	L19; L20; L21	L19; L20; L21	L19; L20; L21	L19; L20; L21
L13	%50	L13=0.8	L13	L13	L13	L13	L13	L13	L13
L13	%95	-	-	-	-	-	-	L13=0.2030	L13
TD_{α_j}		%23.95	%41.14	%48.64	%49.375	%36.145	%38.489	%47.60	%43.95

Tablo G.15: UF15 Tipindeki Üyelik Fonksiyonları ile Elde Edilen Sonuçlar

Senaryolar		Bulanık Kümelerle Bulunan Arıza Yeri							
		α_j : "j" nci seviyedeki α -kesmesi							
Hat Adı	Arıza Yeri	$\alpha_1=0.8$	$\alpha_2=0.7$	$\alpha_3=0.6$	$\alpha_4=0.5$	$\alpha_5=0.4$	$\alpha_6=0.3$	$\alpha_7=0.2$	$\alpha_8=0.01$
L15	%61	L4=0.8; L10=0.8; L15=0.8	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15
L23	%89	-	-	-	L23=0.5133	L23	L23	L23	L23
L2	%46	L2=0.8	L2	L2	L2	L2	L2; L3=0.3660; L4=0.3287; L5=0.3933	L2; L3; L4; L5	L2; L3; L4; L5; L6=0.0641 L15=0.0046
L14	%82	L3=0.8; L5=0.8; L6=0.8	L3; L5; L6; L14=0.7360	L3; L5; L6; L14	L3; L5; L6; L14;	L3; L5; L6; L14 L4=0.4366	L3; L4; L5; L6; L14;	L3; L4; L5; L6; L14; L15=0.2156	L3; L4; L5; L6; L14; L15
L8	%95	L4=0.8; L10=0.8; L15=0.8	L4; L10; L15	L4; L10; L15; L9=0.6860	L4; L9; L10; L15	L4; L9; L10; L15	L4; L9; L10; L8=0.3242; L15	L4; L8; L9; L10; L15	L4; L8; L9; L10; L15
L24	%62	L24=0.8; L28=0.8	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28
L22	%92	L28=0.8	L28	L28	L28	L22=0.4170; L28	L22; L28	L22; L28	L22; L28
L13	%18	-	L13=0.7460	L13	L13	L13	L13	L13; L11=0.2165	L11; L13
L28	%94	-	-	-	-	-	L28= 0.3607	L28	L25=0.0207; L28
L27	%41	L27=0.8	L27	L27	L27	L27	L27; L29=0.3243	L24=0.2351; L27; L28=0.2384; L29	L24; L27; L28; L29 L26=0.0820
L11	%6	-	-	-	-	L11=0.4295	L11	L11 L13=0.2811	L11; L13; L10=0.1377; L17=0.1330
L1	%81	-	L1=0.7672	L1	L1	L1	L1; L4=0.3050	L1; L4; L3=0.2452 L5=0.2420	L1; L3; L4; L2=0.0491; L5;
L7	%14	L5=0.8 L3=0.8	L3; L5	L3; L5; L4=0.6257	L3; L4; L5; L7=0.5833; L15=0.5856	L3; L4; L5; L7; L15	L3; L4; L5; L7; L15	L3; L4; L5; L7; L15; L10=0.2253	L3; L4; L5; L7; L15; L6=0.1394; L8=0.1894; L9=0.1975
L19	%20	L20=0.8	L19=0.7975; L20	L19; L20	L19; L20	L19; L20	L19; L20; L21=0.3943	L19; L20; L21	L19; L20; L21
L13	%50	L13=0.8	L13	L13	L13	L13	L13	L13	L13
L13	%95	-	-	-	-	-	L13=0.3311	L13	L13
TD_{α_i}		%23.95	%41.145	%41.145	%48.645	%57.70	%59.47	%49.687	%43.593

Tablo G.16: UF16 Tipindeki Üyelik Fonksiyonları ile Elde Edilen Sonuçlar

Senaryolar		Bulanık Kümelerle Bulunan Arıza Yeri							
		α_j : “j” nci seviyedeki α -kesmesi							
Hat Adı	Arıza Yeri	$\alpha_1=0.8$	$\alpha_2=0.7$	$\alpha_3=0.6$	$\alpha_4=0.5$	$\alpha_5=0.4$	$\alpha_6=0.3$	$\alpha_7=0.2$	$\alpha_8=0.01$
L15	%61	L4 = 0.8; L10=0.8; L15=0.8	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15
L23	%89	-	-	-	L23=0.5616	L23	L23	L23	L23
L2	%46	L2=0.8	L2	L2	L2	L2; L3=0.4353; L5=0.4585	L2; L3; L5; L4=0.3815	L2; L3; L4; L5	L2; L3; L4; L5; L6=0.1820; L15=0.1286
L14	%82	L3=0.8; L5=0.8; L6=0.8	L3; L5; L6; L14=0.7467	L3; L5; L6; L14	L3; L5; L6; L14	L3; L5; L6; L14; L4=0.4773	L3; L4; L5; L6; L14; L15=0.3067	L3; L4; L5; L6; L14; L15	L3; L5; L6; L14; L15 L10=0.0738; L16=0.111
L8	%95	L4=0.8; L10=0.8; L15=0.8	L4; L10; L15; L9=0.7054	L4; L9; L10; L15;	L4; L9; L10; L15;	L4; L9; L8=0.4052; L10; L15	L4; L8; L9; L10; L15;	L4; L8; L9; L10; L15	L4; L8; L9; L10; L15 L12=0.1075
L24	%62	L24=0.8; L28=0.8	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28
L22	%92	L28=0.8	L28	L28	L28	L22=0.4813; L28	L22; L28	L22; L28	L22; L28
L13	%18	-	L13=0.7544	L13	L13	L13; L11=0.3153	L11; L13	L11; L13	L11; L13
L28	%94	-	-	-	-	L28=0.4379	L28	L28	L28; L25=0.1462
L27	%41	L27=0.8	L27	L27	L27	L27; L29=0.4017	L27; L29; L24=0.3256; L28=0.3267	L24; L27; L28; L29	L24; L27; L26=0.1994; L28; L29
L11	%6	-	-	-	L11=0.4892	L11	L11; L13=0.3620	L11; L13; L10=0.2567; L17=0.2470	L10; L11; L13; L17
L1	%81	-	L1=0.7728	L1	L1	L1	L1; L3=0.3338; L4=0.3605; L5=0.3314	L1; L3; L4; L5;	L1; L2=0.1614; L3; L4; L5; L15=0.0895
L7	%14	L5=0.8; L3=0.8	L3; L5	L3; L5; L4=0.6453; L7=0.6119; L15=0.6190	L3; L4; L5; L7; L15	L3; L4; L5; L7; L15	L3; L4; L5; L7; L15; L10=0.3137	L3; L4; L5; L6=0.2512; L7; L8=0.2873; L9=0.2939; L10; L15	L3; L4; L5; L6; L7; L8; L9=0.2939; L10; L15; L16=0.0373
L19	%20	L20=0.8	L20; L19=0.7979	L19; L20	L19; L20	L19; L20; L21=0.4578	L19; L20; L21	L19; L20; L21	L19; L20; L21
L13	%50	L13=0.8	L13	L13	L13	L13	L13	L13	L13
L13	%95	-	-	-	-	L13=0.4139	L13	L13	L13
TD_{α_j}		%23.95	%41.145	%42.395	%54.895	%60	%49.687	%47.77	%43.08

Tablo G.17: UF17 Tipindeki Üyelik Fonksiyonları ile Elde Edilen Sonuçlar

Senaryolar		Bulanık Kümelerle Bulunan Arıza Yeri							
		α_j : "j" nci seviyedeki α -kesmesi							
Hat Adı	Arıza Yeri	$\alpha_1=0.8$	$\alpha_2=0.7$	$\alpha_3=0.6$	$\alpha_4=0.5$	$\alpha_5=0.4$	$\alpha_6=0.3$	$\alpha_7=0.2$	$\alpha_8=0.01$
L15	%61	L4 =0.8; L10=0.8; L15=0.8	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15
L23	%89	-	-	-	L23=0.5960	L23	L23	L23	L23
L2	%46	L2=0.8	L2	L2	L5=0.509; L2	L2; L3=0.4892; L4=0.4268; L5	L2;L3; L4;L5	L2;L3;L4; L5; L6=0.2734; L15=0.2255	L2;L3;L4; L5;L6;L15; L10=0.0603; L14=0.0415
L14	%82	L3=0.8; L5=0.8; L6=0.8	L3; L5; L6; L14=0.7544	L3; L5; L6; L14	L3; L5; L6; L4=0.5122; L14	L3; L5; L4; L6; L14	L3; L5; L4; L6; L14; L15=0.3779	L3; L5; L4; L6; L10=0.1775; L14; L15; L16=0.2125	L3; L5; L4; L6; L10; L14; L15; L16
L8	%95	L4=0.8; L10=0.8; L15=0.8	L4; L10; L15; L9=0.7192	L4; L9; L10; L15	L4; L9; L10; L15	L4; L8=0.4626; L9; L10; L15	L4; L8; L9; L10; L15	L4; L8; L9; L10; L12=0.2098; L15	L4; L8; L9; L10; L12; L15
L24	%62	L24=0.8; L28=0.8	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28
L22	%92	L28=0.8	L28	L28	L22=0.5271; L28	L22; L28	L22; L28	L22; L28	L22;L28
L13	%18	-	L13=0.7610	L13	L13	L13	L11=0.3854; L13	L11; L13	L11;L13
L28	%94	-	-	-	-	L28= 0.4920	L28	L25=0.2433; L28	L25; L28
L27	%41	L27=0.8	L27	L27	L27	L27; L29=0.4614	L24=0.3957; L27; L29 L28=0.3956	L24; L27; L28 L26=0.2898; L29	L24; L26; L27; L28; L29; L30=0.0376
TD_{α_i}		%23.95	%41.145	%42.395	%53.54	%54.79	%47.77	%43.03	%42.03

Tablo G.17 (Devam)

Senaryolar		Bulanık Kümelerle Bulunan Arıza Yeri							
		α_j : "j" nci seviyedeki α -kesmesi							
Hat Adı	Arıza Yeri	$\alpha_1=0.8$	$\alpha_2=0.7$	$\alpha_3=0.6$	$\alpha_4=0.5$	$\alpha_5=0.4$	$\alpha_6=0.3$	$\alpha_7=0.2$	$\alpha_8=0.01$
L11	%6	-	-	-	L11=0.5355	L11; L13=0.4252	L10=0.3394; L11; L13; L17=0.3278	L10; L11; L13; L17	L10; L11; L13; L17
L1	%81	-	L1=0.7768	L1	L1	L1; L3=0.4026; L4=0.4081; L5=0.4008	L1; L3; L4; L5	L1; L3; L4; L5 L2=0.2505	L1; L2; L3; L4; L5 L6=0.1159; L10=0.0345; L15=0.1921
L7	%14	L5=0.8; L3=0.8	L3; L5	L3; L5; L4=0.6620; L7=0.6355; L15=0.6452	L3; L4; L5; L7; L15	L3; L4; L5; L7; L15	L3; L4; L5; L7; L15; L6=0.3306; L8=0.3631; L9=0.3687; L10=0.3831	L3; L4; L5; L6; L7; L8; L9; L10; L15	L3; L4; L5; L6; L7; L8; L9; L10; L15; L16=0.1473
L19	%20	L20=0.8	L19=0.7982; L20	L19; L20	L19; L20; L21=0.5073	L19; L20; L21	L19; L20; L21	L19; L20; L21	L19; L20; L21
L13	%50	L13=0.8	L13	L13	L13	L13	L13	L13	L13
L13	%95	-	-	-	-	L13= 0.4719	L13	L13	L13
TD_{α_i}		%23.95	%41.145	%42.395	%53.54	%54.79	%47.77	%43.03	%42.03

Tablo G.18: UF18 Tipindeki Üyelik Fonksiyonları ile Elde Edilen Sonuçlar

Senaryolar		Bulanık Kümelerle Bulunan Arıza Yeri							
		α_i : "j" nci seviyedeki α -kesmesi							
Hat Adı	Arıza Yeri	$\alpha_1=0.8$	$\alpha_2=0.7$	$\alpha_3=0.6$	$\alpha_4=0.5$	$\alpha_5=0.4$	$\alpha_6=0.3$	$\alpha_7=0.2$	$\alpha_8=0.01$
L15	%61	L4=0.8; L10=0.8; L15=0.8	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15	L4; L10; L15
L23	%89	-	-	L23=0.6217	L23	L23	L23	L23	L23
L2	%46	L2=0.8	L2	L2	L2; L3=0.5318; L5=0.5490	L2; L3; L4=0.4658; L5	L2; L3; L4; L5; L6=0.3458; L15=0.3029	L2; L3; L4; L5; L6; L15	L2; L3; L4; L5; L6; L15; L10=0.1589; L14=0.1445
L14	%82	L3=0.8; L5=0.8; L6=0.8	L3; L5; L6; L14=0.7601	L3; L5; L6; L14	L3; L5; L6; L14; L4=0.5423	L3; L4; L5; L6; L14; L15=0.4348	L3; L4; L5; L6; L14; L15	L3; L4; L5; L6; L10=0.2605 L14; L15; L16=0.2929	L3; L4; L5; L6; L10; L14; L15; L16
L8	%95	L4=0.8; L10=0.8; L15=0.8	L4; L10; L15; L9=0.7295	L4; L9; L10; L15	L4; L9; L10; L8=0.5055; L15	L4; L8; L9; L10; L15	L4; L8; L9; L10; L15	L4; L8; L9; L10; L15; L12=0.2908	L4; L8; L9; L10; L15; L12
L24	%62	L24=0.8; L28=0.8	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28	L24; L28
L22	%92	L28=0.8	L28	L28	L22=0.5614; L28	L22; L28	L22; L28	L22; L28	L22; L28
L13	%18	-	L13=0.7662	L13	L13	L11=0.4378; L13	L11; L13	L11; L13	L11; L13
L28	%94	-	-	-	L28= 0.5320	L28	L28	L25=0.2699; L28	L25; L28
L27	%41	L27=0.8	L27	L27	L27; L29=0.5085	L24=0.4513; L27; L29; L28=0.4504;	L24; L27; L26=0.3610; L28; L29	L24; L26; L27; L28; L29	L24; L26; L27; L28; L29; L30=0.0869
L11	%6	-	-	-	L11=0.5720	L11; L10=0.4002; L13=0.4757	L10; L11; L13; L17=0.3879	L10; L11; L13; L17	L10; L11; L13; L17
L1	%81	-	L1=0.7797	L1	L1	L1; L3=0.4571; L4=0.4490; L5=0.4556	L1; L3; L4; L5; L2=0.3223	L1; L2; L3; L4; L5; L6=0.2099; L15=0.2740	L1; L2; L3; L4; L5; L6; L15; L10=0.1366
L7	%14	L5=0.8; L3=0.8	L3; L5	L3; L5; L4=0.6764; L7=0.6550; L15=0.6660	L3; L4; L5; L7; L15	L3; L4; L5; L7; L15; L8=0.4231; L9=0.4279; L10=0.4387	L3; L4; L5; L6=0.3899; L7; L8; L9; L10	L3; L4; L5; L6; L7; L8; L9; L10	L3; L4; L5; L6; L7; L8; L9; L10; L16=0.2295
L19	%20	L20=0.8	L19=0.7985; L20	L19; L20	L19; L20; L21=0.5468	L19; L20; L21	L19; L20; L21	L19; L20; L21	L19; L20; L21
L13	%50	L13=0.8	L13	L13	L13	L13	L13	L13	L13
L13	%95	-	-	-	L13=0.5147	L13	L13	L13	L13
TD_{α_i}		%23.95	%41.145	%48.64	%63.125	%48.385	%46.63	%42.68	%42.03

EK H : OLUŞTURULAN ÜÇ FAZ ARASI ARIZA SENARYOLARINDA ELDE EDİLEN KESTİRİMLER

Tablo H.1: Üç Faz Arızası Senaryolarında Elde Edilen Kestirimler

Senaryo No	Arızalı Hat ismi	Hat Üzerinde Arıza Yeri	α -Kesme Seviyesi	Kestirilen Arıza Yeri
1	L13, B10A	%37	0.8	L13=0.8
2	L12, B9C	%84	0.8	L4=0.8; L10=0.8; L15=0.8
			0.7	L12=0.7205; L4; L10; L15
3	L22, K1A	%62	0.8	L22=0.8; L28=0.8
4	L27, K3A	%19	0.8	-----
			0.7	L27=0.7838
5	L19, V5B	%57	0.8	L19=0.8
6	L17, M8A	%23	0.8	L10=0.8; L17=0.8
			0.8	-----
7	L11, B9B	%93	0.7	L13=0.7498
			0.6	L13
			0.5	L11=0.5432; L13
8	L12, B9C	%66	0.8	L4=0.8; L10=0.8; L12=0.8; L15=0.8
9	L21, V5D	%63	0.8	L21=0.8
10	L13, B10A	%40	0.8	L13=0.8
11	L25, K2B	%66	0.8	L25=0.8
			0.8	L3=0.8; L5=0.8; L6=0.8;
12	L4, B6C	%31	0.7	L14=0.7724; L3; L5; L6
			0.6	L3; L5; L6; L14
			0.5	L4=0.5418; L3; L5; L6; L14
13	L17, M8A	%59	0.8	L17=0.8
14	L16, M7B	%72	0.8	L3=0.8; L5=0.8; L6=0.8; L16=0.8
15	L15, M7A	%78	0.8	L4=0.8; L10=0.8; L15=0.8
16	L21, V5D	%19	0.8	L19=0.8
			0.7	L21=0.7830; L19
			0.8	L28=0.8
17	L24, K2A	%98	0.7	L28
			0.6	L28
			0.5	L28
			0.4	L24=0.4500; L28
18	L15, M7A	%70	0.8	L4=0.8; L10=0.8; L15=0.8
			0.8	-----
19	L20, V5C	%11	0.7	-----
			0.6	L20=0.6527
20	L5, B6D	%37	0.8	L3=0.8 L5=0.8; L6=0.8
21	L8, B8A	%80	0.8	L4=0.8; L8=0.8; L9=0.8; L15=0.8
22	L25, K2B	%57	0.8	L25=0.8
23	L30, K4A	%67	0.8	L30=0.8
			0.8	L8=0.8; L9=0.8; L15=0.8
24	L3, B6B	%96	0.7	L4=0.7903; L8; L9; L15
			0.6	L4; L8; L9; L15
			0.5	L10=0.59; L4; L8; L9; L15
			0.4	L3=0.4871; L4; L8; L9; L10; L15
			0.7	-----
			0.6	-----
			0.5	L18=0.5438

Tablo H.1 (Devam)

Senaryo No	Arızalı Hat ismi	Hat üzerinde Arıza Yeri	α -Kesme Seviyesi	Kestirilen Arıza Yeri
25	L12, B9C	%29	0.8	L4=0.8; L10=0.8; L12=0.8; L15=0.8
26	L17, M8A	%36	0.8	L10=0.8; L17=0.8
27	L18, V5A	%26	0.8	L18=0.8
28	L18, V5A	%5	0.8	-----
			0.7	-----
			0.6	-----
			0.5	L18=0.5438
29	L29, K3C	%70	0.8	L24=0.8; L29=0.8
30	L22, K1A	%75	0.8	L22=0.8; L28=0.8
31	L19, V5B	%43	0.8	L19=0.8
32	L3, B6B	%80	0.8	L3=0.8
33	L28, K3B	%95	0.8	-----
			0.7	-----
			0.6	-----
			0.5	L28=0.5131
34	L8, B8A	%60	0.8	L4=0.8; L8=0.8; L9=0.8; L15=0.8
35	L5, B6D	%62	0.8	L3=0.8; L5=0.8; L6=0.8; L16=0.8
36	L16, M7B	%87	0.8	L3=0.8; L5=0.8;
			0.7	L3; L8
			0.6	L16=0.6611; L4=0.6525; L6=0.6399; L15=0.6247; L3; L8
37	L13, B10A	%73	0.8	L13=0.8
38	L9, B8B	%55	0.8	L4=0.8; L8=0.8; L9=0.8; L15=0.8
39	L11, B9B	%86	0.8	-----
			0.7	L13=0.7283;
			0.6	L11=0.6812; L13
40	L3, B6B	%68	0.8	L3=0.8
41	L15, M7A	%36	0.8	L4=0.8; L8=0.8; L9=0.8; L15=0.8
42	L17, M8A	%43	0.8	L10=0.8; L17=0.8
43	L4, B6C	%62	0.8	L4=0.8; L10=0.8; L15=0.8
44	L14, M6A	%41	0.8	L5=0.8; L14=0.8
45	L11, B9B	%25	0.8	L11=0.8
46	L3, B6B	%61	0.8	L3=0.8; L5=0.8
47	L19, V5B	%31	0.8	L19=0.8
48	L19, V5B	%18	0.8	L20=0.8
			0.7	L19=0.7662 ; L20
49	L18, V5A	%25	0.8	L18=0.8
50	L14, M6A	%51	0.8	L5=0.8; L14=0.8
51	L28, K3B	%54	0.8	L28=0.8
52	L24, K2A	%20	0.8	L24=0.8; L29=0.8
53	L2, B6A	%46	0.8	L2=0.8
54	L11, B9B	%6	0.8	-----
			0.7	-----
			0.6	-----
			0.5	L11=0.5720
55	L1, B5A	%82	0.8	-----
			0.7	L1=0.7797
56	L28, K3B	%94	0.8	-----
			0.7	-----
			0.6	-----
			0.5	L28=0.532

Tablo H.2: Hat İsimleri Listesi

Hat İsimleri		B5A=L1	B6A=L2	B6B=L3	B6C=L4	B6D=L5	B7A=L6
B7B=L7	B8A=L8	B8B=L9	B9A=L10	B9B=L11	B9C=L12	B10A=L13	M6A=L14
M7A=L15	M7B=L16	M8A=L17	V5A=L18	V5B=L19	V5C=L20	V5D=L21	K1A=L22
K1B=L23	K2A=L24	K2B=L25	K2C=L26	K3A=L27	K3B=L28	K3C=L29	K4A=L30

Ek I : İKİ FAZ ARASI ARIZA SENARYOLARINDA ELDE EDİLEN KESTİRİMLER

Tablo I.1: Faz Arası Arızasında Akım Üyelik Fonksiyonları ile Kestirilen Arıza Yerleri

Senaryo No	Arızalı Hat İsmi	Hat Üzerinde Arıza Yeri	α _Kesme Seviyesi	Kestirilen Arıza Yeri
1	L28, K3B	%62	0.8	L22=0.8; L28=0.8
2	L28, K3B	%92	0.8	-----
			0.7	-----
			0.6	-----
			0.5	L28=0.5638
3	L25, K2B	%18	0.8	-----
			0.7	L25=0.7678
4	L29, K3C	%94	0.8	L24=0.8
			0.7	L28=0.7523; L24
			0.6	
			0.5	L29=0.5207; L28; L24
5	L25, K2B	%6	0.8	-----
			0.7	-----
			0.6	-----
			0.5	L25=0.5736
6	L22, K1A	%81	0.8	L28=0.8
			0.7	L22=0.7804; L28
7	L24, K2A	%14	0.8	L29=0.8
			0.7	L24=0.7031; L29
8	L27, K3A	%20	0.8	L27=0.8
9	L24, K2A	%27	0.8	L24=0.8
10	L29, K3C	%45	0.8	L29=0.8
11	L25, K2B	%47	0.8	L25=0.8
12	L26, K2C	%85	0.8	L29=0.8
			0.7	L29
			0.6	L24=0.6727; L26=0.6998; L29
13	L25, K2B	%68	0.8	L25=0.8
14	L30, K4A	%20	0.8	L30=0.8
15	L24, K2A	%30	α _kat=0.8	L24=0.8
16	L27 K3A	%19	α _kat=0.8	-----
			α _kat=0.7	L27=0.7882

Tablo I.1(Devam)

Senaryo No	Arızalı Hat İsmi	Hat Üzerinde Arıza Yeri	α _Kesme Seviyesi	Kestirilen Arıza Yeri
17	L26, K2C	%30	0.8	L26=0.8
18	L28, K3B	%15	0.8	L24=0.8
			0.7	L28=0.7188; L29=0.7349; L24
19	L23, K1B	%38	0.8	L23=0.8
20	L30, K4A	%79	0.8	L30=0.8
21	L29, K3C	%50	0.8	L29=0.8
22	L27, K3A	%82	0.8	-----
			0.7	L27=0.7617
23	L26, K2C	%34	0.8	L26=0.8
24	L24, K2A	%73	0.8	L24=0.8; L28=0.8
25	L27, K3A	%84	0.8	-----
			0.7	L27=0.7233
26	L28, K3B	%37	0.8	L24=0.8; L28=0.8
27	L26, K2C	%55	0.8	L26=0.8; L29=0.8
28	L27, K3A	%69	0.8	L27=0.8
29	L24, K2A	%95	0.8	L28=0.8
			0.7	L28
			0.6	L28
			0.5	L24=0.5030; L28
30	L28, K3B	%89	0.8	-----
			0.7	-----
			0.6	L28=0.6227
31	L22, K1A	%46	0.8	L22=0.8; L28=0.8
32	L26 K2C	%82	0.8	L29=0.8
			0.7	L26=0.7598; L29
33	L28, K3B	%62	0.8	L22=0.8; L28=0.8
34	L28, K3B	%92	0.8	-----
			0.7	-----
			0.6	-----
			0.5	L28=0.5638
35	L25, K2B	%18	0.8	-----
			0.7	L25=0.7678
36	L29, K3C	%41	0.8	L29=0.8
37	L30, K4A	%6	0.8	-----
			0.7	-----
			0.6	-----
			0.5	L30=0.5682

**Ek J : FAZ İLETKENİ VE NÖTR İLETKENİ ARASINDAKİ ARIZA DURUMLARI
İÇİN OLUŞTURULAN SENARYOLARDA ELDE EDİLEN SONUÇLAR**

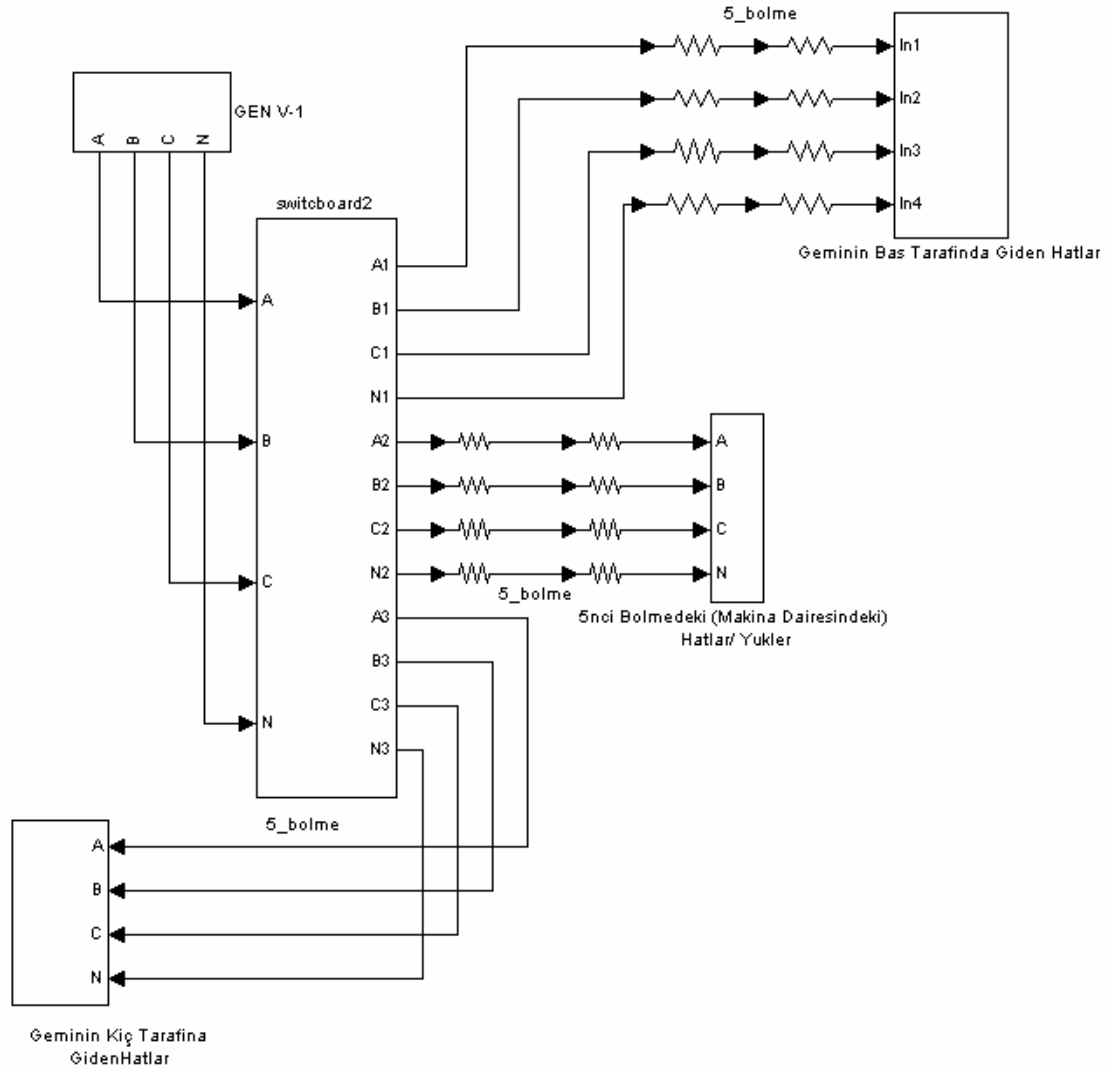
Tablo J.1: Faz İletkeni ve Nötr İletkeni Arasındaki Arıza Durumlarında Kestirim Sonucu

Senaryo No	Arızalı Hat İsmi	Hat Üzerinde Arıza Yeri	α _Kesme Seviyesi	Kestirim Sonucu
1	L28, K3B	%62	0.8	L22=0.8; L28=0.8
2	L28, K3B	%92	0.8	-----
			0.7	-----
			0.6	-----
			0.5	L28=0.5628
3	L25, K2B	%18	0.8	-----
			0.7	L25=0.7680
4	L29, K3C	%94	0.8	L24=0.8;;
			0.7	L28=0.7266; L24
			0.6	L24; L28
			0.5	L29=0.5207; L24; L28
5	L25, K2B	%6	0.8	-----
			0.7	-----
			0.6	-----
			0.5	L25=0.5739
6	L22, K1A	%81	0.8	L28=0.8
			0.7	L22=0.78; L28
7	K24, K2A	%14	0.8	L29=0.8
			0.7	L24=0.7034; L29
8	L27, K3A	%20	0.8	L27=0.8;
9	L24, K2A	%27	0.8	L24=0.8
10	L29, K3C	%45	0.8	L29=0.8
11	L25, K2B	%47	0.8	L25=0.8
12	L26, K2C	%85	0.8	L29=0.8
			0.7	L26=0.7001
13	L25, K2B	%68	0.8	L25=0.8
14	L30, K4A	%20	0.8	L30=0.8
15	L24, K2A	%30	0.8	L24=0.8
16	L27, K3A	%19	0.8	-----
			0.7	L27=0.7845
17	L26, K2C	%30	0.8	L26=0.8
18	L28, K3B	%15	0.8	L24=0.8;
			0.7	L28=0.7191; L24
			0.7	-----
			0.6	-----
			0.5	L30=0.5766

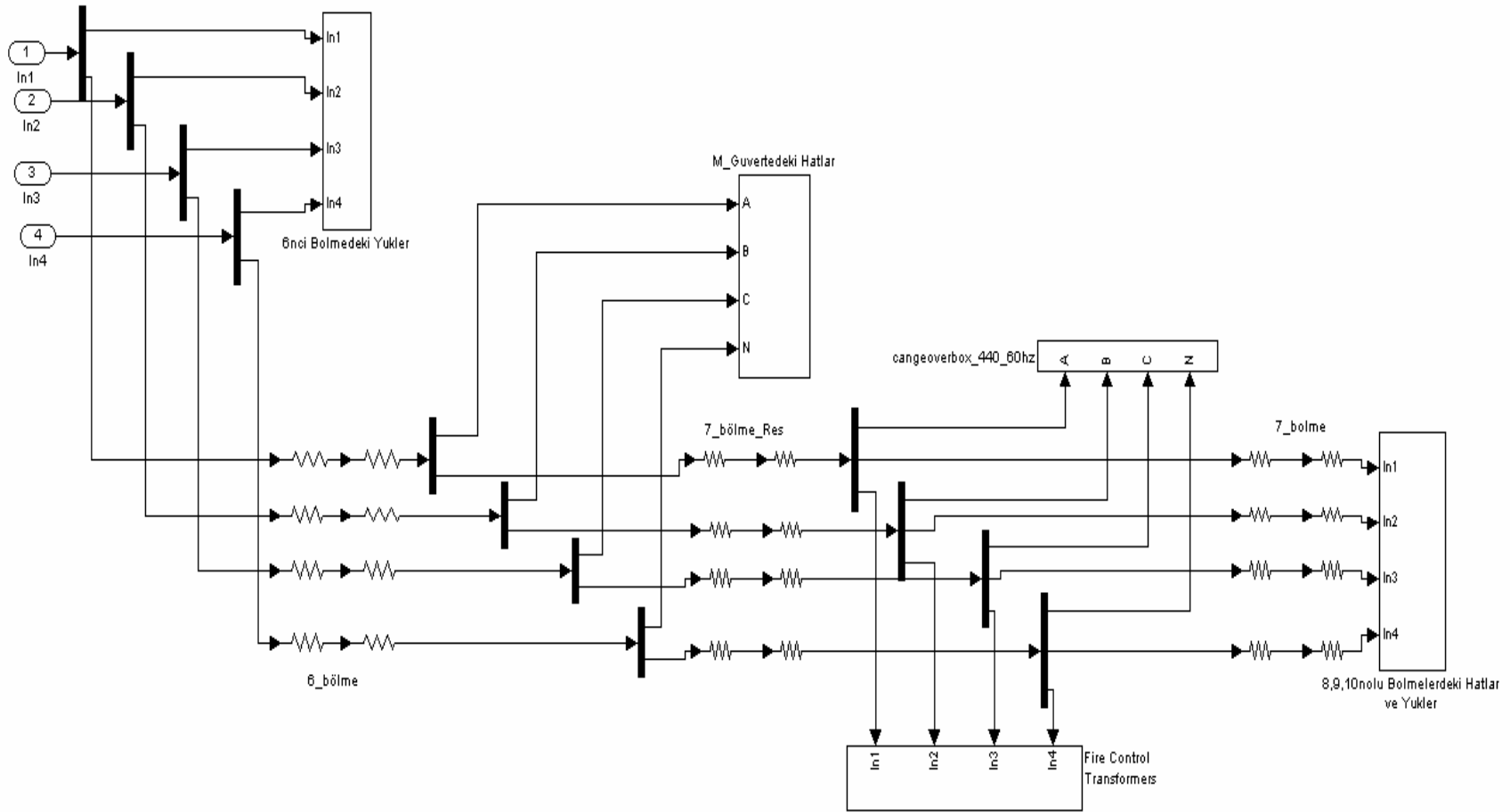
Tablo J.1 (Devam)

Senaryo No	Arızalı Hat İsmi	Hat Üzerinde Arıza Yeri	α Kesme Seviyesi	Kestirim Sonucu
19	L23, K1B	%38	0.8	L23=0.8
20	L30, K4A	%79	0.8	L30=0.8
21	L29, K3C	%50	0.8	L29=0.8
22	L27, K3A	%82	0.8	-----
			0.7	L27=0.7604
23	L26, K2C	%34	0.8	L26=0.8; L29=0.8
24	L24, K2A	%73	0.8	L24=0.8; L28=0.8
25	L27, K3A	%84	0.8	-----
			0.7	L27=0.7198
26	L28, K3B	%37	0.8	L24=0.8; L28=0.8
27	L26, K2C	%55	0.8	L26=0.8; L29=0.8
28	L27, K3A	%69	0.8	L27=0.8
29	L24, K2A	%95	0.8	L28=0.8
			0.7	L28
			0.6	L28
			0.5	L24=0.5021; L28
30	L28, K3B	%89	0.8	-----
			0.7	-----
			0.6	L28=0.6219
31	L22, K1A	%46	0.8	L22=0.8; L28=0.8
32	L26, K2C	%82	0.8	L29=0.8
			0.7	L26=0.7601
33	L28, K3B	%62	0.8	L22=0.8; L28=0.8
34	L25, K2B	%18	0.8	-----
			0.7	L25=0.7680
35	L29, K3C	%41	0.8	L29=0.8
36	L30, K4A	%6	0.8	-----
			0.7	-----
			0.6	-----
			0.5	L30=0.5766

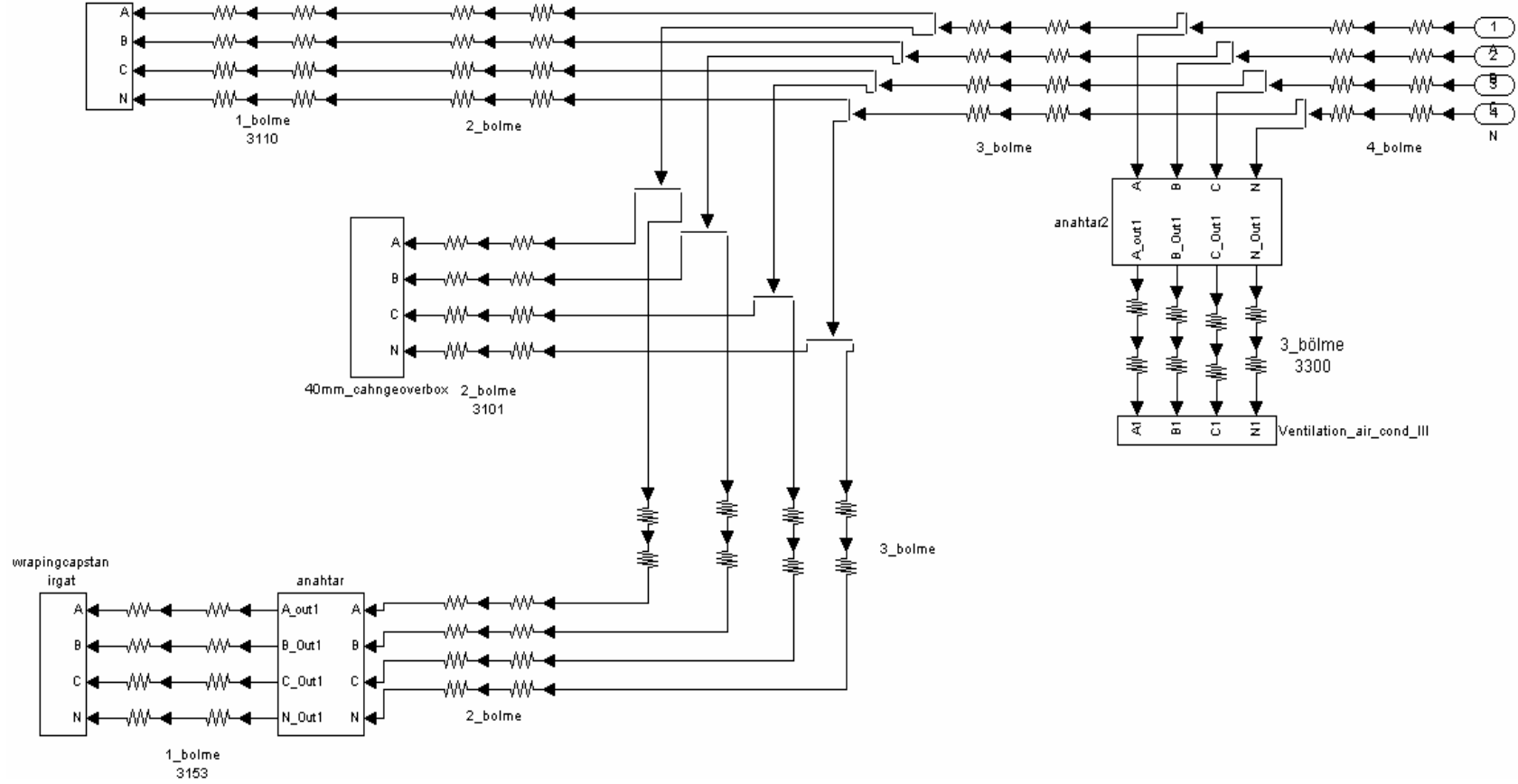
EK K : MATLAB-SIMULINK’TE OLUŞTURULAN SİMÜLASYON MODELİNE AİT ŞEKİLLER



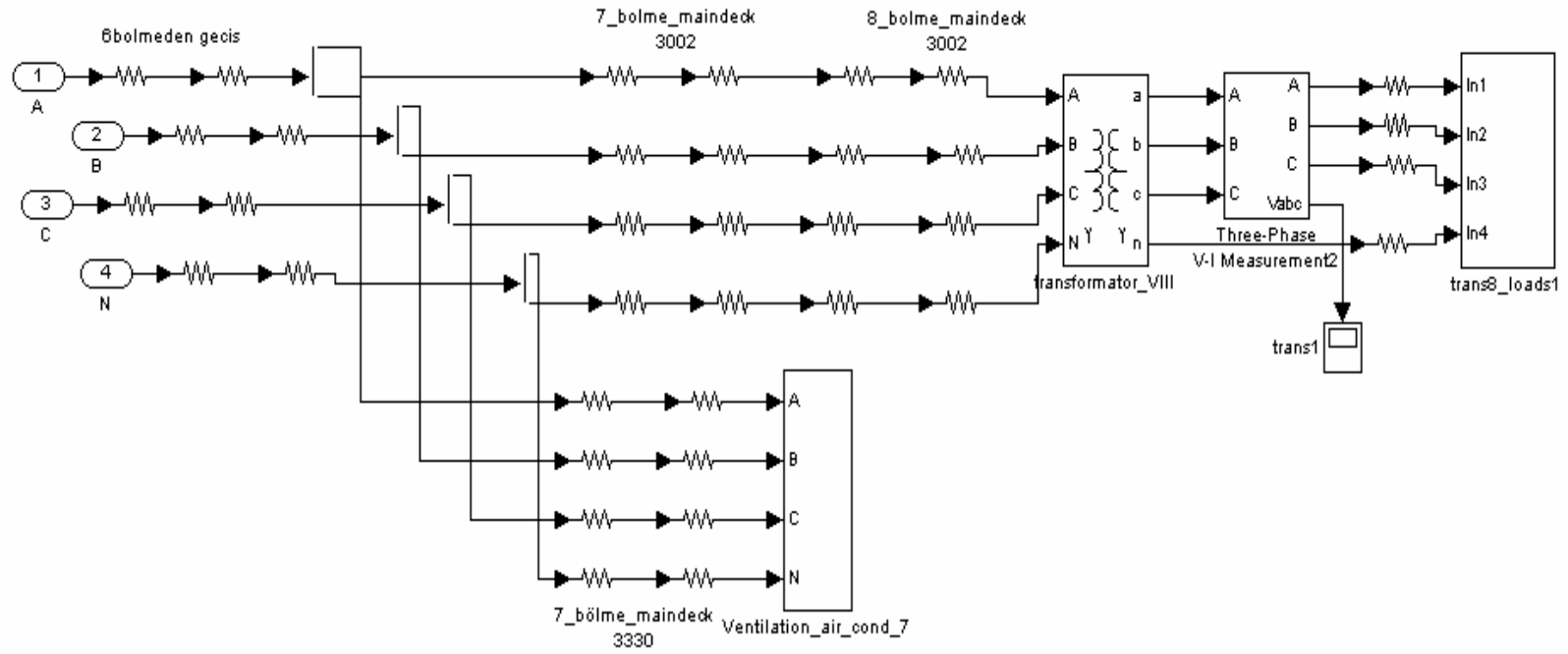
Şekil K.1: Ana Sistem Şekli



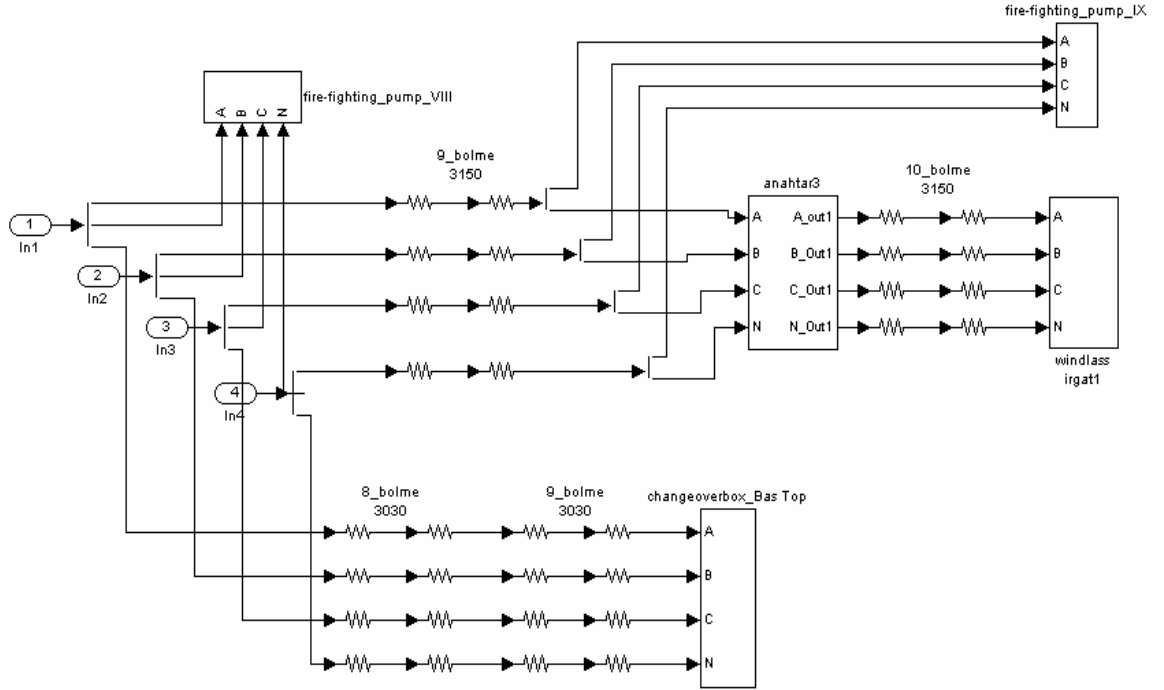
Şekil K.2: Ana Sistem Şeklinde (Şekil K.1) Görülen Baş Tarafa Giden Hat Alt Bloğu



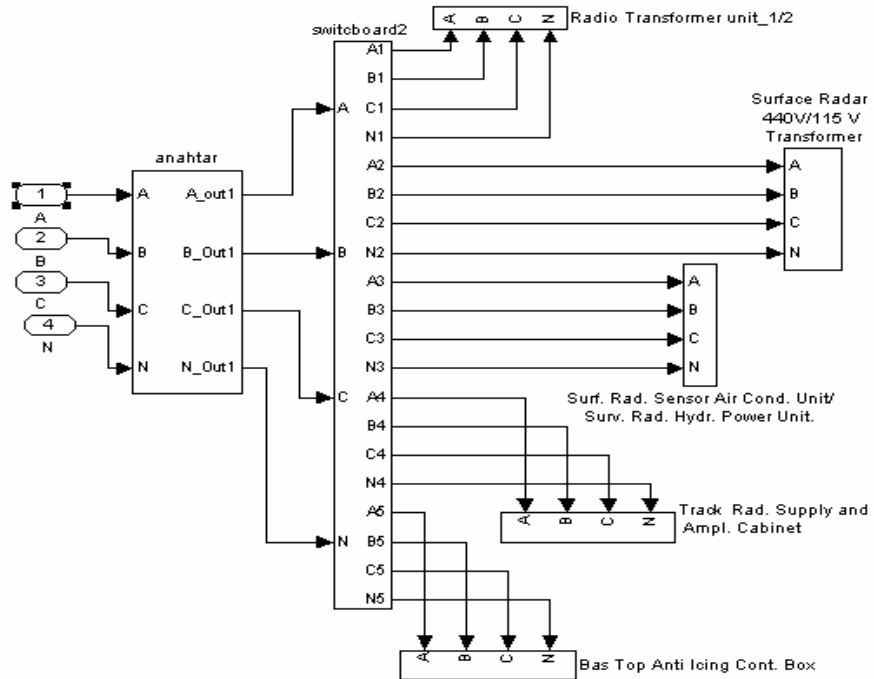
Şekil K.3: Ana Sistem Şeklinde (Şekil K.1) Görülen Geminin Kıç Tarafına Giden Hatlar Alt Bloğu



Şekil K.4: Baş Tarafa Giden Hat Alt Bloğu (Şekil K.2)'de Yer Alan M_Güvertedeki Hatlar Alt Bloğu



Şekil K.5: Baş Tarafa Giden Hat Alt Bloğu (Şekil K.2)'de Yer Alan 8,9,10nolu Güvertede Yer Alan Hatlar/Yükler Alt Bloğu



Şekil K.6: Baş Tarafa Giden Hat Alt Bloğu (Şekil K.2)'de Yer Alan Alt Sistem Dağıtım Panosu (ChangeoverBox 440V/60Hz) Alt Bloğu

ÖZGEÇMİŞ

İzzet Emre AFACAN 11 Şubat 1978 tarihinde Ankara’da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Ankara ve İstanbul’da tamamladıktan sonra 1992–1996 yılları arasında Deniz Lisesi Komutanlığı’nda lise eğitimini tamamladı. 1996 yılında Deniz Harp Okulu Komutanlığı’nda Elektrik/Elektronik Mühendisliği İletişim Mühendisliği bölümünde lisans eğitimine başladı. 30 Ağustos 2000 tarihinde lisan eğitimini tamamlayıp, Deniz Harp Okulu’ndan deniz subayı olarak mezun oldu. 30 Ağustos 2000–25 Ekim 2002 tarihleri arasında Deniz Kuvvetleri Komutanlığı bağlı su üstü gemilerinde branş subaylığı, bölüm amirliği görevlerinde bulundu. 2002–2003 güz yarıyılında İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü’nde yüksek lisans eğitimine başlamış olup, halen Deniz Harp Okulu’nda görev yapmaktadır.