İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜZER ARAÇLARDA DİNAMİK KONUMLANDIRMA SİSTEMLERİNDE BİLEŞEN SEÇİMİNİN SİSTEMİN ÇALIŞMASINA ETKİSİ BAKIMINDAN ÖNEMİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ali ÖZEN

Gemi İnşaatı ve Gemi Makinaları Mühendisliği Anabilim Dalı

Gemi İnşaatı ve Gemi Makinaları Mühendisliği Programı

NİSAN 2014

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜZER ARAÇLARDA DİNAMİK KONUMLANDIRMA SİSTEMLERİNDE BİLEŞEN SEÇİMİNİN SİSTEMİN ÇALIŞMASINA ETKİSİ BAKIMINDAN ÖNEMİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ali ÖZEN
508061002

Gemi İnşaatı ve Gemi Makinaları Mühendisliği Anabilim Dalı

Gemi İnşaatı ve Gemi Makinaları Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Osman Azmi ÖZSOYSAL

NİSAN 2014

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 508061002 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Ali ÖZEN**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "YÜZER ARAÇLARDA DİNAMİK KONUMLANDIRMA SİSTEMLERİNDE BİLEŞEN SEÇİMİNİN SİSTEMİN ÇALIŞMASINA ETKİSİ BAKIMINDAN ÖNEMİ" başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı :	**Prof. Dr. Osman Azmi ÖZSOYSAL** İstanbul Teknik Üniversitesi	.....
Jüri Üyeleri :	**Prof. Dr. Kadir SARIÖZ** İstanbul Teknik Üniversitesi	.....
	Y.Doç. Dr. YALÇIN ÜNSAN İstanbul Teknik Üniversitesi	.....

Teslim Tarihi : **14 Mart 2014**
Savunma Tarihi : **22 Nisan 2014**

Aileme,

ÖNSÖZ

Beni tezin tüm aşamalarında motive eden, yönlendiren ve tezimi tamamlamam konusunda desteğini esirgemeyen değerli hocam Prof.Dr.Osman Azmi ÖZSOYSAL'a, bugün bu tezin tamamlanmasında üzerimde emeği olan başta canımdan çok sevdiğim eşim Esin SARIMAN ÖZEN, canım kardeşim, rahmetli annem ve babam, halalarım, Kezban Abla'm, ailemin eksikliğini bana hiç yaşatmayan yeni ailem SARIMAN ailesi, desteklerini hep yanımda hissettiğim YEREBAKAN ve ERENGÜL aileleleri, iş hayatımda bugüne kadar bana karşı desteğini esirgememiş tüm Seta, Seft, Selah ve RINA çalışanları, değerli arkadaşlarım Hüseyin DOĞAR, Rasim YILMAZ ve Emre ÖZEN olmak üzere herkese desteklerinden ötürü sonsuz teşekkür ederim.

Nisan 2014

Ali ÖZEN
Gemi İnş. ve Gemi Mak. Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ..... **vii**
İÇİNDEKİLER ..... **ix**
KISALTMALAR ..... **xi**
ÇİZELGE LİSTESİ ..... **xiii**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **xv**
ÖZET ..... **xvii**
SUMMARY ..... **xix**
1. GİRİŞ **1**
1.1 Açık Deniz Su Aracı Çeşitleri 2
1.2 Konum Koruma Yöntemleri 4
1.2.1 Kendi ayakları üzerinde hareketli (jack-up) sistemler 4
1.2.2 Çapa yoluyla konum koruma sistemleri 5
1.2.3 Dinamik konumlandırma sistemleri 5
2. DİNAMİK KONUMLANDIRMA SİSTEMLERİ **7**
2.1 Genel Tanım 7
2.2 Referans Sistemleri 8
2.2.1 Radar tabanlı sistemler 8
2.2.2 GPS tabanlı sistemler 10
2.2.3 Akustik tabanlı sistemler 12
2.2.4 Halat gerilimi tabanlı sistemler 14
2.3 Kontrol Sistemleri 14
2.3.1 Ana bilgisayar, I/O işlemcileri 15
2.3.2 Kesintisiz güç kaynağı (UPS) 16
2.3.3 Operatör istasyonları 18
2.3.4 Kumanda kolu 19
2.3.5 Acil durum operatör istasyonu 19
2.4 Tahrik Sistemleri 20
2.4.1 Kıçtan tahrik sistemleri 20
2.4.1.1 Dizel motor tahrikli piç kontrollü pervane sistemi 20
2.4.1.2 Elektrik motoru tahrikli pervane sistemi 24
2.4.2 Baş/Kıç yan iticiler 25
2.4.2.1 Konvansiyonel yan itici sistemi 26
2.4.2.2 Veth-jet sistemleri 26
2.4.3 Özel tahrik sistemleri 27
2.4.3.1 Schottel SRP sistemi 27
2.4.3.2 Voith-Schneider Azimuth Drive sistemi 28
2.5 Güç Kaynakları ve Yönetim Sistemleri 30
2.5.1 Dizel tahrikli jeneratörler 30
2.5.2 Şaft alternatörleri 31
2.5.3 Dağıtım panoları ve ana baralar 32
2.5.4 Güç yönetim sistemleri 33

2.6 Uluslararası Düzenlemeler 34
2.6.1 Ekipman sınıflandırması 34
2.6.2 Operasyon sınıflandırması 35
3. MODELLEME VE KOD GELİŞTİRME 37
3.1 Bilgisayar Kodu Hakkında 37
3.2 Tez Bünyesindeki Bilgisayar Programı ile Gerçek Bir Gemideki Dinamik Konumlandırma Bilgisayarının Farkları 37
3.3 Bilgisayar Kodu Temel Kabulleri 38
3.4 Bilgisayar Kodu Temel Hesaplamaları 39
3.4.1 Fazlar ve Yakınsama Parametreleri 40
3.4.2 Programın işleyişi 42
3.4.3 Tüketim miktarlarının hesaplanması 43
3.5 Bilgisayar Kodu Amaç Fonksiyonu 44
3.6 Parametrik Hesap Kabulleri 46
3.6.1 Bileşen farklı güç değerlerinde program ile hesaplama 47
3.6.2 Bileşen farklı parametrelerinde program ile hesaplama 48
4. ANALİZ SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRME 49
5. SONUÇ VE ÖNERİLER 51
KAYNAKLAR 55
EKLER 59
ÖZGEÇMİŞ 85

KISALTMALAR

AC : Alternatif Akım (Alternating Current)
CPP : Piç Kontrollü Pervane (Controllable Pitch Propeller)
DP : Dinamik Konumlandırma (Dynamic Positioning)
FPSO : Yüzer Üretim Depolama ve Nakil Aracı (Floating Production Storage and Offloading)
GPS : Küresel Konumlandırma Sistemi (Global Positioning System)
IMCA : Uluslararası Gemi Kiracıları Birliği (International Maritime Charterers Association)
IMO : Uluslararası Denizcilik Örgütü (International Maritime Organization)
MSC : Denizcilik Güvenlik Komitesi (Maritime Safety Committee)
NMA : Norveç Denizcilik Birimi (Norwegian Maritime Administration)
$\mathbf{P_{BT1,max}}$: 1 numaralı baş yan itici maksimum güç değeri
$\mathbf{P_{BT2,max}}$: 2 numaralı baş yan itici maksimum güç değeri
$\mathbf{P_{DG1,max}}$: 1 numaralı jeneratör maksimum güç değeri
$\mathbf{P_{DG2,max}}$: 2 numaralı jeneratör maksimum güç değeri
$\mathbf{P_{ME1,max}}$: 1 numaralı ana makine maksimum güç değeri
$\mathbf{P_{ME2,max}}$: 2 numaralı ana makine maksimum güç değeri
$\mathbf{P_{SA1,max}}$: 1 numaralı şaft alternatörü maksimum güç değeri
$\mathbf{P_{SA1,act}}$: 1 numaralı şaft alternatörü mevcut güç değeri
$\mathbf{P_{SA2,max}}$: 2 numaralı şaft alternatörü maksimum güç değeri
$\mathbf{P_{SA2,act}}$: 2 numaralı şaft alternatörü mevcut güç değeri
$\mathbf{P_{ST1,max}}$: 1 numaralı kıç yan itici maksimum güç değeri
$\mathbf{P_{ST2,max}}$: 2 numaralı kıç yan itici maksimum güç değeri
$\mathbf{Perc_{BT1,act}}$: 1 numaralı baş yan itici mevcut yük yüzdesi
$\mathbf{Perc_{BT1,dmd}}$: 1 numaralı baş yan itici talep edilen yük yüzdesi
RINA : İtalyan Klaslama Kuruluşu (Registro Italiano Navale)
ROV : Uzaktan Kumandalı Araç (Remotely Operated Vehicle)
SRP : Schottel Dümen Pervane Sistemi (Schottel Rudder Propeller)
UPS : Kesintisiz Güç Kaynağı (Uninterruptible Power Supply)
$\mathbf{V_{act}}$: Yüzer aracın mevcut hız değeri
$\mathbf{V_{rot,act}}$: Yüzer aracın mevcut dönüş açısal hız değer
VBA : Uygulamalar İçin Visual Basic (Visual Basic For Applications)
$\mathbf{X_{act}}$: Yüzer aracın mevcut x-koordinatı
$\mathbf{X_{trg}}$: Yüzer aracın hedeflenen x-koordinatı
$\mathbf{Y_{act}}$: Yüzer aracın mevcut y-koordinatı
$\mathbf{Y_{trg}}$: Yüzer aracın hedeflenen y-koordinatı
$\boldsymbol{\theta_{act}}$: Yüzer aracın mevcut baş-kıç doğrultusunun koordinat eksenine açısı
$\boldsymbol{\theta_{trg}}$: Yüzer aracın hedeflenen baş-kıç doğrultusunun koordinat eksenine açısı

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1: Sabit güç parametreleri. 46
Çizelge 3.2: Sabit diğer parametreler. 46

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: Enerji üretim-tüketim açığı grafiği. 1
Şekil 1.2: Keşif amaçlı açık deniz su aracı. 2
Şekil 1.3: Destek amaçlı açık deniz su aracı. 2
Şekil 1.4: Üretim amaçlı açık deniz su aracı. 3
Şekil 1.5: Kendi ayakları üzerinde hareketli sistemler. 4
Şekil 1.6: Çapa yoluyla konum koruma sistemleri. 5
Şekil 1.7: Dinamik konumlandırma sistemleri monitör gösterimi. 6
Şekil 2.1: Dinamik konumlandırma sistemleri genel bileşenler görünümü. 7
Şekil 2.2: Radar vericisi menzil ve açı karşılaştırması. 9
Şekil 2.3: Radar vericisinin birden çok alıcı ile çalışması. 9
Şekil 2.4: Radar tabanlı sistemler temel bileşenleri. 10
Şekil 2.5: GPS uydusu dünya üzerinde görünümü 10
Şekil 2.6: DGPS genel çalışma prensibi. 11
Şekil 2.7: Dual DGPS akış diyagramı. 11
Şekil 2.8: Akustik tabanlı sistemler genel bileşenleri görünümü. 13
Şekil 2.9: Halat gerilimi tabanlı sistemler genel bileşenleri görünümü. 14
Şekil 2.10: Ana bilgisayar temel akış diyagramı. 15
Şekil 2.11: Offline UPS sistemleri. 16
Şekil 2.12: Line-Interactive UPS sistemleri. 17
Şekil 2.13: Operatör istasyonu. 18
Şekil 2.14: Üç eksenli kumanda kolu. 19
Şekil 2.15: Dört zamanlı ana makine ve şanzıman ölçüleri. 21
Şekil 2.16: İki zamanlı ana makine ölçüleri. 21
Şekil 2.17: RINA klas kuruluşu şaft muayenesi periyot çizelgesi. 23
Şekil 2.18: CPP pervane hub kesiti. 24
Şekil 2.19: Elektrik motoru tahrik sistemi bileşenleri genel görünümü. 25
Şekil 2.20: Konvansiyonel yan itici sistemi. 26
Şekil 2.21: Veth-jet yan itici sistemi. 27
Şekil 2.22: Schottel SRP sistemi kesiti. 28
Şekil 2.23: Voith-Schneider Azimuth Drive sistemi. 29
Şekil 2.24: Voith-Schneider Azimuth Drive tahrik yönleri şeması. 29
Şekil 2.25: Santrifüj gavernör şeması. 31
Şekil 2.26: Şaft alternatörü şematik görünümü. 32
Şekil 3.1: θph1 açı yönü belirleme grafiği. 40
Şekil 3.2: Mevcut konum ve hedef konum temel değişkenleri. 40
Şekil 3.3: Bilgisayar kodu akış diyagramı. 45
Şekil 4.1: Jeneratör gücü parametrik sonuçları grafiği. 49
Şekil 4.2: Diff parametresi parametrik sonuçları grafiği. 50
Şekil A.1: Dizel jeneratör 200 birim güç - 1. ve 2. aşama. 61
Şekil A.2: Dizel jeneratör 200 birim güç - 3. ve 4. aşama. 62
Şekil A.3: Dizel jeneratör 200 birim güç - 5. ve 6. aşama. 63

Şekil A.4: Dizel jeneratör 300 birim güç - 1. ve 2. aşama 64
Şekil A.5: Dizel jeneratör 300 birim güç - 3. ve 4. aşama. 65
Şekil A.6: Dizel jeneratör 300 birim güç - 5. ve 6. aşama. 66
Şekil A.7: Dizel jeneratör 400 birim güç - 1. ve 2. aşama. 67
Şekil A.8: Dizel jeneratör 400 birim güç - 3. ve 4. aşama. 68
Şekil A.9: Dizel jeneratör 400 birim güç - 5. ve 6. aşama. 69
Şekil A.10: Dizel jeneratör 500 birim güç - 1. ve 2. aşama. 70
Şekil A.11: Dizel jeneratör 500 birim güç - 3. ve 4. aşama. 71
Şekil A.12: Dizel jeneratör 500 birim güç - 5. ve 6. aşama. 72
Şekil B.1: Diff parametresi 65 - 1. ve 2. aşama. 73
Şekil B.2: Diff parametresi 65 - 3. ve 4. aşama. 74
Şekil B.3: Diff parametresi 65 - 5. ve 6. aşama. 75
Şekil B.4: Diff parametresi 90 - 1. ve 2. aşama. 76
Şekil B.5: Diff parametresi 90 - 3. ve 4. aşama..... 77
Şekil B.6: Diff parametresi 90 - 5. ve 6. aşama. 78
Şekil B.7: Diff parametresi 115 - 1. ve 2. aşama. 79
Şekil B.8: Diff parametresi 115 - 3. ve 4. aşama. 80
Şekil B.9: Diff parametresi 115 - 5. ve 6. aşama. 81
Şekil B.10: Diff parametresi 140 - 1. ve 2. aşama. 82
Şekil B.11: Diff parametresi 140 - 3. ve 4. aşama. 83
Şekil B.12: Diff parametresi 140 - 5. ve 6. aşama. 84

YÜZER ARAÇLARDA DİNAMİK KONUMLANDIRMA SİSTEMLERİNDE BİLEŞEN SEÇİMİNİN SİSTEMİN ÇALIŞMASINA ETKİSİ BAKIMINDAN ÖNEMİ

ÖZET

Gemi inşa sanayii, denizcilik gereksinimlerine; bu gereksinimler ise ulusal ve uluslar arası ticarete göre şekillenmektedir. Günümüzde enerji sektörünün, zorlu deniz koşullarında platformlar vasıtası ile açık denizde gerçekleşen faaliyetleri, yeni gemi tiplerinin ve yeni gemi ana ve yardımcı sistemlerinin gelişmelerini sağlamıştır.

Bu gemi tiplerinden başlıcaları, yüzer üretim, depolama ve nakil araçları (FPSO'lar), çapa toplama gemileri, platform destek gemileri, boru yerleştirme gemileri, sismik gemiler, çevre kirliliği önleme gemileri, yangın söndürme gemileri, ikamet gemileri vb. olup, bu gemiler malzeme veya insan transferi yapan, uzay veya sabit bir noktaya göreceli olarak mümkün mertebe konumunu koruyabilecek özelliklerde olmaları gerekmektedir.

Zor deniz koşullarında, gemilerin ve yüzer araçların kumandasının insan kabiliyetine mahkum kalmadan konumunu koruması, rota izlemesi ve çevresel faktörlerden daha az etkilenmesi amacıyla, günümüz gemilerinde kullanılan ve geliştirilmeye devam eden dinamik konumlandırma sistemleri mevcuttur.

Bu sistemler, kendi karmaşık matematik yapılarının yanısıra, birlikte çalıştığı bileşenlerle bir bütün olarak gemideki görevlerini yerine getirmektedir. Bu nedenle ekipman donatımı, geminin amacı ve çalıştığı bölgeler dikkate alınarak yapılmalıdır. İlk yatırım maliyetlerinin yüksek olması, değişiklik veya dönüşüm yapılmasının fiziksel imkansızlıkları/zorlukları sebebiyle, tasarım aşamasında en başında doğru kararların verilmesi büyük önem taşımaktadır.

Tez kapsamında, gemiler için dinamik konumlandırma sisteminin bileşenleri ele alınmış, bileşenler tanıtılarak haklarında ayrıntılı bilgiler verilmiş, bileşenlerin birbiriyle ilişkisi araştırılmıştır. Özellikle tahrik unsurları ve güç kaynakları gibi doğrudan sistemin ekonomik ömrüne etki eden bileşenlerin somut verilerle değerlendirilebilmesi için, sanal gemilerin parametrik incelenmesi fikrinden hareketle bileşenlerin karşılaştırması ve önem derecelerinin saptanması için bir bilgisayar kodu yazılmış ve verilerle sonuçlar yorumlanmıştır. Dinamik konumlandırma sistemi bileşenleri ana hatlarıyla dört temel başlık olan referans sistemleri, kontrol sistemleri, tahrik sistemleri ve güç kaynakları olarak ele alınmıştır.

Bu tez, ticari gemiler için hangi dinamik konumlandırma sisteminin seçilmesi gerektiğini ortaya koyması açısından Türkiye'de hazırlanmış ilk yüksek lisans tezi özelliğindedir ve dinamik konumlandırma sistemleri barındıracak gemi tasarımı yapacak veya genel olarak bu sistemlerin programlanması/geliştirilmesinde rol alacak mühendislere önemli kolaylıklar sağlayacağına inanılmaktadır.

THE IMPORTANCE OF COMPONENT SELECTION FOR DYNAMIC POSITIONING SYSTEMS WITH THE ASPECT OF THEIR EFFECT TO THE OPERATION OF THE SYSTEMS ON VESSELS

SUMMARY

Shipbuilding industry is formed through the maritime requirements and these requirements are formed by the national and international trade. Nowadays the activities of the energy sector taking place in the off-shore, around rigs, platforms and harsh sea conditions lead to new ship types and developments of new main and auxiliary systems on ships.

Significant ship types of this purpose can be counted as floating production, storage and offloading units (FPSO's), anchor handling vessels, seismic research vessels, pollution prevention ships (oil recovery ships), fire-fighting ships, accomodation ships, platform supply vessels, pipe laying vessels, etc. and they require features as to keep steady relative to a spatial or terrestrial reference point because they are oftenly subject to human or material transfer.

Recently there are dynamic positioning systems present and even being developed for such vessels, in order to keep them in a specified position, route and avoid them from being affected by the environmental factors in the difficult sea conditions without being convicted to the abilities of persons.

These systems try to fulfill their purpose on one hand with their complex mathematic structures and on the other hand with the components they work together as a whole. For this reason, component selection is to be made taking into consideration the purpose of the ship and areas where the ship will work. Due to high initial investment costs, physical impossibilities/difficulties of changes or conversions, great importance should be given to the right decisions at the beginning of the design phase.

This thesis consists of five sections, from which the first is the Introduction, where the idea and main methods of position keeping is described. Three methods have been taken into account as most common, respectively jack-up systems, anchoring systems, which are more basic systems and lastly the dynamic positioning systems, which constitute more complex computer systems, enabling great maneouvring for the vessels. The first two systems, due to their nature, have constraints, the length of the legs of the jack-up barge and the chains of the anchor are defining the maximum sea depth they can be used. Moreover these systems are only available to work over a sea bed without obstructions. In the contrary, the dynamic positioning systems keep their position with the thrusters and they have no depth limit in the sea. They produce a high flexibility, because their position can easily be changed by a new command onto the computer, without the need of long time to retract legs or an anchor handling vessel to help collect the anchor.

Components of dynamic positioning systems on ships have been taken into consideration and described with detailed information and the interaction between

different components has been researched in the second section of the thesis. Components of the system are taken into account basically on four main subjects, namely reference systems, control systems, thrust systems and power systems. All the individual components of these subjects have been evaluated in accordance with their complexity, operational requirements, dependence to exterior references and effects of weather and other environmental factors. Radar based and DGPS reference systems are dependent on terrestrial equipment, however the acoustic and taut-wire systems operate only with their equipment, however these systems require areas where the equipment are not to be damaged or affected by environmental factors. They also do not work with an ultimate coordinate system however they can fix a reference system on each operation and keep their position relatively. The type and number of control system components will be determined in accordance with the DP class of the vessel and comfort of the operator requested. Therefore their criteria relevant to the dynamic positioning system are less and these systems are designed in an economical point of view compared to the material quality and furtherly to meet statutory regulations and classification society rules. The section continues with statutory requirements and class rules, in the examples of Norwegian Maritime Administration classification of ships operations requiring the dynamic positioning systems and Italian Classification Society RINA (Registro Italiano Navale) classification of equipment used on these systems. There are four principle classes defined for these ships, shortly semi automatic systems (not classified), automatic systems without backup (Class 1), with backup of active components (Class 2) and with a backup of physical separation of the equipment (Class 3). Equipment classes are determined in the design phase in accordance with the operations the vessel will be involved throughout its life.

A computer code has been developed in Excel and VBA to provide an occasion to compare components on virtual ships and to discuss the results. The program aims to calculate the behaviour of a vessel with defined power systems, thrust systems and control parameters, from a point to another target point and direction. The calculation works by a step by step movement of the ship in three phases. In the first phase, the vessel turns its direction to the target point. Complying an accuracy defined in the program, the program shifts to the second phase, where the vessel moves towards the target and respectively to the third phase, where the vessel finally reached the target position and turns around to comply the target direction. In each step, thruster requirements, power demands and resulting consumption from all engines are cumulatively calculated. Section three of the thesis has all the details of the program and the parametric analysis, which is carried out to evaluate the systems, which are based on equipment capacity and effect the economic life of the vessel. The analysis has been conducted with eight virtual ships to compare two different parameters, from which one is the generator set power and the next is the Diff parameter of the control system, which regulates the behaviour of thrusters when approaching the target.

The results of eight different ships have been presented in results graphs in section four, which enables the evaluation of the said parameters. The results have shown for ships with all other parameters completely equivalent and only generator powers different, that the less power led the generators under load continuously and further need of shaft alternators to cover the required power by thrusters. Too much capacity led to the non use of the second generator and the only one generator being heavily loaded. Intermediate generator powers led to the most economic results. The next

parametric analysis showed that less number for approaching parameter Diff, resulted in the vessel to behave aggressive to approach the target before slowing down to catch the target, which led to more consumption on short time to aggressively stop the vessel on target and even in some cases led the vessel to miss the target and make more effort to catch back. In the contrary, too high parameters led the vessel to slow down very early and resulted in a long and less economic approach to target. Repeatingly the intermediate values chosen have shown more economic results.

The program has been developed as an introductory code to evaluate the required components and therefore missed several features explained in the thesis with their reasons. These exclusions can be listed in four main subjects:

1) Program assumes the actual and target positions of the vessel are certain points and the processing of the data received from the reference systems has not been programmed.

2) The effects of the environmental factors have been neglected, because they have been considered to have an equal effect on each vessel in the parametric analysis. For this reason, processing of data such as wind/sea flow measurement and their effect on the ship have not been programmed.

3) It is deemed that each ship in water will have different behaviour and each thrust component power demand and their reaction on the vessel will be variable, main assumptions explained in the section 3.3 have been made and the Diff and Chng parameters have been taken equal for each different thrust component. This leads to certain results at certain power demands and the need of mathematical model correction via a Kalman Filter is avoided. In fact, while applying the program to a real application, each thrust component should be defined separately by the values obtained from manufacturers, so that the forces and moments can be calculated acting on the ship at each unit power of the said thrust component. Furthermore the parameters should be defined for each thrust unit, defining how fast the thruster can react when sudden demands for power occur.

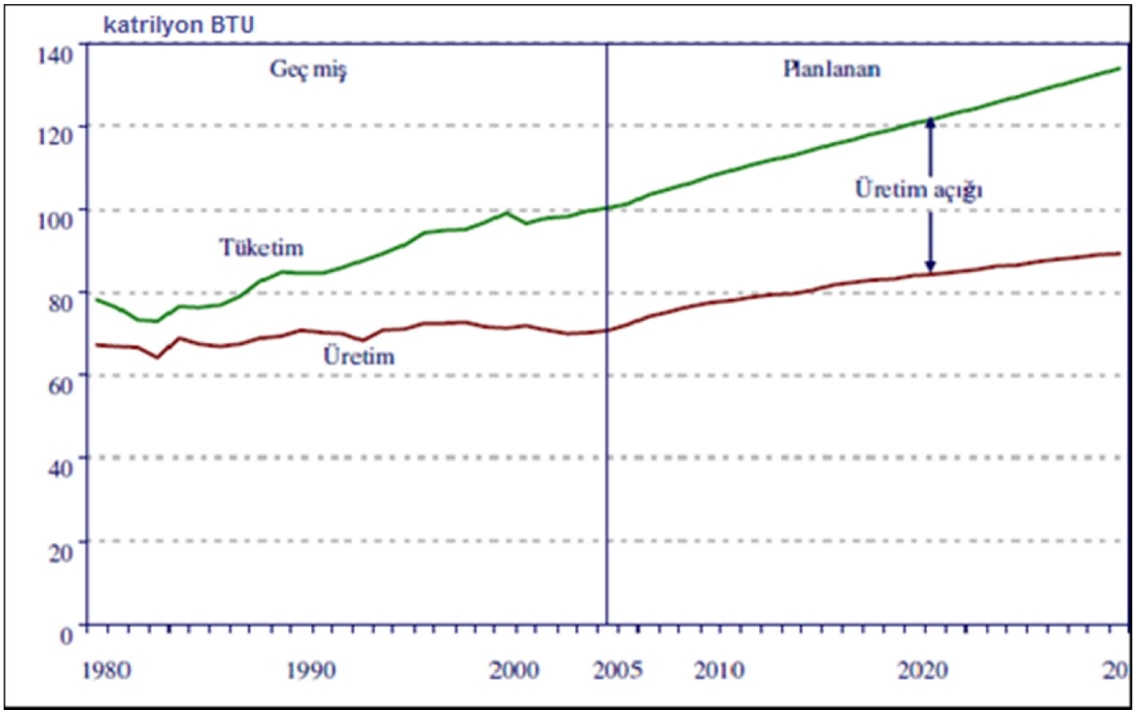
4) In dynamic positioning systems, it is possible to follow various algorhytms to reach a target position and keep that position. For instance, one method would be using the side thrusters in same direction together with the propulsion propellers to move towards the target without changing its ahead direction. Another method, obtained in this thesis, would be turning to the target in advance, approaching using propulsion propellers and lastly turning in position to keep the direction as targeted. These algorhytms are various and is matter of choice for the engineer designing the system.

The program has been developed so far to support naval architects who are intending to design ships equipped with those systems or develope the dynamic positioning systems.

In conclusion, section five summarizes the component selection and the results of the parametric analysis. This thesis, being the first to be written on the subject in Turkey, has made very clear with the computer program results, that selection of systems is not based on cheap/less capacity is economic or expensive/high capacity is unfeasable. All components are to be taken very carefully into account in the design phase of these vessels preferably with mathematic and/or physical models to estimate and evaluate the behaviour of the vessel under several position-keeping scenarios.

1. GİRİŞ

Dünyadaki enerji talebi ve tüketimi, tüketim toplumunun büyümesiyle doğru orantılı olarak gün geçtikçe artmakta ve enerji üretimi bu artışın yanında yetersiz kalmaktadır. Şekil 1.1'de ortaya konduğu gibi, enerji tüketimi ve üretimi ile ilgili Energy Information Association (EIA)'ın çalışması günden güne üretim açığının büyüdüğünü ve trendin büyüme yönünde olduğunu göstermektedir.



Şekil 1.1: Enerji üretim-tüketim açığı grafiği [1].

Enerji gereksiniminin yaklaşık %86'sını fosil yakıtlar oluşturuyor olup, dünya petrol rezervlerinin %4'erlik kısımlarını da Hazar Havzası ve Kuzey Denizi gibi açık deniz kaynakları oluşturmaktadır. Bu oranların Ortadoğu Bölgesi'ne kıyasla düşük olmasına ve bu bölgede üretimin maliyetinin daha yüksek olmasına rağmen, açık denizdeki bu enerji kaynakları büyük önem taşımaktadır [2].

1.1 Açık Deniz Su Aracı Çeşitleri

Açık denizde petrol ve doğalgaz üretimi, platformlar ve bu platformlara destek veren gemiler vasıtasıyla gerçekleşmektedir. Bu kapsamda açık deniz tipi su aracı çeşitleri günden güne çoğalmıştır. Bunlar keşif, destek, üretim ve inşaat amaçlarına hizmet etmek üzere dört kategori altında toplanabilir [3].



Şekil 1.2: Keşif amaçlı açık deniz su aracı [4].

Keşif amaçlı açık deniz su aracı çeşitlerine, dubalar ve Şekil 1.2'de örneği görülebilecek olan kendi ayakları üzerinde hareketli (jack-up) platformlar listelenebilir. Bu tip su araçları denizde belirlenen noktalara kendi sevk sistemleri veya römorkörler vasıtasıyla ulaşarak, konumunu çeşitli yöntemlerle sabitleyen ve sondaj yoluyla keşif yapan su araçlarıdır.



Şekil 1.3: Destek amaçlı açık deniz su aracı [5].

Destek amaçlı açık deniz su aracı çeşitleri daha çeşitli olup, çalışma gemileri, platform destek gemileri, çapa toplama gemileri, sismik gemiler, çevre kirliliği

önleme gemileri, yangın söndürme gemileri ve ikamet gemileri gibi yüzer araçlar bu kategoriye girer. Şekil 1.3'te platformdan kıyıya doğru yola çıkmış bir platform destek gemisi görülebilir. Bu gemiler, doğrudan üretim yapmayan, keşif veya üretim amaçlı çalışan platform ve dubalara yan hizmet veren gemilerdir. Yakıt, su, çamur taşımacılığı, malzeme transferi, oluşabilecek yangınlara ve denize dökülen yağın temizlenmesi, bölgede çalışan insanların yaşam alanı gibi hizmetler veren bu gemiler, platformlarla birebir çalışıyor olup, malzeme veya insan nakilleri sırasında konumlarını platform veya bir uyduya gore sabit koruyabilen gemilerdir.



Şekil 1.4: Üretim amaçlı açık deniz su aracı [6].

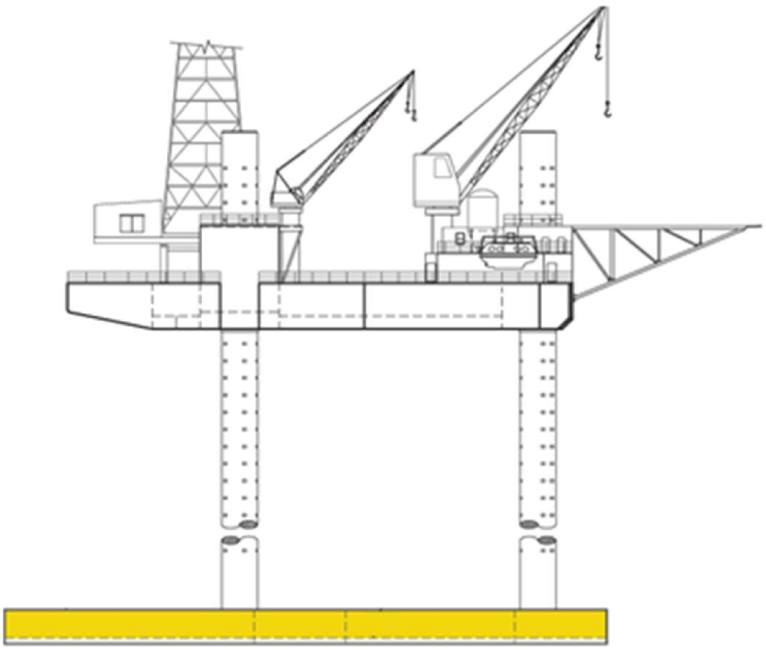
Üretim amaçlı açık deniz su aracı çeşitleri, Şekil 1.4'te görünen Yüzer Üretim Depolama ve Nakil Araçları (FPSO'lar) ve nakil tankerlerinden oluşmaktadır. Bu araçlar, keşifler sonucu tespit edilmiş bölgelerden petrol ve doğalgazın yüzeye çıkarılması, depolanması ve tankerlere yahut halihazırdaki boru hatlarına nakil edilmesi amacıyla çalışmaktalardır ve zorlu deniz koşullarında çeşitli yöntemlerle konumlarını koruyabilmektelerdir.

Son olarak inşaat amaçlı açık deniz su araçları bulunmaktadır. Boru yerleştirme gemileri, dalış gemileri ve kreyn gemileri bu kategoriye girmektedir. Bu tip gemiler doğrudan üretim yapmıyor olup, üretim için gerekli alt yapının oluşturulmasında çalışmaktadırlar. Çıkarılan gaz veya petrolün nakli için önem taşıyan boru hatlarının inşası, başka bölgelerde üretilen FPSO vb. platform parçalarının üretimin yapılacağı bölgede montajı gibi konum korumanın yine çok önemli olduğu görevlere sahip olan bu gemilerde de çeşitli konumlandırma sistemleri kullanılmaktadır.

1.2 Konum Koruma Yöntemleri

1.2.1 Kendi ayakları üzerinde hareketli (jack-up) sistemler

Bu sistemlere haiz deniz araçları, dört köşesinde ayarlanabilir yükseklikte ayaklara sahiptir. Bu ayaklar, su aracı konumunun sabitlenmesi gerektiğinde, Şekil 15'te göründüğü gibi deniz dibine uzanarak ve bastırarak yüzer aracı havaya kaldırmaya ve bir platform gibi görev yapmalarını sağlamaktadır.



Şekil 1.5: Kendi ayakları üzerinde hareketli sistemler [7].

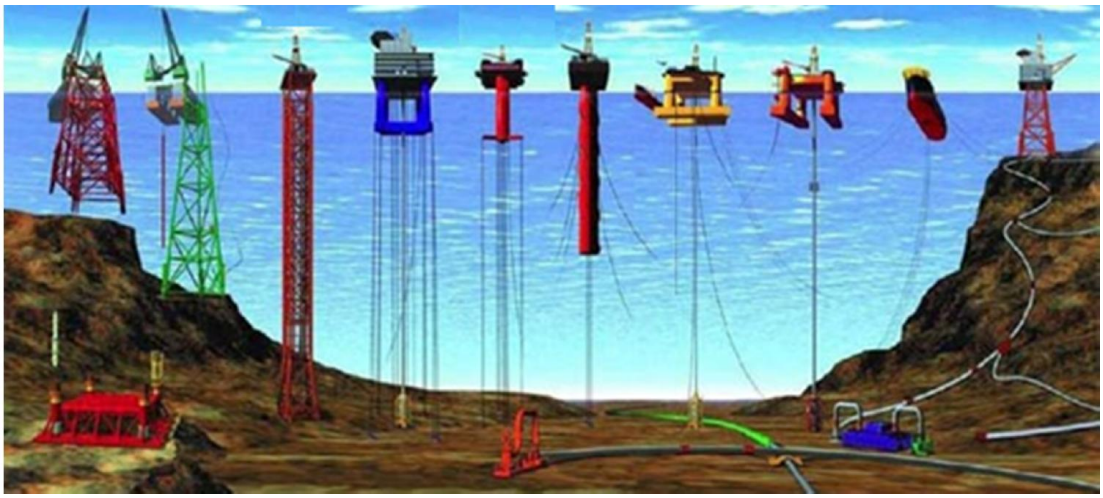
Bu sistemlerin avantajları, ayakların sabitlenmesi için gerekli sistemler haricinde herhangi bir kontrol veya tahrik sistemine gereksinim duymadan konumlarını koruyabilmekte, sabit bir yapı haline gelmeleridir. Bu sayede, herhangi bir elektrik kesintisinden veya bileşenlerin bir veya birkaçının hasarlanmasından etkilenmemektedirler. Konumlarını korumak için devamlı çalışan tahrik bileşenleri olmadığı için, deniz altında çalışacak dalgıç veya deniz altı araştırma araçlarına herhangi bir olumsuz etkileri de yoktur.

Tüm bu avantajlara karşılık, bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Sabitlenebilecekleri deniz derinliği, sadece ayaklarının uzunluğuyla sınırlı olup, ayrıca sabitlendikten sonra tekrar manevra yapabilme kabiliyetleri kalmamaktadır. Yeniden manevra yapabilmek için ayakların toplanıp, tekrar hareketli hale gelmeleri ve manevra sonrası tekrar ayaklar ile sabitleme yapmaları gerekmektedir. Bu

sebeplerden ötürü, yer değişikliğinin sık gerekmediği, uzun süreli sabit konumda yapılacak işler için uygun sistemlerdir [8].

1.2.2 Çapa yoluyla konum koruma sistemleri

Su araçlarının, demir atarak konumlarını sabitlediği basit sistemlerdir. Deniz dibine göre konum sabitleme özelliğinden ötürü hareketli ayaklı sistemlerle benzer özelliklerdedir. Avantajları çalışma felfesesinden ötürü birebir aynı olup, dezavantajları farklılık göstermektedir. Türlü konum sabitlemiş yüzer araçların göründüğü Şekil 1.6'da çapa yoluyla duran pek çok örnek de görünebilmektedir.

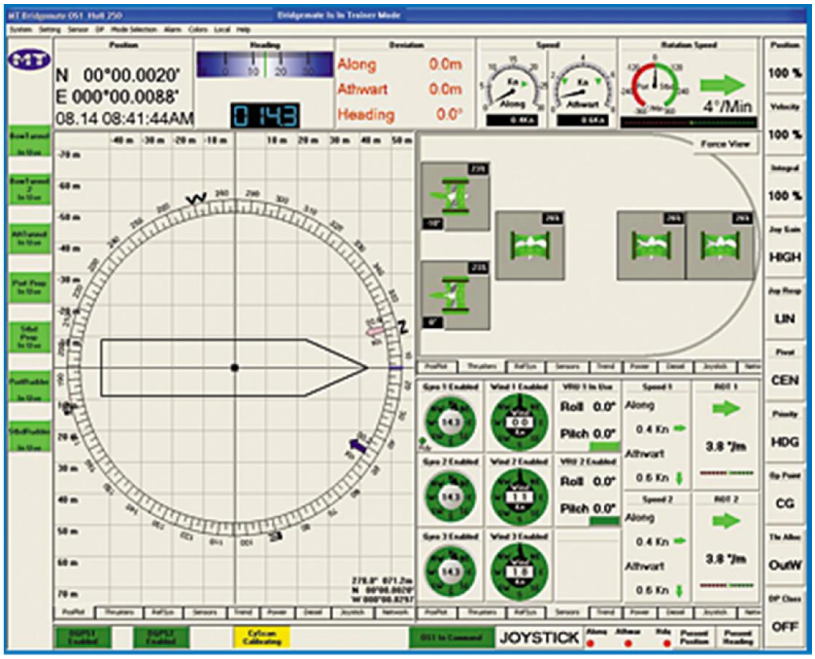


Şekil 1.6: Çapa yoluyla konum koruma sistemleri [9].

Demirledikten sonra sınırlı manevra kabiliyeti olmakta ve tekrar demir toplamak için, demir toplamaya yardımcı gemilere gereksinim duymaktalardır. Deniz derinliği sınırı, kullanılan zincirin boyu kadar olup, büyük derinliklerle konumdan kaçma yaşanabilir. Sadece deniz dibine demir atmanın uygun olduğu, dipte boru hatlarının vb. bulunmadığı bölgelerde çalışabilir. Tekrar hareket edebilmek için zincir toplama süresi saatler, bazen günler sürmektedir [8].

1.2.3 Dinamik konumlandırma sistemleri

Bu tezin temel taşı olan bu sistemler, tezin ilerleyen bölümlerinde daha detaylı açıklanıyor olup, kısaca deniz araçlarının konumlarını matematiksel hesaplanmış kontrol ve tahrik unsurları ile koruduğu sistemlerdir. Tüm kontrol ve sinyal bilgileri Şekil 1.7'deki gibi bir monitörden izlenebilmektedir.



Şekil 1.7: Dinamik konumlandırma sistemleri monitör gösterimi [10].

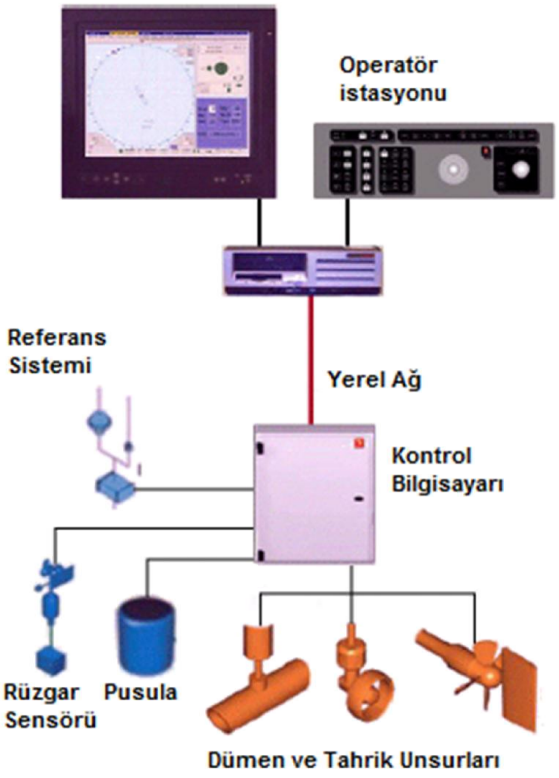
Diğer konum koruma sistemlerine göre önemli avantajları bulunmaktadır. Manevra kabiliyeti çok yüksek olup, istendiği kadar konum değiştirip, hızlı şekilde yeni konumlarını koruyabilirler. Konum korumak için çapa kullanmadıkları için, demir toplamaya yardımcı gemilere gereksinim duymamakta ve deniz dibindeki boru vs. yapılara zarar vermemekte; hareketli ayaklar üzerinde durmadıkları için ise, deniz derinliği kısıtları bulunmamaktadır.

Avantajlarının yanında bazı dezavantajları da dikkate alınmalıdır. Çeşitli bileşenlerden oluşan karışık sistemlerdir. İlk ve işletme maliyetleri yüksektir. Konum koruma amacıyla tahrik sistemlerinin devamlı çalışmasından ötürü etrafında dalgıçların veya uzaktan kumandalı araçların (ROV'lerin) çalışmasına uygun değildir [8].

2. DİNAMİK KONUMLANDIRMA SİSTEMLERİ

2.1 Genel Tanım

Dinamik konumlandırma sistemleri, bir yüzer aracın türlü etkenler altında, belirlenen bir hedefe ulaşması ve o hedefteki konumunu koruması için gereklilikleri matematiksel olarak hesaplayan bilgisayar sistemleridir. Bu sistemler en temelinde bir veri hareketi olarak incelendiğinde, verinin matematik modele girişi, işlenmesi, kontrolü ve çıkışından oluşan sistemleridir.



Şekil 2.1: Dinamik konumlandırma sistemleri genel bileşenler görünümü [11].

Şekil 2.1.'deki örnek tek hat şeması veri hareketlerini sağlayan bazı temel bileşenleri özetlemektedir. Veri girişine olanak sağlayan bileşenler, yüzer aracın iki boyutlu koordinatlarını, yönünü, çevresel etmenlerini (rüzgar, akıntı vb.) sayısal değerler olarak kullanılmak üzere işlemciye ileten sensörlerdir. Veri işlenmesini sağlayan bileşenler, diğer tüm veri girişi ve kontrolü ile alınan verileri matematiksel olarak

işleyen ve yüzer aracın istenen konuma gelmesi için gerekli veri çıkışı gereksinimini hesaplayan bilgisayar sistemleridir. Veri kontrolü olarak adlandırılan bileşenler ise, kullanıcı tarafından yüzer aracın alması istenen konum vb. bilgilerin işlemciye iletildiği kumanda kolu, operatör bilgisayarı vb. bileşenlerdir. Son olarak veri çıkışı hareketi, işlemci tarafından işlenen verilerin hem kullanıcı tarafından görsel olarak görüntülenebilmesini sağlayan pano, monitör gibi bileşenler vasıtasıyla olup, aynı zamanda yüzer aracın arzu edilen konumu koruması için hesaplanan miktarda çalışması öngörülen sevk sistemleri vasıtasıyla olmaktadır.

Dinamik konumlandırma sistemlerini kullanıldığı yüzer araç tipi veya kullanım gayesi yönünden birbirinden ayıran ve doğru bir tasarıma ulaşmak için ayrı ayrı incelenmesi gereken fiziksel fonksiyonları sıralamak gerekirse, bunlar referans sistemleri, kontrol sistemleri, tahrik sistemleri, güç kaynakları ve yönetim sistemleridir.

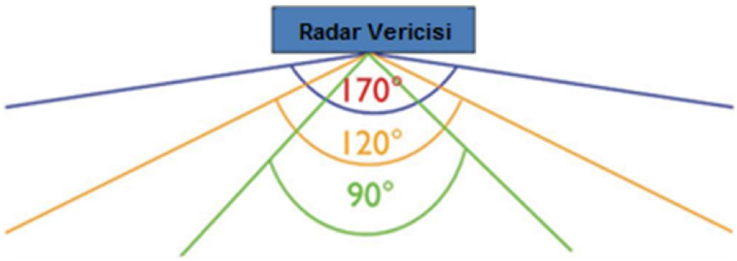
2.2 Referans Sistemleri

Dinamik konumlandırma sistemlerinin işlenmek üzere veri girişi olarak aldığı en önemli bilgi yüzer aracın mevkisidir. Bu mevkinin tespit edilmesi için yüzer araçta çeşitli referans sistemleri bulunabilir. IMO MSC 645 numaralı sirkülerinin 3.4.3 başlığında referans sistemleri için, kullanıldığı çevresel faktörlere ve kullanılabilirliğine uygun olarak seçilmesi gerekliliği vurgulanmıştır [12]. Referans sistemlerinin seçimi, dinamik konumlandırma sisteminin doğru ve verimli çalışması açısından büyük önem taşır.

2.2.1 Radar tabanlı sistemler

Bir cismin dünya üzerindeki iki boyutlu konumunun tespiti için kullanılan referans sistemlerinden bir tanesi radar tabanlı sistemlerdir. Radar tabanlı sistemler, Şekil 2.4'te temsili olarak görünen bir radar alıcı, bir radar verici, bir işlemci bilgisayar ve izleme monitöründen oluşmaktadır.

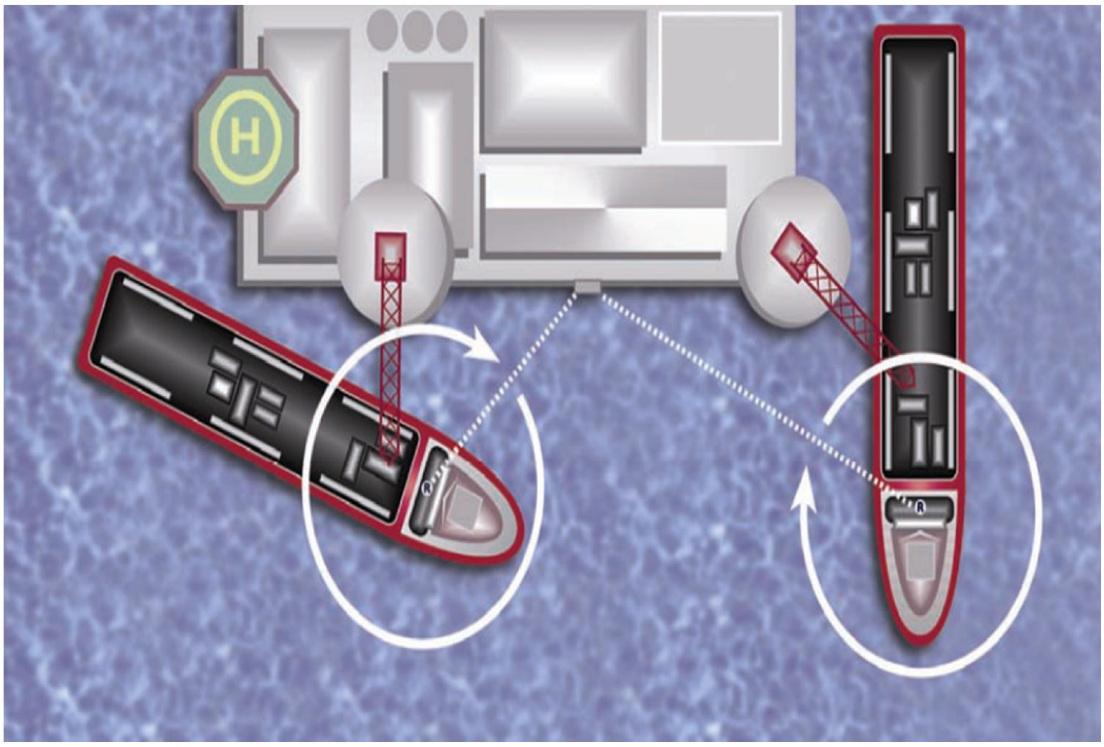
Sistem radar alıcısının, vericiden gelecek sinyali taraması ve sinyal yönü ve mesafesini tespit etmesi yöntemiyle çalışıyor olup, iki boyutlu olarak radar alıcısının konumunu, verici konumuna izafi olarak tespit etmektedir. Çalışma menzili, vericinin gönderdiği radar sinyalinin alıcı tarafından karşılandığı açıya bağlı olarak 50 metre ile 500 metre arasında değişiklik göstermektedir [13].



Menzil	500m	100m	50m
Açı	90°	120°	170°

Şekil 2.2: Radar vericisi menzil ve açı karşılaştırması [13].

Günümüzde ilerleyen radar teknolojisinin ürünü RadaScan örneği ele alınırsa, geçmişteki benzer sistemlerin dezavantajlarından arınmış görünüyor. Her vericinin kendine ait bir ID numarası ile sinyal göndermesi ile birden fazla vericinin bir arada bulunduğu kalabalık ortamlarda, Şekil 2.3'te göründüğü gibi, sinyaller birbirine karışmadan çalışırlığını sürdürüyor. Alıcının açıkta hareketli parçası olmaması sayesinde, mekanik hasarlara karşı daha emniyetli oluyor. Bir diğer gelişim ise kullanılan dalganın mikrodalgalar olması sayesinde sis, duman vb. açık deniz uygulamalarında karşılaşılan kötü hava koşullarına daha uyumlu [13].



Şekil 2.3: Radar vericisinin birden çok alıcı ile çalışması [13].



Şekil 2.4: Radar tabanlı sistemler temel bileşenleri [13].

Bu sistemin dikkat edilmesi gereken dezavantajlarından bir tanesi gemi üzerindeki alıcı cihazın ağırlığının fazla olmasıdır. Bir diğeri ise, referans sistemi olarak kullanılan radarın, geminin seyir cihazı olarak kullandığı radarlarla bir arada çalışmamasıdır. Ancak bu problem, farklı yüksekliklere alıcıların yerleştirilmesi ile veya radar alıcıları arasına koruyucu metal ekran ile separe edilmeleri vasıtasıyla önüne geçilebilinir.

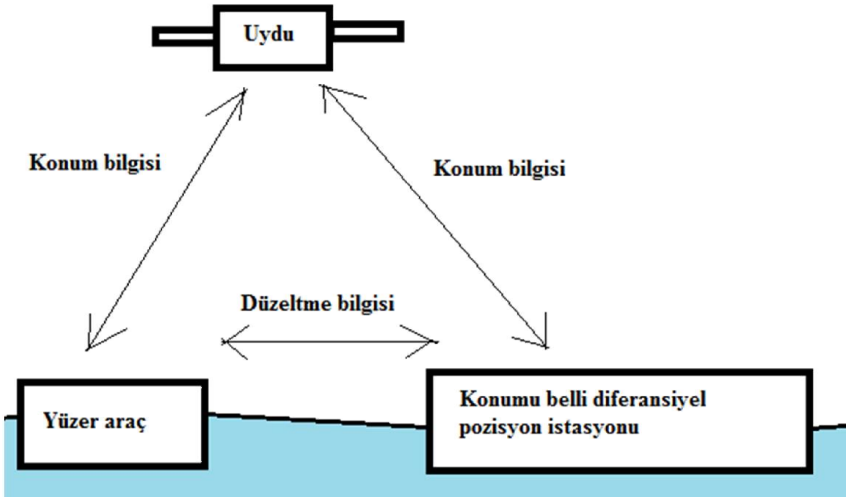
2.2.2 GPS tabanlı sistemler

Küresel konumlandırma sistemi (GPS) dünya üzerinde çeşitli amaçlarla konum tespiti için, Şekil 2.5'te göründüğü gibi dünya çevresinde bu amaca hizmet eden uyduların yardımıyla çalışan referans sistemleridir.

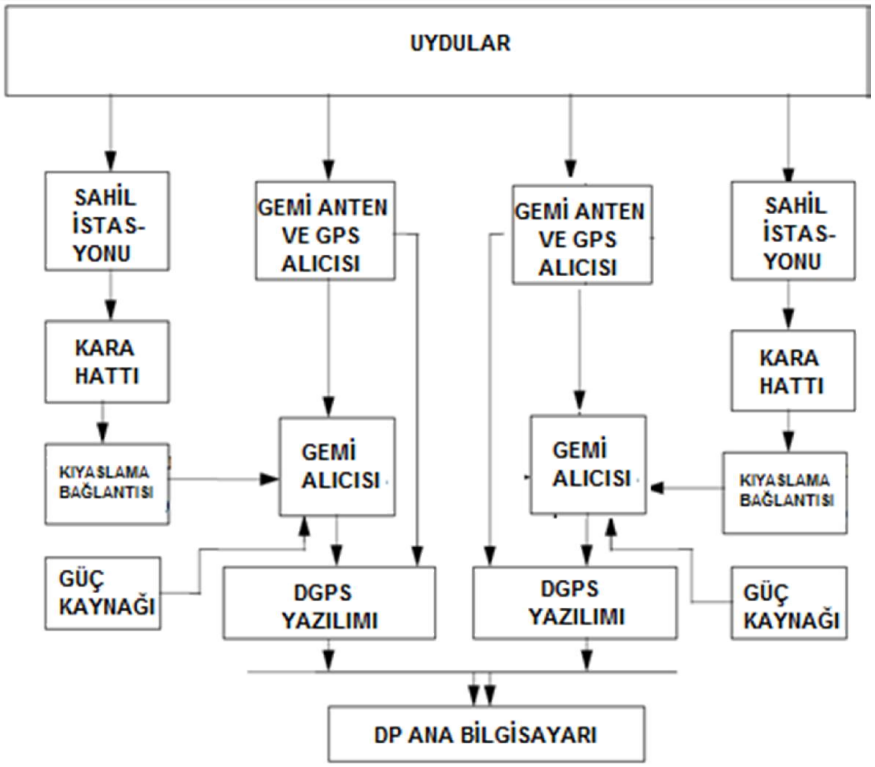


Şekil 2.5: GPS uydusu dünya üzerinde görünümü [8].

Yüzer araçlarda dinamik konumlandırma sistemlerine referans olması açısından GPS sistemi yalnız başına yetersiz kalacağı için D-GPS ve hatta Dual D-GPS sistemleri kullanılmaktadır. D-GPS sistemi, uydudan tespit edilen yüzer araç konumunun, dünya üzerindeki konumu belli olan bir istasyonla sağlamasının yapılması, istasyonun uydudan aldığı konumdaki hata miktarının uzun dalga radyo frekansı ile yüzer araca iletilmesi ve aynı düzeltmenin yüzer araçta da yapılması şeklinde çalışmaktadır. Şekil 2.6'da en temel bileşenleri şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.6: DGPS genel çalışma prensibi.



Şekil 2.7: Dual DGPS akış diyagramı [14].

Bunun bir ileri önlemi olan Dual D-GPS sistemleri ise Şekil 2.7'de örnekli şema benzeri çalışmaktadır. Farklı uydulardan gelen sinyaller, iki ayrı tamamen bağımsız çalışan GPS alıcısı ile karşılanmakta, yine birbirinden bağımsız D-GPS sağlamaları yapılmakta ve bir bilgisayarda sonuçları tek ekranda harmanlanmaktadır. Bu sistemlerin hata oranları iki bağımsız alıcının beş uyduyla irtibatta olduğu durumda 10^{-5} ile $4x10^{-6}$ arasındadır [14].

D-GPS sistemlerinin en önemli avantajı, dünya etrafında yörüngelerdeki uydularla çalışmasından ötürü, dünyanın her yerinde çalışır vaziyettedir ve uydulardan veri alımı özellikle Dual D-GPS bulunan yüzer araçlarda neredeyse kesintisizdir. Buna karşılık sistemin dezavantajı atmosferdeki olumsuzluklarda sinyallerin gücünün azalmasıdır.

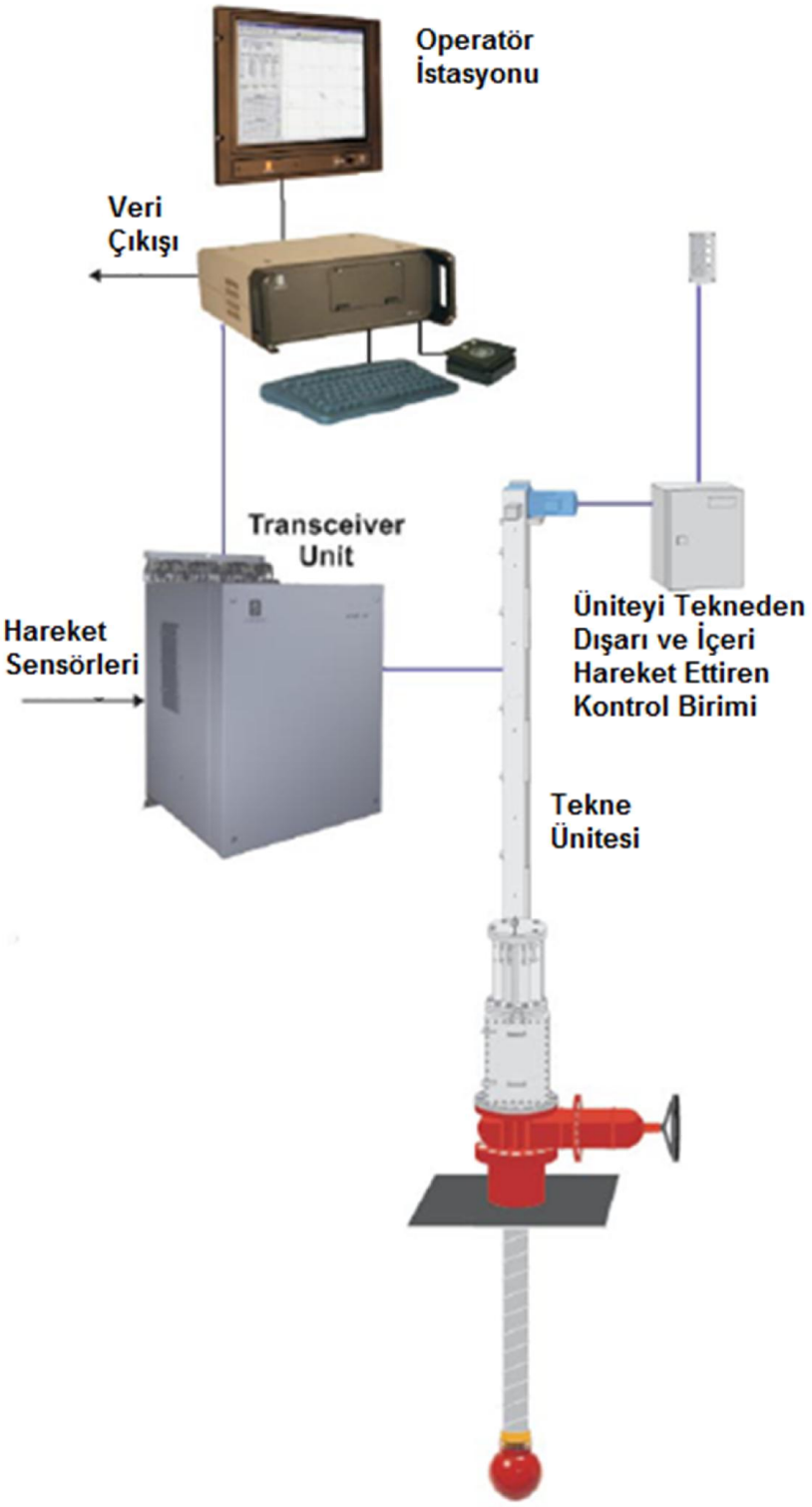
2.2.3 Akustik tabanlı sistemler

Sesin deniz suyu içerisinde ilerleme hızının bilinen bir değer olmasından yola çıkan akustik tabanlı sistemler, deniz tabanına yerleştirilmiş üniteler ile yüzer araç üzerindeki ünitelerin arasında gönderilen akustik sinyallerin ulaşma süresinden, iki ünitenin arasındaki mesafeyi hesaplamaktadır. Tabandaki ünite, tek bir vericiden oluşmadığı için, üzerindeki farklı konumlanmış vericilerin göndereceği mesafe bilgisinden yüzer aracın koordinatları deniz tabanındaki üniteye izafi olarak tam belirlenebilmektedir.

Yüzer araç üzerine yerleştirilen bileşenler Şekil 2.8'de görünen şekilde olacaktır. Bu bileşenleri sıralamak gerekirse, yüzer aracından dip bölgesinden aşağıya mayna/vira edebilecek bir akustik sinyal üreticisi; bu yukarı aşağı hareketi sağlayacak kontrol ünitesi; akustik konum belirleme işlemi sonucu deniz tabanına göre hesaplanacak mesafe bilgisinin, gemi hareketleri referans sistemlerinden toplanacak yalpa ve baş-kıç vurma bilgileriyle harmanlanarak oluşturulacak sonuç konum bilgisini hesaplayan ünite ve tüm bu verilerin görüntülenebildiği bir ekrandan oluşmaktadır. Bu ekran (kontrol istasyonu) aynı zamanda işlenmiş bu bilgileri, belirlenecek haberleşme yöntemleri ile çıktı olarak verebilmektedir. Yüzer aracın dinamik konumlandırma sistemi için gerekli olan bu konum bilgisi, bu şekilde elde edilecektir.

Bu sistemin de bazı dezavantajları bulunmaktadır. Su içindeki ışın kırılmasından etkileneceğinden ötürü, uzun mesafelerle çalışmak mümkün değildir. Bu nedenle

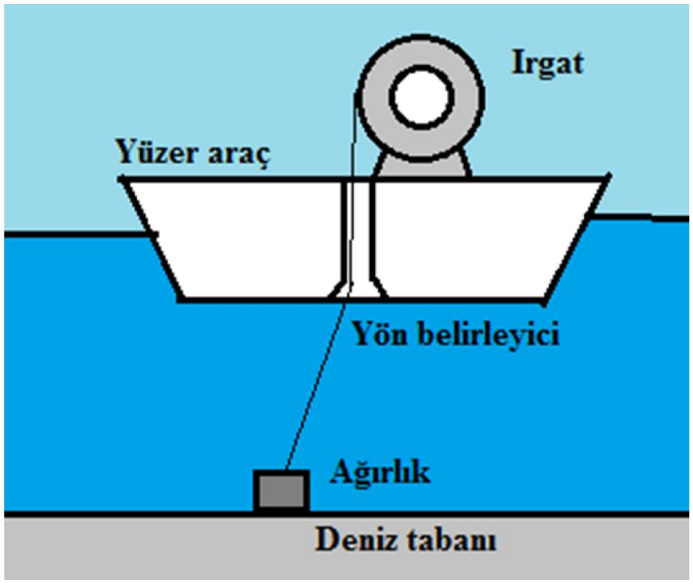
sistem sadece sığ suda kullanılmaya müsaittir. Bunun yanısıra, üniteler arası mesafe akustik sinyaller vasıtasıyla hesaplandığı için, ortamdaki başka akustik kaynaklar sistemin yanlış sonuçlar vermesine sebep verebilir. Bu nedenle sistemin montajının, pervane ve yan iticilerden etkilenmeyecek şekilde yapılması gerekir [8].



Şekil 2.8: Akustik tabanlı sistemler genel bileşenleri görünümü [15].

2.2.4 Halat gerilimi tabanlı sistemler

Halat gerilimi tabanlı sistemler, en ilkel konum belirleme yöntemidir. Yüzer araçtan deniz tabanına bir halat ile sallandırılacak bir ağırlığın konumuna göre yüzer aracın konumunun hesaplanması şeklinde çalışmaktadır [8].



Şekil 2.9: Halat gerilimi tabanlı sistemler genel bileşenleri görünümü.

Ağırlık ve yüzer araç arasındaki halatı gergin tutabilmek için gerekli olan halat boyu, mesafenin ölçülmesini sağlamaktadır. Bu yöntem için halat geriliminin içinde olması gereken değer aralığını ayarlayabilecek bir ırgat kullanılır. Irgatın yalnızca boyutu yüzer aracın koordinatlarını belirlemeye yetmez. Ayrıca halatın iki boyutlu olarak hangi yöne doğru yönlendiğinin de belirlenmesi gerekir. Bu işlemi çıkış ağzına konacak olan yön belirleyici sensörler (gimbal head) yapar. Temsili olarak Şekil 2.9'da görünen temel bileşenlerden oluşmaktadır.

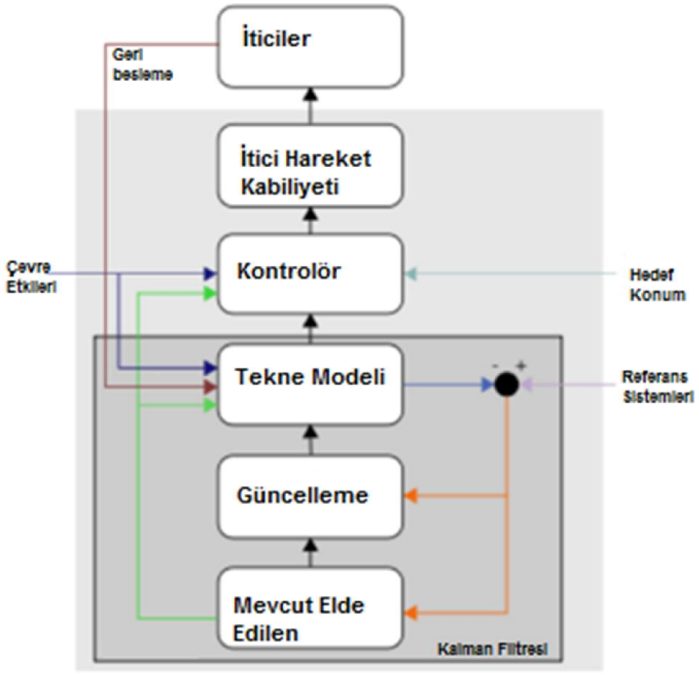
Bu konumlandırma yönteminin de bazı dezavantajları bulunmaktadır. Mesafeyi belirleyen halatın üzerine gelebilecek nesnelerin engellenmesi gerekir.

2.3 Kontrol Sistemleri

Kontrol sistemleri, dinamik konumlandırma sistemlerinin merkezinde, sistemin birarada çalışmasını sağlayan, diğer bileşenler arasındaki koordinasyonu sağlayan bileşenlerdir.

2.3.1 Ana bilgisayar, I/O işlemcileri

Yüzer cismin aerodinamik ve hidrodinamik özelliklerinin tahminine yardımcı olan bir matematik modeli bulunmaktadır. Bu model çeşitli etkenler altında yüzer cismin vereceği tepkilerin hesaplanmasını sağlar. Günümüzde kullanılan yazılımlar, üç kısımda çalışmaktadır. Şekil 2.10'da temel algoraitması özetlenmiş olan bu kısımları, güncel matematik modeli, öngörülen değişiklik ve farkın matematik model güncellemesi olarak sıralanabilir. Yüzer cismin dinamik konumlandırması için gereken girdi ve çıktıların belirli zamanda öngörülen tepkileri matematiksel olarak, güncel matematik modeli kullanılarak hesaplanır. Bu hesabın sağlaması, güncel alınan referans sistemleri ve diğer sensörlerden gelen gerçek konum/yön bilgilerinin kıyaslanması ile yapılır. Çıkan fark ise matematik modeline işlenerek güncelleme yapılır. Sürekli olan bu matematiksel filtreleme işlemine Kalman filtrelemesi adı verilmektedir. Kalman filtrelemesinin uygulanması ile alakalı literatürde çok sayıda kaynak mevcuttur.

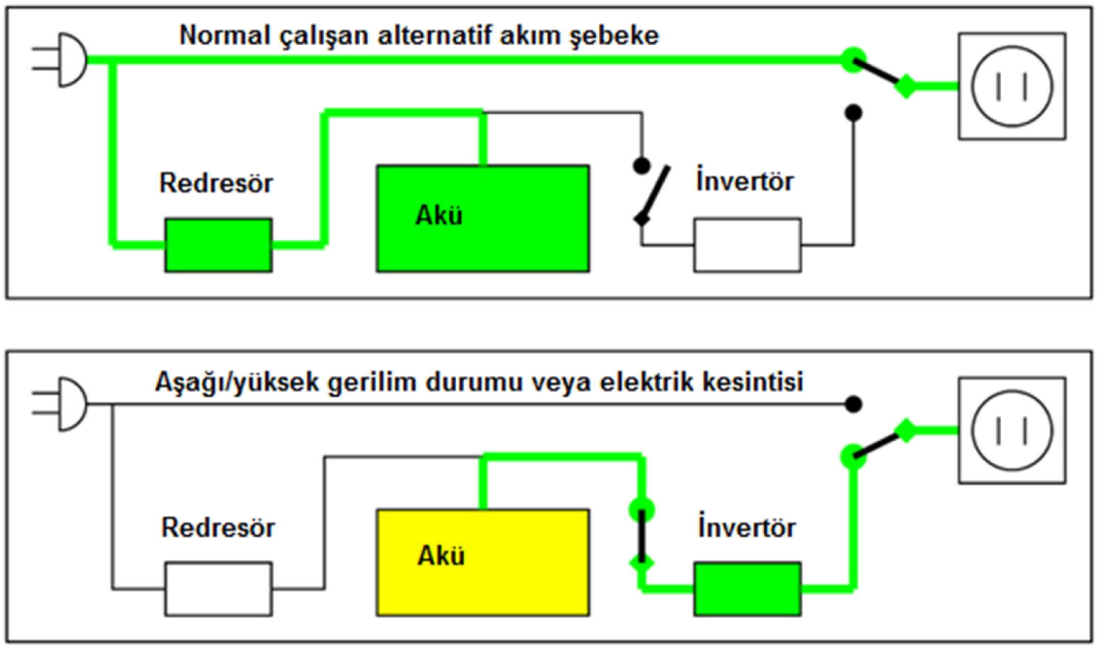


Şekil 2.10: Ana bilgisayar temel akış diyagramı [8].

Ana bilgisayarın diğer bir parçası, Kalman filtrelemesi ile elde edilen sonuçları işleyen, veri girişini ve çıkışını kontrol eden kontrolör adı verilen işlemcilerdir. Bu işlemciler, zamana bağlı olarak yüzer cisme hareket verecek olan tahrik sistemlerinin güç taleplerini belirler. Bu taleplere istinaden, tahrik tahsis bileşenleri, her bir tahrik unsurunun yüklenmesini sağlar.

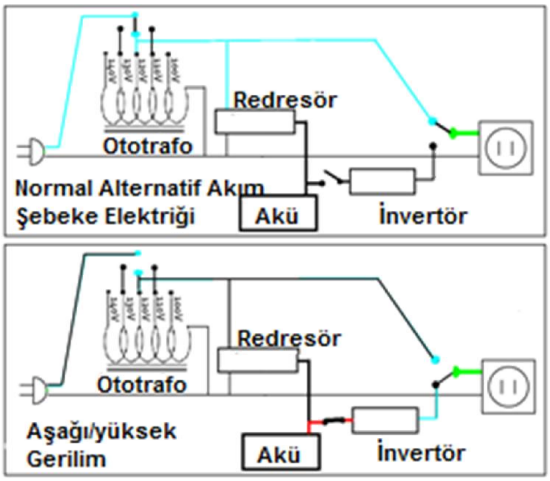
2.3.2 Kesintisiz güç kaynağı (UPS)

Dinamik konumlandırma sistemlerinin, zorlu koşullarda yüzer cisimlerin konumlarını korumaları veya istenilen konuma yönlenmelerini sağlayan sistemler olmalarından ötürü, süreklilikleri büyük önem taşımaktadır. Bu sistemin merkezindeki ana bilgisayarın elektrik gücünün sürekliliği, kesintisiz güç kaynakları vasıtasıyla sağlanmaktadır. Elektrikli bir cihazın güç beslemesinin kesintisiz korunması için üç farklı teknoloji mevcuttur. Bu teknolojilerin ortak özellikleri temel olarak bir akü, bir redresör ve bir inverterden oluşmalarıdır.



Şekil 2.11: Offline UPS sistemleri [16].

Offline UPS olarak adlandırılan ilk yöntemde, şebeke elektriğinin gerilimi normal seyrederken redresör vasıtasıyla şarj olan akü, gerilim belirlenen bir alt ve üst değerin dışına çıktığında devreye girip inverter vasıtasıyla sistemi beslemeye devam eder. Çalışma prensibi, şebeke elektriğinin var olduğu ve kesildiği iki durumda Şekil 2.11'de yeşil işaretli akım hatlarıyla gösterilmiştir. Bu sistemde akü sadece gereksinim olduğunda devreye girdiği için, ömrünü erken tüketmez, ancak sık sık elektrik kesintisi ve gerilim dalgalanmaları olan yerlerde yeterince verimli çalışamazlar. Gerilim regülasyonu özelliği bulunmadığından dolayı, sadece kısa süreli kullanıma uygun olup,cihazların kararmadan görebileceği zararı önlemek için, sadece cihazları kontrollü kapatabilecek zamanı sağlaması açısından faydalı sistemlerdir [16].



Şekil 2.12: Line-Interactive UPS sistemleri [16].

Diğer bir teknoloji ise, Şekil 2.12'de çalışma prensibi özetlenmiş olan Line-Interactive UPS adı verilen sistemlerdir. Bu sistemlerin en önemli farkı, ototrafo vasıtasıyla hem şebekeden, hem de şebeke gerilimi sınırlar dışına çıktığında devreye giren aküden gelen gerilimi, düzenleyerek sisteme veriyor olmasıdır. Offline UPS'lerle aynı şekilde şebeke izolasyonu sağlamamaları en önemli dezavantajlarıdır. Bu sebeple, elektriki gürültü ve bozulmaların çok olduğu gerilimlerde kullanıma uygun değildirler. En önemli avantajları, aküler sadece gereksinim olduğunda kullanıldığı için ömürleri daha uzun olacak olup, inverter sadece fazla veya az akımın düzenlenmesine yetecek kadar gerilime maruz kaldığı için giriş gücündeki kayıplar düşük olur [16].

Son olarak, Online UPS teknolojisi, doğrudan aküyü ve redresörü eş zamanlı besleyen, sistemin sürekli olarak aküden beslendiği sistemlerdir. Şebeke beslemesi normal seyrindeyken dahi inverterden geçtiği için, giriş kayıpları diğer sistemlere göre daha fazla olacaktır ve aküler sürekli devrede olduğu için, ömürleri daha kısa olacaktır. Bu dezavantajlarının yanısıra çok önemli avantajları bulunur. Yüzde yüz şebeke izolasyonu sağlar, şebeke elektriği kesildiğinde tamamen kesintisiz geçiş sağlar, çünkü zaten sistem ototrafo ile regüle edilip, aküden beslenmektedir, üç fazlı çalışmalara uygunluklarından ötürü otomasyon sistemleri için vazgeçilmezlerdir.

Yüzer aracın kullanım amacına göre, dinamik konumlandırma sisteminin sınıfı belirlenecek olup, yedekleme ve süreklilik gereklilikleri dikkate alınarak, kesintisiz güç kaynağı yöntemi, kapasitesi ve adetleri belirlenmelidir [16].

2.3.3 Operatör istasyonları

Köprüüstünde bulunan operatör istasyonları, dinamik konumlandırma sisteminin kontrol edildiği, izleme monitörünün, düğmelerin ve kumanda kolunun bulunduğu konsollardır.



Şekil 2.13: Operatör istasyonu [17].

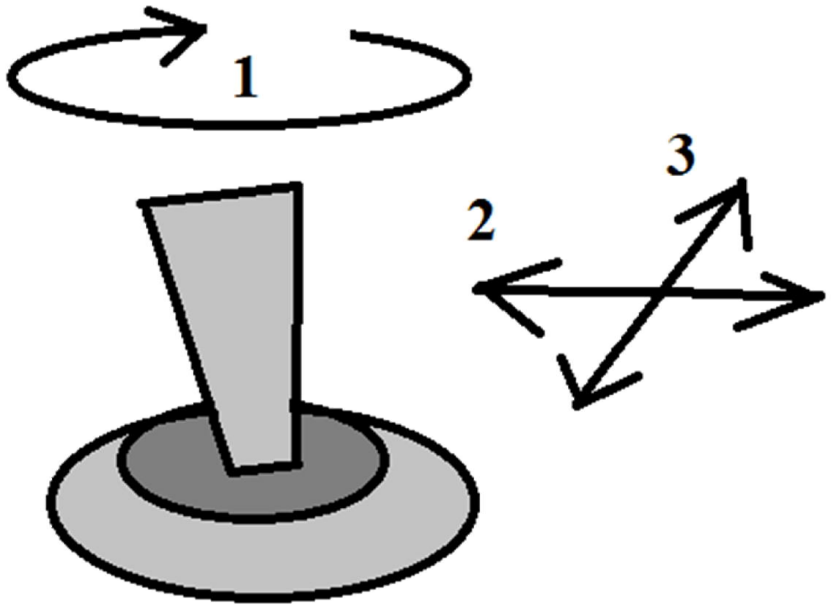
Operatör istasyonunu oluşturan, Şekil 2.13'te gösterilen parçaların en temeli izleme monitörüdür. Monitör, tüm giriş ve çıkış verilerini kullanıcının görmesini sağlayan arabirimdir. Bu sebeple en önemli kriterleri, göz yorgunluğu yaratmaya etkisi, boyutu ve çözünürlüğü olacaktır. Standart monitör boyutları 15 ila 46 inç arasında değişmekte olup, görüntüleme mekanizmaları interlaced ve non-interlaced olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Interlaced monitörlerde tekli satırlar ile çiftli satırlar sırasıyla tazelenmekte olup, daha yüksek çözünürlüklere imkan tanımaktadır. Buna karşılık insan gözünü daha fazla yorarlar. Renk sayısı, birim zamanda görüntü tazelenme miktarı ve çözünürlüğün yüksek olması, ekran kartı özelliklerine bağlı parametreler olup, gereksinime göre değerlendirilmeli ve maliyet dikkate alınarak monitör seçimi yapılmalıdır [18].

Temel bir dinamik konumlandırma sistemi operatör istasyonunda bulunması öngörülen özellikler; indikasyon ışıklandırmalı mod seçimi düğmeleri, sık kullanılan özellikler için hızlı erişim düğmeleri, yeni konum veya yön girmek için kullanılacak el faresi, farklı operatör istasyonları arası komuta transferi fonksiyon düğmeleri,

kumanda kolu veya otomatik mod arası seçim düğmeleri, alarm ekranına hızlı erişim tuşu, alarmları sessizleştirme ve kabul tuşları, güç beslemesi göstergesi, panelin kendi aydınlatması ve test düğmeleridir [17].

2.3.4 Kumanda kolu

Operatör istasyonunun, diğer bir önemli parçası kumanda koludur. Bu kol üç eksenli olarak çalışmaktadır. Şekil 2.14'teki 1 numaralı eksen, yüzer cismin kendi dönme merkezi etrafında dönüşü komutu verir, 2 ve 3 numaralı eksenler ise, geminin baş-kıç doğrultusunu sabit tutarak 2-boyutlu uzaydaki yer değişimi komutunu verir.



Şekil 2.14: Üç eksenli kumanda kolu.

Bu kolun her üç eksendeki pozitif ve negatif yönde hareket sınırları mevcuttur. Bu sınırların en son noktası ile sıfır noktası arasında ne şiddette bir hareket talebi olacağı; tahrik unsurlarının ve güç kaynaklarının büyüklüğü ve yüzer cismin gereksinimlerine gore tanımlanır.

2.3.5 Acil durum operatör istasyonu

Dinamik konumlandırma sistemi operatör istasyonunun yakınına konumlandırılacak daha az fonksiyona sahip bir acil durum operatör istasyonu bulunur. Bu istasyon, ana operatör istasyonundan bağımsız doğrudan ana bilgisayara bağlı olup, acil durumda, ana istasyon bir hasar vb. sebeple faal olmadığında kullanılır.

2.4 Tahrik Sistemleri

Dinamik konumlandırma sistemlerinde, tüm matematik işlemler ve verilerin değerlendirilmesinin sonucu olarak, yüzer aracın belirlenmiş bir konuma yönlenmesi veya dış etkenlere karşı konumunu koruması, aracın belirli noktalarına konumlanmış tahrik unsurları vasıtasıyla olur.

2.4.1 Kıçtan tahrik sistemleri

Dinamik konumlardırma sistemlerindeki bileşenleri seçerken, kontrol edilebilme kolaylığı, satın alma ve işletme ekonomisi, kapladığı yer vb. birçok seçim kriteri göz önünde bulundurulurken, bu kriterlerin en çok fark yarattığı bileşenlerin başında yüzer aracın kıçtan tahrik sistemi bulunmaktadır. Yüzer araçların, hidrodinamik yapılarının dikkate alınarak, birincil amacı tekneyi su üzerinde baş/kıç doğrultusunda hareket ettirmek olan ve geminin kıç bölgesinde bulunan sistemlerdir. Dümen sistemleri, ayarlanabilir piçli pervane, motor yükü, glaç, şaft freni vb. yöntemlerle ve kıçtan tahrik sisteminin birden fazla sistem olması ve bunların bağımsız çalışabilmelerinin yardımıyla, yüzer aracın mevcut konumunu koruması veya talep edilen yeni konuma en hassas ve ekonomik şekilde ulaşması için de kullanılırlar.

Bu sistemler dinamik konumlandırma sistemlerinin, konum koruma veya değiştirme için kullandıkları en önemli bileşenler olmalarından ötürü, tahrik unsurunun komutlara tepki süresi, var ise piç değişim ve değişen piçin yüzer gemi hareketlerine etki süresi, var ise dümenin komutlara tepki süresi gibi parametreler, bileşen seçiminde taleplere istinaden belirleyici olur.

2.4.1.1 Dizel motor tahrikli piç kontrollü pervane sistemi

Yüzer aracın kıçtan itme yoluyla hareketini sağlamak için, öncelikli geleneksel pervane sistemleri bulunur. Bu sistemlerde, bir tahrik unsuru olan motorun ve şanzıman takımının yardımıyla dönen mil ucunda bağlı bulunan pervaneyi döndürmekte ve bu pervane yüzer araca itme sağlamaktadır.

Bu sistemlerdeki tahrik ana bileşeni; motor, şanzıman, şaft ve pervaneden oluşuyor olup, her bir alt bileşenin çeşitli seçim kriterleri bulunmaktadır. Öncelikle dizel motorlar dört zamanlı ve iki zamanlı olmak üzere ikiye ayrılır. Talep edilen güç değerinin sağlanması için dört zamanlı ve iki zamanlı dizel motorların devir sayıları, strok uzunluğu ve bor çapları; dolayısıyla motor boyutları farklılıklar göstermektedir.

Bu değerler, Şekil 2.15 ve 2.16'da kıyaslanabileceği üzere, örneğin 7700 kW bir güç elde etmek için, dört zamanlı bir motorun 7734 x 2990 x 3426 mm ölçülerinde olmasını gerektirmekte ve 180 devirde pervane döndürebilmesi için 2204 x 1990 x 1850 mm ölçülerinde bir adet de şanzıman kullanmasını gerektirecektir [19]. Buna karşılık aynı gücü elde etmek için iki zamanlı bir motorun boyutları 6490 x 2938 x 9514 mm olacaktır [20].

Elektrik gereksiniminin bir kısmının geminin ana tahrik unsurlarının üreteceği güçten sağlanacağını düşünürsek, bu araçların şaftları üzerinde şaft alternatörüne güç ileten bir şanzıman olacaktır. Dört zamanlı motor kullanılacağında, hem geminin kıç tarafına devir düşürme işlemi hem de şaft alternatörünün talep edeceği dönme değerleri mertebesine yapılacak devir düşürme işlemini yapacak çift çıkışlı bir dişli şanzıman sistemi düşünülmelidir.

MAN 4-zamanlı standart sevk tek pervane 48/60CR programı (1200kW/silindir)

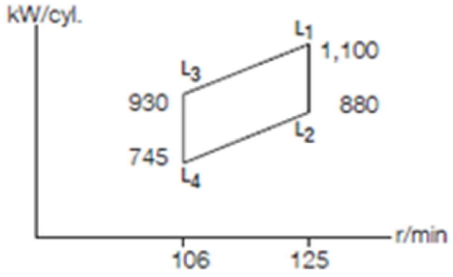
Güç	Dişli kutusu	Pervane			Boyutlar mm													
		Hub tipi	Hız rpm	Çap mm	A	B	C	G	H	I	J	K	M	N	O	Q	R	V
6L48/60CR 7200 kW	RSV-850	VBS 1180	180	4250	10084	7734	8869	1582	3426	2850	1530	2350	1000	850	1990	885	972	674
	RSV-900	VBS 1280	140	4800	10244	7734	8869	1582	3426	2850	1600	2510	1060	900	2110	957	1025	802
	RSV-1120	VBS 1380	100	5600	10664	7734	8869	1582	3426	2850	2020	2930	1320	1120	2560	1030	1081	802

Şekil 2.15: Dört zamanlı ana makine ve şanzıman ölçüleri [19].

MAN B&W G40ME-B9

Silindir	L_1 kW
5	5,500
6	6,600
7	7,700
8	8,800

Strok : 2,000 mm



Özellikler

Boyutlar		A	B1	B2	C	H_1	H_2	H_3
	mm	716	3,118	2,938	964	8,550	*	*

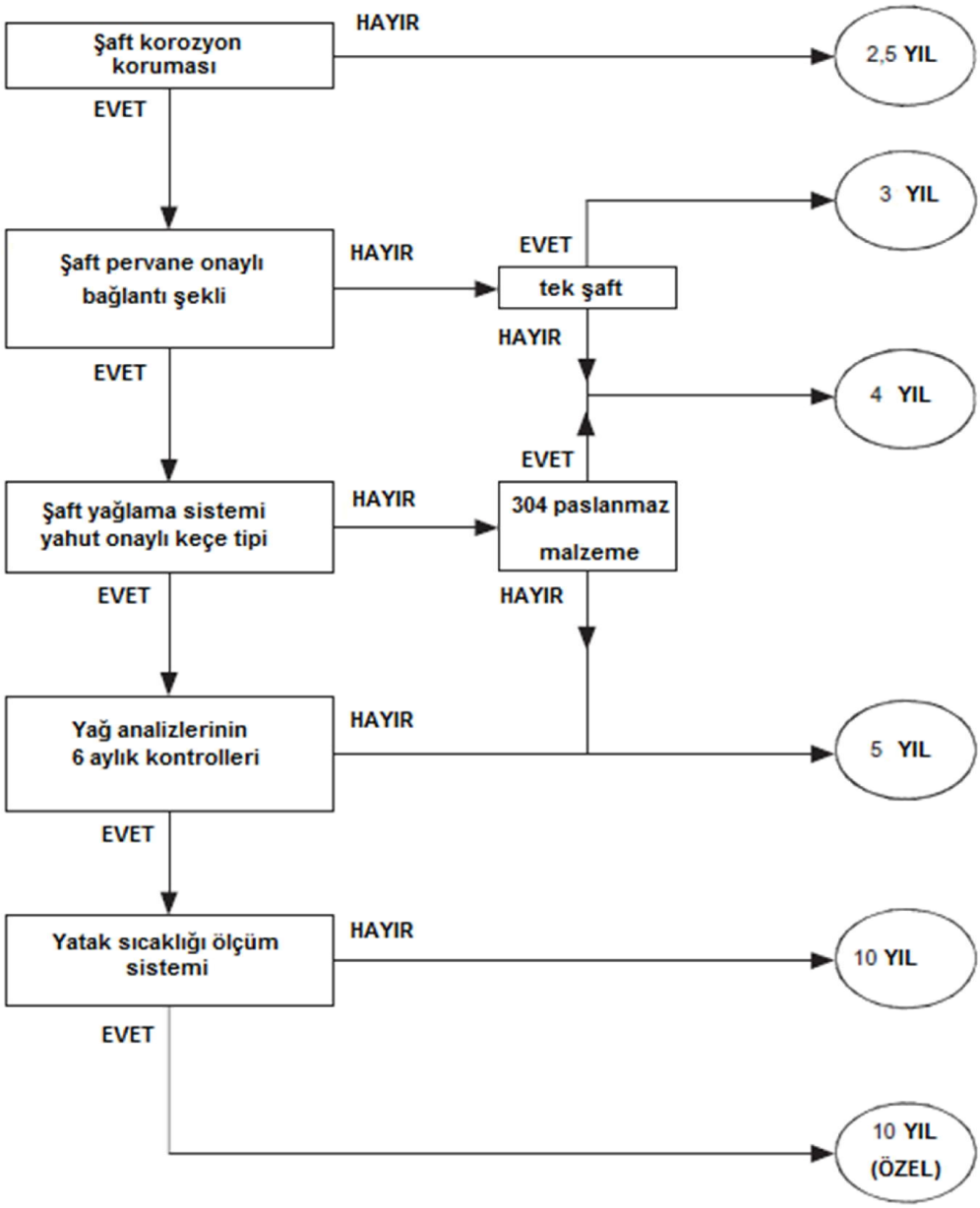
Silindir		5	6	7	8	9		
L_{min}	mm	5,060	5,775	6,490	7,205	7,920		
Ağırlık	t	121	140	159	178	197		

Şekil 2.16: İki zamanlı ana makine ölçüleri [20].

Boyutlarla ilgili farklılıkların yanısıra iki ve dört zamanlı motorların farkları en genel hatlarıyla çalışma prensibi ve bunun dolaylı etkilediği üretim ve maliyetleriyle alakalıdır. İki zamanlı motorlarda, termodinamik çevrim pistonun 2 zamanında tamamlanmasından ötürü, daha uniform bir tork oluşacak ve 4 zamanlı motora kıyasla daha hafif volan yeterli olacaktır. Ayrıca çalışma prensibi gereği emme valfi olmayacağı hatta bazı motorlar da eksoz valfi de olmamasından ötürü, iki zamanlı motorun ağırlığı daha düşük ve üretim maliyeti daha azdır. İki zamanlı motorda tüm çevrim iki strokta tamamlandığı için indüksiyon daha az ve dolayısıyla motorun verimi daha düşük olur. Tamamlanmamış yanmalar, verim düşüklülüğünün yanısıra çevre kirliliği açısından da olumsuz etkilidir [21].

Ana tahrik bileşeninin, alt bileşenlerinden şaftlar seçilirken klas kurallarına göre bazı özelliklerine dikkat edilmesi gerekir. Bu özellikler şaftların klas kuruluşları tarafından talep edilen periyodik muayenelerinin sürelerini belirler. Bir yüzer aracın havuzlanıp, şaftlarının (ve buna bağlı olarak dümenlerinin) çekilmesinin maliyeti göz önüne alındığında, yüzer aracın ömründe çıkacak işletme maliyetleri açısından büyük önem arz eder.

Şekil 2.17'de RINA kurallarının ilgili akış şeması görünmektedir. Şaft malzemesinin korozyona dayanıklı malzeme seçilmesi, şaft ve pervanenin birbirine bağlantı şekli, şaft yatağının yağlama sistemi olması, yüzer aracın operasyonu süresince düzenli aralıklarla stern tüp yağ analizlerinin takip ediliyor olması ve şaft üzerinde klas kurallarına uygun yatak sıcaklarının izlenebildiği bir sistemin kurulu olması ve bu sıcaklıkların düzenli izlenip, kayıt altına alınması, şaft periyodik muayene süresinin 2,5 ila 10 yıl arasında değişmesini ve hatta bazı özel durumlarda şaftın hiç çekilmemesini sağlayacaktır.

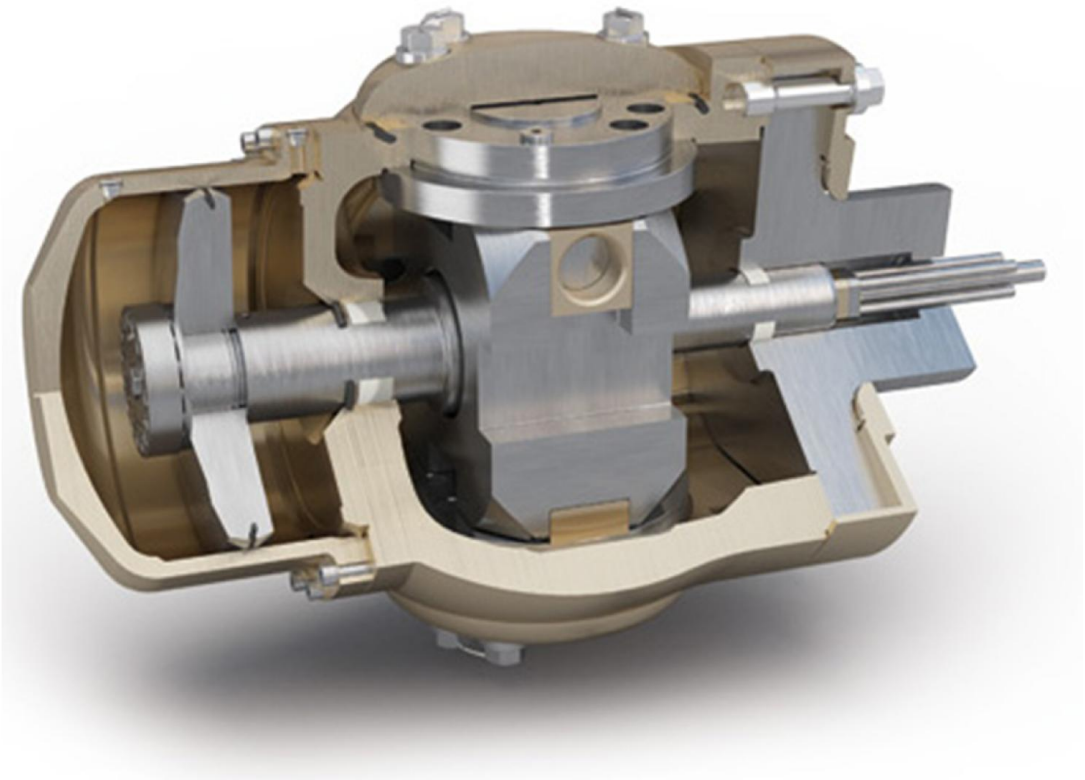


Şekil 2.17: RINA klas kuruluşu şaft muayenesi periyot çizelgesi [22].

Ana tahrik bileşenin en uç noktasında ise pervane bulunmaktadır. Pervanelerin en yaygın iki kullanım şekli sabit piçli ve piç kontrollü pervanelerdir. Sabit piçli pervane, dinamik konumlandırma sistemlerinin doğası gereği, yüke hızlı müdahale, yön belirleme gibi ani gereksinimlere yanıt veremeyeceği için, bu sistemlerde tercih edilmemektedir.

Değişken piçli, piçi kontrol edilebilen pervane sistemlerinin çalışma prensibi, Şekil 2.18'deki kesit görünümünden anlaşılabilecegi üzere, stern tüp yağlamasını yapan sisteme ek olarak, pervane kanat piçlerinin hidrolik olarak hareketi sağlayacak servo yağ sistemi de bulunmaktadır. Bu servo motor pervane kanatlarının cıvatalarla hub

üzerine oturduğu dairesel plakaları çevirebilmekte ve bu sayede pervane piçinin istenen değere ayarlanabilmesini sağlamaktadır. Bu sistemin avantajı, matematik olarak hesaplanan, talep edilen piç değerini, aktüatör vasıtasıyla hızlı bir şekilde sağlayabilmesi ve yük değişiminin ve pervane etki yönünün hızlı ayarlanmasına kolaylık sağlamasıdır.

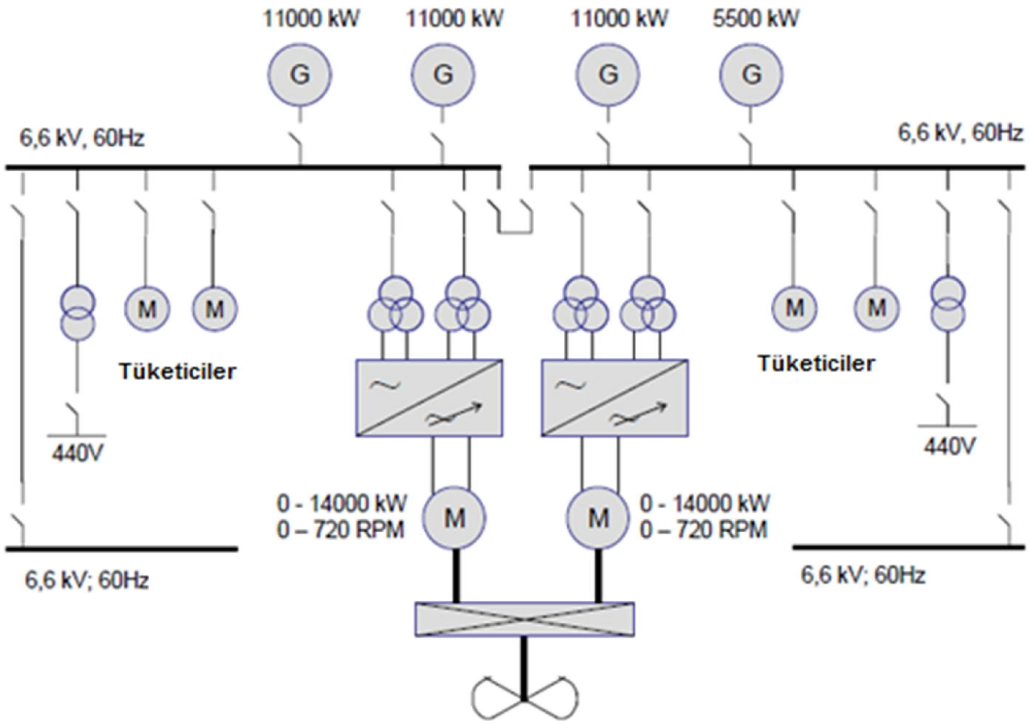


Şekil 2.18: CPP pervane hub kesiti [23].

2.4.1.2 Elektrik motoru tahrikli pervane sistemi

Esnekliği, enerji verimliliği ve üstün performansı, elektrik tahrikli sistemlerin günümüzde yaygın kullanımına yön vermiştir. Bu sistemler temelinde besleme transformatörü, tahrik motoru ve frekans dönüştürücüden oluşmaktadır. Bu bileşenler Şekil 2.19'da gösterilmiş olup, tahrik motoru bir alternatif akım motoru olduğu için, frekans dönüştürücü elektrik motorunun hızını ve momentini kontrol etmek için kullanılır. Frekans konvertörünün yaptığı iş, AC elektrik motorunun devir besleme gerilimini ve frekansını değiştirmek sureti ile motor yükünü ayarlamaktır. Hassas ve düzgün hız kontrolü düşük bakım maliyetlerine ve daha az ekipman yorulması anlamına gelir. Elektrik motorunun kendisi hemen hemen bakım gerektirmez. Yüksek tork tüm hızlarda mevcuttur [24]. Parametrelerinin dinamik konumlandırma

sisteminden gelecek bilgileri adapte etmesi de hızlı olacak ve motorun tepkisi çok esnek olacaktır. Bu sistemlerin maliyetleri haricinde hemen hemen hiç bir dezavantajı bulunmamaktadır.



Şekil 2.19: Elektrik motoru tahrik sistemi bileşenleri genel görünümü [25].

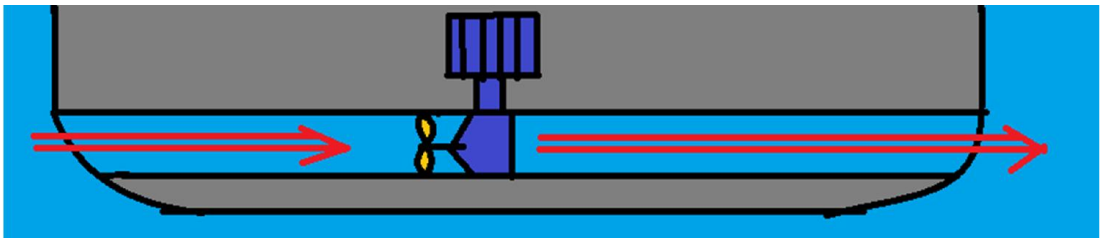
2.4.2 Baş/Kıç yan iticiler

Yüzer araçlarda bulunan yan itici sistemleri, aracın baş-kıç doğrultusuna dik yönde tahrik kuvveti oluşturan itme sistemleridir. Bu sistemler iki temel yöntemle çalışırlar. Bunların bir tanesi sabit bir tünel içerisinde iskele-sancak yönünde su akışı yaratan pervane ile çalışan konvansiyonel sistemlerdir. Diğeri ise, farklı yönlere açılmış tünellere, yüzer cismin altından aldığı su akışını, yatay yerleştirilmiş pervane ile iten jet sistemleridir.

Dinamik konumlandırma sistemlerinde, yüzer cismin konumunu korumasında, özellikle karşı yönlerde çalışacak bir kıç bir baş itici ile yüzer cismi döndürerek büyük önem taşırlar. Bu nedenle, sistemin taleplere karşılık verebilmesi için, verilen tahrik talebine motorun tepki süresi, piç değişimi süresi, piç farklı konumlarında yüzer cisme gelen moment ve tahrik kuvvetleri doğru hesaplanmalıdır. Bu hesaplar sonucunda, en uygun tahrik sistemi, pervane ve tünel boyutları belirlenmelidir.

2.4.2.1 Konvansiyonel yan itici sistemi

Konvansiyonel sistemler, kıçtan tahrik sistemleriyle aynı prensiple çalışan, yüzer aracın baş veya kıç taraflarına gemi genişliği doğrultusunda yerleştirilmiş bir tünel içerisinde, piç kontrollü bir pervanenin hareket ettirilmesi prensibiyle çalışan sistemlerdir. Basit hatlarıyla Şekil 2.20'de gösterilmiştir. Bu sistemlerin avantajı, çok kullanılan, basit ve maliyet olarak uygun sistemler olmalarıdır. Tahrik sistemi, yüzer aracın güç sisteminden beslenen elektrik motoru, hidrolik motor veya tamamen bu amaca hizmet eden bağımsız bir dizel motor olabilir.

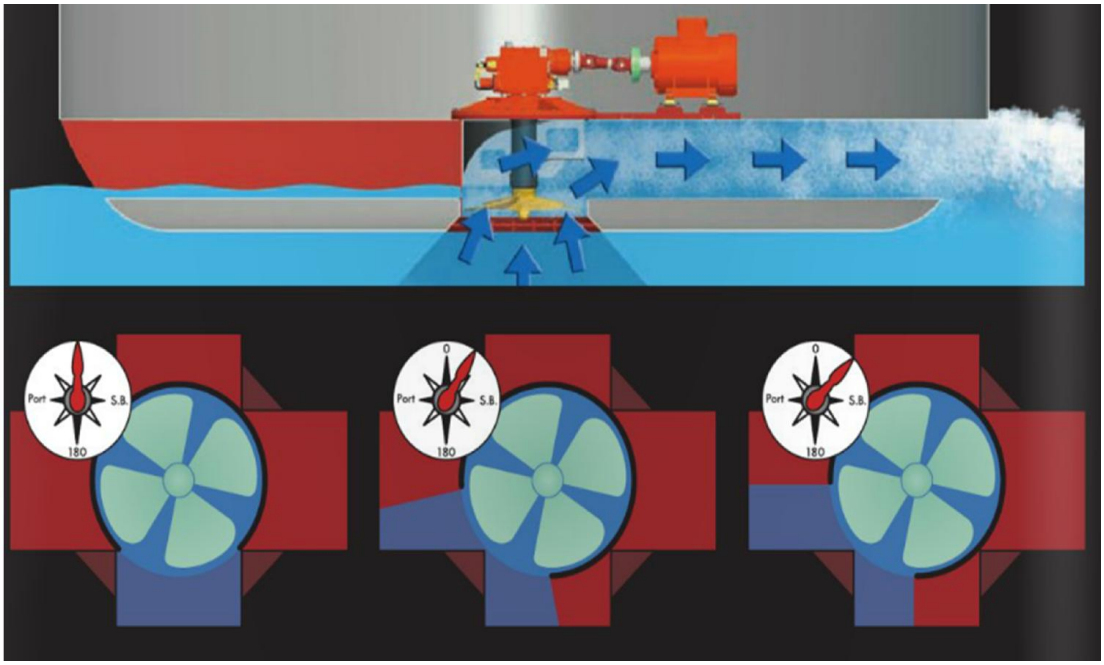


Şekil 2.20: Konvansiyonel yan itici sistemi.

2.4.2.2 Veth-jet sistemleri

Konvansiyonel sistemlere alternatif olarak, veth-jet sistemleri gemiye genişlik doğrultusunda tahrik unsuru oluşturan sistemlerdir. Bu sistemlerin önemli avantajı, pervaneye giden suyun, Şekil 2.21'de iki bakış açısından göründüğü gibi, tünelin bir ucundan diğer ucuna değil de, yüzer aracın dibinden alınıp, istenilen yöne aktarılıyor olmasıdır. Birden fazla tünelle kullanılması durumunda, geminin baş kıç doğrultusundaki tahriğine yardımcı olabilir. Yön değiştirme işlemi, motor üzerinden veya pervane piçleriyle olmadığı için, sabit piçli ve bakımı daha kolay olan bir sistemdir. Pervane tahriği için konvansiyonel sistemlerle aynı şekilde, elektrik, hidrolik veya bağımsız dizel çözümleri düşünülebilir.

Avantajlarının yanında bazı dezavantajları mevcuttur. Verimli kullanabilmek için iki adet dikine tünele gereksinim duyulur. Bu durumda tünel yerleşimi ve boyutlar önemli dizayn kısıtlamaları getirecek olup, ayrıca ilk kurulum maliyeti de yüksek olan sistemlerdir.



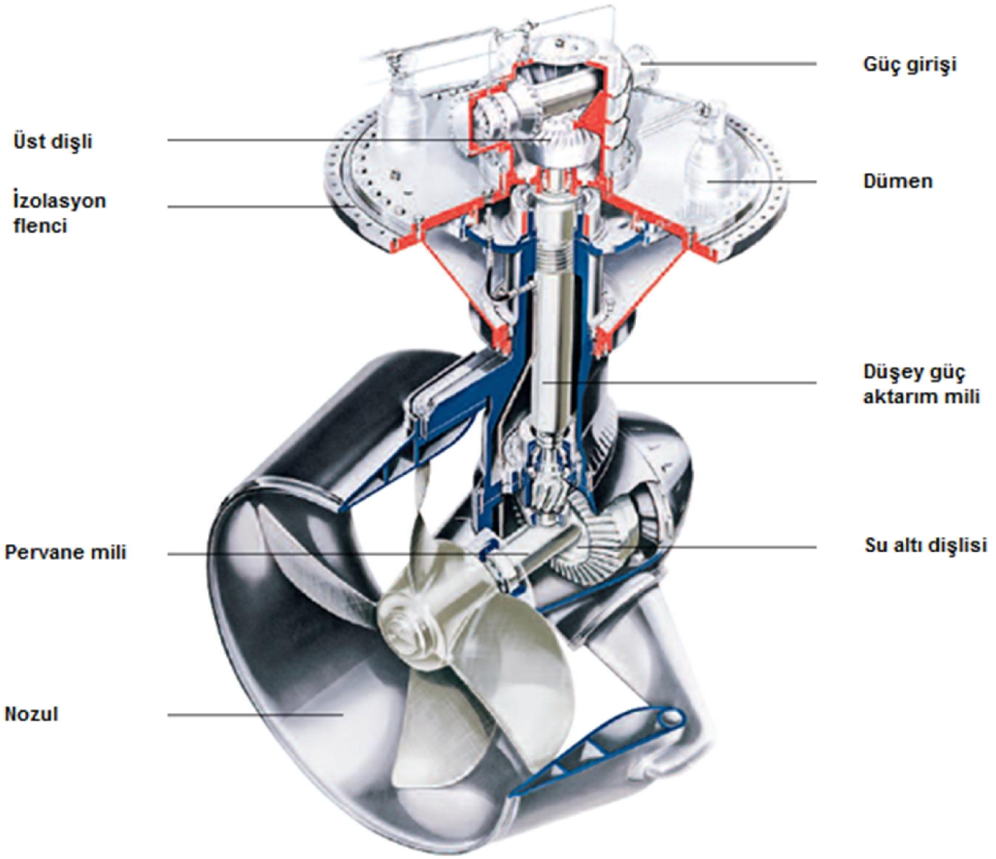
Şekil 2.21: Veth-jet yan itici sistemi [26].

2.4.3 Özel tahrik sistemleri

Yüzer araçların çeşitli yönlerde hareket ve dönmesi için, konvansiyonel sistemlerden farklı alternatifler bulunmaktadır. Bu sistemlerde amaçlanan, pervane sisteminin dönebilme özelliği sayesinde, yüzer aracın manevra kabiliyetini arttırması ve böylelikle dümen vb. takıntıların eksiltilmesidir. Dinamik konumlandırma sistemlerinde, konvansiyonel sistemler haricindeki sistemlerin kullanılması için bu sistemlerin matematik modelde dikkatli tanımlanması, bunları kontrol eden parametrelerin ve tahrik unsurunun yüzer cisme etkilerinin dikkatle hazırlanması gerekir.

2.4.3.1 Schottel SRP sistemi

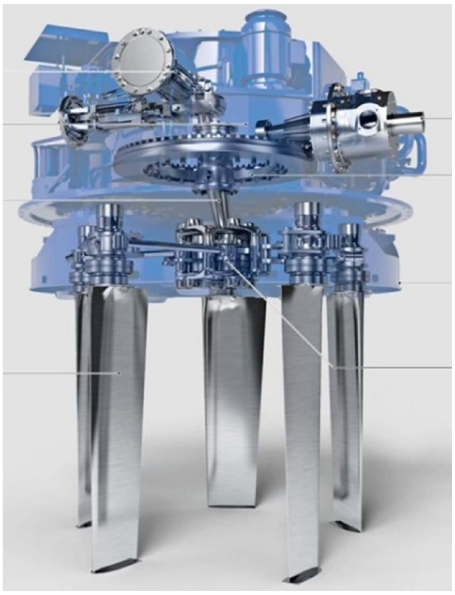
Dümen-pervane olarak da adlandırılan bu sistemler, ana tahrik sisteminin döndürdüğü şafttaki yükün, Şekil 2.22'de kesit olarak görünen pervaneye iki ayrı 45 derecelik dişli grubu ile bir Z harfi şeklinde taşındığı sistemlerdir. Bu sistemlerin en önemli özelliği, alt dişli grubunun etrafında dönebilen nozul içinde pervane olması sebebiyle, pervaneye yön verebilmek mümkündür. Böylelikle bu sistem konvansiyonel bir şaft sisteminde olması gereken dümenin de görevini görmüş olur. Manevra kabiliyeti yüksek olan bu sistemlerin, yüzer aracın içinde kapladıkları alan, konvansiyonel bir pervane sistemi ve dümen makinesi kadardır.



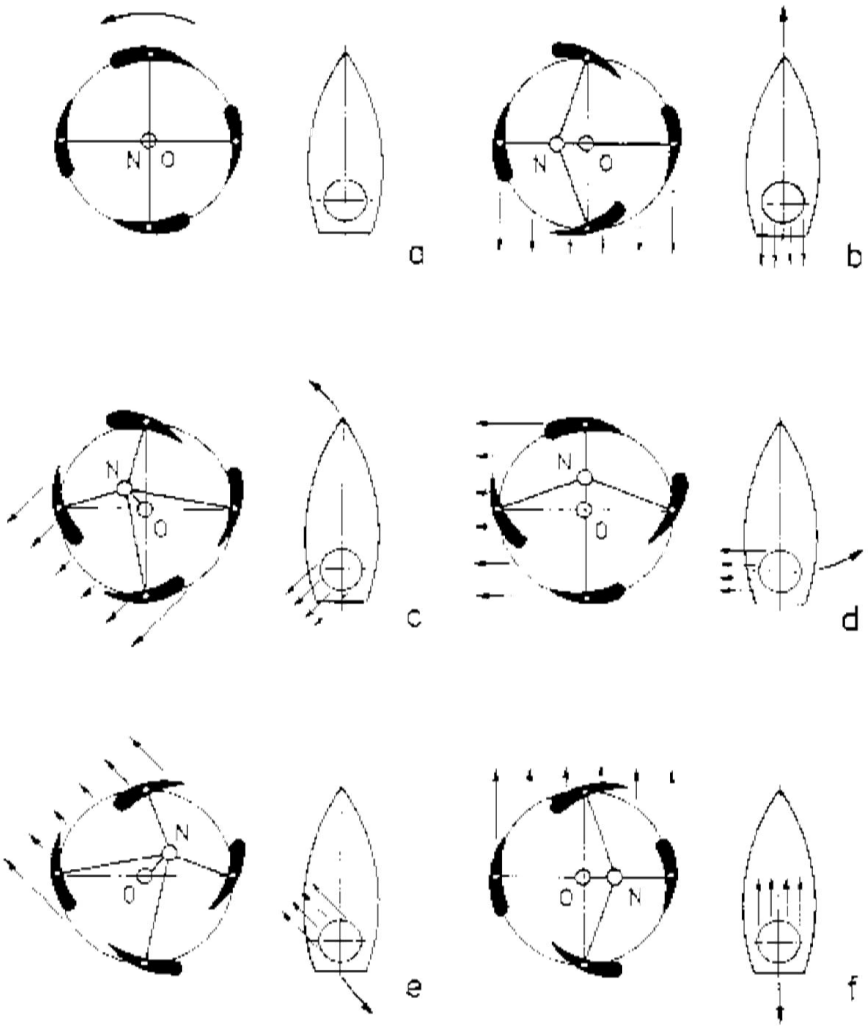
Şekil 2.22: Schottel SRP sistemi kesiti [27].

2.4.3.2 Voith-Schneider Azimuth Drive sistemi

Seksen beş yıl önce Avusturya'lı mühendis Ernst Schneider tarafından tasarlanan tahrik ve dümen sistemi olan Voith-Schneider Azimuth Drive sistemleri, aynı SRP sistemlerine benzer şekilde, ayrıca ek bir dümen sistemi gereğini ortadan kaldıran özel sistemlerdir. Yüzer aracın kıç tarafından asma şekilde duran bir platforma bağlı dört veya fazla sayıda finlerden oluşur. Genel görünüşü Şekil 2.23'teki gibidir. Bu finlerin başlangıç dönüş açılarını sabitleyen kollar, platformun merkezinde birbirine bağlı olup, dört finin ayrı ayrı başlangıç dönüş açısı değerleri, merkez birleşimi olan tek noktanın yer değiştirilmesiyle mümkündür. Her bir finin başlangıç dönüş açısının hangi durumda, toplam tahriğe nasıl etki edeceği Şekil 2.24'te görülebilir.



Şekil 2.23: Voith-Schneider Azimuth Drive sistemi [28].



Şekil 2.24: Voith-Schneider Azimuth Drive tahrik yönleri şeması [29].

2.5 Güç Kaynakları ve Yönetim Sistemleri

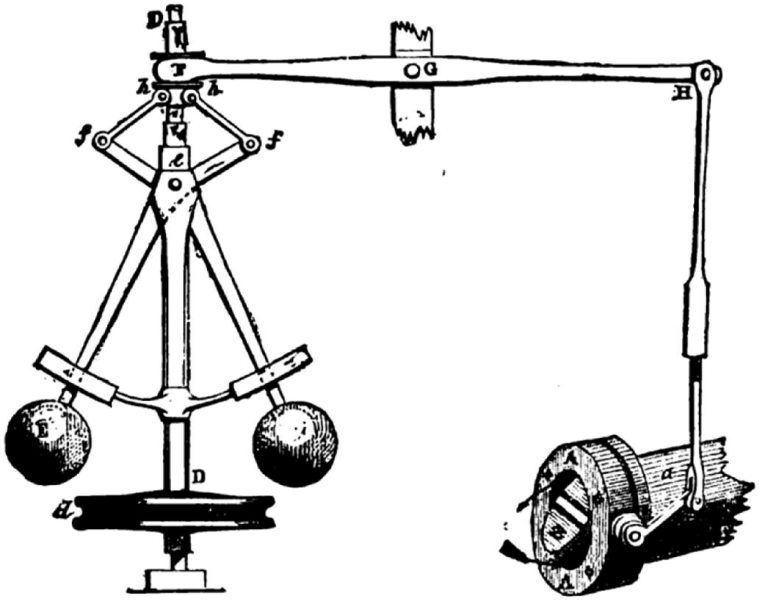
Tüm komponentlerin çalışabilmek için gereksinimi, diğer tüm parametreler bir yana, kendi elektrik tahriğini sağlayacak elektrik beslemesine ulaşmasıdır. Özellikle dinamik konumlandırma sistemleri gibi sistemlerle çalışan yüzer araçlarda, türlü cihazların çok değişken ve yüklü güç talepleri olacak olup, bu sistemlerin ilk yüklenmelerindeki demoraj akımlarını da kaldırabilecek güç kaynakları ve bu kaynakların doğru yönetilmesi çok büyük önem taşır. Bu tip yüzer araçlar, zor koşullarda ve can ve değerli malzemelerin taşınmasında kritik önem taşıdıkları için, bir elektriki kararmanın veya çöküntünün bedeli hem ticari olarak hem de manevi olarak çok ağır olabilir.

Güç kaynakları, dizel motorlara akuple edilmiş alternatör setleri (jeneratör) olabilir yahut başka amaçla dönen bir milin (örneğin geminin tahrik unsuru olan bir ana makine) dönme hareketini alternatif akım elektriğe çevirecek bir dinamo seti (şaft alternatörü) olabilir. Güç ana pano üzerinden, ana ve yardımcı sistemlerin gereksinimleri doğrultusunda dağıtılıyor olup, hangi durumda kaç adet güç kaynağının hazır bekliyor, kaç adedinin faal olarak çalışıyor olması gerektiğine dinamik konumlandırma sistemleriyle çok yakın temas içinde çalışan bir güç yönetim sistemi karar verir.

2.5.1 Dizel tahrikli jeneratörler

Temel olarak dizel ana makineler bölümünde tarif edilen motorların güç üretmek için kullanılan durumlarında güç çıkışı olan mil bir kaplin ile bir alternatöre bağlı olur. Ana makine motorlarından temel farkı, elektrik akımı üretmek amacıyla kullanılan bu alternatörlerin, sabit frekansa gereksinim duymasından ötürü, motorların sabit devir olarak kullanılmasıdır. Yüke bağlı motor devri, mekanik veya elektronik gavernörler vasıtasıyla gerçekleştirilir.

Mekanik gavernörler, aynı zamanda santrifüj (merkezkaç) gavernör olarak da adlandırılır, motora bir dişli ile bağlı olan bu sistemlerde, hız arttıkça, artacak dönme hızı ve dolayısıyla merkezkaç kuvvetinin ağırlıkları kaldırması, motora gönderilecek yakıt miktarını kısacak ve tam tersi azalan devirde, ağırlıklar indikçe yakıt valfi daha çok açılmış olacaktır. Şekil 2.25, ilk tasarlanan haliyle ve tüm bileşenleri açık görünen bir gavernör örneğidir. Böylelikle motor ayarlanan devirden sapmadan dönmeye devam eder.



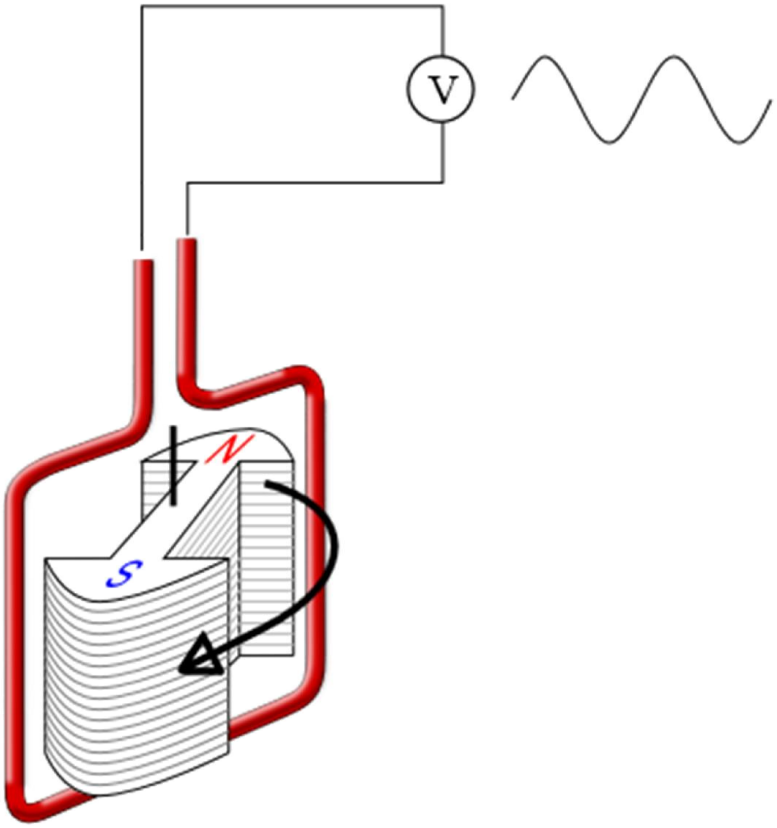
Şekil 2.25: Santrifüj gavernör şeması [30].

Buna karşılık, elektronik gavernör sistemleri, dönen mil hızını sensör vasıtasıyla dijital olarak okuyup bir işlemciyle veriyi işleyerek, yakıt valfinin ne kadar açılacağına bu işlemciden çıkacak değerin kumanda edeceği bir aktüatör vasıtasıyla hükmeden sistemlerdir.

Dizel tahrikli jeneratörlerin dinamik konumlandırma sistemlerinde kullanılması güç gereksiniminden ötürü zorunlu olup, sistemin toplam güç gereksinimi ve daha ileriki bölümlerde detaylandırılacak olan DP sınıfının gereksinimine göre seçilecek her bir jeneratörün güç ve adetleri belirlenir. Bu belirlemenin yapılabilmesi için yüzer aracın matematik modelin yapılmış olup, DP senaryolarının ve yüzer aracın tahrik unsurlarına tepkisi öngörülebilecek bir modelin hazırlanması gerekir.

2.5.2 Şaft alternatörleri

Kendi başına bir güç kaynağı olmayan şaft alternatörleri, yüzer aracın üzerinde bulunan başka amaca hizmet eden ve rotasyonel bir güç iletimi yapan herhangi bir milin üzerine yerleştirilen ve mekanik enerjiyi alternatif elektrik akımına çeviren sistemlerdir. Bu sistemlerin temel çalışma prensibi, Şekil 2.26'da görüldüğü üzere, milin döndürdüğü manyetik alanın (rotor), statik tellerin etrafında dönerken (stator) oluşturduğu potansiyel farkıdır.



Şekil 2.26: Şaft alternatörü şematik görünümü [31].

2.5.3 Dağıtım panoları ve ana baralar

Gemi elektrik sistemleri, elektriğin üretildiği kaynaklar ve bu elektriği tüketen tüketicilerden oluşmaktadır. Güç paylaşımının yapıldığı yönetim sistemlerinin üzerinde bulunduğu ana panoların elektrik gücü taşıyan baraları büyük akımlara maruz kalırlar. Şekil 2.19'daki elektrik tahrikli bir yüzer cisim örneğinde görüldüğü üzere, elektrik dağıtım baraları iki ana bölüme ayrılmış, bu bölümlerin her birine iki jeneratör yük taşımakta, tüketiciler de eşit şekilde iki bara üzerine dağılmıştır.

Ana ve dağıtım panolarının seçimlerinde, adetlerinin DP sınıfına göre belirlenecek olmasının yanısıra, üretimi ve gemideki yerleşimine yönelik klas kuruluşu isterleri bulunmakta olup, bunların haricinde dinamik konumlandırma sistemlerine özel ek bir gereksinimleri yoktur.

2.5.4 Güç yönetim sistemleri

Dinamik konumlandırma sistemleri, bir kumanda kolu ile onlarca ekipmana hükmedilen sistemler olmalarından ötürü, yük alışverişi çok değişken ve hızlı olan sistemlerdir. Bu sistemlerde, elektrik kaynağının kontrolu ve kaynaktan gelen yükün tüketicilere uygun dağıtılması veya tüketicilerin gereksiniminin güç kaynaklarına uygun şekilde dağıtılması için iyi bir güç yönetim sistemi olması gerekir. Güç yönetim sistemlerinin kazandırdığı avantajlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

"- Dizel jeneratör izleme ve kontrolü,

- Dizel motor emniyet ve başlatma/durdurma,

- Şalter senkronizasyonu ve bağlanma

- Bara voltajı ve frekansının kontrolü

- Jeneratör voltajı ve frekansının kontrolü

- Jeneratörün kW ve % olarak yükünün izlenmesi

- Simetrik veya asimetrik yük paylaşımı

- Yük kontrolü ve yük atma

- Alaarm, kontrol ve emniyetin birbirinden ayrılması

- Bir veya çoklu tablonun kontrolü

- Ağır tüketici lojiği

- Kararmayı müteakip otomatik başlama ve bağlanma

- Otomatik hat frekansına müdahale

- Dizel elektrik tahrik sisteminin kontrolü

- "Take me home" modülünün devreye alınması (şaft alternatörünün motor olarak kullanılarak çok acil durumlarda gemiyi güvenli bir mevkiye çekmek için kullanıldığı sistem)

- Tek tuş ile sıra izleme otomasyonu özelliklerinin devreye alınması." [32]

2.6 Uluslararası Düzenlemeler

Dinamik konumlandırma sistemleri, Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO)'nun yayımladığı MSC 645 sirküleri [12] ile tarif edilen sınıflandırmalarla düzenlenmiştir. Sınıflar ekipmanların yedeklenmesi ve tek hataya karşı korunma derecelerine göre belirlenmektedir. Klas kuruluşları temel olarak aynı sınıflandırma sistemini kendi kurallarına adapte etmiştir.

2.6.1 Ekipman sınıflandırması

IMO'nun herhangi bir sınıf tanımına uymayan yarı otomatik sistemlerde, konum koruma manuel olup, gemi yönü kontrolü otomatik olan en basit dinamik konumlandırma sistemleridir. Bu sistemler, RINA kuralları Pt F, Ch 13, Sec 6 [33] gereği DYNAPOS SAM ek notasyonu şartlarını sağlar.

Konum koruma ve/veya hedef izlemenin otomatik olduğu sistemler, IMO tarafından "Class 1" olarak sınıflandırılmıştır. Bu sistemlerde ekipmanlar herhangi bir hataya karşı koruma altına alınmamıştır, tüm bileşenler hatasız çalıştığı sürece sistem problemsiz çalışır. Ancak tek bir bileşendeki hata, konum koruma özelliğinin kaybolmasına sebep verir. Bu sistemler, RINA ek notasyonu DYNAPOS AM/AT gereklerini sağlamaktadır.

Bileşenler pasif ve aktif olarak ikiye ayrılır. Aktif bileşenler, jeneratör, pompa, tahrik unsuru gibi hareketli parçalar barındıran ve hata riski daha yüksek olan bileşenlerdir. Bunlara karşılık boru devresi, elektrik kablosu gibi bileşenler pasif olarak adlandırılır. IMO "Class 2" sınıfına haiz dinamik konumlandırma sistemleri, aktif bileşenlerin yedeklendiği ve bir adedinin hata durumunda konum koruma özelliğinin kaybolmadığı sistemlerdir ve RINA ek notasyonu DYNAPOS AM/AT R gereklerini sağlamaktadır.

Aktif bileşenlerin yedekleriyle fiziki olarak birbirinden su geçmezlik ve A-60 yangın sınıfıyla ayrıldığı, iki birbirinden ayrı bilgisayar sistemini barındıran sistemler, IMO tarafından "Class 3" olarak sınıflandırılmakta ve RINA ek notasyonu DYNAPOS AM/AT RS gereklerini sağlamaktadır.

2.6.2 Operasyon sınıflandırması

Norveç Denizcilik Birimi (NMA), IMO'nun yüzer araçlardaki dinamik konumlandırma sistemlerini sınıflandırmasına ek olarak, bu sistemlerin kullanıldığı operasyonları sınıflandırmıştır. "Class 0" operasyonlar, konum korumanın kaybolması durumunda çevre veya insan hayatına herhangi bir zararın gelmeyeceği operasyonlar, "Class 1" ufak hasarla sonuçlanacak kazalara sebebiyet verebilecek operasyonlar, "Class 2" insan yaralanması, çevre kirliliği ve ekonomik zarar oluşturacak kazalara sebebiyet verebilecek operasyonlar ve son olarak "Class 3" ölümle sonuçlanabilecek, çevre felaketi oluşturabilecek ve majör ekonomik zararlara sebebiyet verecek operasyonlardır [34].

Yüzer aracın faaliyet ömrü boyunca hangi tür operasyonlarda görevlendirileceği dikkate alınarak, ekipman sınıflandırması belirlenmelidir.

3. MODELLEME VE KOD GELİŞTİRME

3.1 Bilgisayar Kodu Hakkında

Dinamik konumlandırma sistemlerinde bileşen seçimindeki farklılıkların yaratacağı sonuçları, somut verilerle anlayabilmek ve değerlendirebilmek için bir bilgiayar kodu geliştirilmiştir. Bu kod nümerik bir algoritma ve VBA dili vasıtasıyla zaman adımlarına bağlı hesap yapan bir Excel programıdır ve Ek-C olarak bu tezin bir parçasıdır.

3.2 Tez Bünyesindeki Bilgisayar Programı ile Gerçek Bir Gemideki Dinamik Konumlandırma Bilgisayarının Farkları

Parametrik hesaplarla bileşenlerin önemini vurgulayan bir programın kodlanması için, tüm bileşenleri kapsayan ve gerçek bir uygulamadaki tüm sinyal değerlerini işleyen bir programa gerek yoktur. Bu nedenle, hedef bir konuma ulaşmak için gereksinimi belirleyen ve zamana bağlı hareketleri gerçekleştiren çok sadeleştirilmiş bir program yazılmıştır. Programın tam kapsamlı bir DP bilgisayarına göre sadelikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1) Bu programda, geminin mevcut ve hedef konumları kesin noktalar olup, referans sistemlerinden gelecek verilerin işlenmesi programlanmamıştır.

2) Çevresel faktörlerin, parametrik hesaplarda tüm gemilere benzer şekilde etki edeceği düşünüldüğünden, etkileri yok sayılmıştır. Bu sebeple rüzgar/akıntı ölçümü, bunların sisteme işlenmesi ve geminin bunlara tepkisi programlanmamıştır.

3) Gerçekte her geminin formunun deniz içindeki hareketi farklı olacağı ve her bir tahrik unsurunun güç talebi ve bunun gemilere etkisi farklı olacağı için, tezin 3.3 bölümündeki temel kabuller yapılmış ve bileşenlerin sabit Diff ve Chng parametrelerine sahip olacakları şeklinde programlanmıştır. Böylelikle tepkiler kesin sayısal sonuçlara yönlendiği için, bir Kalman Filtrelemesi ile matematik model düzeltmesi gereği kalmamıştır. Örneğin, gerçek bir uygulama yapılacağında, geminin matematik formu modellenmeli, her bir tahrik unsurunun ayrı ayrı birim güç ile ne

kadar moment ve kuvvet oluşturacağı, yük talebi ani yükseldiğinde buna ne kadar çabuk tepki verebildiği gibi programın farklı kısımlarındaki birçok parametre ayrı ayrı irdelenmeli ve yeniden kodlanmalıdır.

4) Dinamik konumlandırma sistemlerinde, bir hedefe ulaşmak ve o hedefteki konumunu korumak için, farklı algoritmalar izlenmesi mümkündür. Örneğin, bir program, belli bir mesafeye kadar, iticileri eş yönde ve sevk sistemi ile beraber kullanarak baş-kıç doğrultusunu değiştirmeden doğrudan hedefe yönelmeyi seçerken, bu programda, gemi mesafeye bağlı olarak, önce hedefe baş-kıç doğrultusunu yönlendirip, düz yaklaşmayı ve en son doğrultusunu hedef doğrultuya getirmeyi tercih eden bir algoritmayla yazılmıştır. Bu algoritmaların seçimi programı hazırlayan mühendisin tasarrufundadır.

3.3 Bilgisayar Kodu Temel Kabulleri

Programı sadeleştirmek ve filtreleme gereğini ortadan kaldırmak amacıyla program bazı temel kabullere dayanmaktadır. Bunlar aşağıdaki gibi sıralanır:

1) Yüzer aracın, iki ana jeneratör, iki şaft alternatörü, iki ana makine, iki pervane, dört yan iticiden oluştuğu ve baş-kıç doğrultusunda iki pervanenin sadece pozitif yönde tahrik uyguladığı kabul edilir.

2) Baş ve kıç ikişer yan itici olduğu, birer baş ve kıç yan iticinin geminin dönme merkezinden eşit mesafelerde çalıştığı ve yüzer araca baş-kıç doğrultusunda 0 tahrik vererek sadece döndürmeye çalıştıkları kabul edilir.

3) Baş ve kıç yan iticilerin yük miktarının pozitif olması, yüzer aracı iskele yönüne döndürmeye, aksi halde sancak yönüne döndürmeye çalıştığı kabul edilir.

4) Güç, tahrik vb. fiziksel ölçüler birimsizdir. Gerçek bir yüzer araca programın uygulanabilmesi için yakınsama parametreleri ve tahrik unsurlarının etki parametreleri tüm bileşenler için üreticilerden elde edilecek bilgiler ile doğru belirlenerek program birimli hale getirilmelidir.

5) Gemi formunun tanımlanıp, momente tepkisinin hesaplanmasının yerine, doğrudan bir yan iticinin, 100 birim güç ile birim zamanda yüzer aracı 0,5 derece döndüreceği kabul edilir.

6) Gemi formunun tanımlanıp, tahrik kuvvetine tepkisinin hesaplanmasının yerine, doğrudan bir kıç iticinin, 100 birim güç ile birim zamanda yüzer aracı 0,5 birim hareket ettireceği kabul edilir.

7) Ana makine toplam gücü, şaft alternatörü ve piç kontrollü pervane tarafından paylaşılmaktadır. Program, şaft alternatörüne öncelik verir. Güç talebi kadar kısmı şaft alternatörüne verdikten sonra, kalan gücü kıç itici olarak kullanmaya müsaade edecektir.

8) Bir jeneratör veya ana makinenin yakıt tüketimi, güç değerine ve yük yüzdesine bağlı ampirik bir formül ile Bölüm 3.2.3'de tarif edileceği şekilde hesaplanmaktadır. Bu kabul, yüzde olarak çok ve az ancak güç birimi cinsinden eşit yüklenmiş motorların yük yüzdeleriyle orantılı tüketim miktarlarındaki farkı oluşturan bir ampirik hesaptır. Bu değerler, gerçek bir yüzer cisme uygulanacağında, ilgili bileşenin üreticisinden edinilecek parametreler ile dikkatli bir şekilde güncellenmelidir.

3.4 Bilgisayar Kodu Temel Hesaplamaları

Program ana değerler ile temel hesaplamaları yaparak, hedef konumla olan mesafeleri ve buna bağlı faz değerinin belirlenmesini sağlar.

$$\Delta X = X_{trg} - X_{act} \tag{3.1}$$

$$\Delta Y = Y_{trg} - Y_{act} \tag{3.2}$$

$$\Delta \theta = \theta_{trg} - \theta_{act} \tag{3.3}$$

$$d_{ph2} = \sqrt{\Delta X^2 - \Delta Y^2} \tag{3.4}$$

1 ve 2 numaralı piç kontrollü pervane maksimum güç değerleri, ana makine ve şaft alternatörlerinin güç değerlerinden hesaplanır.

$$P_{CP1,max} = P_{ME1,max} - P_{SA1,act} \tag{3.5}$$

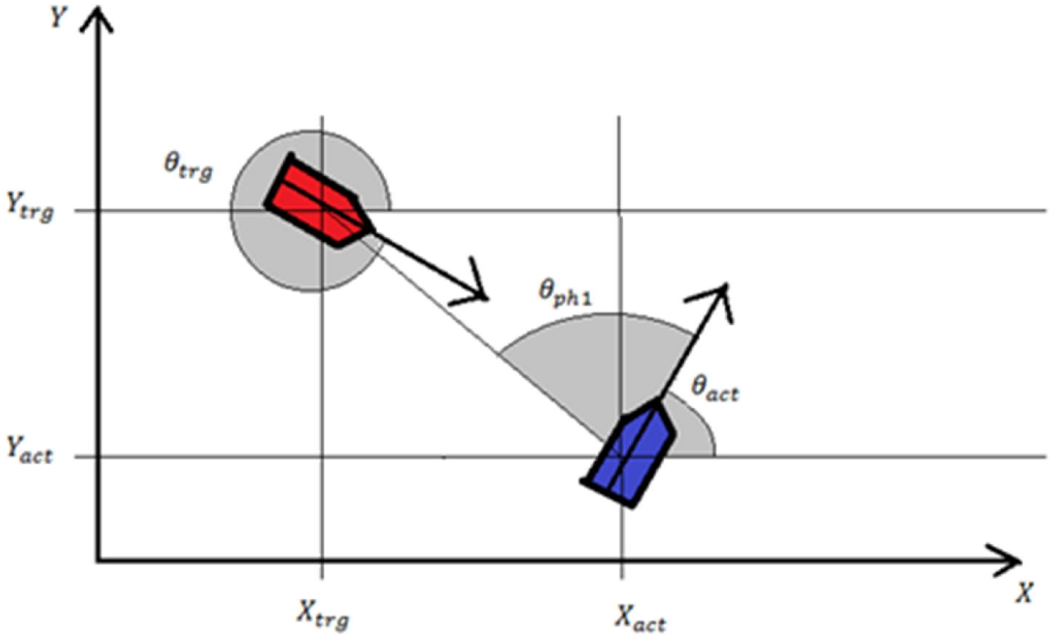
$$P_{CP2,max} = P_{ME2,max} - P_{SA2,act} \tag{3.6}$$

Yüzer aracın hedeflenen konumunun mevcut baş-kıç doğrultusuna açısı olan θ_{ph1}, Şekil 3.2'de göründüğü üzere, hedef konumun merkezine değil, baş-kıç doğrultusuna

olan açıdır. Bu açı, saat yönünde ve saatin tersi yönde oluşacak iki açıdan küçük olanı olarak dikkate alınır. Şekil 3.1'de görünen örneklerdeki gibi küçük olan açı saat yönünde ise negatif, tersi yönde ise pozitif olarak dikkate alınır.



Şekil 3.1: θ_{ph1} açı yönü belirleme grafiği.



Şekil 3.2: Mevcut konum ve hedef konum temel değişkenleri.

3.4.1 Fazlar ve yakınsama parametreleri

Diff: Yüzer aracın hedefe her üç fazdaki yaklaşması ile ilgili temel parametredir. Eğer θ_{ph1}, d_{ph2} veya θ_{ph3} değerleri (hangi faz aktif ise), bu sayıdan büyük ise, tahrik unsurlarından talep %100 olacaktır. Bu sayıya eşit veya küçük ise, doğru orantılı enterpolasyon ile hesaplanacak yüzdelerde tahrik talep edilir. Bu parametrenin gerçek bir yüzer araçtaki karşılığı, dinamik konumlandırma sistemi hesap bilgisayarının tahrik unsurlarından yük eksiltmeye başlayacağı konum parametresidir ve ana bilgisayar içine tanımlanır. Bu parametrenin belirlenmesinde, seçilen tahrik bileşenlerinin ve gemi formunun etkisi vardır. Yüzer aracın yön değiştirebilmesi,

vakitli durabilmesi, dönebilmesi gibi zor manevraları yapabilmek için hangi derece erken manevraya başlaması gerektiğinin belirlendiği parametredir. Değeri 0'dan küçük olamaz, üst sınırı yoktur ve yüzer aracın mevcut bileşen konfigürasyonu için ve her ekipman için bir defa ayarlanan ve aracın ömrü boyunca değişmeyen bir parametredir.

Accu: Yüzer aracın hedefe her üç fazdaki yaklaşmasının tamamlanmasına karar verecek yeterlilik parametresidir. Eğer θ_{ph1}, d_{ph2} veya θ_{ph3} değerleri (hangi faz aktif ise) bu değerden küçük ise, ilgili faz tamamlanmış kabul edilir. Bu parametre, mevcut operasyon koşullarına göre belirlenen bir değerdir. Çok düşük bir sayı olması durumunda, sistem hedefe o toleransla yaklaşmaya çalışacağı için, sürekli tahrik unsurlarını kullanmak ve çaba göstermek zorunda kalacaktır, aksi taktirde de hedefe ulaşmak için az çaba gösterecek ama daha ekonomik olacaktır. Konum korumanın ne kadar kritik olduğuna göre operatör tarafından her operasyonda ayrıca ayarlanabilir ana bilgisayar içerisine tanımlı bir değerdir, en az 0 olup, üst sınırı yoktur.

Chng: Tahrik için talep ne olursa olsun, bir tahrik bileşeninin birim zamanda yük yüzdesinin değişebileceği en yüksek sayıyı belirleyen parametredir. Örneğin bir ana makinenin anlık yük talebi %100 olup, mevcut durumda %0 ise, %0'dan %100'e ulaşabilmek için ne kadar süreye gereksinimi olduğunu belirleyen parametredir. Bu parametre, gerçek bir yüzer aracın dinamik konumlandırma sistemi tanımlanırken, her bir tahrik unsuru için üreticilerinden elde edilecek verilere göre belirlenip, bir defaya mahsus ana bilgisayar içine tanımlanır, en az 0 ve en çok 100 olabilir. Bu bilgisayar kodunda, hesapları kolaylaştırmak adına tüm tahrik unsurlarının aynı Chng değerine sahip olduğu kabul edilmiştir.

Faz sayısı: Yüzer araç konuma yönelme ve konum koruma faaliyetini gösterirken üç fazdan oluşan bir yol izler. Öncelikle birinci faz olarak adlandıracağımız süreçte bulunduğu konumda, baş-kıç doğrultusu hedef noktaya bakıncaya kadar dönme hareketi yapacaktır. Daha sonra ikinci fazda, kıç tahrik unsurları vasıtasıyla hedefe doğru ilerleme hareketi yapacaktır. Son olarak üçüncü fazda, hedef konuma ulaştıktan sonra hedef baş-kıç doğrultusunu sağlamak için dönme hareketi yapacaktır. Matematiksel olarak program öncelikle, d_{ph2} ile Accu kontrolü yapar. d_{ph2} değeri Accu'dan küçük ise, faz üçtür. Büyük ise, θ_{ph1} ile Accu kontrolü yapar. Eğer θ_{ph1} değeri Accu'dan küçük ise, faz iki, değilse birdir. Son olarak program tamamlanma kontrolünü θ_{ph3} ile Accu arasında yapar. θ_{ph3} değeri Accu'dan küçük

ise, yüzer aracın hem konum hem de açı olarak hedefe ulaştığı kabul edilir ve program tamamlanır.

3.4.2 Programın işleyişi

Program, her bir adımda bir birim zaman ilerleme şeklinde çalışmaktadır. Her bir adımın sonunda bir sonraki adım için altı tahrik unsurunun üç farklı fazda yüzde değerlerini ve mevcut tahrik durumlarına göre bir sonraki adım için konum, hız, açısal hız ve yön değerlerini hesaplamaktadır. Bir sonraki adımda güncellenecek hesaplanmış değerler Ek-C'deki VBA makrosu ile gerçekleştirilir.

1 numaralı baş yan itici yük değişim talebi, faz hesabından gelen gereksinim ile mevcut değerin farkıdır. Bu değer Chng parametresinden büyük ise, Chng'ye eşittir. Küçük ise aynen alınır.

$$Perc_{BT1,dif} = Perc_{BT1,dmd} - Perc_{BT1,act} \quad \textbf{(3.7)}$$

1 numaralı baş yan itici sonraki adıma güncellecek yük yüzdesi, Chng kıyaslaması yapılan değişim talebi ve mevcut yük değerinden hesaplanır.

$$Perc_{BT1,nxt} = Perc_{BT1,act} - Perc_{BT1,dif} \quad \textbf{(3.8)}$$

Benzer şekilde altı iticinin her üç fazdaki talep miktarlarına göre bir sonraki adım alacağı değerler ve mevcut durumda hangi güç miktarında olduğu ve ne kadar tahrik ürettiği hesaplanacaktır.

1 numaralı baş yan itici mevcut kullandığı güç miktarı, güncel yüzdesi ile maksimum güç kapasitesinden hesaplanır.

$$P_{BT1,act} = Perc_{BT1,act} * P_{BT1,max} \quad \textbf{(3.9)}$$

1 numaralı baş yan itici tahrik miktarı, mevcut güç değerinden hesaplanır.

$$Thr_{BT1,act} = P_{BT1,act} / 200 \quad \textbf{(3.10)}$$

X ve Y koordinatının mevcut hız ve yöne göre değişim değerleri ve bir sonraki adımda güncellenecek yeni değerleri ana değerlerden hesaplanır.

$$X_{dif} = V_{act} * cos(\pi * \theta_{act}/180) \quad \textbf{(3.11)}$$

$$X_{nxt} = X_{act} + X_{dif} \quad \textbf{(3.12)}$$

$$Y_{dif} = V_{act} * sin(\pi * \theta_{act}/180) \quad \textbf{(3.13)}$$

$$Y_{nxt} = Y_{act} + Y_{dif} \quad \textbf{(3.14)}$$

Baş kıç doğrultusunun koordinat eksenine bir sonraki adımdaki açısı hesaplanır.

$$\theta_{nxt} = \theta_{act} + V_{rot,act} \quad \textbf{(3.15)}$$

Hızın bir sonraki adımdaki değeri ve hızın tahrik unsurları yokken sönümlenmesini sağlayan, mevcut hız değeriyle doğru orantılı kayıp hız değeri ve hızın bir sonraki adımdaki değerine tahrik unsurlarının etkisi hesaplanır.

$$V_{nxt} = V_{act} - V_{loss} + V_{dif} \quad \textbf{(3.16)}$$

$$V_{loss} = V_{act} * k_{loss} \quad \textbf{(3.17)}$$

$$V_{dif} = Thr_{CP1,act} + Thr_{CP2,act} \quad \textbf{(3.18)}$$

Açısal hızın bir sonraki adımdaki değeri, tahrik unsurları yokken sönümlenmesini sağlayan mevcut açısal hız değeriyle doğru orantılı kayıp hız değeri ve hızın bir sonraki adımdaki değerine tahrik unsurlarının etkisi hesaplanır.

$$V_{rot,nxt} = V_{rot,act} - V_{rot,loss} + V_{rot,dif} \quad \textbf{(3.19)}$$

$$V_{rot,loss} = V_{rot,act} * k_{loss} \quad \textbf{(3.20)}$$

$$V_{rot,dif} = Thr_{BT1,act} + Thr_{BT2,act} + Thr_{ST1,act} + Thr_{ST2,act} \quad \textbf{(3.21)}$$

Jeneratör güçlerinin, yan iticilerin jeneratörlerden toplam güç talebinden hesaplanır.

$$P_{DG,tot} = P_{BT1,act} + P_{BT2,act} + P_{ST1,act} + P_{ST2,act} \quad \textbf{(3.22)}$$

Programın güç yönetimi, tüm gücü önce 1 numaralı jeneratörden, yetmediği taktirde 2 numaralı jeneratörden, yine yetmediği taktirde eksik kalan gücü her iki şaft alternatörüne eşit olarak dağıtacaktır.

3.4.3 Tüketim miktarlarının hesaplanması

1 numaralı jeneratörün yakıt tüketimi ampirik olarak hesaplanır.

$$Cons_{DG1} = P_{DG1,act} \text{ ^}\left(\frac{2-\frac{Perc_{DG1,act}}{100}}{100}\right) \quad \textbf{(3.23)}$$

Benzer şekilde, diğer jeneratör ve iki ana makine için hesaplanır.

Toplam yakıt tüketimi bir adım için bu dört adet değerin toplamıdır.

$$Cons_{act} = Cons_{DG1} + Cons_{DG2} + Cons_{ME1} + Cons_{ME2} \quad \textbf{(3.24)}$$

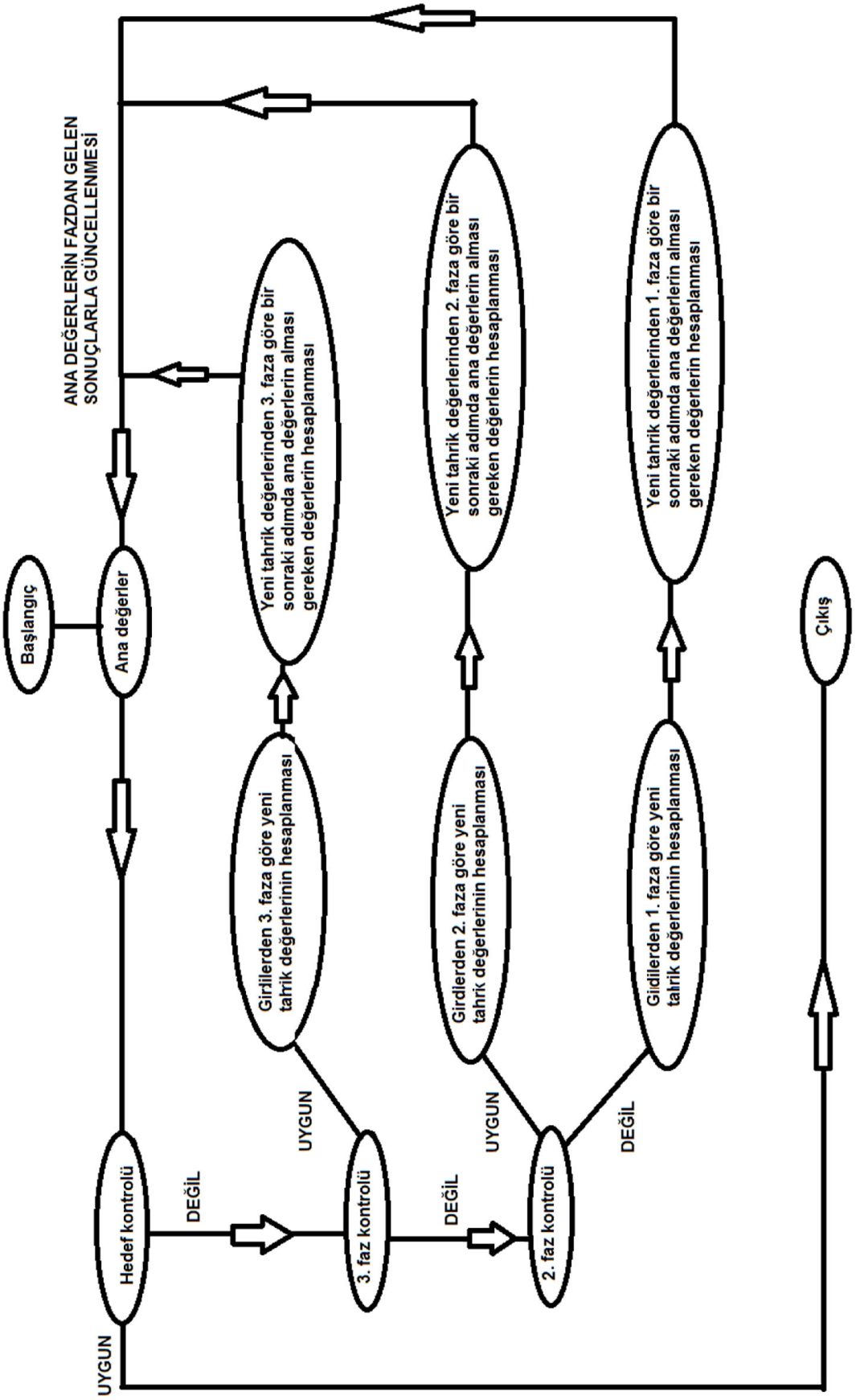
Programın temel amacı, bir yüzer aracın bir noktadan hedefe gidene kadar alacağı t kadar birim zamanda kümülatif toplam yakıt tüketimini hesaplamak olduğu için, yakıt tüketimi aşağıdaki gibi hesaplanacaktır.

$$Cons_{t=i} = Cons_{t=i-1} + Cons_{act} \quad \textbf{(3.25)}$$

Bu hesap sonucunda elde edilecek olan toplam yakıt tüketimi değeri, bu parametrik çalışmanın bel kemiğini oluşturuyor olup, farklı bileşenlerin ve parametrelerin sonuca etkisini kıyaslamaya yarayan somut çıktı olacaktır.

3.5 Bilgisayar Kodu Amaç Fonksiyonu

Bilgisayar kodu yardımıyla, en temelinde, mevcut konumu ve hedeflenen konumu tanımlanmış bir yüzer aracın, hedef konuma ulaşabilmek için, ne kadar güç kaynağına ve hangi yönde ne kadar tahrik unsuruna gereksinimi olduğu hesaplanmış, bu güçleri elde etmek için toplam süre ve yakıt sarfiyatı belirlenmiştir. Bu bilgisayar kodu, türlü parametreler değiştiğinde veya hedef konum yer değiştirdiğinde, tüm bileşenlere olan etkiyi hesaplamakta ve bunları en sonunda işletenin en çok etkilendiği iki veri olan süre ve sarfiyat cinsinden sonuçlandırmaktadır. Böylelikle parametrelerin değişimlerinin etkisinin incelenmesi ve değerlendirilmesine olanak tanınmıştır. Programın akış şeması Şekil 3.3'te verilmiştir.



Şekil 3.3: Bilgisayar kodu akış diyagramı.

3.6 Parametrik Hesap Kabulleri

Bu programın kullanımı ile iki ayrı değişkenin parametrik değişimleri dikkate alınarak, sonuçlar incelenecektir. Değişkenlik koşullarının seçiminde tezin vurgulamak istediği iki önemli özellik dikkate alınmıştır. Bunlardan ilki bir bileşenin maksimum güç değerinin değişken olması, diğeri ise bir bileşenin belirli bir parametresinin değişken olması durumu dikkate alınmıştır.

Her iki hesaplama yöntemi için de değişken parametrelere göre hesap yapılırken, yüzer araçta sabit olacağı kabul edilen diğer tüm parametrelerin değerleri asşağıdaki Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.2'deki gibi olacaktır.

Çizelge 3.1: Sabit güç parametreleri.

Bileşenin tanımı	Maksimum güç değeri
1 numaralı şaft alternatörü	400
2 numaralı şaft alternatörü	400
1 numaralı ana makine	1000
2 numaralı ana makine	1000
1 numaralı piç kontrollü pervane	1000
2 numaralı piç kontrollü pervane	1000
1 numaralı baş yan itici	200
2 numaralı baş yan itici	200
1 numaralı kıç yan itici	200
2 numaralı kıç yan itici	200

Çizelge 3.2: Sabit diğer parametreler.

Tanım	Değeri
Başlangıç konumu	X = 0, Y = 0
Başlangıç baş-kıç doğrultusu	0
Başlangıç hız ve açısal hızı	V = 0, Vrot = 0
Hedef konumu	X = -50, Y = -50
Hedef baş-kıç doğrultusu	180
Accu	10
Chng	25

3.6.1 Bileşen farklı güç değerlerinde program ile hesaplama

Bu hesaplama ile sadece jeneratör güç değeri değişirken, diğer tüm değerlerin aynı olması durumunda, sanal gemilerin tepkileri ne şekilde olacağını saptamak hedeflenmiştir. Bu kapsamda Diff parametresi sabit 100 birim olan, jeneratör güçleri sırasıyla 200 birim, 300 birim, 400 birim ve 500 birim olan dört farklı yüzer aracın başlangıç konumundan hedef noktasına ulaşmasının kıyaslanacağı hesaplamaların sonuçları, takip eden şekillerde görüldüğü gibidir.

Şekiller konum koruma için harcanan toplam süreyi 6 eşit grafiğe bölecek şekilde, anlık görüntülerini, anlık ekipmanların yük durumlarını ve anlık toplam sarfiyat değerlerini göstermektedir.

200 birim güce sahip jeneratörlü gemi, Şekil A.1, A.2 ve A.3'teki grafiklerde görünen manevraları yaparak toplam 70 birim zamanda ve 4988 tüketim ile hedefine ulaşmış, konum korumaya başlamıştır. Şekil 3.4'te görünen, kendi etrafında dönebilmek için her iki jeneratörün de %100 yüklü olduğu durumun yetersiz kaldığı ve şaft alternatörlerinden de yardım aldığı görünmektedir.

Benzer şekilde 300 birim güce sahip jeneratörlü gemi, Şekil A.4, A.5 ve A.6'daki grafiklerde görünen manevraları yapmakta, 400 birim güce sahip jeneratörlü gemi, Şekil A.7, A.8 ve A.9'daki grafiklerde görünen manevraları yapmaktadır. Bu manevralarda bir jeneratör tam yüklenirken ikinci jeneratörün kısmi yüklendiği ve tüm sistemin daha verimli çalıştığı gözlemlenmektedir. 70 birim zamanda sırasıyla 3897 ve 3349 tüketimle sonuçlanmıştır.

Son olarak 500 birim güce sahip jeneratörlü gemi, Şekil A.10, A.11 ve A.12'deki grafiklerde görünen manevraları yapmaktadır. Tüm iticileri çalıştırmak için tek jeneratörün yüksek güçte ve yükte verimsiz çalıştığı ve 70 birim zamanda toplam sarfiyatın 4618 ile sonuçlandığı gözlemlenmektedir.

3.6.2 Bileşen farklı parametrelerinde program ile hesaplama

Bu hesaplama ile jeneratör güç değerleri ve diğer tüm değerlerin aynı olması durumunda, yalnızca temel parametrelerin ayarlanmasındaki farklılıkların doğuracağı sonuçlar ve sanal gemilerin tepkileri ne şekilde olacağını saptamak hedeflenmiştir. Bu kapsamda Jeneratör gücü sabit 200 birim olan, Diff parametreleri sırasıyla 65 birim, 90 birim,115 birim ve 140 birim olan dört farklı yüzer aracın başlangıç konumundan hedef noktasına ulaşmasının kıyaslanacağı hesaplamaların sonuçları takip eden şekillerde görüldüğü gibidir.

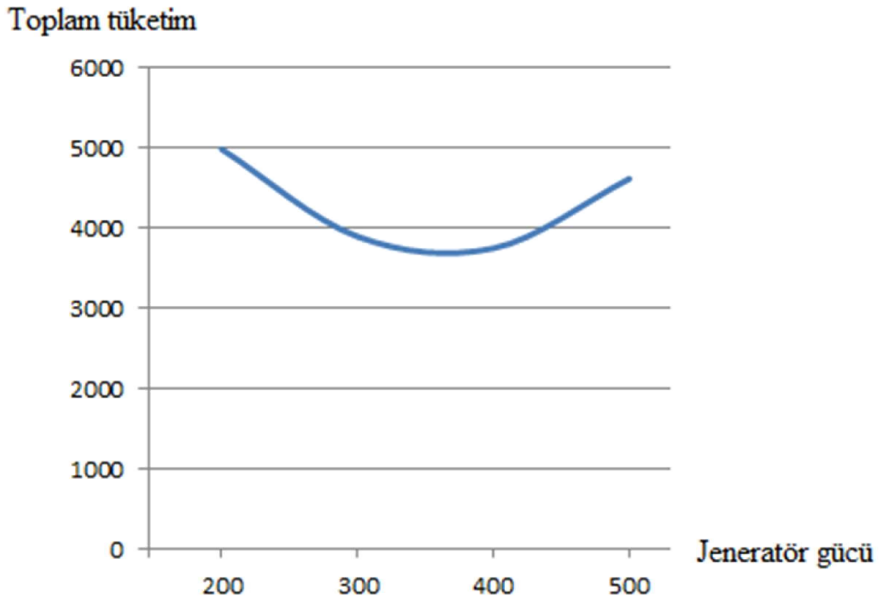
Şekillerin içerikleri, aynı jeneratör parametrik hesaplarında olduğu gibi değerlendirilmelidir. Bu kapsamda Diff parametresi 65 olan gemi, Şekil B.1, B.2 ve B.3'teki grafiklerde görünen manevraları yapmakta ve yavaşlamak için geç kaldığı ve hedefi geçtiği için Şekil 3.17'de göründüğü üzere, tekrar hedef yönüne ulaşmak için faz azaltmak zorunda kalmıştır. Bu nedenle hem verimsiz hem de uzun sürede hedefe ulaşmış, 75 birim zamanda 11688 sarfiyat sonucu vermiştir.

Diff parametresi 90 olan gemi, Şekil B.4, B.5 ve B.6'daki grafiklerde görünen manevraları yapmakta, Diff parametresi 115 olan gemi, Şekil B.7, B.8 ve B.9'daki grafiklerde görünen manevraları yapmaktadır. Bu gemiler ortalama manevralarla, daha verimli şekilde hedefe ulaşıp konum korumaya başlamış olup, sırasıyla 63 birim zamanda 5046 sarfiyat ve 84 birim zamanda 5257 sarfiyata ulaşmıştır.

Son olarak Diff parametresi 140 olan gemi, Şekil B.10, B.11 ve B.12'deki grafiklerde görünen manevraları yapmaktadır. Diff parametresinin yüksek olması ise, erken hız kesmelere sebebiyet vermekte, güç kaynaklarının daha verimsiz kullanılmasına sebebiyet vermektedir. 84 birim zamanda 5271 sarfiyat bu manevranın sonucudur.

4. ANALİZ SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRME

Bilgisayar kodunun yardımıyla iki ayrı yöntemle hesaplanan 8 adet farklı sanal yüzer aracın verilerinin bir araya toplanmasıyla, analiz fırsatı doğmuş olacaktır.



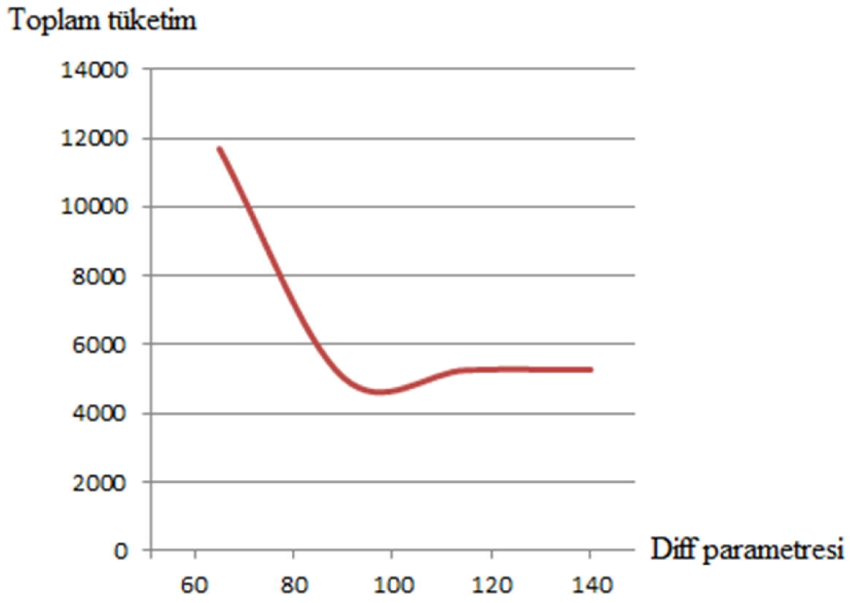
Şekil 4.1: Jeneratör gücü parametrik sonuçları grafiği.

Şekil 4.1, diğer tüm parametreleri aynı olan ve bir noktadan başka bir noktaya erişmeye çalışan dört farklı jeneratör gücüne sahip sanal yüzer araçların hesaplarının derlenmesidir. Önceki kısımda Şekil A.3, A.6, A.9 ve A.12 grafiklerinde bulunan, hedefin ulaşılıp, konumun korunduğu son tüketim değerlerinin bir arada göründüğü; jeneratör gücündeki değişikliğin, toplam sarfiyata etkisini gözlemlemeye olanak veren bir çalışma olmuştur.

Düşük jeneratör gücüne sahip yüzer aracın, tahrik unsurlarının talebine tek jeneratör ile yetişemediği durumda, bir jeneratör tam yüklü ve ikinci jeneratörün de çoğunlukla yüksek yüklendiği, yer yer ikinci jeneratörün de yetmeyip, şaft alternatöründen faydalandığı şekillerden okunmaktadır ve bu durum yüksek tüketim sonucunu doğurmuştur.

Yüksek jeneratör gücüne sahip yüzer araç ise, ikinci jeneratör gereksinimi daha az olarak, tek jeneratörün devamlı yüksek güç değerlerinde ve yüksek yüklerde çalışmasına sebebiyet vererek, tüketimin yüksek sonuçlar vermesine sebep vermiştir.

Orta aralıktaki jeneratörler ise, daha verimli çalıştıkları aralığa denk gelerek düşük tüketim sonuçlarıyla hedefe ulaşmışlardır.



Şekil 4.2: Diff parametresi parametrik sonuçları grafiği.

Şekil 4.2 ise, önceki kısımda Şekil B.3, B.6, B.9 ve B.12 grafiklerinde bulunan, hedefin ulaşılıp, konumun korunduğu son tüketim değerlerinin bir arada göründüğü, parametredeki değişikliğin, toplam sarfiyata etkisini gözlemlemeye olanak veren bir diğer çalışma olmuştur.

Çok düşük Diff parametresinin, tahrik unsurlarını harekete geçirmek için geç kalmasından ötürü, aracın hedef konumu yakalamakta zorlanmasına ve hedefi tutturmak için yüksek efor sarfetmesini ve dolayısıyla yüksek tüketime sebebiyet vermesini sağlamıştır.

Çok yüksek değerlerde ise, araç fazla temkinli davranarak erkenden tahrik unsurlarını yavaşlatmaya çekmiş olması, güç kaynaklarının daha verimsiz kullanılmasına yol açmıştır.

Orta değerler, daha verimli çalışan aralığa denk gelmiş olup, düşük tüketim değerleri sonuç vermiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez kapsamında, gemiler için dinamik konumlandırma sisteminin tüm bileşenleri ele alınarak, sistem bütünlüğüne her bir bileşenin nasıl etki ettiği araştırılmıştır ve bilgisayar programı yardımıyla, parametrik bir çalışma ile, bir bileşen veya parametrenin sistem bütünlüğüne etkilerinin bir de somut verilerle ele alınması sağlanmıştır.

Bir dinamik konumlandırma sistemini oluşturan bütünün parçalarının ayrı ayrı incelemesi yapılmış ve bileşenlerin hangi kıstaslara göre seçilmesi gerektiği konusunda yol gösterilmiştir. Bileşenler ana başlıklar altında toplanırsa, ilk olarak referans sistemlerinde radar tabanlı ve DGPS sistemlerinin karasal cihazlara gereksinim duyduğu, buna karşılık akustik ve halat gerilimi tabanlı sistemlerin yalnızca kendi teçhizatlarıyla çalışabildiği görülmektedir. Buna karşılık kendi teçhizatıyla çalışan sistemlerde, bu cihazların hasar görmeyeceği ve çevre faktörlerinden etkilenmeyeceği ortamlar aranmaktadır ve ancak başta doğru kabul edilmiş bir referans eksenine göre doğruluğunu koruyabilecek olan ve global olmayan sistemlerdir.

Kontrol sistemlerinin tipi ve adetleri, kullanılacak DP sisteminin sınıfına ve kullanıcı konforuna göre belirleniyor olup, sisteme etkisi bakımından özel kıstasları daha azdır. Bu sistemler, devletlerin yönetmeliklerinin ve klas kuruluşlarının ilgili sınıfa yönelik kurallarını sağlayacak şekilde seçilmeli, DP'den bağımsız olarak da işletme maliyetleri ve ürün kaliteleri dikkate alınmalıdır.

Tahrik sistemleri ve güç kaynakları, yüzer aracın kullanılacağı operasyonlara göre belirlenecek olup, araca esas hareketini veren bileşenler oldukları için, en önemli kıstasları oluşturmaktadır. Yüzer aracın hedefe ne kadar sürede ulaşacağı, ekonomik olarak çalışıp çalışamayacağı ve konum korurken, sistemden gelecek komutlara ne kadar hızlı tepki vereceğini bu sistemler belirleyecektir. Eğer daha aktif ve hızlı tepkiler veren tahrik unsurları talep ediliyorsa, elektrik tahrikli sistemler tercih edilmeli, buna karşılık kullanım amacına göre, bu sistemlerin konvansiyonel

sistemlere göre maliyetli oldukları dikkate alınarak, yüzer aracın ömrü boyunca kullanımına yönelik fizibilite incelemesi yapılmalıdır. Yan iticiler de benzer şekilde fayda – maliyet incelemesine tabi tutulmalı ve talep edilen özelliklere en uygun şekilde seçilmelidir.

Tez kapsamında, tahrik ve güç unsurları ile ana bilgisayarın sistemin bütününe etkilerini somut olarak inceleyebilmek için, modelleme ve bilgisayar kodu geliştirilmiş olup, Türkiye'de bu kapsamda yapılan ilk çalışma olmuştur. Mühendislerin faydalanması ve geliştirebilmesi için uygun bir prototip olarak tasarlanmış olup, tüm eksiltilen sadeliklerin gerçek bir gemideki, gerçek bileşenleriyle uygulanmış ve tüm referans sistemlerinden gelen bilgilerin de işlenmiş olması halinde, piyasada kullanımda olan ticari programların özelliklerinde olacak niteliktedir. Tez kapsamındaki bu programın gerçek bir yüzer yapıya uyarlanabilmesi için, geliştirecek mühendisler tarafından aşağıda sıralanmış olan uygulamalara tabi tutulması gerekmektedir:

1) Yüzer aracın, matematik modelinin tanıtılabildiği ve bu model vasıtasıyla üzerine uygulanan türlü etkilere nasıl tepki vereceğini hesaplayan bir arabirim olmalıdır. Mevcut program, birim güç için sabit katsayılar öngörmüştür.

2) Rüzgar, denizdeki akıntılar gibi çevresel faktörler programa eklenmelidir. Bu eklemelerin yapılabilmesi için bu verileri gerçek bir yüzer cisim üzerinde okuyacak sensörler belirlenmiş olmalı ve haberleşme ve veriyi iletim şekillerine göre kod geliştirilmelidir.

3) Gemi üzerindeki tüm tahrik unsurlarının, üreticilerinden alınacak somut verilerle bilgileri güncellenmeli, komutlara tepkileri ve yüzer araca etkilerinin modellenmesi gerekmektedir. Bu veriler sonsuz farklı kombinasyona sahip olabileceği için, prototip programda sabit katsayılar olarak kullanılmış ve hataya yönlendirmemesi açısından birimsiz kullanılmıştır.

4) Referans sistemlerinin sinyalleri programa işlenmemiş, geminin matematik olarak hesaplanan konum ve yöne hatasız geleceği öngörülmüştür. Böylelikle öngörülen ve elde edilen arasında bir farklılık çıkma olasılığı olmadığı için matematik model üzerinde bir Kalman Filtresi düzeltmesine gerek kalmamıştır. Referans sistemlerinin programla haberleşeceği arabirim belirlendikten sonra, bu sistem verileriyle,

hesaplanan konum ve yönlerin kıyaslandığı ve filtrelendiği bir arabirim programlanması gerekir.

5) Ekipman sınıfının 2 veya 3 olması durumunda çift ana bilgisayar olması gerekliliği dikkate alındığında, birden fazla bilgisayarın birbiriyle iletişiminin hangi arabirimle olacağı programlanmalıdır.

Piyasadaki bu tip paket DP sistemlerinin, tüm bileşenleriyle beraber 1,500,000.00$ seviyesinde olduğu [35] dikkate alındığında, yalnız mühendislik ve programlama kısmının ticari değerinin yaklaşık 30,000.00$ mertebesinde olacağı öngörülebilir. Bu tezin kapsamındaki program, mühendislerin geliştirmesi ile bu değerlere ulaşabilecek bir çalışma olmuştur.

Tez kapsamda elde edilen analiz sonuçları, bir bileşenin veya bir parametrenin olması gerekenden ne düşük, ne de yüksek seçilmesi gerekliliğini, aksi taktirde ekonomik olarak verimsiz sonuçlar doğurduğunu göstermiş, her bir bileşenin seçimi için sistemin ilk tasarımı aşamasında tasarımcı tarafından büyük önem gösterilmesi gerektiği vurgulamıştır. Her yüzer araç için farklı model ve etkiler olacağından ötürü değerlerin yanıltıcı etkilerini önlemek amacıyla bu tez kapsamındaki modelleme tamamen birimsiz yapılmış ve karşılaştırma amaçlı kullanılmıştır. Bir geminin ön tasarımı aşamasında hazırlanacak reel matematik modeli ile, olası tüm konum koruma senaryolarının incelenmesi gerektiği ve ekipman seçiminin ancak bundan sonra tamamlanabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

KAYNAKLAR

[1] **Dünyadaki enerji ihtiyacı**. (2010). *EnerjiSistemleri*. Alındığı tarih: 10.01.2014, adres: http://enerjisistemleri.blogspot.com/2010/12/dunyadaki-enerji-ihtiyac.html

[2] **Dünya doğal gaz rezervleri tüketimi ve muhtemel gelişmeler**. (t.y.). *Diplomatik Gözlem.* Alındığı tarih: 10.01.2014, adres: http://www.diplomatikgozlem.com/TR/belge/1-8320/dunya-dogal-gaz-rezervleri-tuketimi-ve-muhtemel-gelisme-.html

[3] **Types of ships – a master list of vessel types**. (2011). *GCaptain.* Alındığı tarih: 10.01.2014, adres: http://gcaptain.com/types-of-ships-a-master-list-of-vessel-types/

[4] **Url-1** <http://oilrig-photos.com.s3.amazonaws.com/1822.jpg>, alındığı tarih: 10.01.2014.

[5] **Url-2** <http://www.damen.nl/en/markets/~/media/nl/Images/Markets/PROD%20MARKT%20COMBINATIE%20IMAGES/Offshore/Car%20PSV/Copy%20of%20PSV7216POOL%20EXPRESSBN552005FF39797_cr_710.ashx?mh=393&mw=710>, alındığı tarih: 10.01.2014.

[6] **Url-3** <http://www.modec.com/fps/lightbox/images/FPSO%20Buffalo%20Venture.jpg>, alındığı tarih: 10.01.2014.

[7] **Url-4** <http://www.rigzone.com/training/insight.asp?insight_id=339&c_id=24>, alındığı tarih: 10.01.2014.

[8] **Dynamic positioning**. (t.y.). *Wikipedia.* Alındığı tarih: 10.01.2014, adres: http://en.wikipedia.org/wiki/Dynamic_positioning

[9] **Url-5** <http://www.offshore-technology.com/features/feature_images/feature1113/2-drilling-rigs.jpg>, alındığı tarih: 10.01.2014.

[10] **Url-6** <http://www.marine-technologies.com/images/userinterface.png>, alındığı tarih: 10.01.2014.

[11] **Kongsberg** (t.y.). *cPos System* (Katalog).

[12] **The International Marine Contractors Association** (1994). *M113 - Maritime Safety Committee (MSC) Circular 645* (Katalog). adres: http://www.imca-int.com/marine/

[13] **The International Marine Contractors Association** (2011). *M209 – RadaScan Microwave Radar Sensor for Dynamic Positioning Operations* (Katalog). adres: http://www.imca-int.com/marine/

[14] **The International Marine Contractors Association** (1995). *M128 – Use of a Dual DGPS System for Dynamic Positioning* (Katalog). adres: http://www.imca-int.com/marine/

[15] **The International Marine Contractors Association** (2009). *M200 – Deep Water Acoustic Positioning* (Katalog). adres: http://www.imca-int.com/marine/

[16] **Uninterruptible power supply**. (t.y.). *Wikipedia.* Alındığı tarih: 10.01.2014, adres: http://en.wikipedia.org/wiki/Uninterruptible_power_supply

[17] **Kongsberg** (t.y.). *cPos OS* (Katalog).

[18] **Bilgisayar monitörü**. (t.y.). *Vikipedi.* Alındığı tarih: 10.01.2014, adres: http://tr.wikipedia.org/wiki/Bilgisayar_monit%C3%B6r%C3%BC

[19] **MAN Diesel & Turbo** (t.y.). *48/60CR Project Guide - Marine* (Katalog).

[20] **MAN Diesel & Turbo** (2013). *IMO Tier II Programme 2nd Edition* (Katalog).

[21] **Url-7** <http://www.spectrose.com/two-stroke-vs-four-stroke-engine.html>, alındığı tarih: 10.01.2014.

[22] **Registro Italiano Navale** (2013). Part A, Ch 2, Sec 2, [5.5]. *Rules for the Classification of Ships*

[23] **Url-8** <http://www.bergpropulsion.com/filearchive/6/64/BCP.jpg>, alındığı tarih: 10.01.2014.

[24] **Electric propulsion**. (t.y.). *ABB.* Alındığı tarih: 10.01.2014, adres: http://www.abb.com/industries/db0003db002805/c12571f4002ab83dc1256fe200272645.aspx

[25] **Url-9** <http://www05.abb.com/global/scot/scot293.nsf/veritydisplay/1422de1dca7c8f3dc1257337001c8976/$file/Dual-Fuel%20Electric%20Propulsion%20-%20Power%20and%20Propulsion%20Configuration.pdf>, alındığı tarih: 10.01.2014.

[26] **Url-10** <http://issuu.com/ccms_nl/docs/veth-jet-en/16?e=0>, alındığı tarih: 10.01.2014.

[27] **SRP Rudderpropeller**. (t.y.). *Schottel.* Alındığı tarih: 10.01.2014, adres: http://www.schottel.de/marine-propulsion/srp-rudderpropeller/

[28] **Voith Schneider Propeller (VSP)**. (t.y.). Voith. Alındığı tarih: 10.01.2014, adres: http://www.voith.com/en/products-services/power-transmission/voith-schneider-propeller-10002.html

[29] **Url-11** <http://www.omtc.com.ua/forum/viewtopic.php?f=9&t=12>, alındığı tarih: 10.01.2014.

[30] **Centrifugal Governor**. (t.y.). *Wikipedia.* Alındığı tarih: 10.01.2014, adres: http://en.wikipedia.org/wiki/Centrifugal_governor

[31] **Alternator**. (t.y.). *Wikipedia.* Alındığı tarih: 10.01.2014, adres: http://en.wikipedia.org/wiki/Alternator

[32] **Marine power management system K-Chief 600**. (t.y.). Kongsberg. Alındığı tarih: 10.01.2014, adres: http://www.km.kongsberg.com/ks/web/nokbg0240.nsf/AllWeb/A297BDC3A79BBB36C125726B00387597?OpenDocument

[33] **Registro Italiano Navale** (2013). Part F. *Rules for the Classification of Ships*

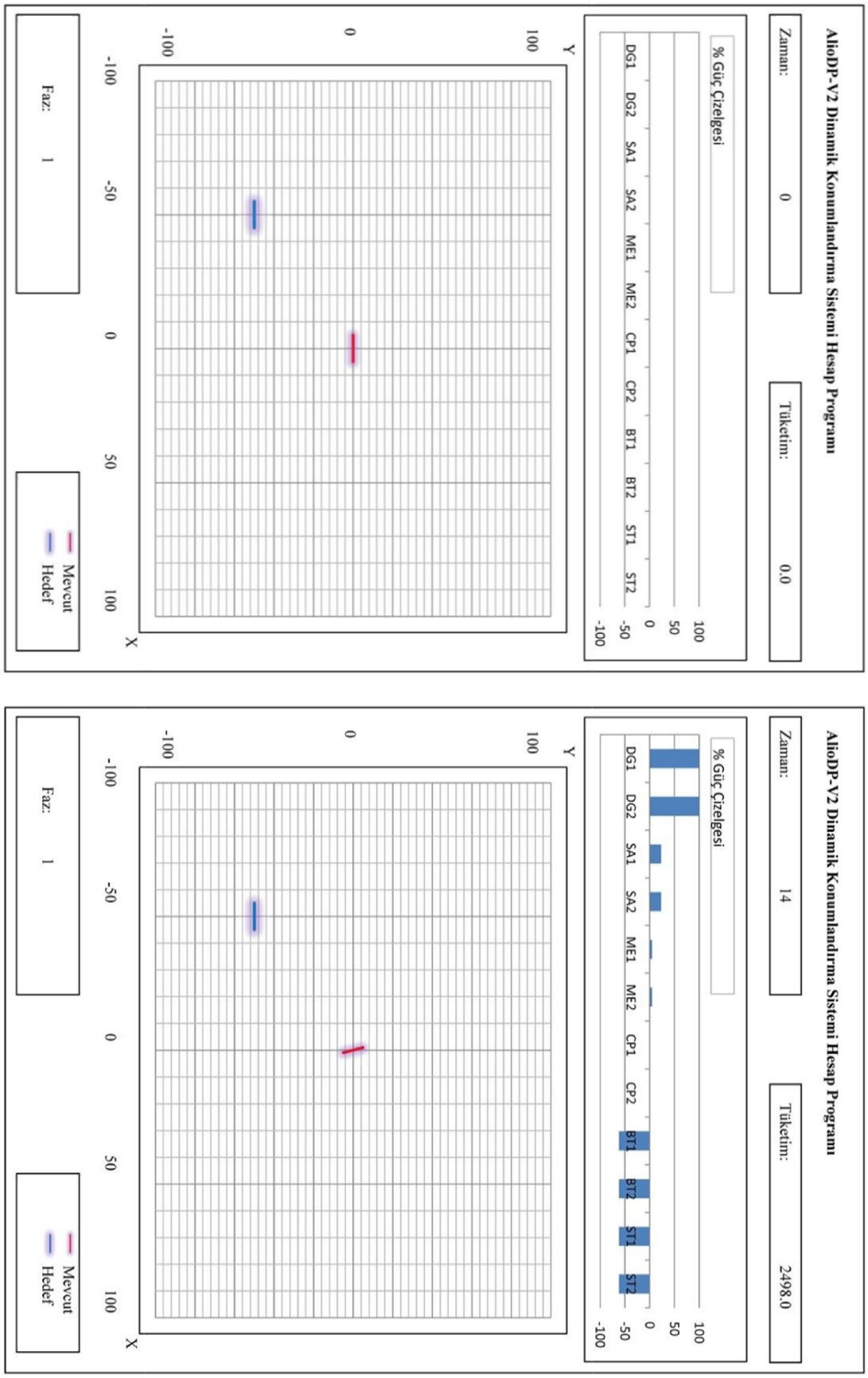
[34] **Norwegian Maritime Authority** (t.y.). Encl. A. *Guidelines and Notes No.28*

[35] **Url-12** < http://www.boatdesign.net/forums/boat-design/dynamic-positioning-pricing-recommendations-experiences-how-35243.html>, alındığı tarih: 10.01.2014.

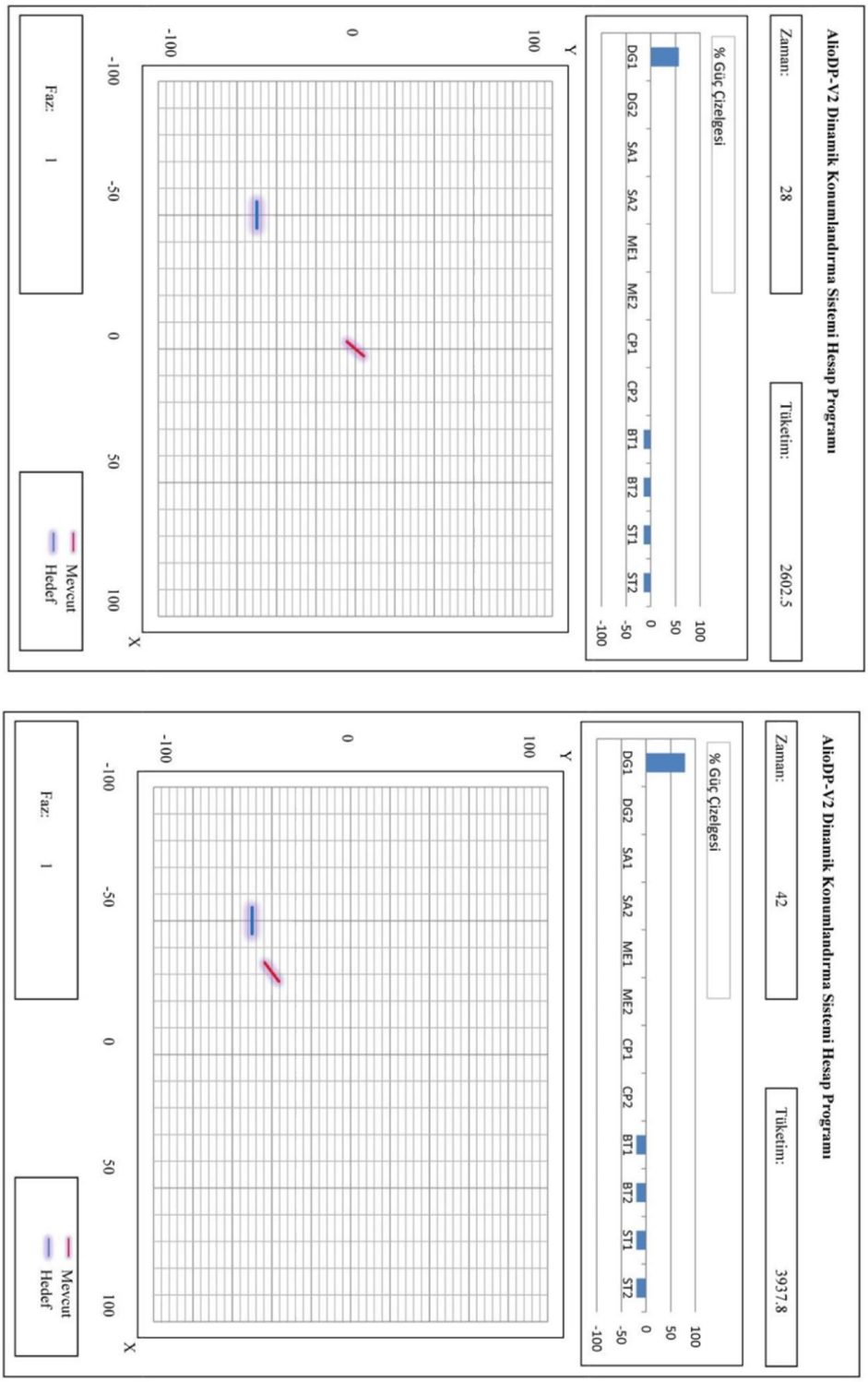
EKLER

EK A: Bileşen farklı güç değerlerinde program ile hesaplama sonuç grafikleri
EK B: Bileşen farklı parametrelerinde program ile hesaplama sonuç grafikleri
EK C: Bilgisayar programı CD'si

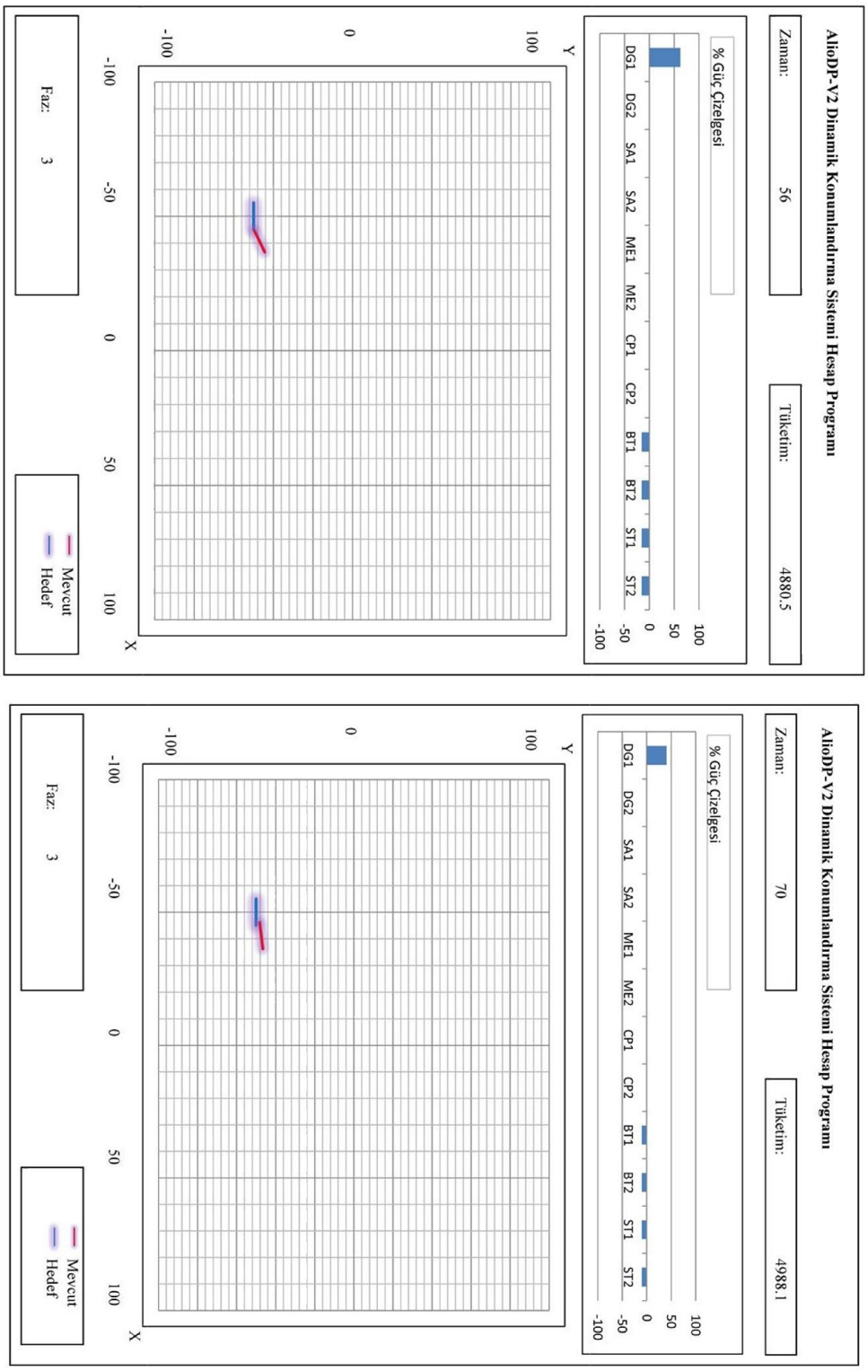
EK A



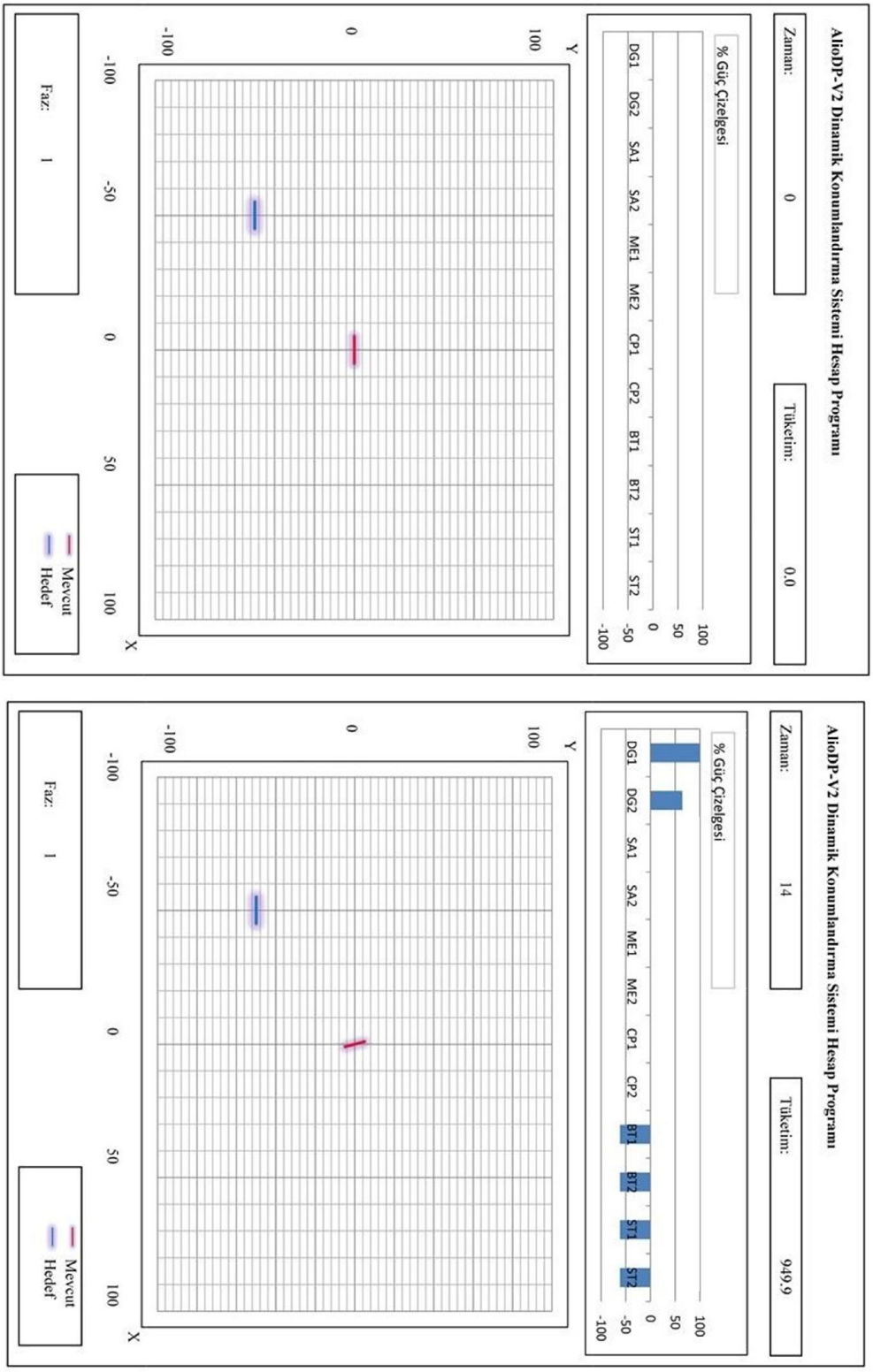
Şekil A.1: Dizel jeneratör 200 birim güç - 1. ve 2. aşama.



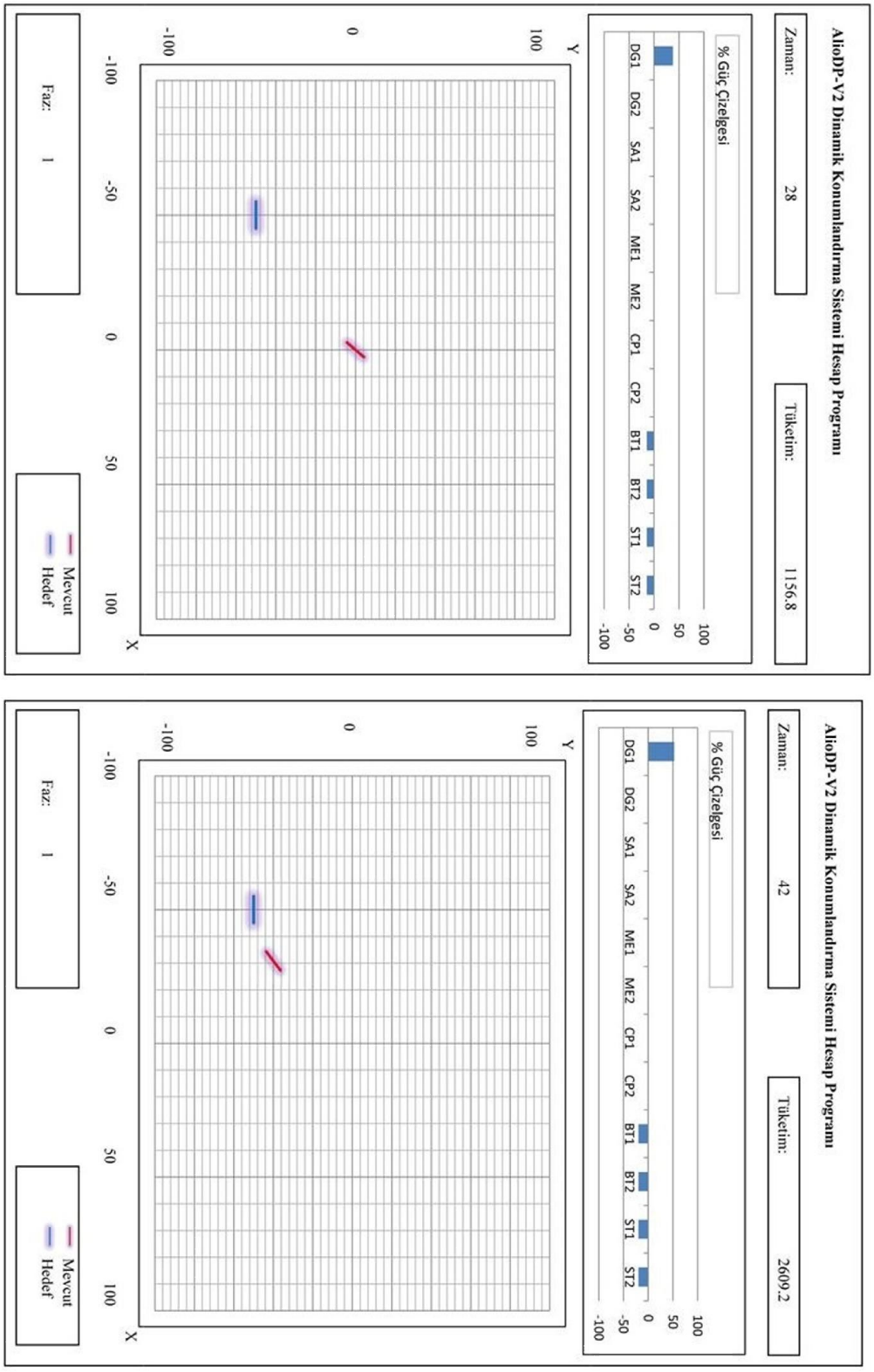
Şekil A.2: Dizel jeneratör 200 birim güç - 3. ve 4. aşama.



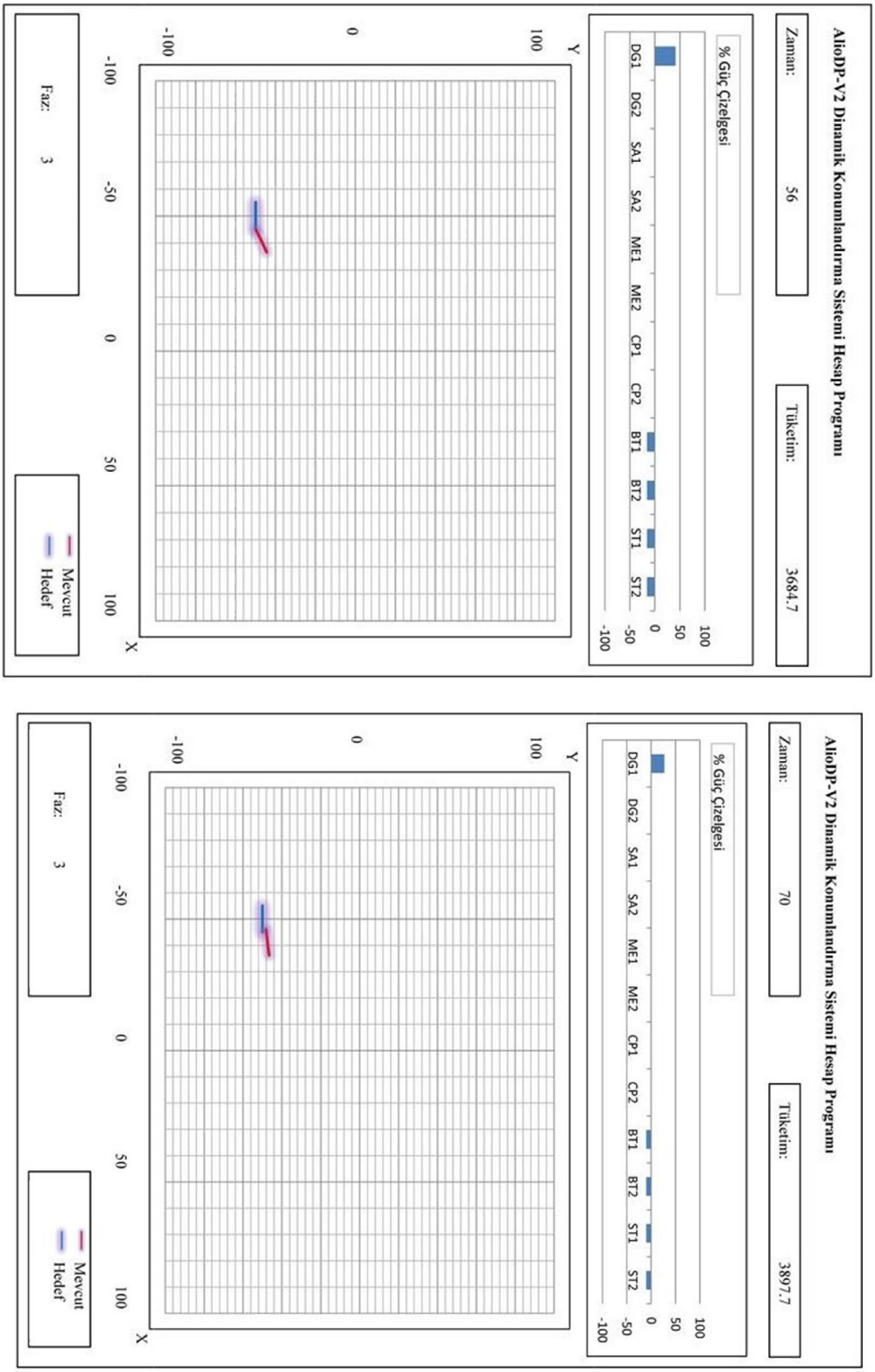
Şekil A.3: Dizel jeneratör 200 birim güç - 5. ve 6. aşama.



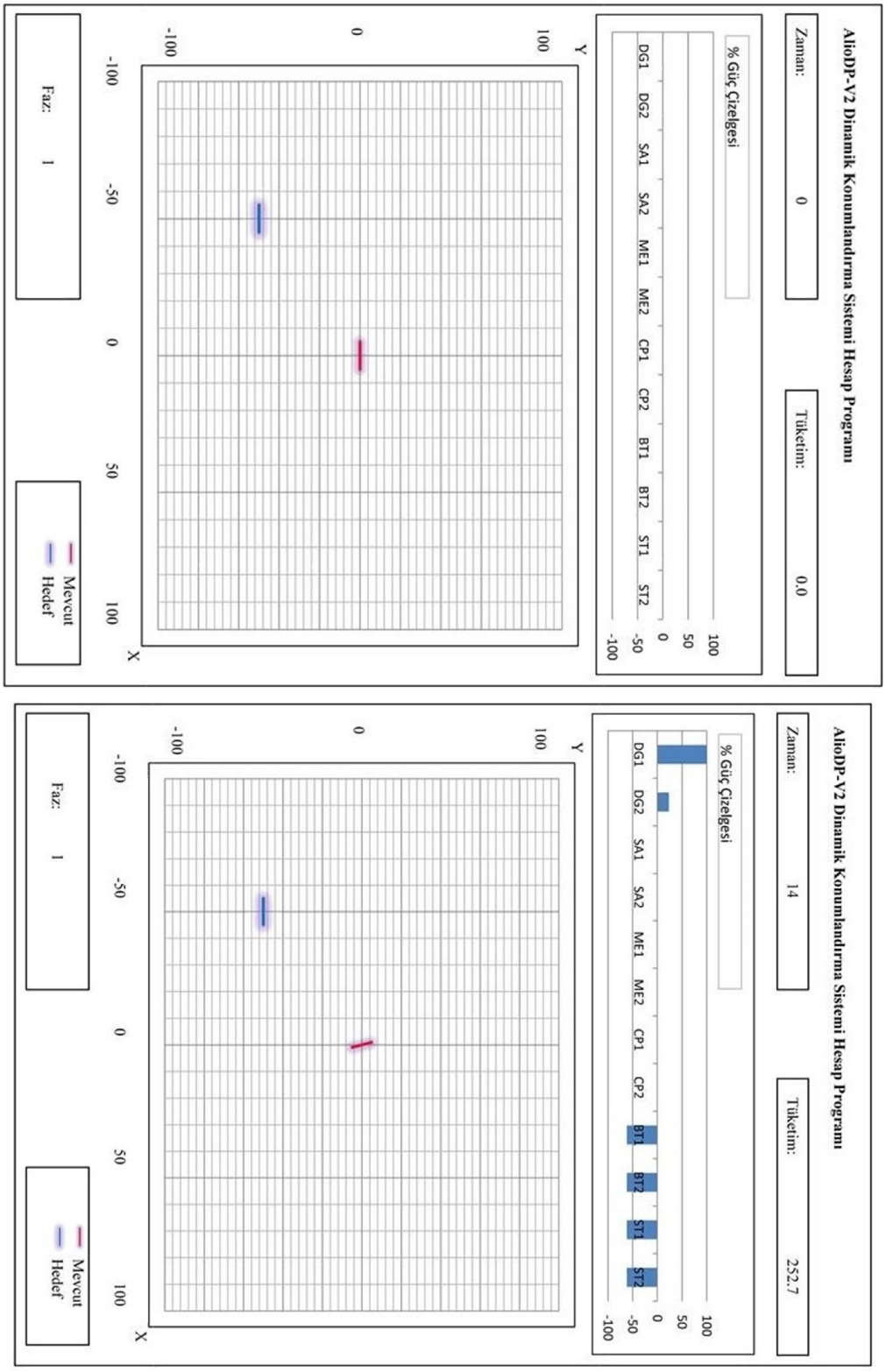
Şekil A.4: Dizel jeneratör 300 birim güç - 1. ve 2. aşama.



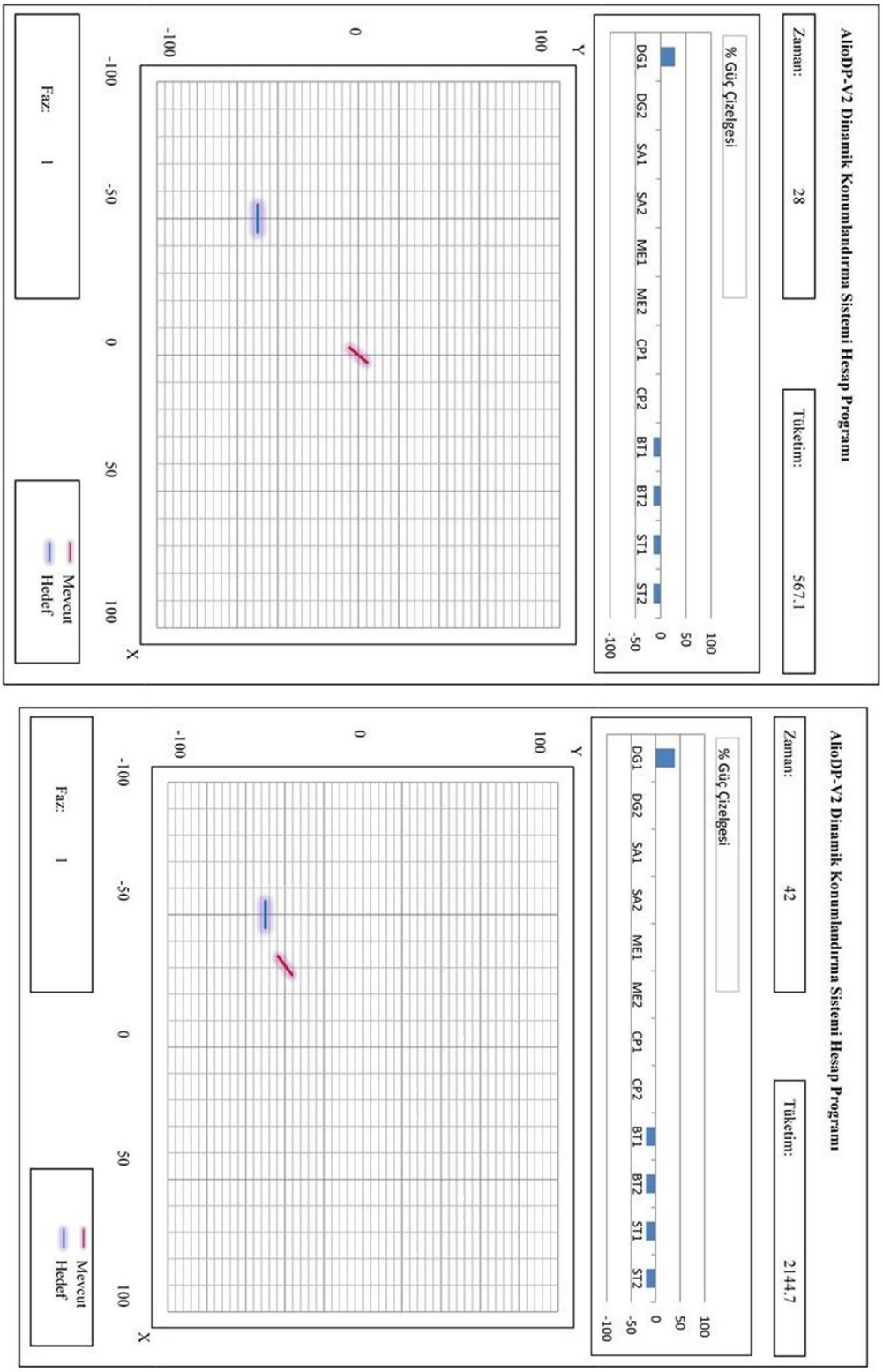
Şekil A.5: Dizel jeneratör 300 birim güç - 3. ve 4. aşama.



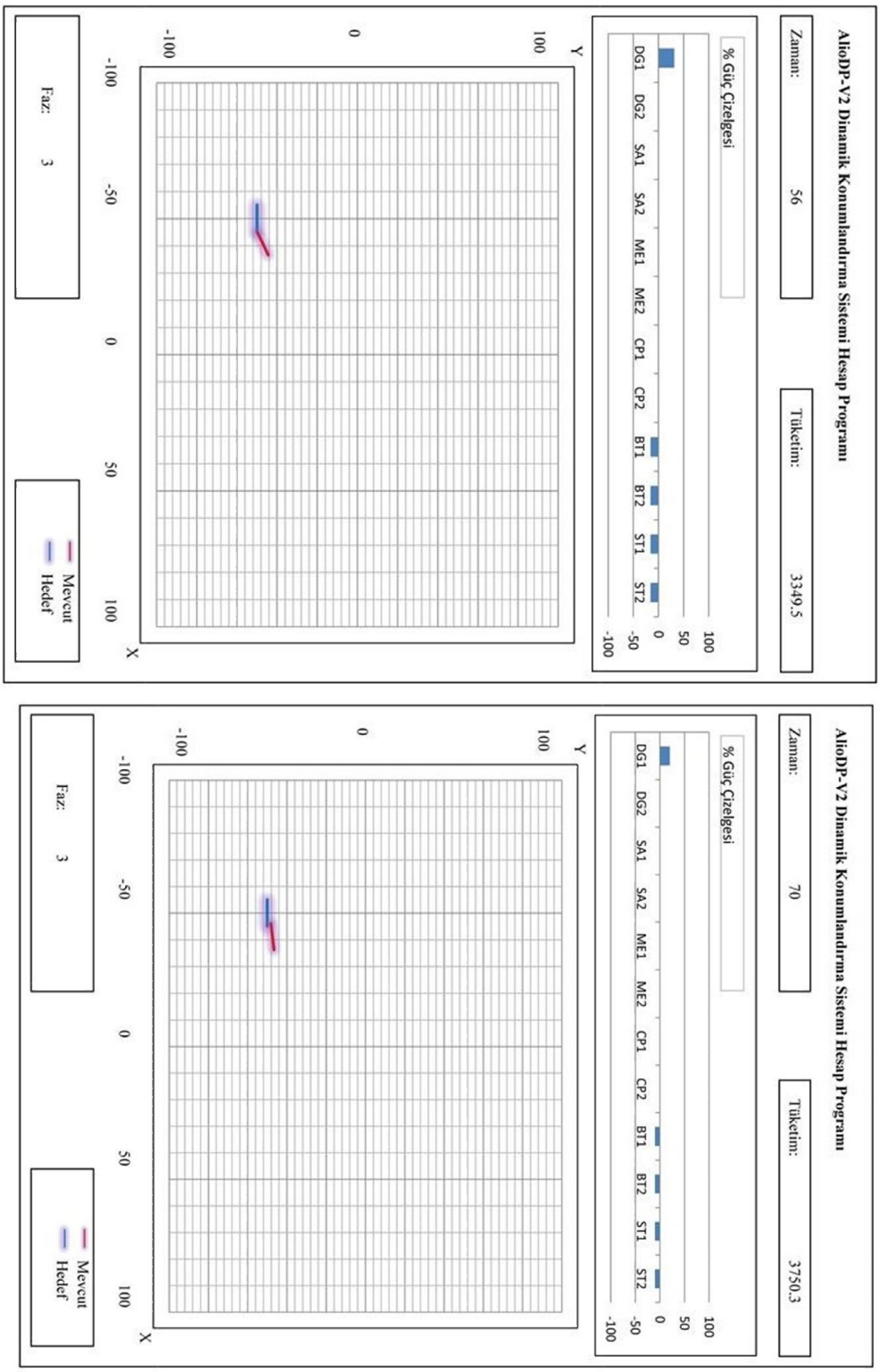
Şekil A.6: Dizel jeneratör 300 birim güç - 5. ve 6. aşama.



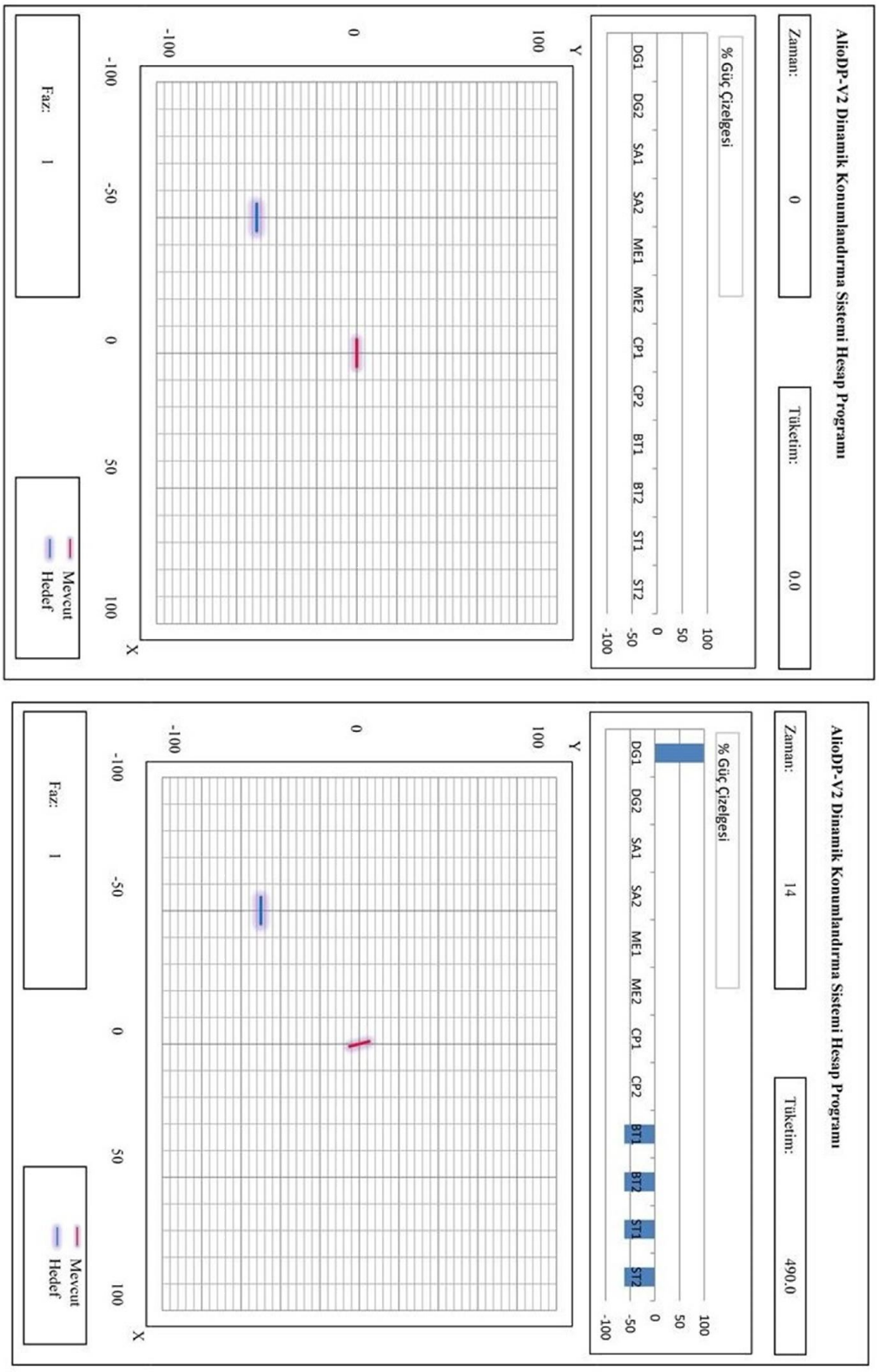
Şekil A.7: Dizel jeneratör 400 birim güç - 1. ve 2. aşama.



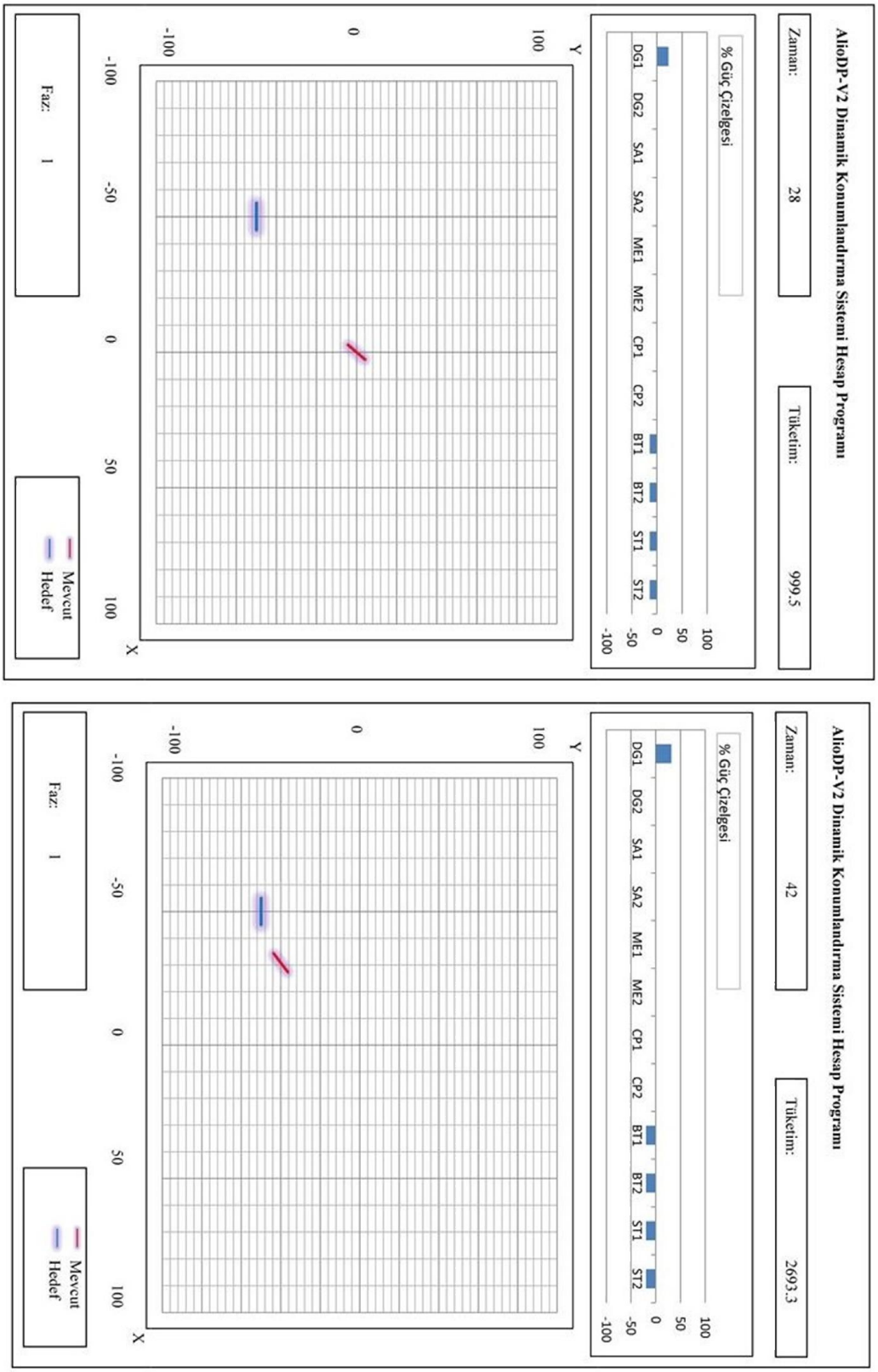
Şekil A.8: Dizel jeneratör 400 birim güç - 3. ve 4. aşama.



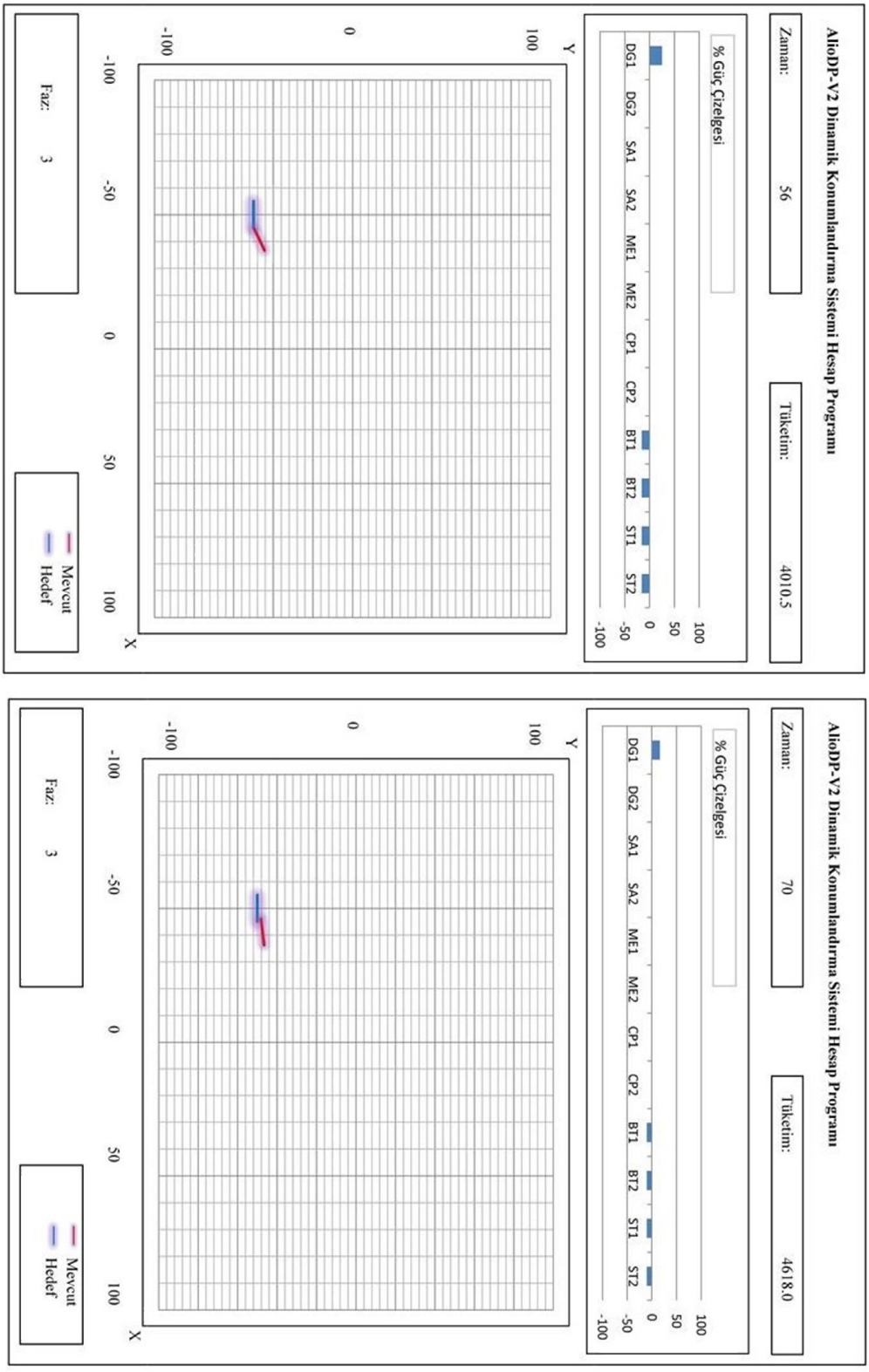
Şekil A.9: Dizel jeneratör 400 birim güç - 5. ve 6. aşama.



Şekil A.10: Dizel jeneratör 500 birim güç - 1. ve 2. aşama.

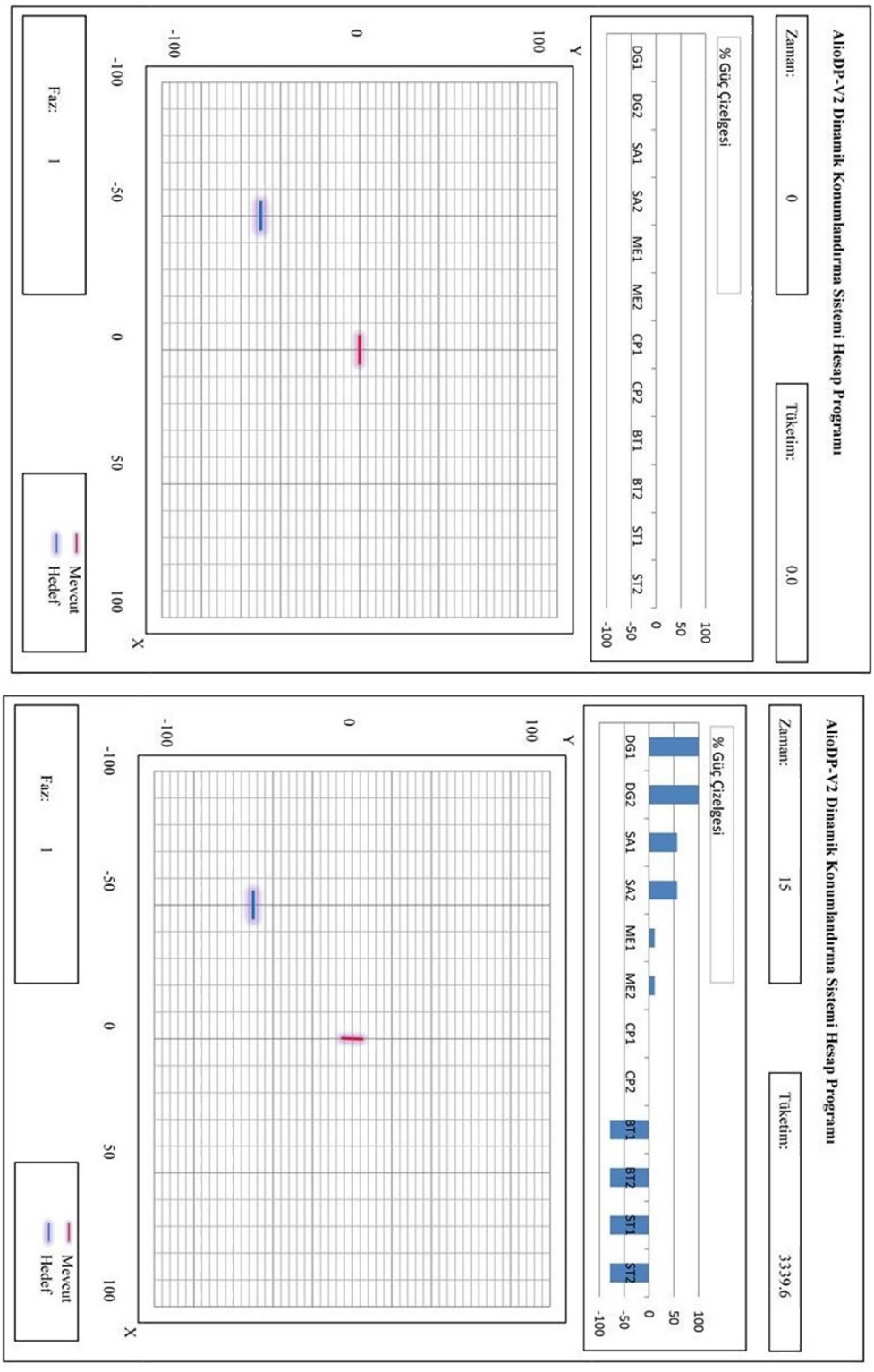


Şekil A.11: Dizel jeneratör 500 birim güç - 3. ve 4. aşama.

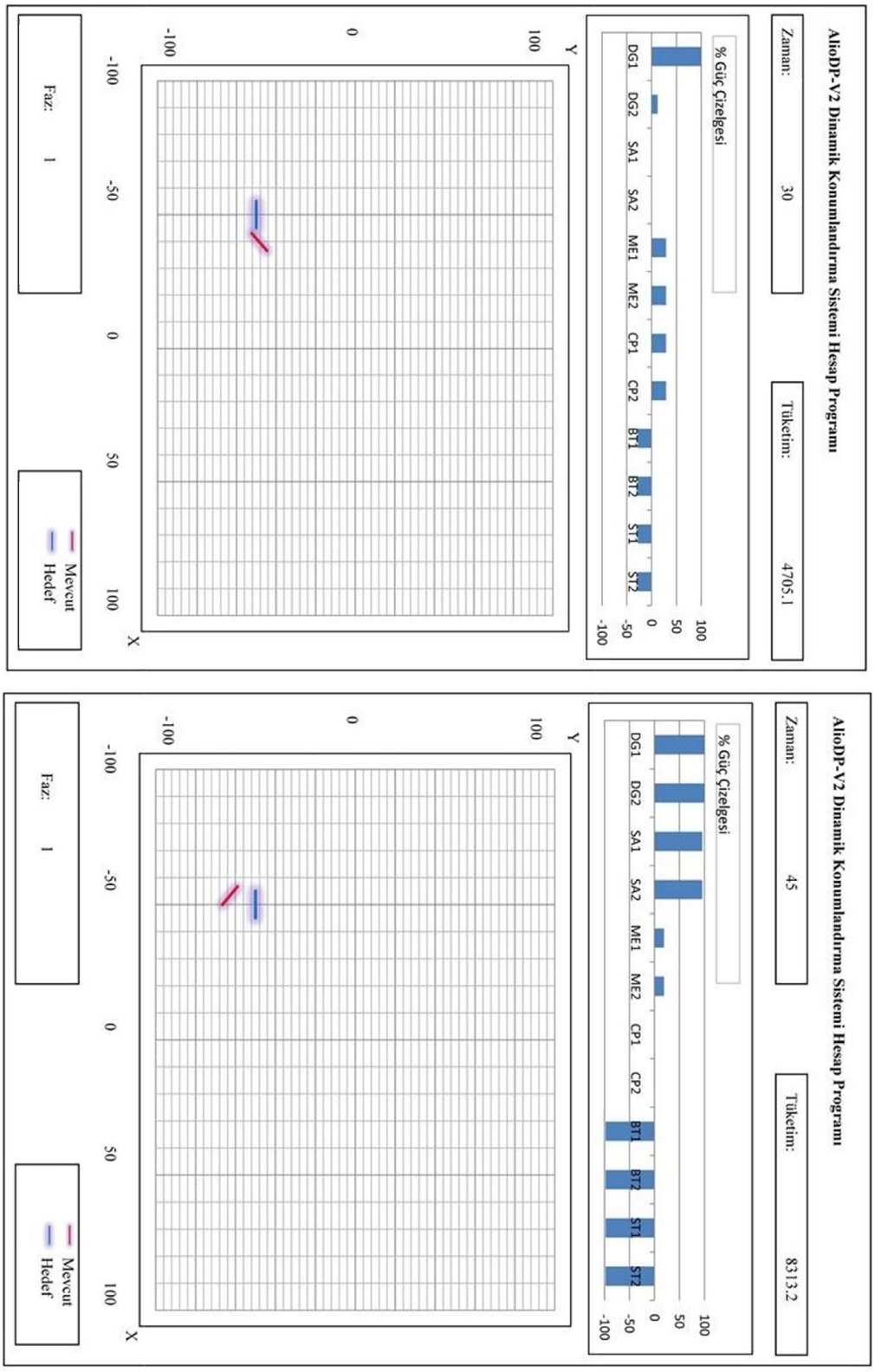


Şekil A.12: Dizel jeneratör 500 birim güç - 5. ve 6. aşama.

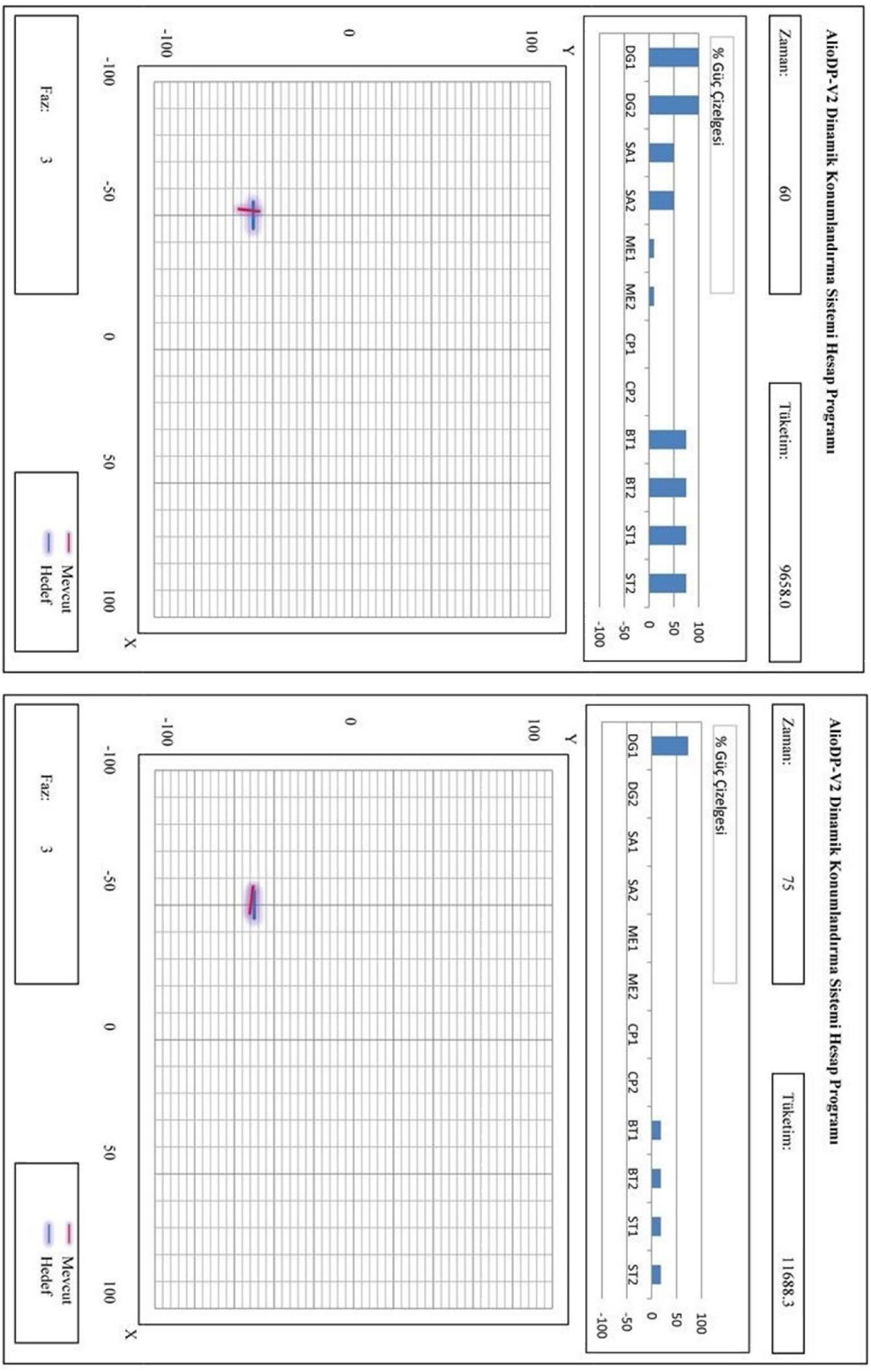
EK B



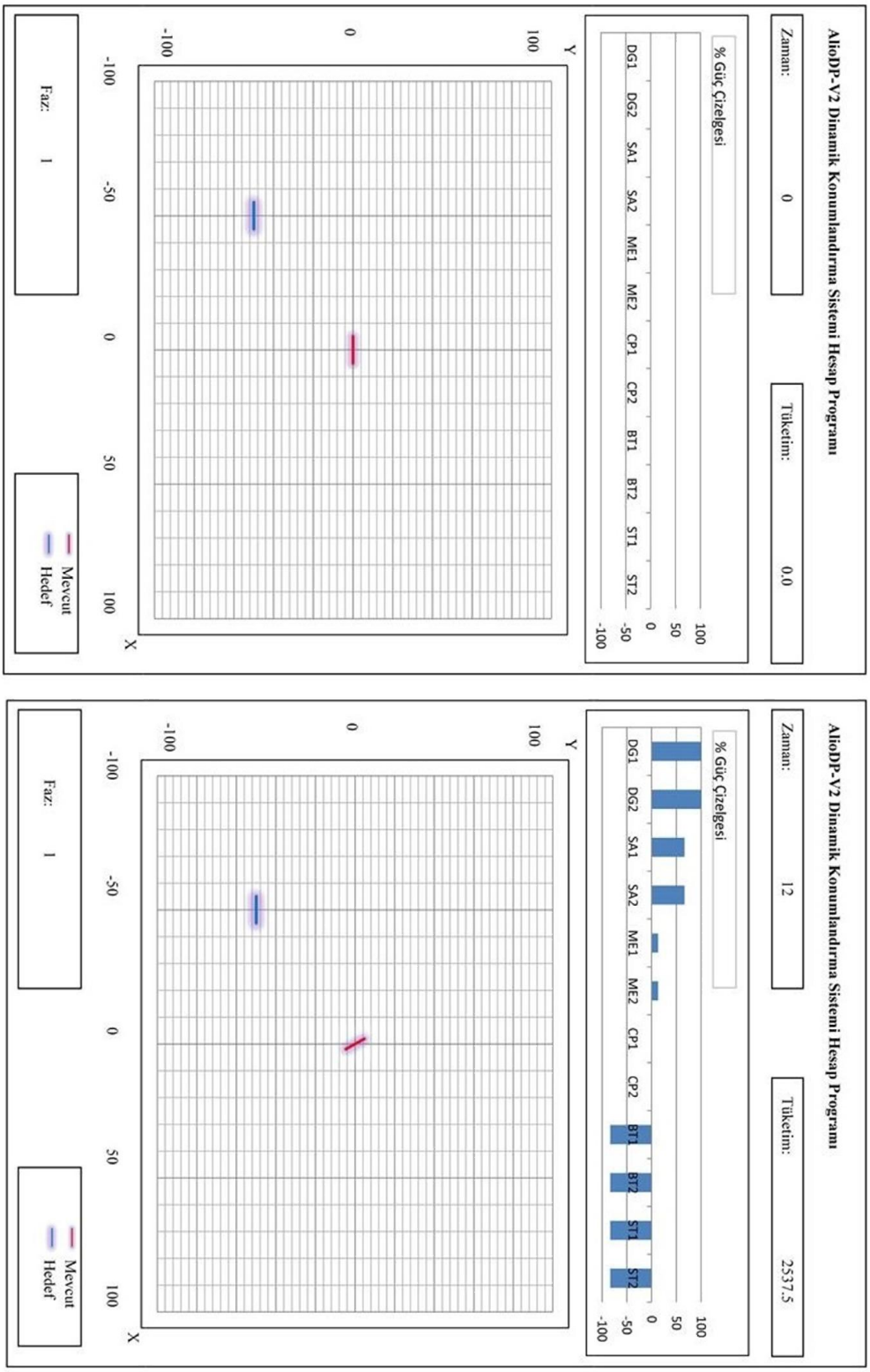
Şekil B.1: Diff parametresi 65 - 1. ve 2. aşama.



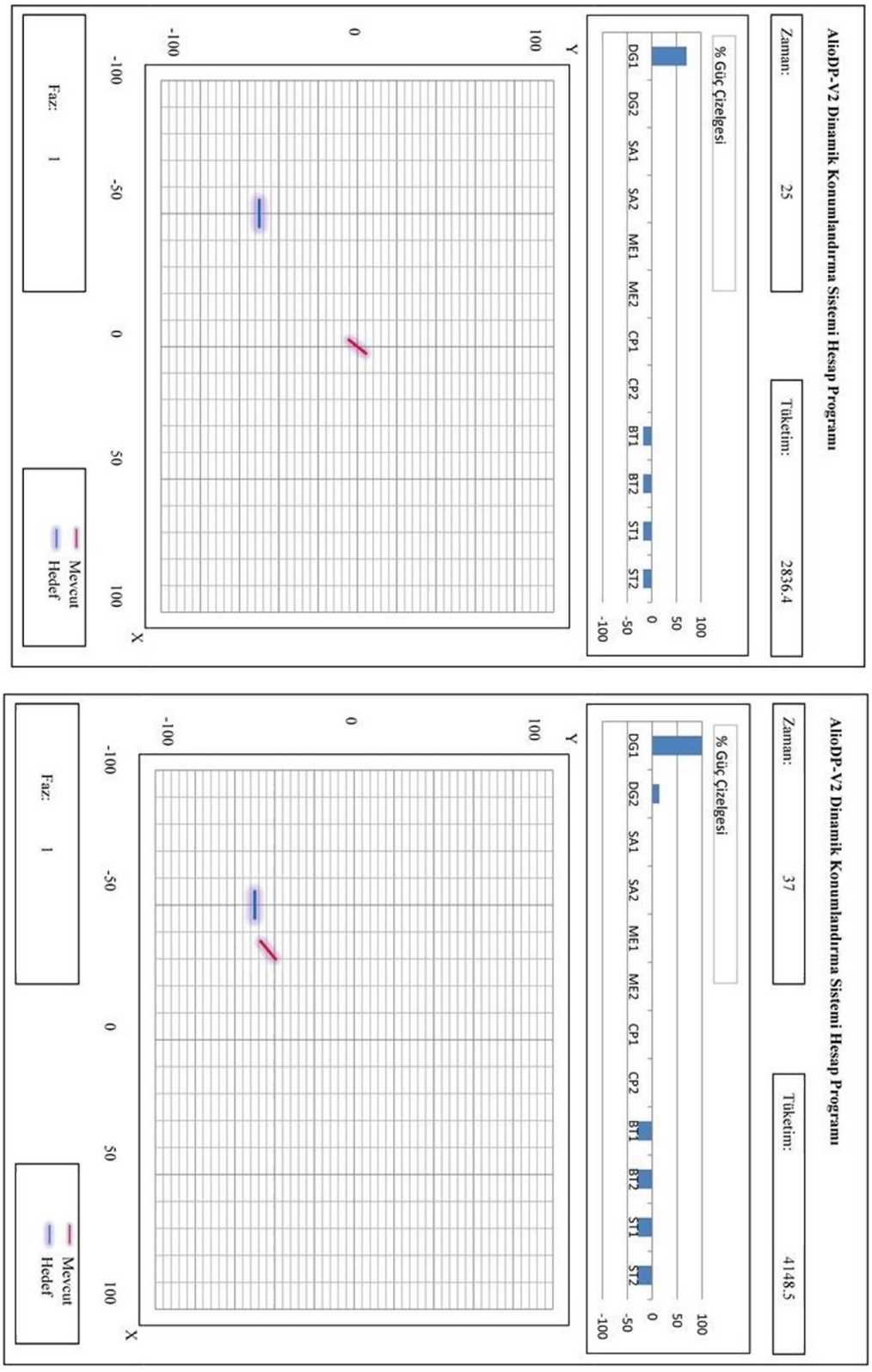
Şekil B.2: Diff parametresi 65 - 3. ve 4. aşama.



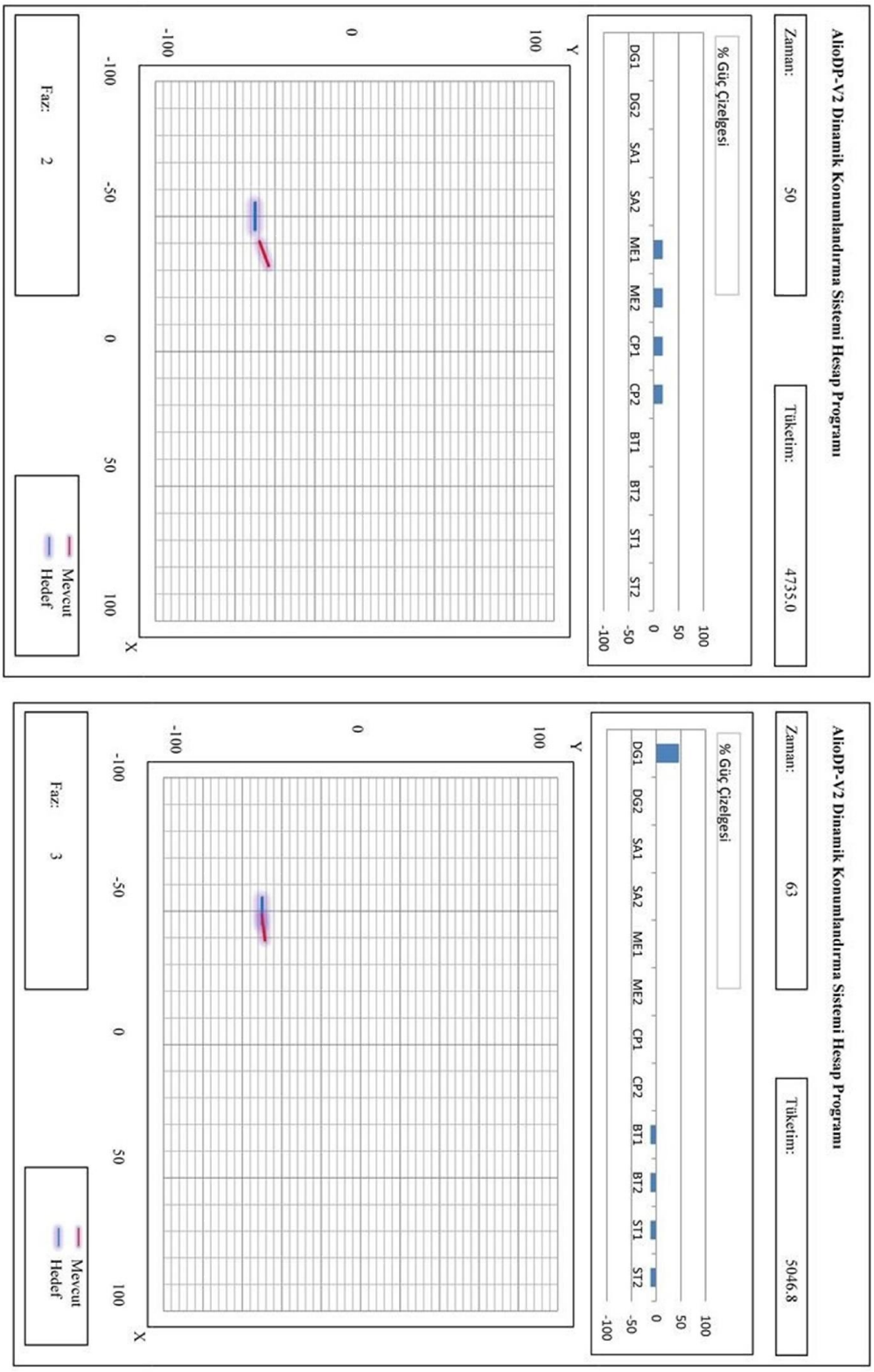
Şekil B.3: Diff parametresi 65 - 5. ve 6. aşama.



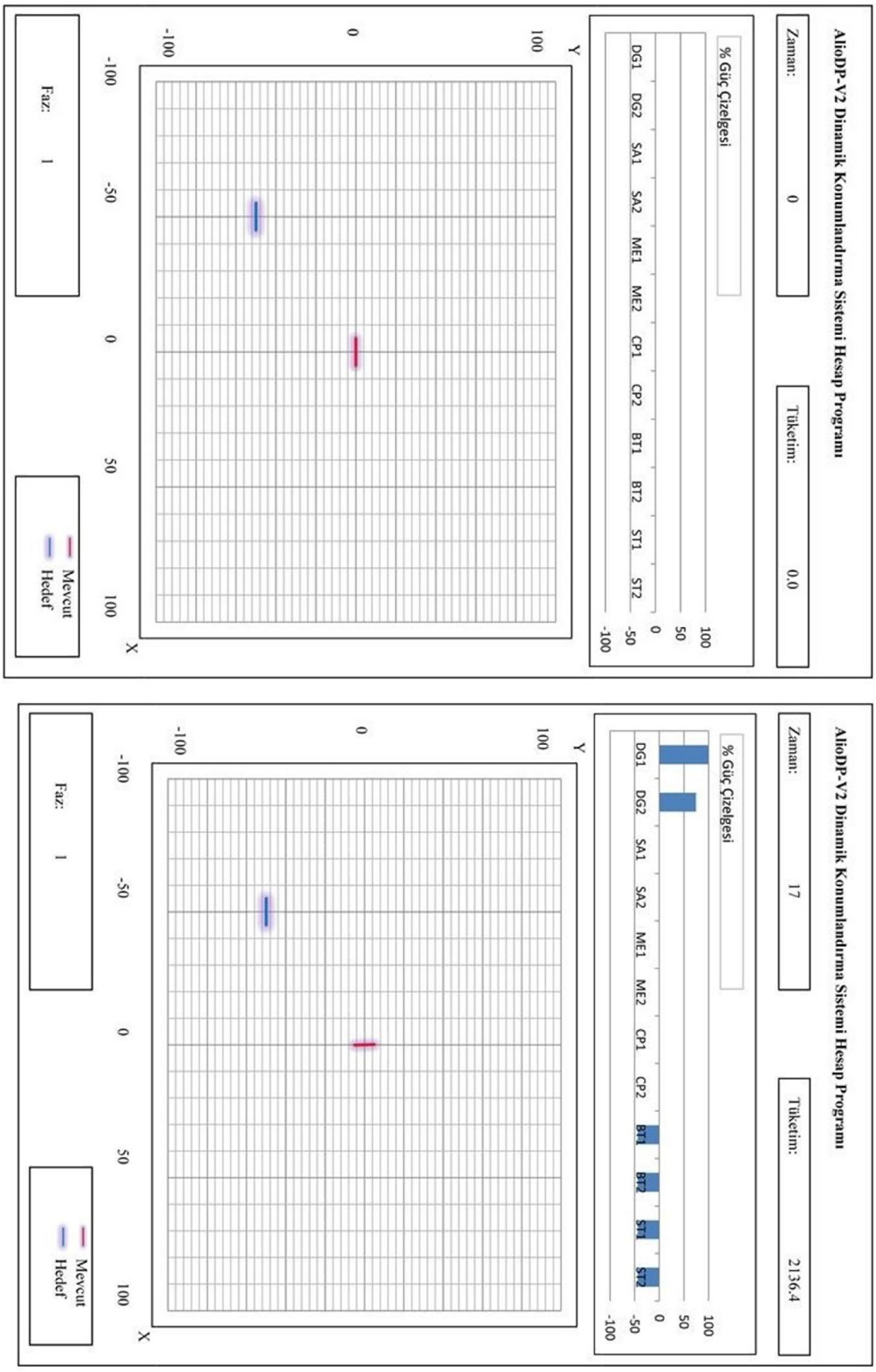
Şekil B.4: Diff parametresi 90 - 1. ve 2. aşama.



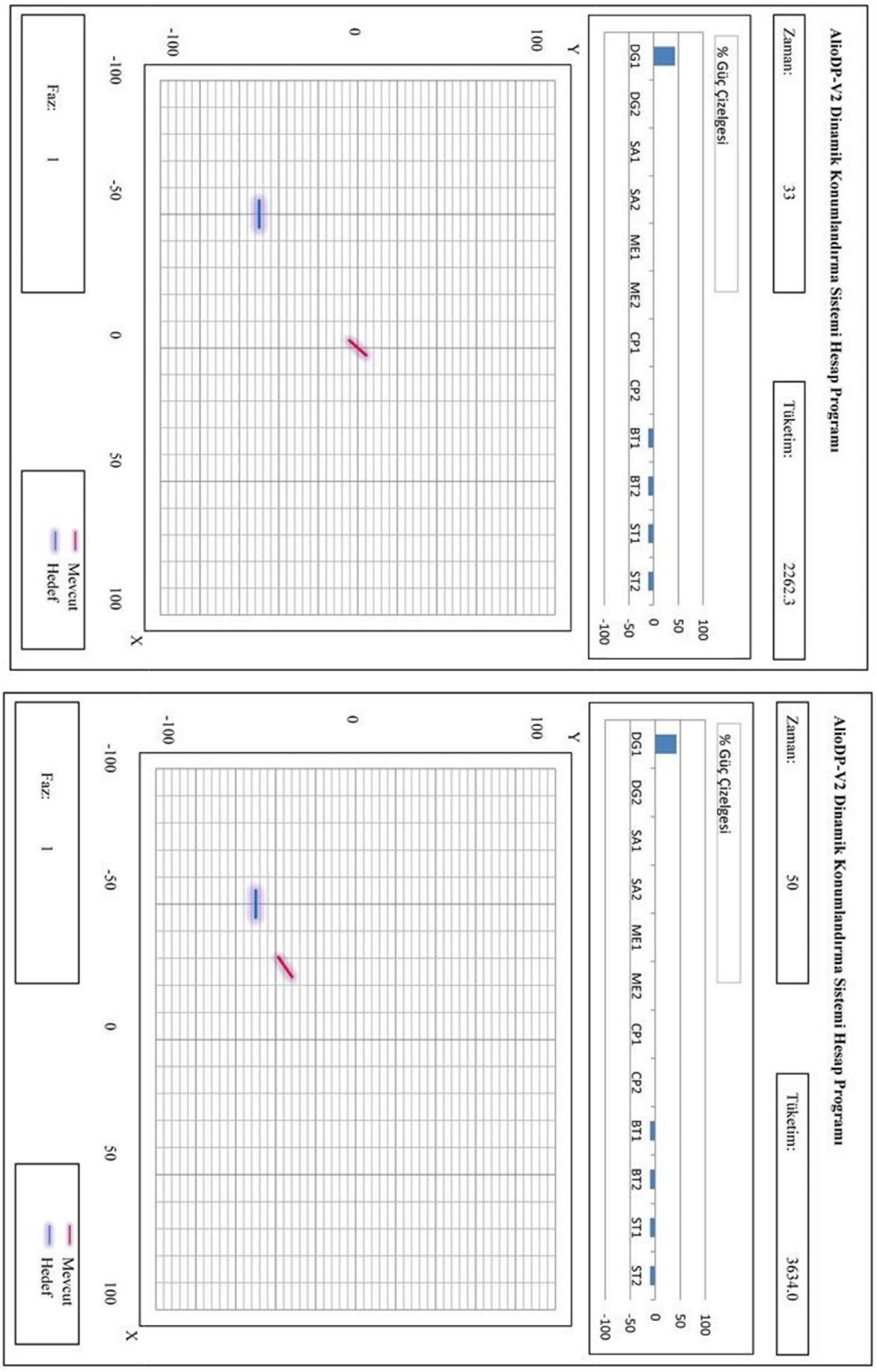
Şekil B.5: Diff parametresi 90 - 3. ve 4. aşama.



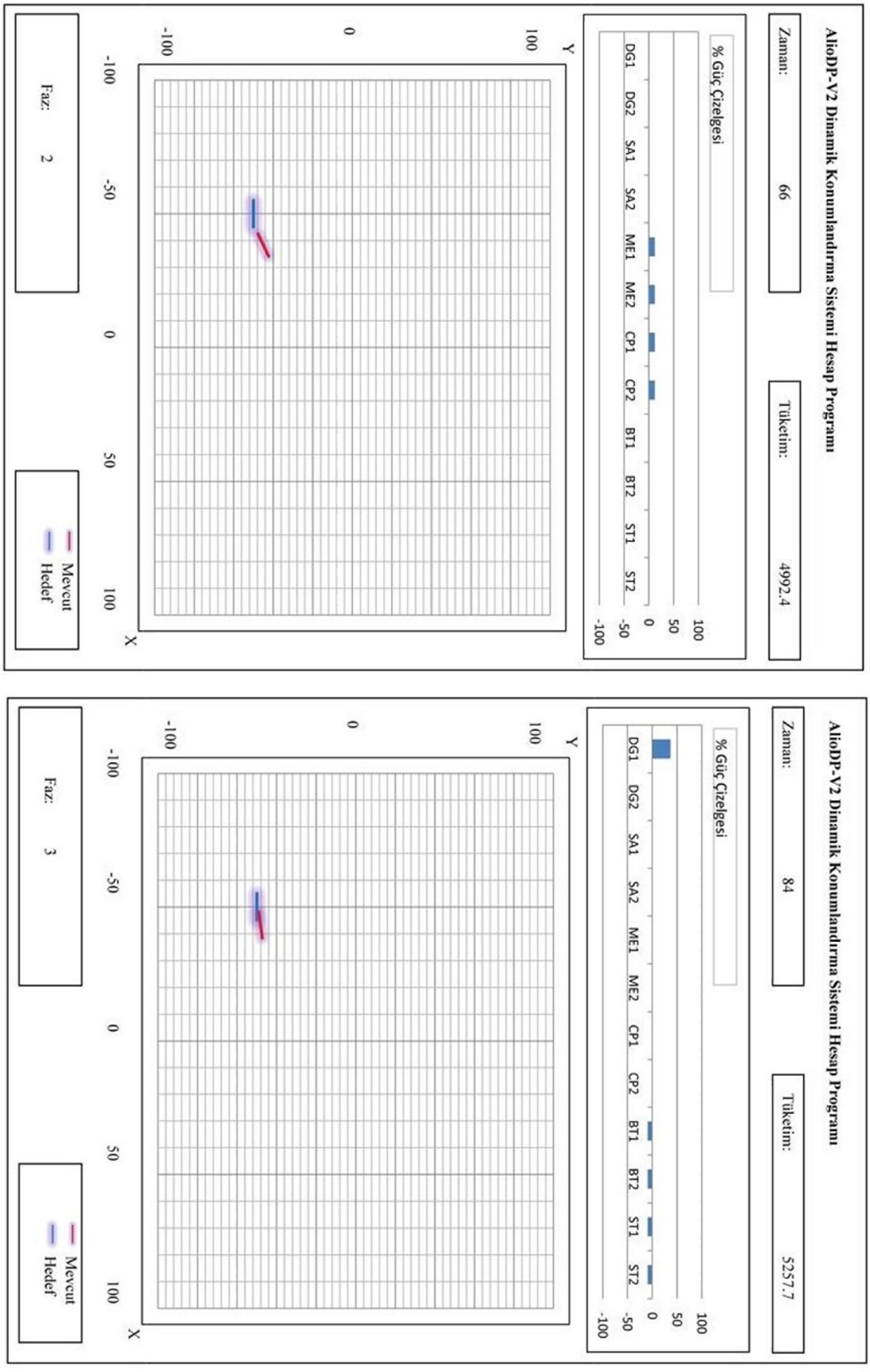
Şekil B.6: Diff parametresi 90 - 5. ve 6. aşama.



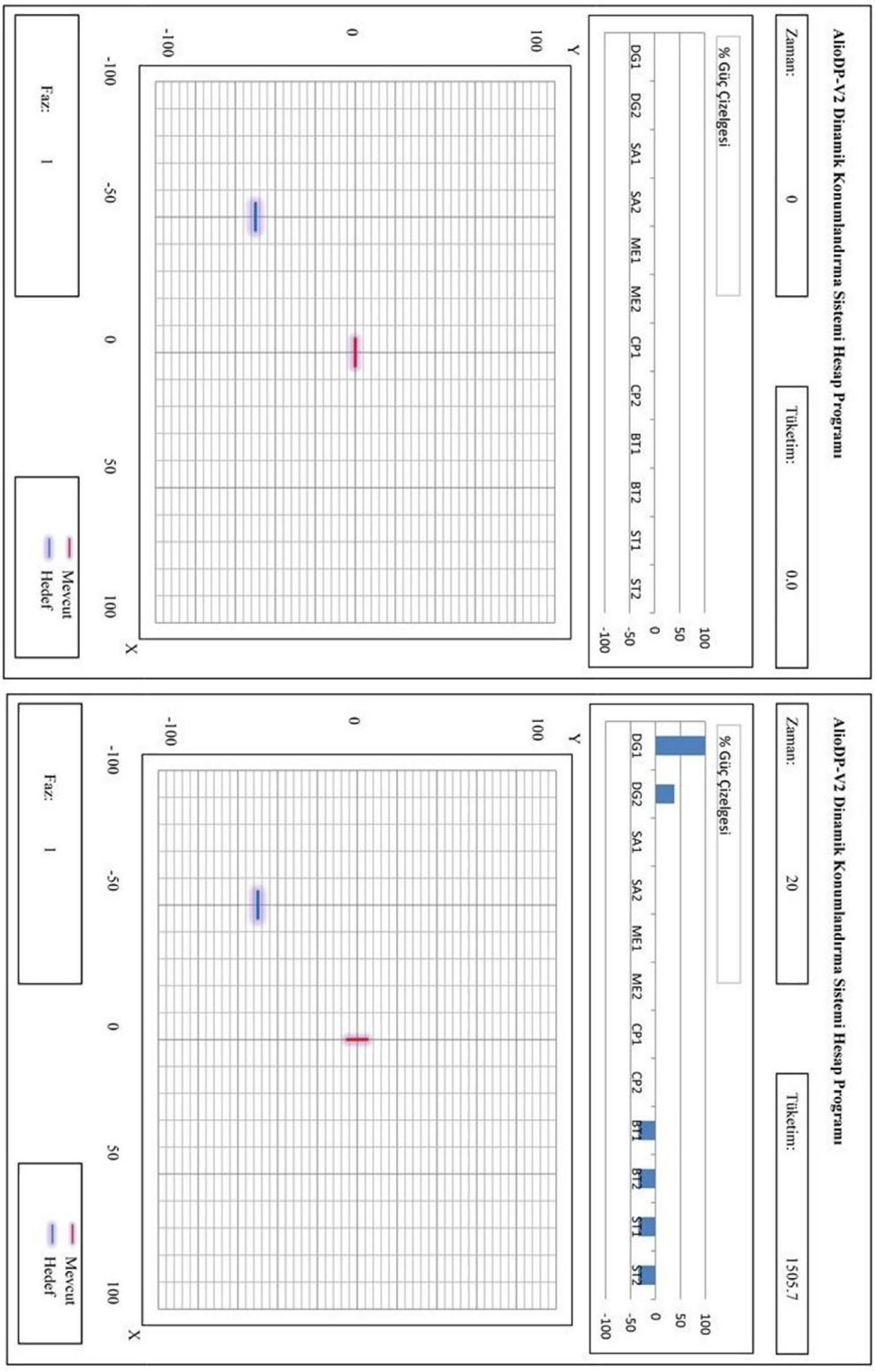
Şekil B.7: Diff parametresi 115 - 1. ve 2. aşama.



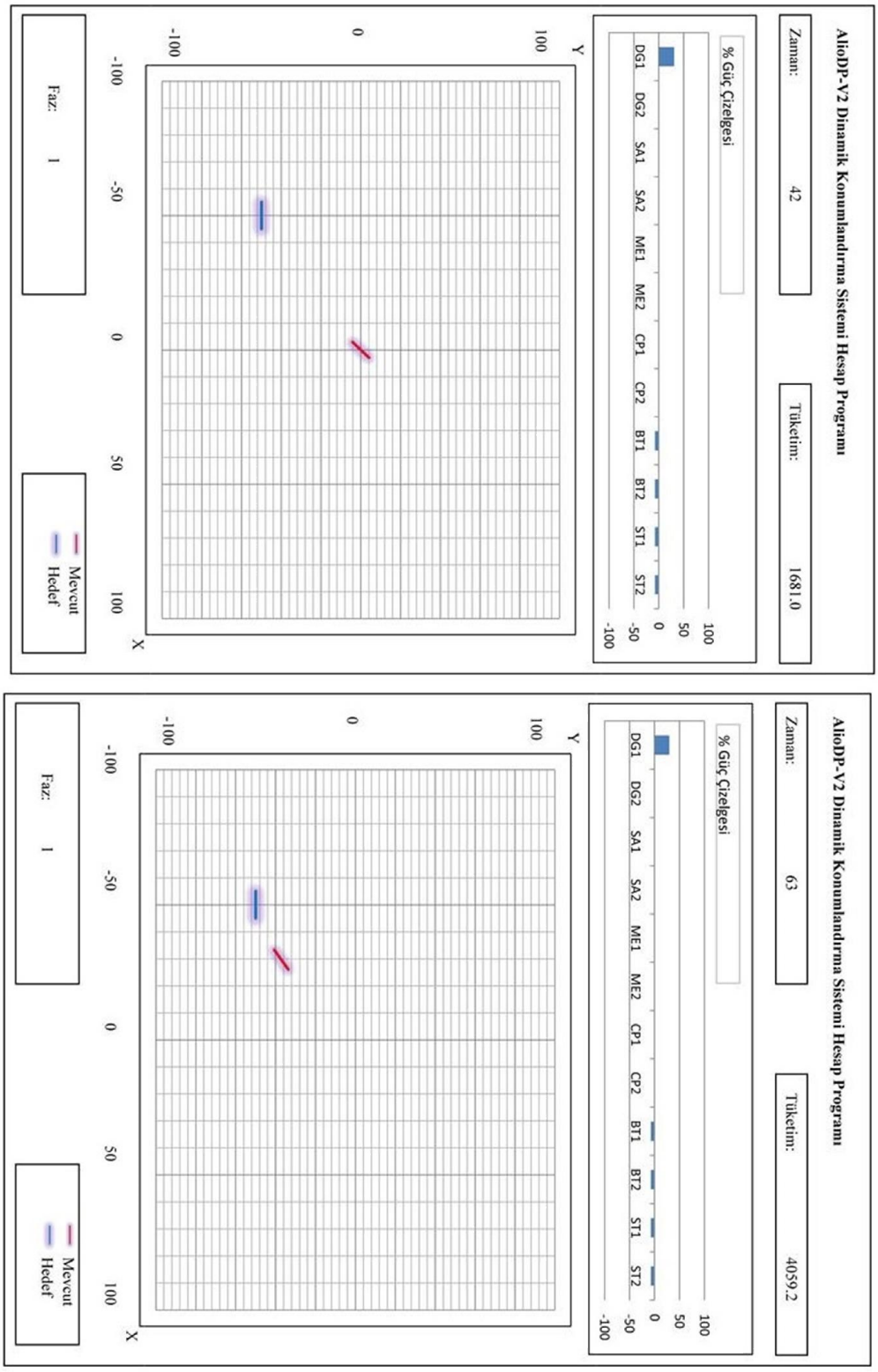
Şekil B.8: Diff parametresi 115 - 3. ve 4. aşama.



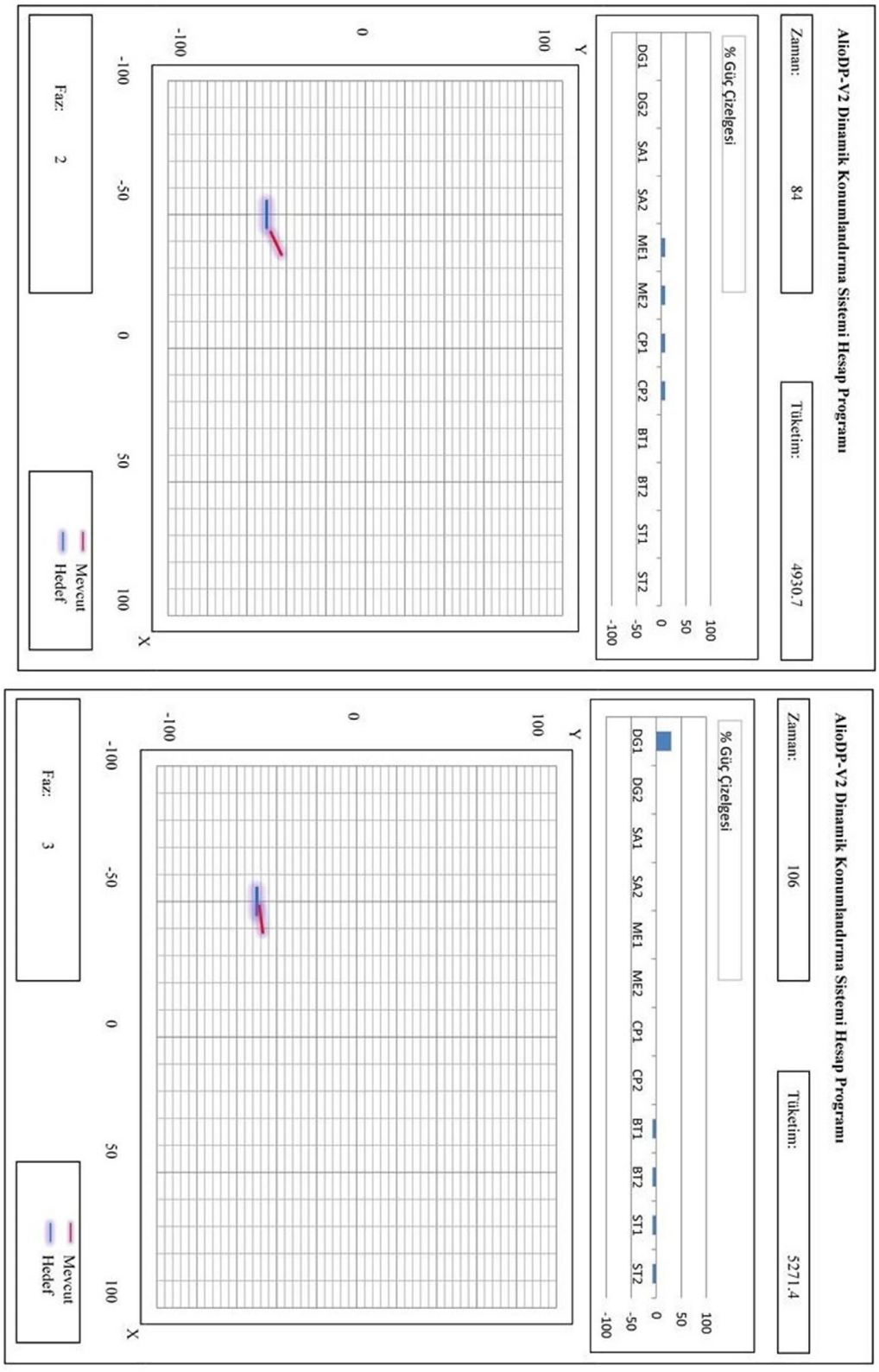
Şekil B.9: Diff parametresi 115 - 5. ve 6. aşama.



Şekil B.10: Diff parametresi 140 - 1. ve 2. aşama.



Şekil B.11: Diff parametresi 140 - 3. ve 4. aşama.



Şekil B.12: Diff parametresi 140 - 5. ve 6. aşama.

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: **Ali ÖZEN**

Doğum Yeri ve Tarihi: **Antalya, 28.06.1983**

Adres: **Değirmen Sok. No.18 K.9 Kozyatağı İstanbul**

E-Posta: **aliozen2@gmail.com**

Lisans: **İTÜ, Gemi İnşaatı Mühendisliği**

Mesleki Deneyim ve Ödüller:

2006 yılında Lisans Mezuniyetini müteakip Seta Gemi Mühendislik, Seft Gemi Mühendislik ve Selah Tersaneleri'nde görev almıştır. 4 Temmuz 2011 tarihinden itibaren RINA Denizcilik ve Belgelendirme Ltd. Şti. Bünyesinde gemi sörveyörü olarak çalışmaktadır.