

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

SABİT PLATFORM TASARIM VE ÜRETİMİ

Makina Mühendisi Düzgün Murat YILMAZ

**FBE Makina Mühendisliği Anabilim Dalı Konstrüksiyon Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı :Prof. Mustafa ALIŞVERİŞÇİ

İSTANBUL, 2008

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	iv
ŞEKİL LİSTESİ	vi
ÇİZELGE LİSTESİ	vii
ÖNSÖZ	viii
ÖZET	ix
ABSTRACT	x
1 GİRİŞ	1
2 ENDÜSTRİYEL ROBOTLAR	2
2.1 Robotun Tanımı	2
2.2 Robotun Tarihçesi	3
2.3 Robotların Sınıflandırılması	4
2.3.1 Kullanım Alanlarına Göre	5
2.3.2 Koordinat Sistemlerine Göre	5
2.3.2.1 Kartezyen Robot	5
2.3.2.2 Silindirik Robot	6
2.3.2.3 Küresel Robot	6
2.3.2.4 Scara Robot	7
2.3.2.5 Sarkaç Robot	7
2.3.2.6 Mafsallı (Articulated/Antropomormik) Robot	8
2.3.2.7 Paralel Robot	8
2.3.2.8 Omurgalı Robot	8
2.3.3 Kontrol Türlerine Göre	8
2.3.3.1 Pozdan Poza Kumandalı (Ardışık Kontrollü) Robot	8
2.3.3.2 Sürekli Yol Kumandalı (Yörünge Kontrollü) Robot	9
2.3.3.3 Adaptif Kumandalı Robot	9
2.3.4 Tahrik Mekanizmalarına Göre	10
2.3.4.1 Elektrik Tahrikli Robotlar	10
2.3.4.2 Hidrolik Tahrikli Robotlar	10
2.3.4.3 Pnömatik Tahrikli Robotlar	10
2.3.5 Yük Kapasitelerine Göre	10
2.3.5.1 Düşük Yük Kapasiteli Robotlar	11
2.3.5.2 Orta Yük Kapasiteli Robotlar	11
2.3.5.3 Yüksek Yük Kapasiteli Robotlar	11
2.3.5.4 Çok Yüksek Yük Kapasiteli Robotlar	11
3 SABİT PLATFORM TASARIM ESİNLENMELERİ	12
3.1 Üç Eksenli, Açılı Boru Millerde Hareket İletimi	12

3.2	Sabit Platformlarda Güç İletim Mekanizmaları.....	20
3.2.1	Dişli Çarklar	21
3.2.2	Sabit Platformlarda Kullanılan Özel Mekanizmalar.....	25
3.2.2.1	Jiroskop Mekanizması	25
3.2.2.2	Cyclo Drive Mekanizması	28
3.2.2.3	RV Gears Mekanizması.....	29
3.3	Sabit Platforma Ait Örnekler	31
4	SABİT PLATFORM DİNAMİĞİ	35
4.1	Sabit Platform Analizi	35
4.1.1	Elektronik Birim Analiz	35
4.1.2	Pedestal Birim Analizi.....	35
4.2	Sabit Platform Konstrüksiyon Hesapları	36
4.2.1	Lagrange-Euler Formülasyonu	36
4.2.2	Newton-Euler Formülasyonu	37
4.2.3	Genelleştirilmiş d'Alembert Yöntemi	37
5	TASARLANAN SABİT PLATFORMUN MEKANİK HESAPLAMALARI.....	38
5.1	Pedestal Momentlerinin Bulunması.....	38
5.1.1	Giriş	38
5.1.2	Mafsal Momentlerinin Hesap Yöntemi	38
5.2	Pedestal Mekanik Hesapları ve Boyutlandırma Kontrolü	40
5.2.1	Elektronik Birim Gövdesinin Hesapları.....	40
5.2.1.1	Servomotor Seçimi	40
5.2.1.2	DİŞLİ ÇARK GRUP BİLGİLERİ.....	43
5.2.1.3	1. Dişli Çark Grubu Bilgileri	44
5.2.1.4	2. Dişli Çark Grubu Bilgileri	44
5.2.1.5	3. Dişli Çark Grubu Bilgileri	45
5.2.1.6	4.Konik Dişli Çark Bilgileri	45
5.2.1.7	5.Konik Dişli Çark Bilgileri	46
5.2.2	Helisel Dişli Çark Hesaplanması Mukavemet Kontrolü	46
5.2.2.1	Modül Hesabı	46
5.2.3	Kullanılan Rulmanların Kodları ve Ömürleri.....	54
6	SABİT PLATFORM ÜRETİM SÜRECİ.....	56
6.1	Dişli Çarkla Hareket Aktarma Modülü	57
6.2	Gövde Grubu	60
6.2.1	Slewing Rulman Tasarımı	60
6.2.2	Gövde Tasarımı	61
	SONUÇLAR.....	64
	KAYNAKLAR.....	65
	EKLER	66
	ÖZGEÇMİŞ.....	70

SİMGE LİSTESİ

Co	Rulman Yatak Statik Yük Sayısı (N)
D	Çap (mm)
E	Elastisite Modülü (N/cm^2)
F	Kuvvet (N)
G	Kayma Modülü, Ağırlık (N/mm^2 , N)
I	Atalet Momenti (cm^4)
Ip	Polar Atalet Momenti (cm^4)
M	Moment (Nmm)
Md	Döndürme Momenti (Nmm)
Mb	Burulma Momenti (Nmm)
Me	Eğilme Momenti (Nmm)
Mf	Fren Momenti (Nmm)
Mm	Motor Momenti (Nmm)
P	Yüzey Basıncı (N/mm^2)
Pem	Yüzey Ezilmesi için Emniyet Basıncı (N/mm^2)
S	Emniyet Katsayısı
A	Homojen Transformasyon Matrisi
Ek	Kinetik enerji
Ep	Potansiyel enerji
F _n	Normal kuvvet
F _r	Radyal kuvvet
F _a	Eksenel kuvvet
i	Çevrim oranı
η	verim
ω	Açısal hız
θ	Bir sonraki eksen takımına göre dönme

KISALTIMA LİSTESİ

L-E Lagrange-Euler

N-E Newton-Euler

D-H Denavit-Hartenberg

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 Kartezyen koordinatlı robotun yapısı (TS EN ISO 8373, 1999).....	5
Şekil 2.2 Silindirik koordinatlı robotun yapısı (TS EN ISO 8373, 1999).....	6
Şekil 2.3 Küresel koordinatlı robotun yapısı (TS EN ISO 8373, 1999).....	6
Şekil 2.4 Scara robotun yapısı (TS EN ISO 9787, 2005).....	7
Şekil 2.5 Sarkaç robotun yapısı (TS EN ISO 8373, 1999).....	7
Şekil 2.6 Mafsallı robotun yapısı (TS EN ISO 8373, 1999).....	8
Şekil 3.1 Robot Konstrüksiyon Detayı (US PATENT 4703688).....	12
Şekil 3.2 Robot Konstrüksiyon Detay (US PATENT 4703688).....	13
Şekil 3.3 Robot Konstrüksiyon Detay (US PATENT 5761965).....	14
Şekil 3.4 Robot Konstrüksiyon Detay (US PATENT 5761965).....	15
Şekil 3.5 Robot Konstrüksiyon Detay (US PATENT 6014909).....	16
Şekil 3.6 Robot Konstrüksiyon Detay (US PATENT 4787270).....	17
Şekil 3.7 Robot Konstrüksiyon Detay (US PATENT 4787270).....	18
Şekil 3.8 Stabilized Platform Detay (SIMRAD OPTRONICS).....	19
Şekil 3.9 Düz Dişli	22
Şekil 3.10 Konik Dişli	23
Şekil 3.11 Helisel Dişli.....	24
Şekil 3.12 Helisel Konik Dişli.....	24
Şekil 3.13 Dişli Çeşitleri.....	25
Şekil 3.14 Üç serbestlik dereceli jiroskop örneği.....	26
Şekil 3.15 Temel jiroskop hareket kanununun gösterimi.....	27
Şekil 3.16 Cyclo Drive mekanizmasının çalışma prensibi (Sumitomo).....	28
Şekil 3.18 RV Gears mekanizmasının çalışma prensibi (Teijin Seiki).....	30
Şekil 3.19 RV Gears mekanizmasının, mekanizma blok diyagramı (Teijin-Seiki).....	30
Şekil 3.20 Sabit Platformların Mekanik Yapısı Ait Örnek (AIRBORNE).....	31
Şekil 3.21 Sabit Platformların Mekanik Yapısı Ait Örnek (AIRBORNE).....	31
Şekil 3.22 Sabit Platformların Mekanik Yapısı Ait Örnek (AIRBORNE).....	32
Şekil 3.23 Sabit Platformların Mekanik Yapısı Ait Örnek (AIRBORNE).....	32
Şekil 3.24 Sabit Platformların Mekanik Yapısı Ait Örnek (GIMBAL TECH).....	33
Şekil 3.25 Sabit Platformların Mekanik Yapısı Ait Örnek (GIMBAL TECH).....	33
Şekil 3.26 Sabit Platformların Mekanik Yapısı Ait Örnek (GIMBAL TECH).....	34
Şekil 3.27 Sabit Platformların Mekanik Yapısı Ait Örnek (GIMBAL TECH).....	34
Şekil 5.1 Mafsal momentinin bulunmasının şematik gösterimi	38
Şekil 5.2 Elektronik gövde maksimum 30° durumdaki moment.....	40
Şekil 5.4 Servomotor DUNKERMOTOREN.....	42
Şekil 5.5 Dişli Resmi	43
Şekil 6.1 Pedestal Resmi	56
Şekil 6.2 Konik Kavramalı Helisel Dişliçark.....	57
Şekil 6.3 Helisel Dişliçarklar ve Boru millerden oluşan kompakt Aktarma Modülü.....	58
Şekil 6.4 Özel Konik Dişliçarklar.....	58
Şekil 6.5 Helisel Dişliçarklar ve Boru millerden oluşan kompakt Aktarma Modülü.....	59
Şekil 6.6 Flanşlı Rulman Tasarım Resmi	60
Şekil 6.6 Flanşlı Rulman Üretilmiş Resmi	60
Şekil 6.7 Döküm Gövde	61
Şekil 6.8 Parçalı Gövde	61
Şekil 6.9 Gövde Koruma Muhafazası	62
Şekil 6.10 Sabit Platform Montajı	63

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 3.1 Dişli Çarkların Sınıflandırılması	21
Çizelge 5.1 Pozitif Kaydırma Faktörü	50
Çizelge 5.2 Yan Yüzey Form Faktörü Zh	50
Çizelge 5.3 Malzeme Faktörü Zm	51
Çizelge 5.4 Yağlama Faktörü Kl	52
Çizelge 5.5 Hız Faktörü Vz	52
Çizelge 5.6 Standart Modül Değerleri	53

ÖNSÖZ

Çağımızın gelişen teknolojileriyle birlikte hareketli platformlardan (Gemi, Helikopter, Uçak, Tank v.s) hareketli hedeflere ateş imkanları da hızlı gelişmesi nedeniyle Stabil Platformlara ihtiyaç duyulmuştur.Bu sistem, Helikopterler, İnsansız Hava Araçları, Gemiler gibi değişik platformların; seyir,gözetleme,hedef tespit,teşhis,tanıma,takip,hedef işaretleme ve arama kurtarma görevlerini yerine getirmesi için özgün olarak tasarlanmıştır.

Stabil Platform Sistemi iki ana birimden oluşmaktadır.Bunlar; tüm elektronik işlevlerin yer aldığı “Elektronik Birimi” ve üç eksen jiroskopik stabilizasyona sahip “Pedestal Birimi”dir.

Çalışmalarım sırasında beni destekleyen ve deneyimlerini benimle paylaşan değerli danışmanım Sn.Prof. Mustafa ALIŞVERİŞÇİ ve değerli hocam Sn.Yrd.Doç.Dr. Muharrem Erdem BOĞOÇLU’ya teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin her aşamasında yardımlarını benden esirgemeyen TÜBİTAK UEKAE Mekanik Tasarım Bölümündeki iş arkadaşlarım; Dr.Sinan BUDAK, Y.Müh.Volkan İZGİ, Müh.Veysi CANSU, Y.Müh Onur ÇAPAN, Y.Müh.Cenk ERYILMAZ’a teşekkürlerimi bir borç bilirim.

ÖZET

Hazırlanmış olduğum bu çalışmada, hareketli platformlar(Gemi, Helikopter, Tank, Uçak v.s) için Sabit Platform tasarımı yapılmıştır. Sabit Platform Sistemi iki birimden oluşmaktadır.Bunlar; tüm elektronik işlevlerin yer aldığı “Elektronik Birimi” ve üç serbestlik dereceli, 360° döngülü ve 30° açılı iki gövdesi bulunan “Pedestal Birimi” dir.

Bu Sabit Platform, hareketli platformun (Gyro) Jiroskopundan alınan kıymetlerle x ve y eksenlerinde konum kontrolü yaparak istenilen düzlemde üzerine montaj edilmiş sistemi (Silah, Radar, Elektronik Cihazlar v.s) stabil hale getirilmesi için kullanılır.

Tasarlanan Sabit Platform üzerinde taşıdığı elektro-optik kökenli kızıl ötesi bantta pasif hedef tespiti yapan bir IRST (Infrared Search and Track) sistemdir.Bu sistem hareketli platform üzerine yerleştirilmiştir.

Sabit Platforma montaj edilen IRST modülü, 360° dönerek hedef izlemesi yapılmaktadır.İstenildiği durumlarda seçilen hedeflere kitlenerek o hedef hakkında uzallık, enlem- boylam, konum v.s bilgileri Ateş İdare Merkezine bildirilmektedir.

Anahtar kelimeler: Sabit Platform, Konstrüksiyon, Gimbal, Jiroskop, Robot, Dinamik.

ABSTRACT

In this study, Stabilized Platform has been designed for Moving Platforms (Ship, Boat, Helicopter, Tank, Plane etc.). Stabilized Platform has occurred two units. One of them is "Electronic Unit" that all the electronics functions contain and the other is Pedestal Unit that it contains two main body with 30° angle and three degree of freedom also 360° rotation.

That Stabilized Platform, is used in order to stabilize that mounted system (Weapon, Radar, Electronics Devices) on intended plane from Gyro of Moving Platform taken x and y axis vaules with position control.

Designed Stabilized Platform is aIRST (Infrared Search and Track) system which fixing passive target carry on electro-optic based infrared band. That System is located onto Moving Platform.

IRST Modul that mounted onto Stabilized Platform is done tracking target with 360° rotation. Desired situations lock on elective targets and about that target distance, latitude-longitude, position etc. instruct Fire Management Center.

Keywords: Stabilized Platform, Construction, Gimbal, Gyroscope, Robot, Dynamic.

1 GİRİŞ

Sabit Platform Sistemin Amacı ;

Bakış hattının yönlendirildiği gözlem alanından yüksek çözünürlük ve hassasiyetle kızılötesi ve görünür bantta kaliteli görüntüler elde etmek, Kızılötesi ve gündüz görüş kaynaklı görüntüler üzerinden çoklu hedef takibi yapmak, takip ettiği hedeflerin konum (koordinatları) yön ve mesafe bilgilerini belirlemek, Bakış hattındaki lazer ile işaretlemek, Koordinatları bildirilen hedeflere otomatik olarak yönelmek, Harici bir lazer kaynağı ile işaretlenen bir hedefe otomatik olarak yönelmek.

Sabit Platform hızlı taramayı maksimum 100 dev\dak ve 360° döngüsü ile maksimum 30° açı sağlanmaktadır. Hedef tarama geniş bantta 8-10 mikrometre, kısa bantta ise 3-5 mikrometre yakalama kabiliyetine sahiptir.

2 ENDÜSTRİYEL ROBOTLAR

2.1 Robotun Tanımı

Robotlar hakkında, günümüze kadar birçok farklı tanımlama yapılmıştır. Bunun nedeni, robotu tanımlayanın, robota bakış açısıdır. Robotlar hakkında teknik bilgiye sahip olmayan bir kişi robotu, yürüyebilen, konuşabilen, insan gibi hareket edebilen, kısacası mekanik bir insan modeli olarak tanımlar. Endüstride çalışan bir kişi ise robotları, çok hızlı çalışan, yorulmayan, hatasız iş yapan, 24 saat durmadan çalışabilen, maaş, sigorta istemeyen işçi makine olarak tanımlar.

Endüstriyel robotlar konusunda ilgili robot kuruluşlarının yaptığı tanımlar daha da farklıdır. Webster sözlüğünde robot, “genellikle insanların gerçekleştirdikleri işlevleri yerine getiren otomatik araçlar” olarak tanımlanmaktadır. Ancak bu tanıma göre bir çamaşır makinesi de robot sayılabilmektedir.

Robotun, Amerika Robot Enstitüsü tarafından yapılan tanımı ise, “malzemelerin, parçaların ve araçların hareket ettirilebilmesi için tasarlanmış olan çok fonksiyonlu ve programlanabilir manipülatör veya farklı görevleri yerine getirebilmek için değişken programlı hareketleri gerçekleştirebilen özel araç” şeklindedir.

Endüstriyel robotlarla ilgili en kapsamlı tanım ve sınıflandırma TS EN ISO 8373 standardı ile belirtilmiştir. Tanım, “Manipülasyon yapan sanayi robotları – Robot” başlığı altında şu şekilde ifade edilmiştir. Sanayide otomasyon uygulamalarında kullanılmak amacıyla, bir yere tespit edilen veya mobil olan, otomatik olarak kumanda edilen, tekrar programlanabilir, çok amaçlı üç veya daha çok eksenle programlanabilir manipülâtör (TS EN ISO, 1999).

Manipülâtörün tanımı ise ilgili standartta şu şekilde belirtilmiştir, “Mekanizması, genellikle birbirine uyumlu veya eklenmiş bir seri parçadan oluşan; cisimleri (parça veya takımları) genellikle bir kaç serbestlik derecesinde tutmak ve/veya hareket ettirmek amacıyla kullanılan makina (TS EN ISO, 1999).

Robot tanımında kullanılan terimlerin (gerekliliklerin) detaylı açıklamaları ise şöyledir:

- Tekrar programlanabilme, fizikî değişiklik olmaksızın programlanmış hareketlerinin veya yardımcı fonksiyonlarının değişebilir olması (TS EN ISO, 1999). Buna örnek olarak şunu söyleyebiliriz, bir araba fabrikasında, iş hattındaki bir punta kaynak robotunun farklı model

taşıtları sadece program değişikliği ile putalayabilmesi.

- Çok amaçlılık, fiziki değişiklik yapılarak değişik uygulamalara uyarlanabilme kabiliyeti (TS EN ISO, 1999). Araba fabrikasında, iş hattında punta kaynağında kullanılan bir robotun, uç kısmına (gripper) bağlanmış punta kaynak aparatını (tooling) söküp, yerine montaj aparatı bağlayıp montajda kullanımı, bu tanıma uyan bir örnek olabilir.
- Eksen, robotun doğrusal veya dairesel moddaki hareketini belirlemekte kullanılan terim.

2.2 Robotun Tarihçesi

Robot fikrinin hangi tarihlerde başladığını söylemek zor olmakla beraber kullanıma örnek olarak aşağıda belirtilen olaylar gösterilebilir.

Robotların ilk temsilcisi olarak su saatleri gösterilmektedir. Bu CLEPSYDRA denilen bir su saatidir (Ben-Zion Sandler, 1991). Keşfedildiği tarih milattan önce 250 yıllarında olduğu sanılmaktadır. Ortaçağ Selçuklu Türklerinden Sükman boyundan Cizreli Ebul-İz yalnız suyun potansiyel ve kinetik enerjisinden faydalanarak makineler yaptı.

Ötücü Kuş, kurulu düzener tarafından miller ve kaldıraçlar yardımıyla kuşun kanatları, kafası ve gagası kontrol edilebiliyordu. Ayrıca vana ve pistonlar sayesinde kuş sesi çıkartılıyordu. Çalışırken kafası ve kanatları hareket ettirip öterken de gagasını oynatabiliyordu. Bunlardan çok sayıda üretildi ve ev dekorasyonlarında kullanıldı. Kuşun hareketleri belirli bir sırayla yapılıyordu, bu sıra takibi için miller kullanılıyordu, işte bu miller ilk bilinen rom yapısıdır.

Otomatik Flütçü, müzisyen kıyafet giydirilmiş otomatik flütçü, dudaklarına yapışık flüte hava pompalanırken, parmaklarıyla da flütün deliklerini açıp kapatarak müzik yapabilmekteydi. Yine millerle sağlanan bir takım hareketlerle işlem gerçekleştirilebiliyordu. Bu flütçü 1738 yılında Jacques de Vaucanson tarafından yapılmıştır(Ben-Zion Sandler, 1991).

18. yüzyılda Jacquet Droz, oğlu Pierre, büyük oğlu Henry Louis ve Jean Frederic Leshot yazı yazan, çizen ve müzik aleti çalan androidler yaptılar (Ben-Zion Sandler, 1991).(kam sistem programlı)

Dünya literatüründe ilk defa (Robot) kelimesi 1917 Karel Capek'in kısa hikayesi olan *Opilec* de geçmiştir. Fakat asıl kavram olarak robot anlayışını 1921 yılında yine aynı yazarın *Rossum's Universal Robots (R.U.R)* adlı tiyatro eserinde ortaya atılmıştır (M.Vidyasagar, 1989).

Dünyada ilk olarak robotlarla ilgilenen bilim dalına (Robotik) ifadesini kullanan kişi Issac Asimov'dur. Kelimenin kullanıldığı eser Runaround (1942) adlı hikayesidir, bu eser *I, Robot* adlı kitabında yer almıştır(1950). Ünlü bilimkurgu yazarı hikayelerinde henüz olmayan fakat ileride olması muhtemel sorunlarda ilgili durumları anlatmaktadır.

Sayısal kontrol ve uzaktan kumanda kavramların gelişmesiyle robotic çalışmalarında önemli gelişmeler ortaya çıkmıştır. John Parson tarafından uzaktan kumandalı olarak yapılan makine 1940 yıllarında Amerika Birleşik Devletleri Hava Kuvvetleri tarafından ardında da Atom enerjisi Komisyonu tarafından kullanılmaya başlandı. Radyoaktif maddeler üzerinde yapılan çalışmalarda, önemli işlemlerde kullanıldı. Bu sistem endüstri alanında da kullanılmaya başlandı. Cyril Walter Kenwardla birlikte 1954 ün Mart ayında patentini aldılar. Böylece ilk endüstriyel robot denilebilecek bir sitem tasarlandı.

Belli başlı gelişmelerden biri de fizik müh. Josheph F.Engelberger ve George C.Devol tarafından gerçekleştirildi, parça aktarım robotu yaptılar ve çalışmaları sonucunda "Unitmate" adlı firmayı kurdular(1949). Bu firma ilk robotik üzerine kurulan firmadır.

Bu tarihten sonra dünya üzerinde özellikle Amerika, Avrupa ve Japonyada pek çok firma robotic üzerine çalışmaya başladılar ve bu ilgi gelişmeyi de beraberinde getirdi. Bu gelişmeler arasında göze çarpan ilk uygulama dili olan WAVE Stanford akedemisi tarafından geliştirildi ve robotic bilime kazandırıldı. 1974 de Al ve ticari amaçlı olan Val yapıldı. Val ultimate tarafından geliştirilmişti ve buna bağlı olarak PUMA (Programmable Universal Machine for Assembly) geliştirilerek üzerinde uygulandı. Nispetten kısa eklemli bir robottu fakat temel olarak General Motors firmasının montaj hattı baz alınmıştı. 1979 yılında Yamanshi Üniversitesi tarafından montaj amaçlı olan SCARA (Selective Compliance Arm for Robotic Assembly) geliştirildi. Bu sistem ilk olarak 1981'de piyasaya sürüldü.

90'lı yıllara gelindiğinde robotlar artık çok çeşitli alanlarda ve özellikle insanların rahatlıkla yapamayacağı işleri kusursuz yaparak insanoğlunun yaşam sürecinde yerlerini aldılar. Bu yüzden bir çok farklı alanda kullanabilmektedirler.

2.3 Robotların Sınıflandırılması

Endüstriyel robotlar birçok farklı kategoride sınıflandırılabilir. Aşağıda 5 farklı kategoride sınıflandırmaları verilmiştir. Kullanım alanlarına göre, koordinat sistemlerine göre, kontrol türlerine göre, tahrik mekanizmalarına göre ve yük kapasitelerine göre.

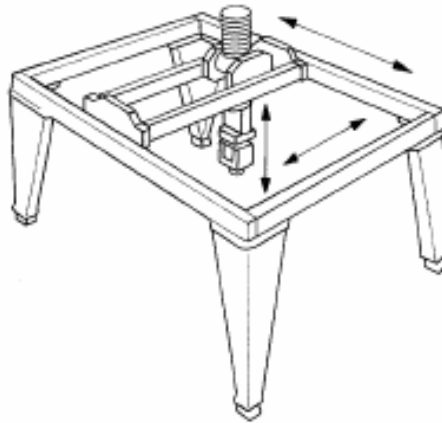
2.3.1 Kullanım Alanlarına Göre

- Endüstriyel kullanım amaçlı robotlar;
 - Kaynak robotu
 - Montaj robotu
 - Döküm robotu
 - Malzeme taşıma robotu
 - Paletleme, paketleme robotu
 - Makinede işleme robotu
 - Yüzey kaplama robotu
 - Taşlama, parlatma robotu
- Deneysel, araştırma amaçlı robotlar
- Tıpta kullanılan robotlar
- Bilimsel amaçlı robotlar (uzay ve okyanuslarda)
- Sahne, film amaçlı robotlar
- Savunma ve silah amaçlı robotlar

2.3.2 Koordinat Sistemlerine Göre

2.3.2.1 Kartezyen Robot

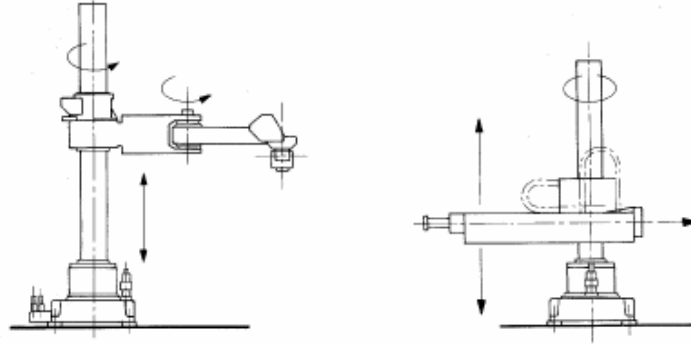
Eksenleri kartezyen koordinat sistemlerine uyan üç kayar mafsallı kola sahip olan robot (TS EN ISO 8373, 1999). Robotun yapısı Şekil 2.1'de gösterilmektedir. Kartezyen robot uygulaması olarak, punta kaynağı, ambalajlama gibi örnekleri sayabiliriz.



Şekil 2.1 Kartezyen koordinatlı robotun yapısı (TS EN ISO 8373, 1999).

2.3.2.2 Silindirik Robot

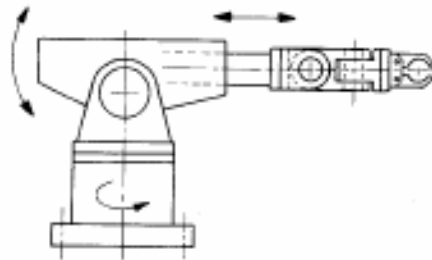
Kolu en az bir döner mafsaldan ve en az bir kayar mafsaldan meydana gelen, eksenleri silindirik koordinat sistemi şeklinde olan robot (TS EN ISO 8373, 1999). Robotun yapısı Şekil 2.2’de gösterilmektedir. Bu robot tipine ait bir uygulama olarak, iş hatları arasında malzeme transferini söyleyebiliriz.



Şekil 2.2 Silindirik koordinatlı robotun yapısı (TS EN ISO 8373, 1999).

2.3.2.3 Küresel Robot

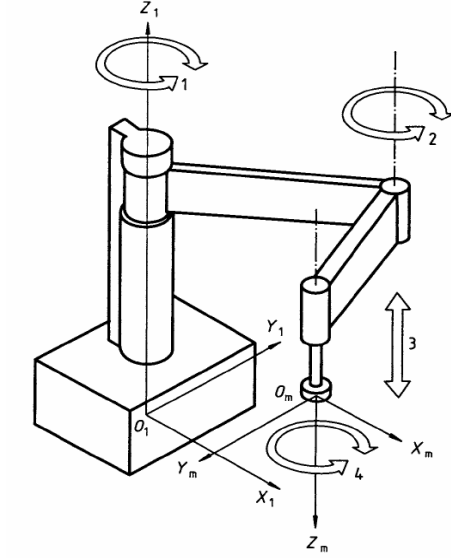
Kolu en az iki döner mafsaldan ve en az bir kayar mafsaldan meydana gelen, eksenleri kutupsal koordinat sistemi şeklinde olan robot (TS EN ISO 8373, 1999). Robotun yapısı Şekil 2.3’de gösterilmektedir. Bu robot tipinin en çok kullanıldığı yerler, sahne ve filmlerdir. Kamerayı değişik açılarda, sürekli hareketli ve titreşim olmadan tutma amacıyla kullanılırlar.



Şekil 2.3 Küresel koordinatlı robotun yapısı (TS EN ISO 8373, 1999).

2.3.2.4 Scara Robot

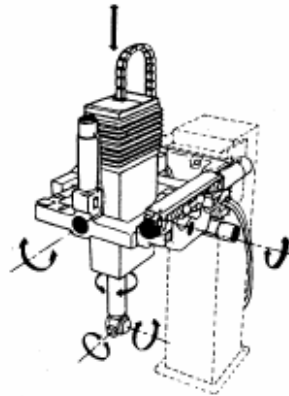
Seçilmiş bir düzlemde uyumu gerçekleştirmek amacıyla, birbirine paralel iki döner mafsala sahip robot. SCARA terimi “Selectively Copmliant Arm for Robotic Assembly” (Robotik sistemi için seçici uyumlu kol) cümlesinin kısaltılmışıdır (TS EN ISO 8373, 1999). Robotun yapısı Şekil 2.4’de gösterilmiştir.



Şekil 2.4 Scara robotun yapısı (TS EN ISO 9787, 2005)

2.3.2.5 Sarkaç Robot

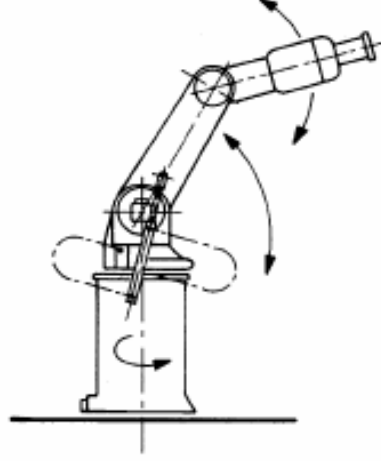
Mekanik yapısı menteşe dönmesini sağlayan bir alt birimi olan üniversal mafsallı küresel robot (TS EN ISO 8373, 1999). Robotun yapısı Şekil 2.5’de gösterilmiştir. Bu tip robotlar talaşlı imalat işlerinde kullanılırlar.



Şekil 2.5 Sarkaç robotun yapısı (TS EN ISO 8373, 1999).

2.3.2.6 Mafsallı (Articulated/Antropomormik) Robot

Kolu üç adet döner mafsaldan meydana gelen robot (TS EN ISO 8373, 1999). Robotun yapısı Şekil 2.6'da gösterilmiştir. Mafsallı robotlar endüstride en fazla kullanılan robotlardır. Her uygulamaya adapte edilebilirler.



Şekil 2.6 Mafsallı robotun yapısı (TS EN ISO 8373, 1999)

2.3.2.7 Paralel Robot

Kolları (birincil eksenleri) senkronize olarak çalışan üç kayar mafsaldan meydana gelen robot. Bu tip robotlar, genellikle iş hatlarında malzeme transportasyonu yapma amaçlı kullanılırlar.

2.3.2.8 Omurgalı Robot

Kolu iki veya daha çok küresel mafsaldan meydana gelen robot. Bu tip robotların endüstride kullanım alanları bulunmamaktadır.

2.3.3 Kontrol Türlerine Göre

2.3.3.1 Pozdan Poza Kumandalı (Ardışık Kontrollü) Robot

Robotun, pozlar arasında takip edeceği sabit bir yol olmaksızın, programlanmış pozlarından (pozisyon) geçirilmesi suretiyle kullanıcı tarafından robota sadece dikte ettirilebilen kumanda işlemi (TS EN ISO 8373, 1999). Robotun kontrol sistemi, makine hareketlerinin birbirini takip eden sıralı bir düzende olmasını sağlar; bir hareket sonlandığında bir sonraki başlar. Burada robotun hareketi ikilidir, on/off, başla/dur gibi. Robotun bütün konuları ve hareket dizileri, basit bir programlama aletinin yardımıyla programlanabilir. Ardışık kontrollü

robotların tipik uygulamaları noktadan noktaya (PTP, point-to-point) ve tekrarlamalı (play-back) uygulamalarıdır.

2.3.3.2 Sürekli Yol Kumandalı (Yörünge Kontrollü) Robot

Robotun, programlanmış pozlar arasında, programlandığı bir hızda takip edeceği yolun, kullanıcı tarafından robota sadece dikte ettirilebildiği kumanda sistemidir (TS EN ISO 8373, 1999). Şimdiki konumundan bir sonraki konumuna ulaşmak için gerekli olan zaman-tabanlı yörüngeyi belirleyen komutlara bağlı olarak, kontrol edilebilen 3 yada daha fazla eksenin birlikte hareket edebilmesini sağlayan robot tipidir (bu hareket normal de interpolasyon ile sağlanır). Bu türdeki robotlar genelde tekrarlamalı, CNC yada sürekli yörünge robotları olarak tanımlanır.

2.3.3.3 Adaptif Kumandalı Robot

Sensör kontrolü, adaptif kontrolü yada öğrenme kontrolüne sahip olan robotlardır. Sensörlerden gelen bilgilere ve geçmiş tecrübelerine dayanarak işleri yada görevleri planlayabilme ve zamanlayabilme, iteratif davranışlar sonucunda öğrenme, bu tür fonksiyonlara birer örnektir. Parçaları toplarken görüntü işleme yardımıyla konumunu düzelten bir robot yada sürekli dikiş takibini sağlayan fonksiyonlarla donatılmış bir kaynak robotu adaptif robotlar için tipik örneklerdir. Bu tanımda geçen bazı terimler ISO 8373 standardında şu şekilde tanımlanmıştır.

- Algılayıcı kumanda : Robot, hareketinin veya kuvvetinin dış algılayıcı çıktılarına göre ayarlandığı kumanda düzeni (TS EN ISO 8373, 1999).
- Uyarlanabilen (Adaptif) kumanda : Kumanda sistemine ait parametrelerin, işlem esnasında algılanan şartlara göre ayarlandığı kumanda düzenidir (TS EN ISO 8373, 1999).
- Öğrenen kumanda : Önceki çevrimler esnasında elde edilen tecrübenin, kontrol parametrelerinin ve/veya algoritmalarının değiştirilmesinde otomatik olarak kullanıldığı kumanda düzenidir (TS EN ISO 8373, 1999)
- Teleoperatörlü robot : Bir operatör tarafından uzaktan kontrol edilen robot tipidir. Bu robotun fonksiyonu insanın sensör-motor fonksiyonlarını uzak mesafelere taşımaktadır ve operatörün davranışlarına göre makinanın vereceği tepkiler programlanabilir. Uzaktan kumandalı robot yada bilgisayar destekli teleoperatör olarak bilinen sistemler bu kategoriye girerler. Bu tür robotlar basit yada karmaşık kontrol yapısına sahiptirler, fiziksel (kablo, kablakanalı, boru) yada fiziksel olmayan (kablosuz) kanallar ile kumanda edilirler.

Sadece mekanik bağlantılarla kumanda edilenler bu tanımın dışındadır.

2.3.4 Tahrik Mekanizmalarına Göre

2.3.4.1 Elektrik Tahrikli Robotlar

Elektrikle tahrik, robotik sistemlerde en fazla uygulanan tahrik tipidir. Kontrol, hız ve hassasiyet üstünlüğü, ucuzluk, kolay uygulanabilirlik, temizlik gibi avantajlarının yanı sıra dişli sistemlerindeki boşluk nedeni ile düşük hassasiyet ve güç/ağırlık oranının düşüklüğü dezavantajları da vardır. Motor bünyesindeki kıvılcımlanma sebebiyle parlayıcı ortamlarda kullanım sakıncası vardır. Fakat gelişen teknoloji ile dış ortamın kıvılcımdan etkilenmemesi sağlanmıştır. Yakın geçmişe kadar elektrikle tahrik denince yalnız DC motorlar anlaşılırken günümüzde fırçasız ve moment karakteristiklerinin daha düzgün olmasından dolayı AC motorlar daha sık kullanılmaktadır. Ayrıca robottan beklenen konum hassasiyeti çok önemli değilse ve açık çevrimli kontrol sistemi kullanılıyorsa, step motorlar kullanılabilir. Elektriksel tahrik genellikle robotlarda direkt tahrikli olarak uygulanır.

2.3.4.2 Hidrolik Tahrikli Robotlar

Hidrolik tahriğin başlıca kullanılma sebebi büyük kuvvetlerin gereksinimidir. Hidrolik akışkanın sıkıştırılmaz oluşu sisteme mükemmel bir konum hassasiyeti kazanıdır. Sistem kendinden otoblokajlıdır. Herhangi bir güç kesintisinde valfler kapanarak sistemi son durumunda tutar. Hidrolik sistemlerin bu avantajlarının yanı sıra yağ sızdırmazlığının sağlanması, kirlilik, yavaşlık ve yüksek ilk yatırım maliyeti gibi önemli dezavantajları da vardır.

2.3.4.3 Pnömatik Tahrikli Robotlar

Tahrik sistemleri içinde en ucuz olanıdır. Çok hızlı hareket edilebilir fakat havanın sıkışabilir olmasından kaynaklanan konum problemi vardır. Genellikle strok hareketlerinde kullanılır. Sistemin çok büyük avantajlarından biri temizliğidir. Sistem havayı kullandığı için bulunduğu ortamı fazla bir şekilde kirletmez. Her ne kadar pnömatik tahrik ucuz gibi görünsede, tahrik için gerekli olan kompresörün harcadığı enerji ve sıkışan havayı borularla uzaklara taşıdığımız zaman hava basıncındaki düşüş sistemin maliyetini arttırmaktadır.

2.3.5 Yük Kapasitelerine Göre

Yapılan bu sınıflandırma sadece endüstriyel amaçlı kullanılan robotlar için geçerlidir.

2.3.5.1 Düşük Yük Kapasiteli Robotlar

Kaldırabildiği maximum yük 3-16kg olan robotlardır. Bu tip robotlar küçük ölçekli işlerde kullanılabilirler. Bunlara örnek olarak, parça testleri, (sürekli açma-kapama, dayanıklılık testi v.s.) ufak parçaların montajı, taşlama, parlatma, yapıştırma uygulamaları söylenebilir.

2.3.5.2 Orta Yük Kapasiteli Robotlar

Kaldırabildiği maximum yük 30-60kg olan robotlardır. Bu robotlar basit işlerden karmaşık işlere kadar birçok uygulamada kullanılabilirler. Örnek olarak, ark kaynağı, kaplama, taşlama parlatma, yapıştırma, lazer kaynağı/kesimi, plazma kesimi, su jeti ile kesim, montaj, paletleme (küçük ölçekli), taşıma (küçük ölçekli) ve ölçüm yapma uygulamaları söylenebilir.

2.3.5.3 Yüksek Yük Kapasiteli Robotlar

Kaldırabildiği maximum yük 100-240kg olan robotlardır. Bu robot tipi, her türlü uygulamaya müsaittir. Yüksek yük kapasiteleri ile punta kaynağına da olanak sağlamaktadırlar, ayrıca paletleme ve taşıma işlemlerinde yüksek yük kabiliyetleri robotları avantajlı kılmaktadır.

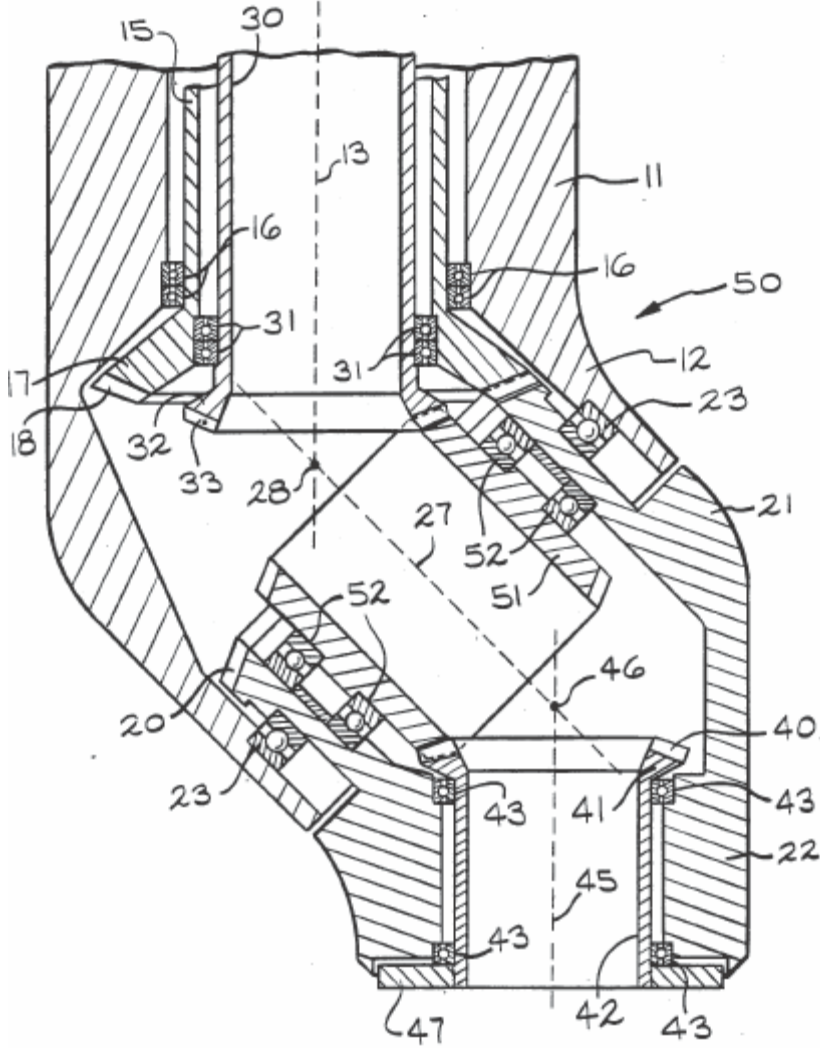
2.3.5.4 Çok Yüksek Yük Kapasiteli Robotlar

Kaldırabildiği maximum yük 360-570kg olan robotlardır. Bu tip robotlar çok yüksek yüklerin taşınmasının gerektiği yerlerde kullanılırlar. Bu robotlara ait uygulama örnekleri, paletleme, taşıma ve paketleme olarak sayılabilir.

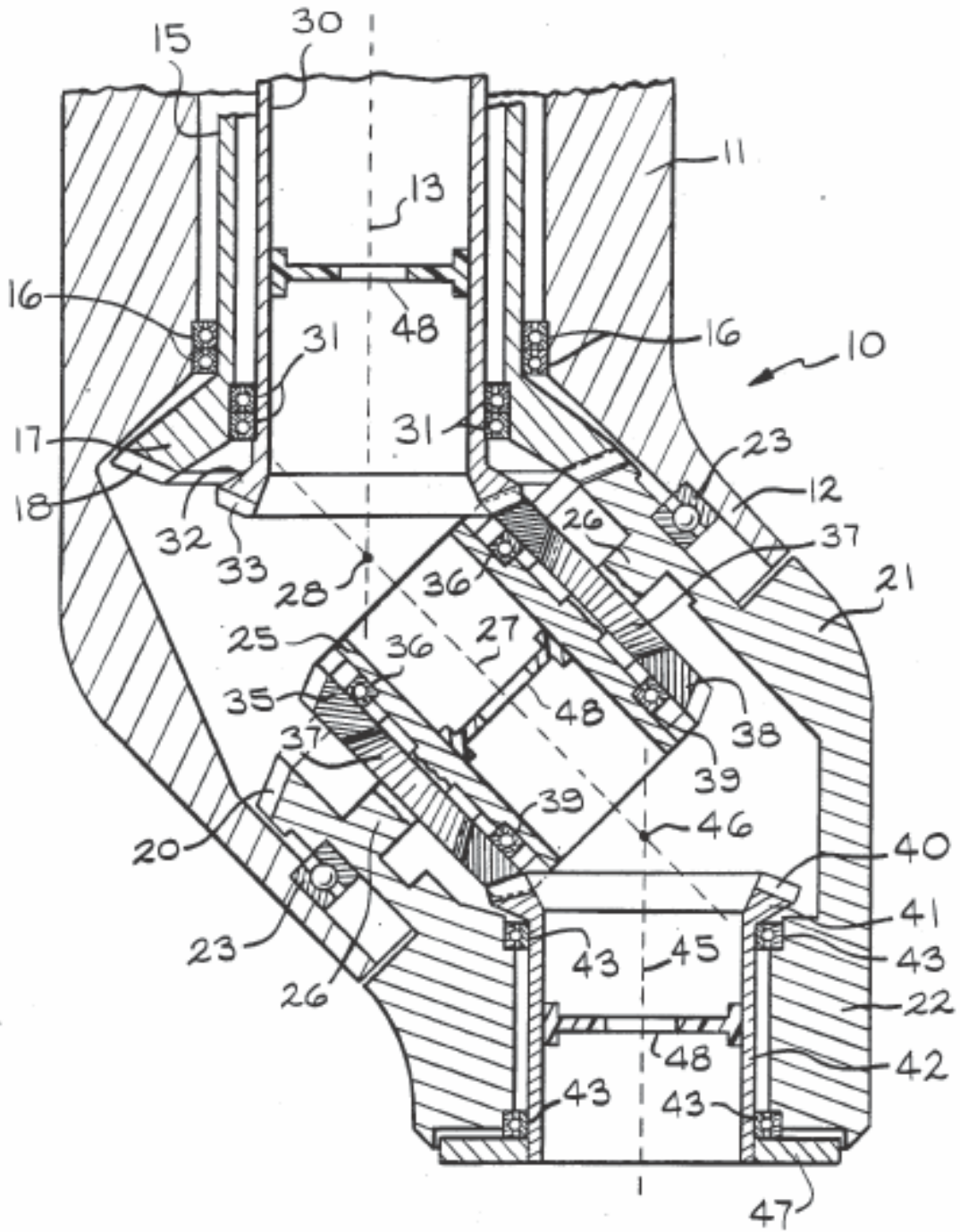
3 SABİT PLATFORM TASARIM ESİNLENMELERİ

3.1 Üç Eksenli, Açılı Boru Millerde Hareket İletimi

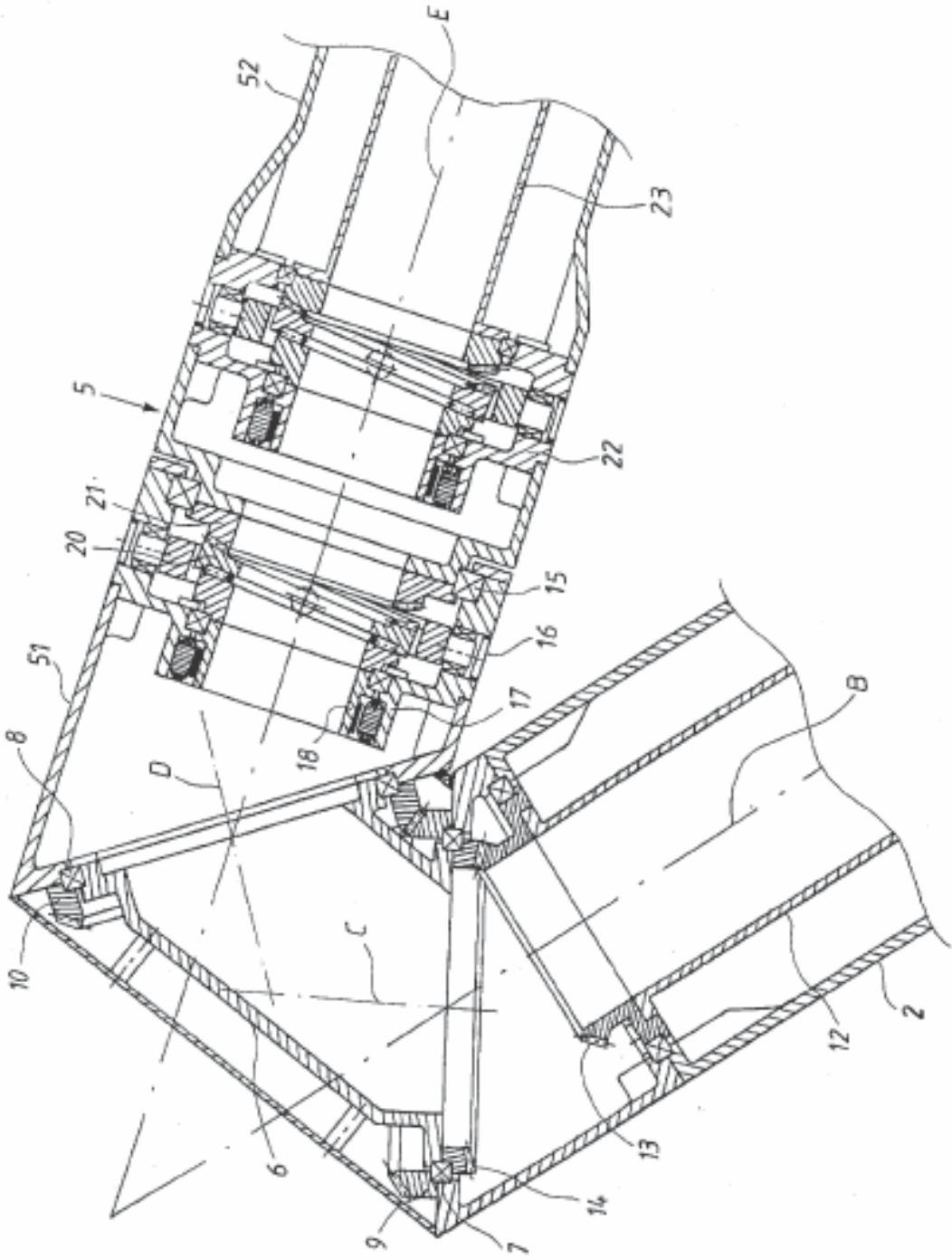
Tasarlanan Sabit Platform Pedestali için boru millerde, açılı gövdelerin hareketi ve birbirinden bağımsız hareket edebilen gövdelerde yapılan konstrüksiyon örneklerine bakarak özgün bir konstrüksiyon, titiz çalışmalar ve tasarım araştırmaları sonucunda geliştirilmiştir.



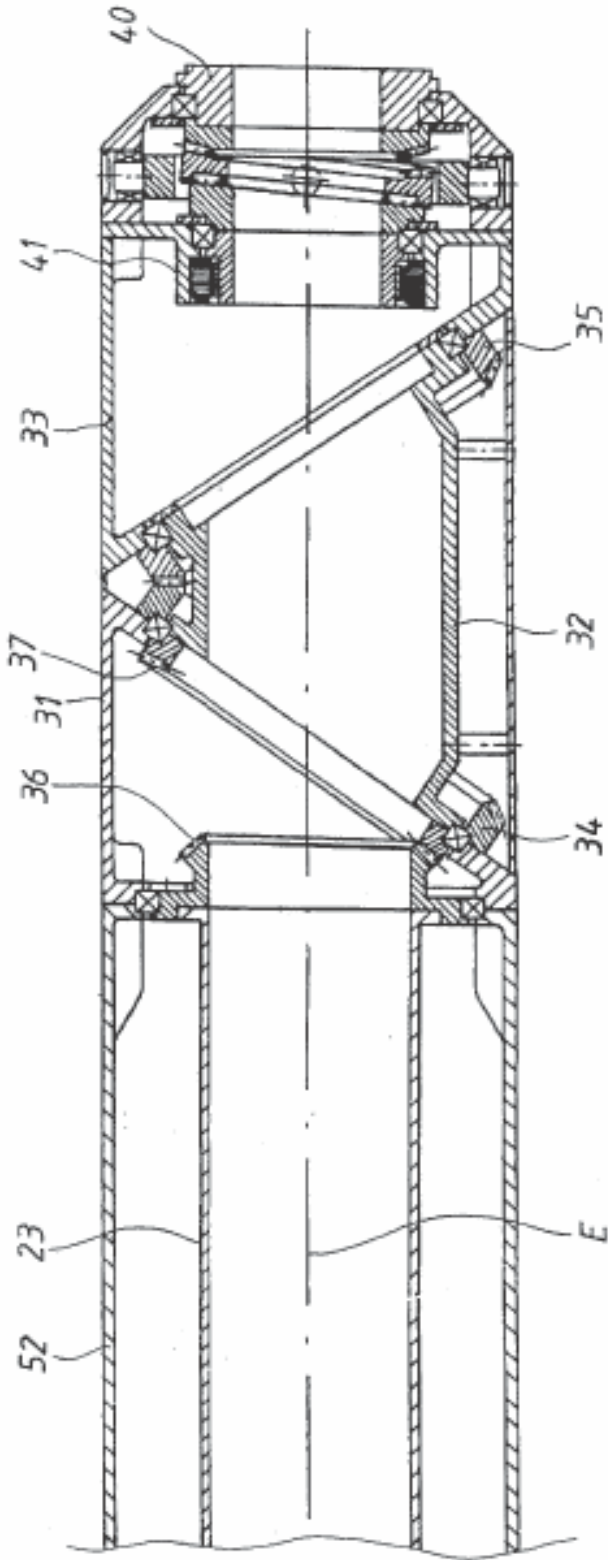
Şekil 3.1 Robot Konstrüksiyon Detayı (US PATENT 4703688)



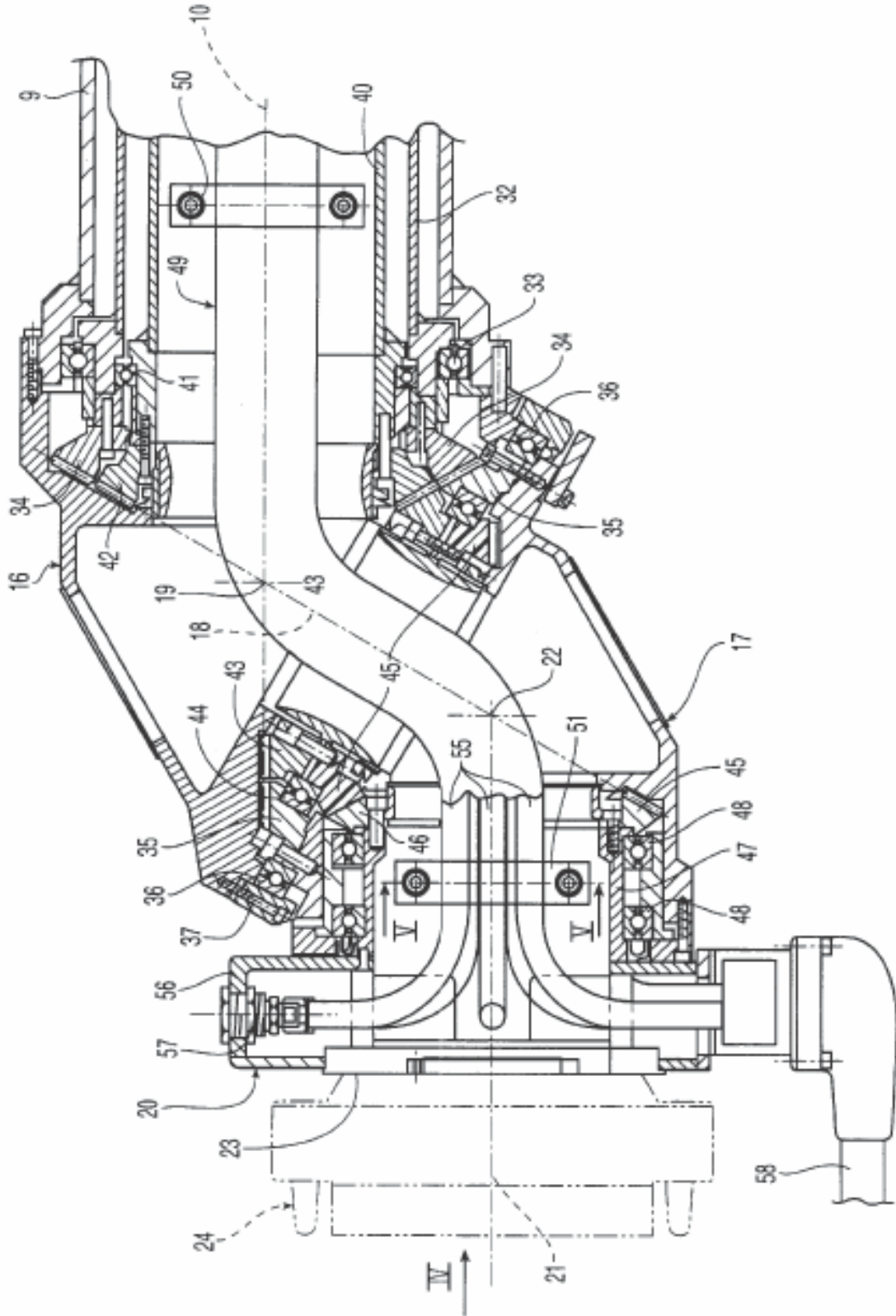
Şekil 3.2 Robot Konstrüksiyon Detay (US PATENT 4703688)



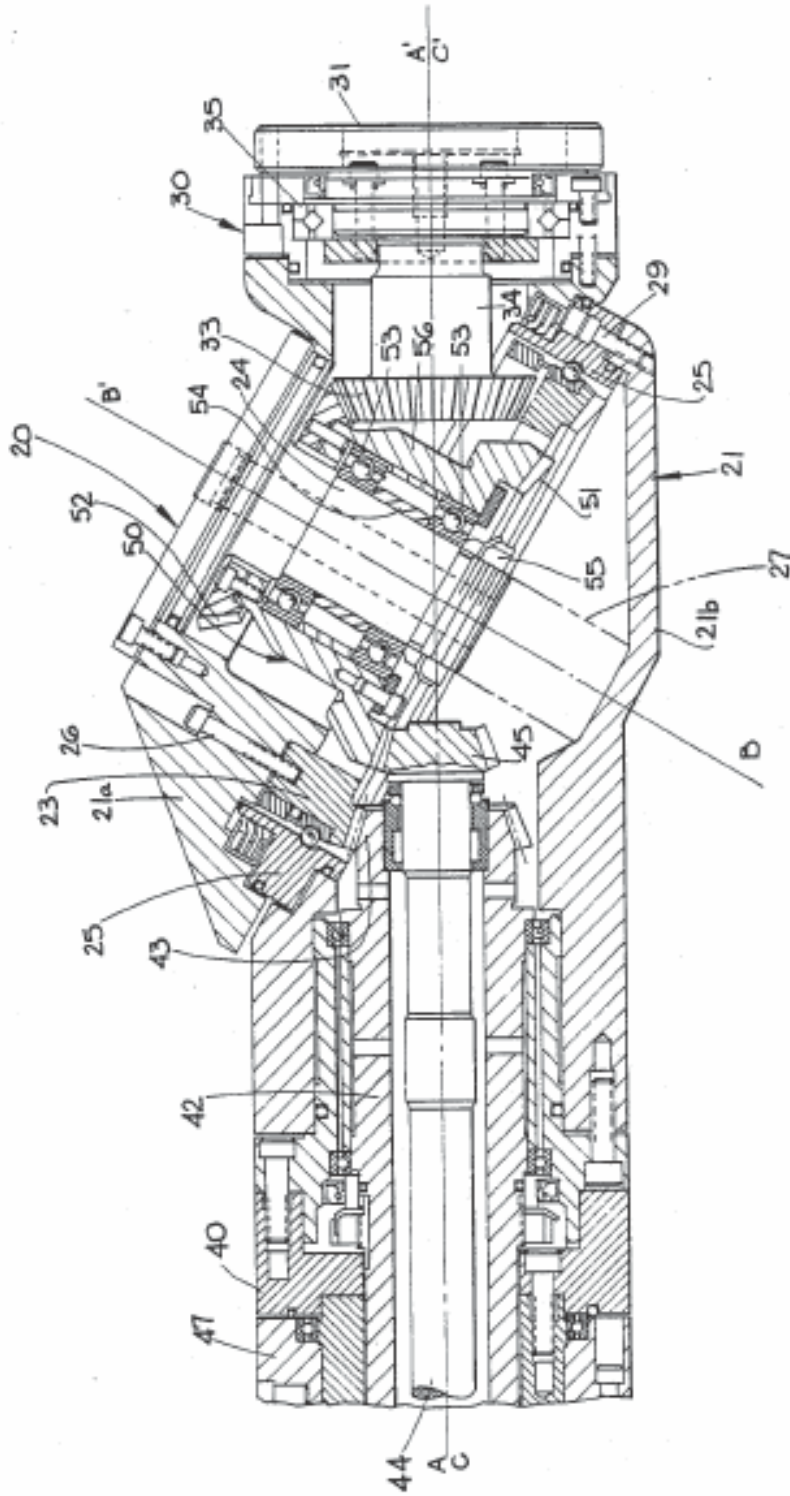
Şekil 3.3 Robot Konstrüksiyon Detay (US PATENT 5761965)



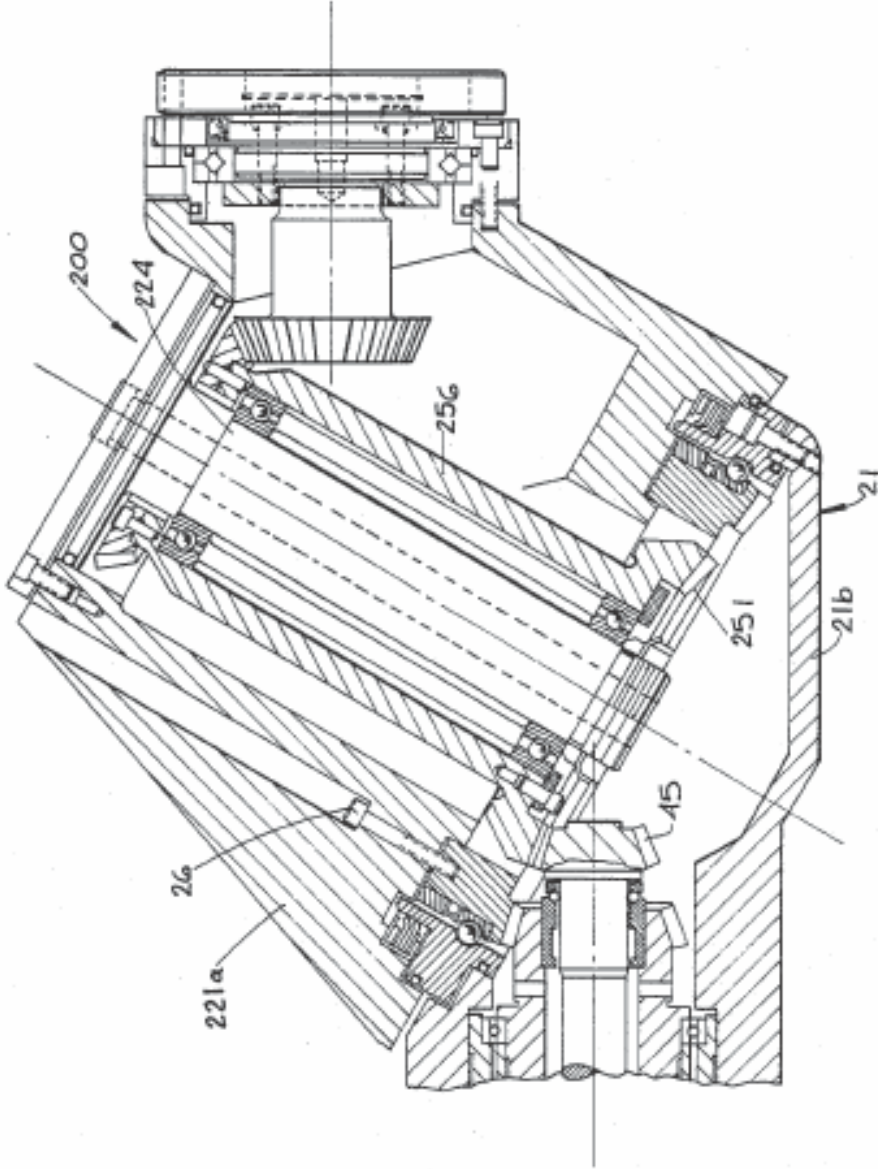
Şekil 3.4 Robot Konstrüksiyon Detay (US PATENT 5761965)



Şekil 3.5 Robot Konstrüksiyon Detay (US PATENT 6014909)



Şekil 3.6 Robot Konstrüksiyon Detay (US PATENT 4787270)



Şekil 3.7 Robot Konstrüksiyon Detay (US PATENT 4787270)



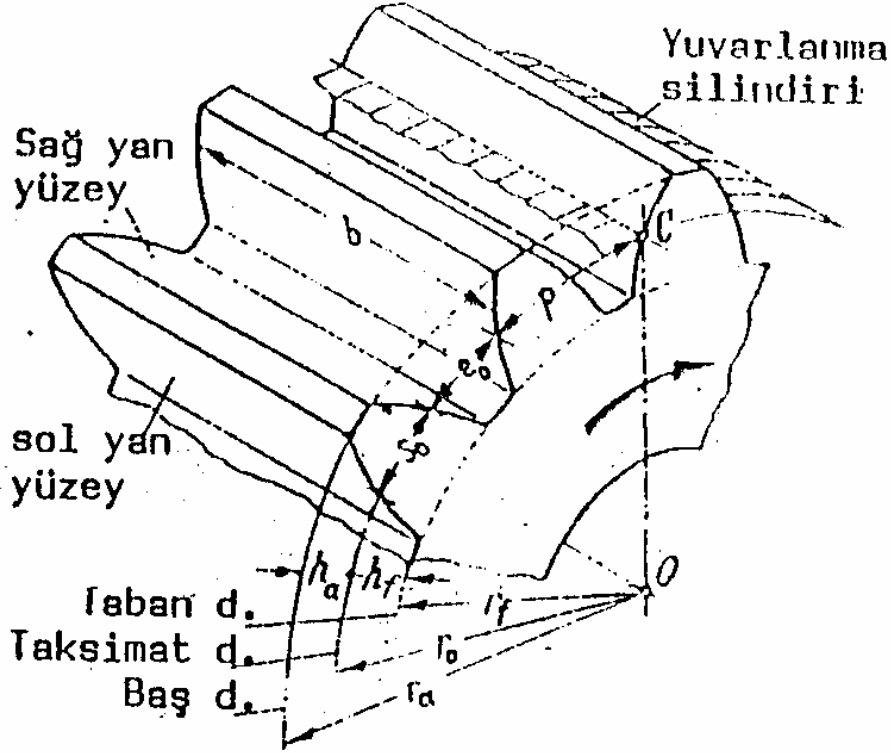
Şekil 3.8 Stabilized Platform Delay (SIMRAD OPTRONICS)

3.2 Sabit Platformlarda Güç İletim Mekanizmaları

Robotlarda hareket, mafsallara yerleştirilmiş motor ile veya herhangi bir yere yerleştirilmiş motorun hareketinin mafsallara kadar aktarılmasıyla elde edilmektedir. Motorlarda hareket aktarımı iki şekilde sağlanmaktadır.

- **Direkt hareket aktarımı** : Motor mafsala direkt olarak yerleştirilmiştir ve bir redüktör aracılığıyla, tork değeri yükseltilmiş ve de hızı azaltılmış olarak mafsala gücü iletmektedir. Bu tip aktarımın artıları, sistemde hareket aktarımı esnasında ara parça kullanılmadığından, sistem cevabı gecikmez, sistem rijit davranır.
- **Endirekt hareket aktarımı** : Motor herhangi bir yere yerleştirilmiştir ve herhangi bir aktarma mekanizmasıyla, hareket mafsala iletilir. Genellikle bu tip mekanizmalarda redüktör, motorun hemen önüne değil, mafsala monte edilir. Bunun nedeni, redüktörden çıkacak yüksek tork değeri, aktarma mekanizmasının daha büyük boyutlarda üretilmesine neden olacak ve tasarımın ebatı büyüyecek, ağırlığı, enerji sarfiyatı artacaktır.

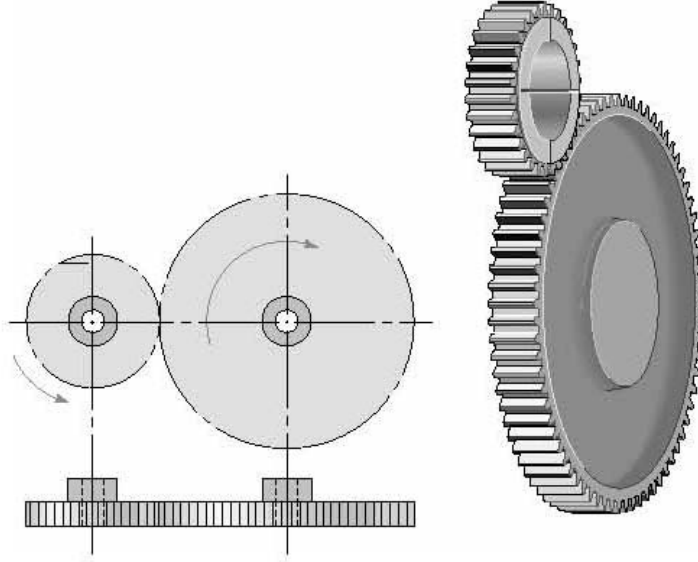
3.2.1 Dişli Çarklar



Çizelge 3.1 Dişli Çarkların Boyutları

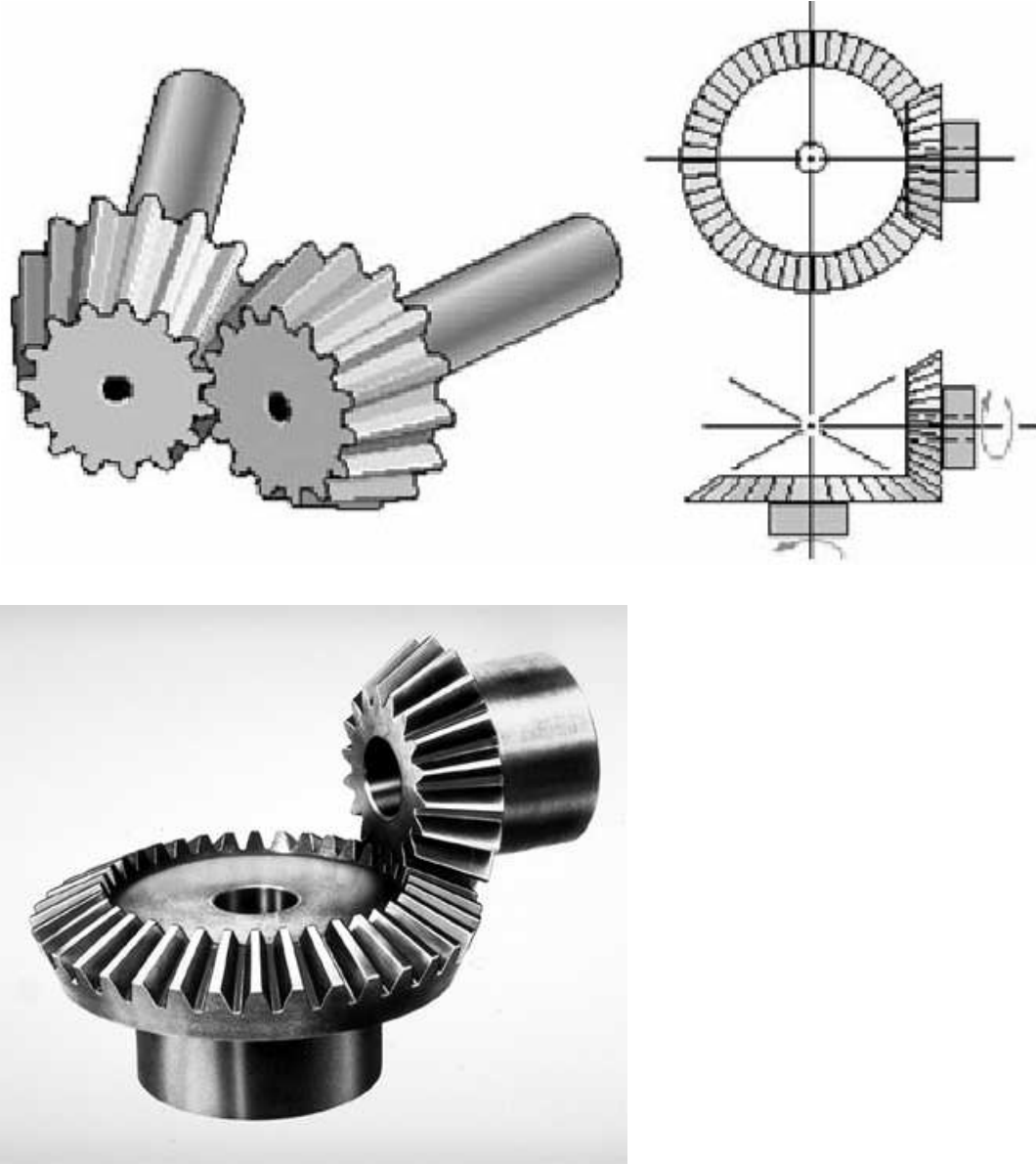
Taksimat Dairesi: Üzerinde dişlerin taksimatı yapılan ve esas dişli çarkın büyüklüğünü belirleyen dairedir. Bu daire üzerinde ölçülen ve bir diş kalınlığı ile bir diş arası boşluğu kapsayan uzunluğa diş taksimatı veya hatve denir. Diş başlarından geçen daireye baş dairesi, diş tabanlarından geçen daireye de taban dairesi denir. Dişin taksimat dairesi ile baş dairesi arasındaki boyuna baş yüksekliği, taksimat dairesi ile taban dairesi arasındaki uzunluğa ise taban yüksekliği denir. Baş yüksekliği modüle eşittir. Taban yüksekliği ise dişli çarkın taban dairesi ile eş çalışacak dişli çarkın baş dairesi arasında bir boşluk olması gerektiğinden modül kadar değil, biraz daha büyük, yaklaşık 1,2.m kadar alınır. Baş ve taban yüksekliklerinin toplamı diş yüksekliğini verir.

- **Düz Dişliler (Spur Gears)** : Eksenleri aynı düzlemde paralel olan iki mil arasında güç ve devir ileten çarklara silindirik veya alın dişli çarklar denir. Dişlerin yönü çark eksenine göre paraleldir. Uygulaması kolay ve ucuzdur ancak yük kapasitesi düşüktür ve biraz sesli çalışır.



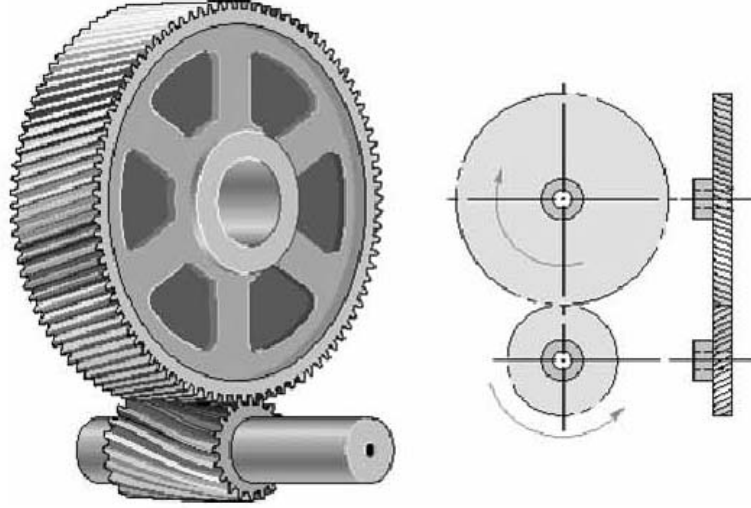
Şekil 3.9 Düz Dişli

- **Konik Dişliler (Straight bevel gears)** : Eksenleri aynı düzlemde kesişen miller arasında güç ve hareket ileten dişli çarklardır. Paralel olmayan shaft eksenlerinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadırlar. Genellikle 90° 'lik eksen çalışmasının olduğu bölgelerde kullanılırlar. Dişler arası temasın doğru olabilmesi için dişlinin shaft ve yataklanması rijit olması gerekmektedir. İki ayrı hareketin, iç içe geçen konik dişli çarklarla yönü değiştirilebilir.



Şekil 3.10 Konik Dişli

- **Helisel Dişliler (Helical gears)** : Helisel dişliler düz dişlilere nazaran daha pahaldır ancak yük kapasiteleri daha yüksektir ve daha sessiz çalışırlar. Fakat, monte edildikleri milde aksiyel kuvvet oluşturulduğundan yataklama şekli değişebilir.



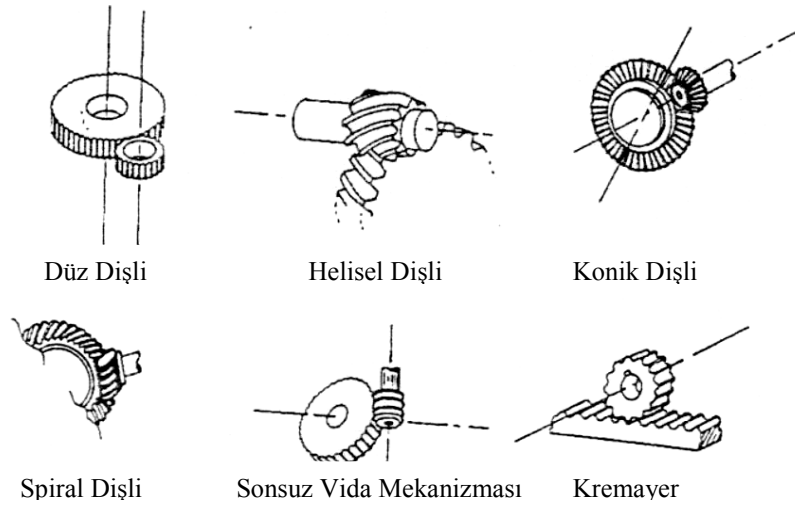
Şekil 3.11 Helisel Dişli

Spiral Dişliler (Spiral bevel gears) : Konik dişlilerin yerine kullanılabilirler. Kavrama birkaç diş üzerinde gerçekleştiğinden daha fazla yük uygulanabilir. Ayrıca imalatı konik dişlilerden daha kolaydır.



Şekil 3.12 Helisel Konik Dişli

- **Hypoid Dişli (Hypoid bevel gears)** : Yük kapasitesi konik dişlilerden fazladır. Şaft eksenleri arasında 90° 'lik açı vardır ancak çakışmazlar, bundan dolayı her şaftın sonuna yataklama yapılabilir. Konik dişlilere göre daha sessiz ve düzgün çalışırlar.
- **Sonsuz Vida Mekanizması (Worm gears)** : Aralarında 90° 'lik açı bulunan şaft eksenlerinde kullanılır, hızı düşürmeye yarar. Çok yüksek redüksiyon oranları sağlayabilir ve yük kapasitesi fazladır. Bütün bu avantajları yanında düşük verimle çalışması ve aşınma olduğunda hassasiyetinden ödün vermesi gibi dezavantajları vardır.



Şekil 3.13 Dişli Çeşitleri

3.2.2 Sabit Platformlarda Kullanılan Özel Mekanizmalar

3.2.2.1 Jiroskop Mekanizması

Türkçesi “Yalpalık” olan alet ilk olarak 1817’ de J.Bohnenberger tarafından icat edilmiştir ve Jiroskop ismi 1852’ de dünyanın dönüş hareketini incelemek üzere yaptığı deneyler sırasında J:Foucault tarafından verilmiştir.Bir jiroskop presesyon ve nutasyon olarak bilinen hareketleri de içine alan çeşitli hareketler yapar.Günlük hayatta,uçak ve gemilerde yön bulmak için, uzay teleskoplarında yörünge kararlılığını sağlayabilmek için yaygın olarak yararlanılmaktadır.

Bisiklete binen herkes, bisiklet hızlı gittiğinde dengeyi sağlamanın, yavaş gitmesine göre çok daha kolay olduğunu bilir.Bir topaç, dönme hızı büyükse, dik kalarak dönmeye devam eder, fakat yavaşladıkça yan yatmaya başlar ve sonunda devrilir.Bu örneklerin her ikisinde de, kararsız cisimler, yeterli hızla hareket halinde oldukları zaman dik durabilmektedir.

Bunlarda gördüğümüz, bir defa bir düzlemde dönmeye başlatılan bir cismin o düzlemde dönme etkisi özelliğinden jiropusularda ve denizcilik ile havacılıkta kullanılan başka çeşitli seyir yardımcılarında faydalanılır. Bu özellik, ağırlığının büyük bir kısmı çevresine yakın toplanmış bulunan tekerleklerde daha açıktır. Bu cins ağır tekerleklerin hepsine “jiroskop” denir.

Jiroskop; iç içe mafsallı üç halka ile, eksenini en içteki halkaya mafsallı döner bir diskten oluşan bir aygıt. Örneğin yandaki şekilde görünen haliyle; "rotor" da denilen diskin dönme mili, x-z düzleminde yatan bir halkaya, z eksenini doğrultusunda bir çap oluşturacak şekilde mafsallı. Bu halka; dışındaki, x-y düzleminde yatan ve "mafsallı yatak" ("gimbal") da denilen bir diğer halkaya, x eksenini doğrultusunda mafsallı. Nihayet, mafsallı yatak halkası da; jiroskopun y-z düzleminde yatan, keza halka şeklindeki "çerçeves"ine, y eksenini doğrultusunda çap oluşturacak şekilde mafsallı. Bu düzeneği ayağından, diyelim bir uçağın zeminine sabitledik ve uçak kalkmadan önce, diske bir miktar dönme açısal momentumu kazandırdık. Sürtünme kayıplarını gözardı edip, diskin sürekli döndüğünü varsayıyoruz.



Şekil 3.14 Üç serbestlik dereceli jiroskop örneği

GYRO AÇISAL DÖNÜŞ MOMENTUM VEKTÖRÜ



TORK VEKTÖRÜ

GYRO DEVİNİM VEKTÖRÜ

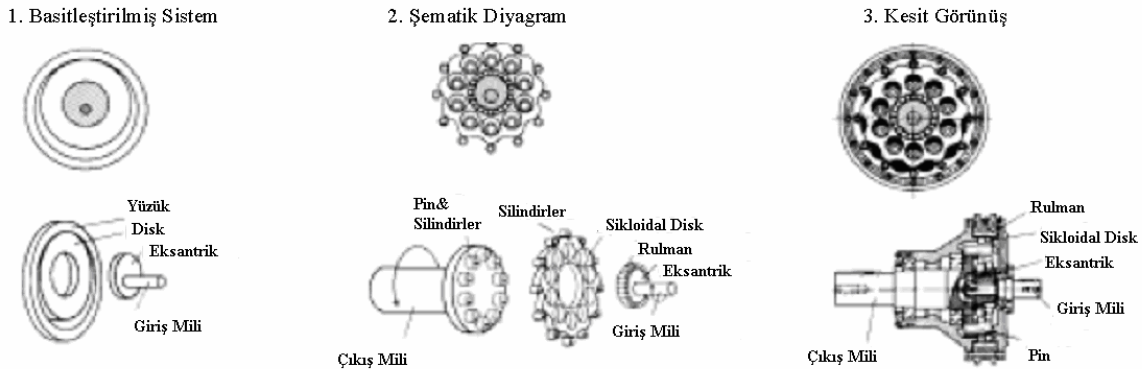
Şekil 3.15 Temel jiroskop hareket kanununun gösterimi

Uçak yol boyunca, doğrusal hızlanma veya yavaşlanmalar dışında, üç çeşit dönme hareketi yapabilir. Bunlardan birincisi, burnunu yukarı kaldırıp aşağıya indirerek x eksenini etrafında dönmek ("pitch"); ikincisi, gövdesini yatayda sağa sola döndürerek z eksenini etrafında dönmek ("roll"); üçüncüsü de, gövdesini sağa veya sola yatırarak y eksenini etrafında dönmek ("yaw"). Jiroskopun özelliği şu: Tasarımdaki mafsalların sürtünmesiz olduğunu varsaymak kaydıyla, diskin dönme eksenini; uçağın doğrusal ivmelenmelerinden etkilenmediği gibi, x, y, z eksenleri etrafındaki dönmelerinden de etkilenmez. Bunun neden böyle olduğunu, şekildeki düzenek tasarımını, sözkonusu hareketler gerçekleşirken vereceği tepkiler açısından inceleyince görmek mümkün. Bu şu anlama geliyor: Uçak yolda hangi hareketleri yaparsa yapsın, diskin dönme eksenini, kalkıştan önceki doğrultusunu korur. Eğer bu doğrultu kuzeye doğru idiyse örneğin, böyle tek bir jiroskop, pusula olarak kullanılabilir. Bu amaçla kullanılan bir jiroskopa, "jiroskompas" ("gyrocompass") da deniyor.

Ancak, jiroskopların seyrüseferde çok daha önemli işlevleri var. Uçak kalkmadan önce, yere göre sabit bir x-y-z koordinat sistemi seçmiş ve üç tane jiroskop alıp, disklerini bu sistemin x, y ve z eksenleri etrafında döndürmüş olalım. Uçak yolda hangi hareketleri yaparsa yapsın, jiroskoplarımız, başlangıçta seçmiş olduğumuz sabit x-y-z koordinat sistemini korur.

3.2.2.2 Cyclo Drive Mekanizması

Sumitomo firmasına ait bu ürün, yüksek güç aktarım kapasitesine sahiptir. Tek kademeli redüksiyon oranı 1/6 dan 1/179'a kadar olabilir. "0" diş boşluklu yada düşük diş boşluklu olabilir. Cyclo drive mekanizmasında olmayan en önemli özellik, "hollow shaft" yani içinden boylu boyuna delik geçen modelinin olmamasıdır. Sadece redüksiyon yapılmış, giriş çıkış yatakları yapılmamış olarak yada giriş,çıkış yatakları yapılmış olarak üretilmektedir. Yataklaması yapılmış olan sistemde çıkış, çapraz makaralı rulman veya sisteme adapte edilmiş bir çift konik makaralı rulman kullanılmaktadır.



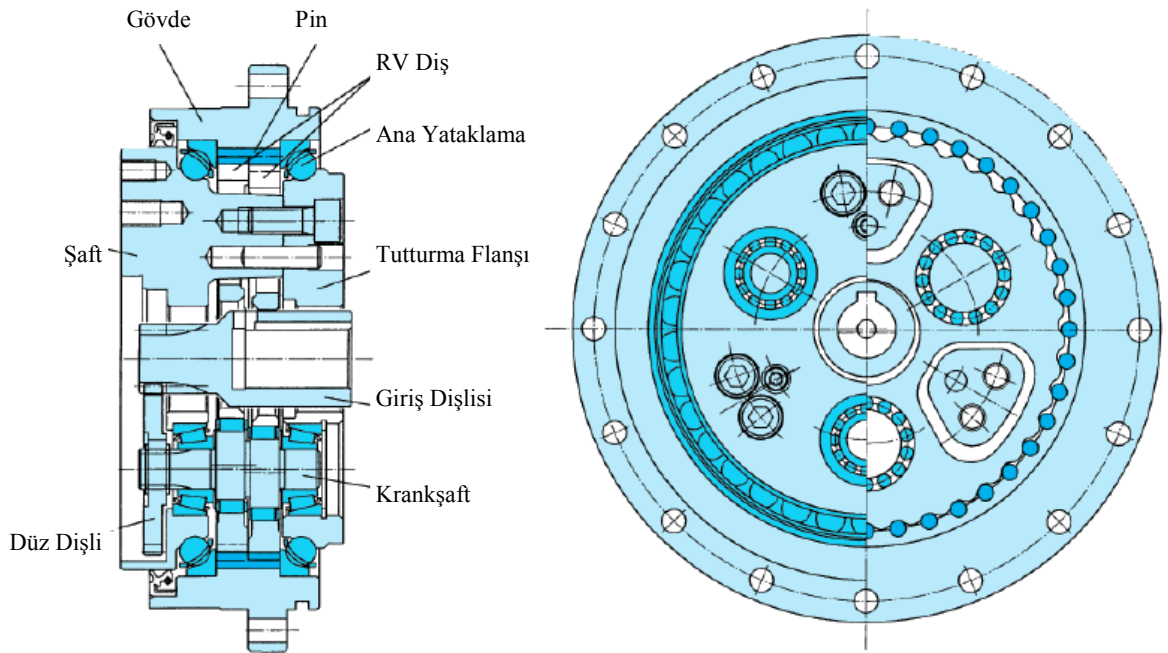
Şekil 3.16 Cyclo Drive mekanizmasının çalışma prensibi (Sumitomo)

- Simplified System : Basitleştirilmiş sistem
 - Dış bilezik : Ring
 - Disk : Disc
 - Eksantrik : Eccentric
 - Giriş şaftı : High Speed Shaft
- Şematik diyagram : Schematic Diagram

- Pinler ve makaralar : Pins & Rollers
- Çıkış şaftı : Slow Speed Shaft
- Makaralar: Roller
- Sikloidal disk : Cycloidal Disc
- Yataklama : Bearing
- Kesit görünüş : Sectional Drawing

3.2.2.3 RV Gears Mekanizması

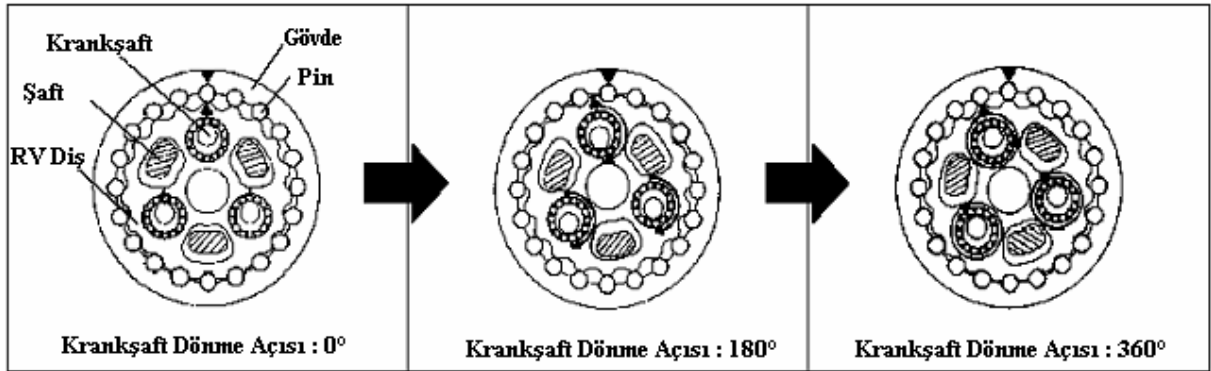
Teijin Seiki firmasına ait ürün, harmonic drive mekanizmasından yüksek, cyclo drive mekanizmasından az güç aktarım kapasitesine sahiptir. Konstrüktif olarak en karmaşık yapıya sahiptir. Kendi içinde iki kademede redüksiyon yapmaktadır. Tek mekanizmayla 1/30 dan 1/185'e kadar redüksiyon yapılabilir. Çok düşük diş boşluğuna sahiptir (1dak.). "Hollow shaft" modeli vardır fakat giriş eksenini çıkış ekseninden kaçıktır. Sadece giriş, çıkış yataklaması yapılmış olarak üretilmektedir. Çıkış yataklaması sisteme adapte edilmiş bir çift omuzlu rulman ile yapılmıştır.



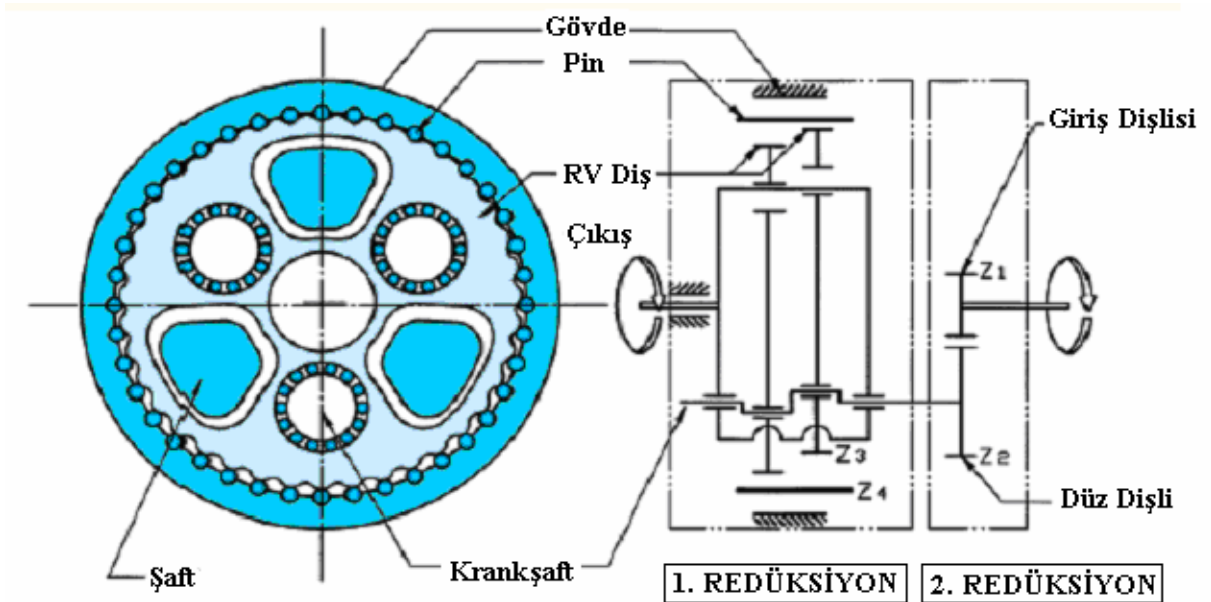
Şekil 3.17 RV Gears mekanizmasının konstrüktif yapısı (Teijin-Seiki)

- Gövde : Case
- Pin : Pin
- Çıkış şaftı : Shaft

- Düz dişli : Spur Gear
- Krankşaft : Crankshaft
- Giriş dişlisi : Input Gear
- Tutturma flanşı : Hold Flange
- Ana yataklama : Main Bearing
- RV diş : RV Gear



Şekil 3.18 RV Gears mekanizmasının çalışma prensibi (Teijin Seiki)



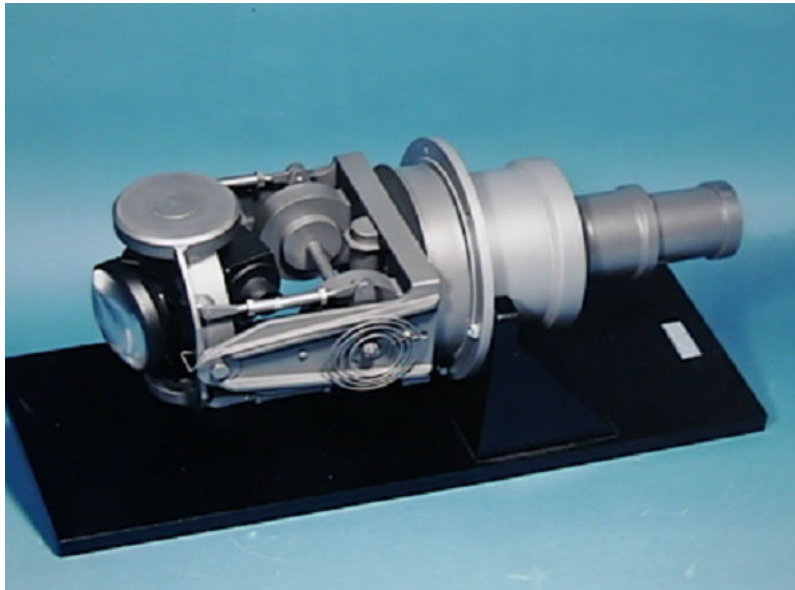
Şekil 3.19 RV Gears mekanizmasının, mekanizma blok diyagramı (Teijin-Seiki)

3.3 Sabit Platforma Ait Örnekler

Stabil Platformun mekanik yapısı, sistemi tasarımını yapana göre değişiklik gösterdiğinden ve de sınırların çok geniş olmasından dolayı “platform konstrüksiyonu” şeklinde kitaplar bulunamamaktadır. Her firmanın, her tasarımcının kendine özgü çözümleri vardır. Netice itibariyle, bu platformların belli konstrüktif mekanizmaların diziliminden meydana gelmesi ve de her tasarımcının bu dizilimi değiştirebilmesi nedeniyle tasarım detayları kitaplarda yer almamaktadır.



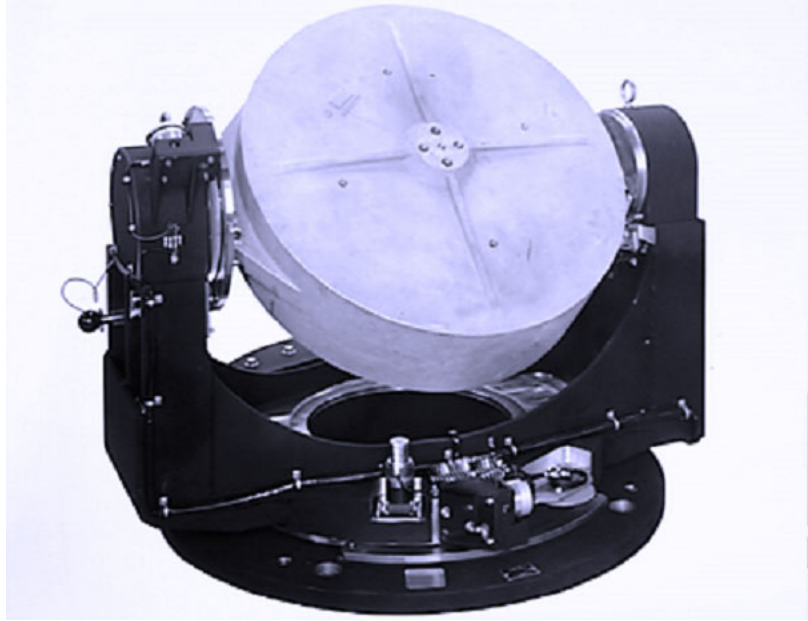
Şekil 3.20 Sabit Platformların Mekanik Yapısı Ait Örnek (AIRBORNE)



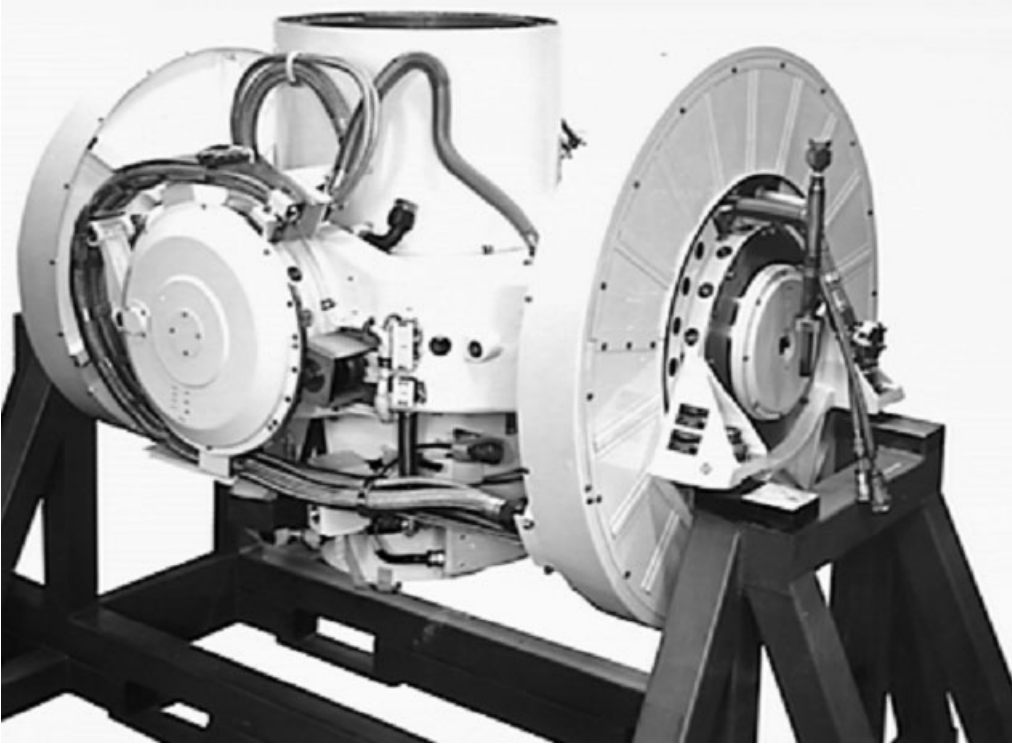
Şekil 3.21 Sabit Platformların Mekanik Yapısı Ait Örnek (AIRBORNE)



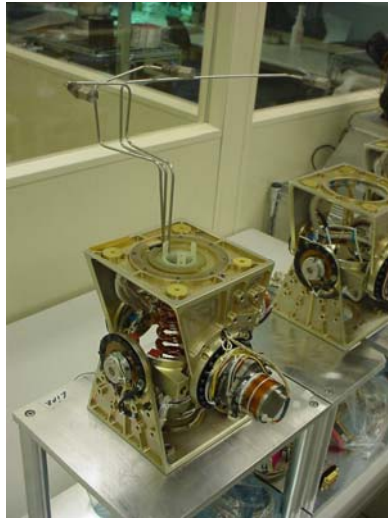
Şekil 3.22 Sabit Platformların Mekanik Yapısı Ait Örnek (AIRBORNE)



Şekil 3.23 Sabit Platformların Mekanik Yapısı Ait Örnek (AIRBORNE)



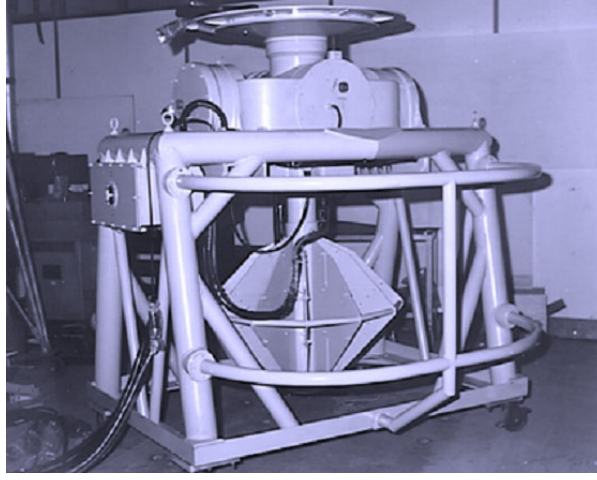
Şekil 3.24 Sabit Platformların Mekanik Yapısı Ait Örnek (GIMBAL TECH)



Şekil 3.25 Sabit Platformların Mekanik Yapısı Ait Örnek (GIMBAL TECH)



Şekil 3.26 Sabit Platformların Mekanik Yapısı Ait Örnek (GIMBAL TECH)



Şekil 3.27 Sabit Platformların Mekanik Yapısı Ait Örnek (GIMBAL TECH)

4 SABİT PLATFORM DİNAMIĞI

4.1 Sabit Platform Analizi

Stabil Platform Sistemi iki ana birimden oluşmaktadır. Bunlar; tüm elektronik işlevlerin yer aldığı “Elektronik Birimi” ve üç eksen jiroskopik stabilizasyona sahip “Pedestal Birimi”dir.

4.1.1 Elektronik Birim Analiz

Sistem kontrol, görüntü işleme, hedef takibi, servo kontrol ve güç kaynağı elektroniğinden oluşmaktadır. Elektronik Birim takıldığı platformun üzerinde bulunan askeri standarttaki haberleşme ağ yapısına bağlanabilmekte, böylece platform üzerinde bulunan diğer birimlerle veri alış-verişini yapmaktadır.

Sistemde bulunan Görüntü İşleme algoritmaları algılayıcılardan elde edilen ham görüntü verilerini oldukça karmaşık analog ve sayısal teknikler kullanılarak işlemekte ve yüksek çözünürlükte ve istenilen sayısal büyütme formatında görüntü vermektedir. Bunlardan en etkin yerel alan işleme olup, bu sayede aynı ekranda çok sıcak ve soğuk nesnelere karar verme veya parlamaya sebep olmadan izlenebilir.

Hedef takip; birden fazla hedefi gerek gündüz görüş sistemleri ve gerekse de termal kamerası ile aynı anda takip edilmektedir. Sistemin diğer tüm alt parçaları gibi tamamen özgün olarak geliştirilen algoritma ve yazılımlar ile gerçekleştirilen bu hedef takip sistemi benzersizdir.

Sistem içinde bulunan Termal kamera ve uzaktan teşhis kamerası kullanılarak, hedef işaretleme veya hedef koordinat belirleme çalışmaları yapılırken, artı-kıllı ile görüntü üzerinde belirtilen nokta ile lazer hedef işaretleme ve mesafe ölçme biriminin işaretlediği noktanın yüksek doğrulukta çakıştırılması gerekmektedir.

4.1.2 Pedestal Birim Analizi

Sabit Platform hızlı taramayı maksimum 100 dev\dak ve 360° döngüsü ile maksimum 30° açılı, üç serbestlik dereceli hareket sağlamaktadır. Hedef tarama geniş bantta 8-10 mikrometre, kısa bantta ise 3-5 mikrometre yakalama kabiliyetine sahiptir. Elektro-mekanik birimleri içermektedir. 3 adet servomotor ile hareket tahrik edilmektedir. Helisel dişli çarklar, konik dişli çarklar ve özel iç konik dişli çarklar kullanılmıştır.

4.2 Sabit Platform Konstrüksiyon Hesapları

Dinamiğin farklı temel prensiplerinden yola çıkılarak sabit platform hareket denklemlerinin farklı yollardan elde edilmesi mümkündür. Elde edilecek denklemlerin, hangi yoldan elde edilmiş olurlarsa olsunlar, platform dönel hareketini temsil etmek bakımından birbirlerinden hiçbir farkları olmayacağı açık olmakla birlikte farklı yollardan elde edilen denklemlerin farklı yapılarda oldukları da bir gerçektir. Bu yapıların birbirlerinden farklı olan temel özellikleri, kullanım amacına göre, aralarında bir tercih yapılmasını gerektirir.

Hareket denklemlerinin sahip olması istenen iki önemli özellik vardır. Bunlardan birincisi denklemlerin kapalı formda olması, yani $\tau(t)$ ile $q(t)$ arasındaki ilişkiyi açık ifadeler şeklinde ortaya koyması, ikincisi ise denklemlerin süratle hesaplanabilir yapıda olmasıdır.

Sabit Platformun dinamik modeli, Newton mekaniği ve Lagrange mekaniği gibi bilinen fiziksel kanunlar yardımıyla elde edilir. Lagrange-Euler (L-E) ve Newton-Euler (N-E) formülasyonları gibi geleneksel yaklaşımlar, platformun dönel hareket denklemlerini sistematik olarak çıkarmakta kullanılırlar. Sabit platform dinamiğini tanımlamakta kullanılan denklemler farklı yaklaşımlarla elde edilir. Bunlar,

- Lagrange-Euler formülasyonu,
- Newton-Euler formülasyonu,
- Genelleştirilmiş d'Alembert formülasyonu.

Bu formülasyonların hepsi gerçekte birbirine benzerdir. Fiziksel olarak aynı dinamik davranışı tanımlarlar. Bununla beraber bu denklemler, değişik sebep ve amaçlar için oluşturulduklarından dolayı yapılarında da farklılık vardır. Bunlardan bazıları hızlı hesaplanma zamanı avantajlarından dolayı servomotorlar tarafından ana gövdelere uygulanacak nominal kuvvet/momentlerin hesaplanmasında, diğerleri ise, genelde kontrol analizi ve sentezi ile platform dönel hareketinin bilgisayar simülasyonlarının gerçekleştirilmesinde kullanılır. Yöntemlere kısaca değinecek olursak,

4.2.1 Lagrange-Euler Formülasyonu

Bir Platform dönel hareket denklemlerinin Lagrange-Euler formülasyonu yardımıyla çıkarılması yoğun bir matris hesaplama işlemi gerektirir. Bu amaçla, her bir kola yerleştirilen koordinat sistemleri ile bunların yerdeğiştirmeleri ve birbirine göre konumlarını belirleyen Denavit-Hartenberg matris gösteriminden yararlanır. Bu hareket denklemlerinin

çıkarılmasında Denavit-Hartenberg gösterimi kullanılarak sistematik olarak oluşturulan matrisler bilgisayarla hesaplamada kolaylık sağlarlar.

4.2.2 Newton-Euler Formülasyonu

Lagrange-Euler formülasyonu kullanılarak çıkartılan ikinci dereceden lineer olmayan diferansiyel denklemler kullanılarak, yörünge üzerindeki her bir nokta için mafsalların konum, hız ve ivmeleri bilirse nominal mafsal momentleri gerçek zamanda bulunabilir. Ancak bu işlem açık çevrimli kontrolde, problem olmaktadır. Çünkü Lagrange-Euler denklemlerinin çıkarılmasında 4×4 homojen dönüşüm matrislerinin kullanılması hesaplama zamanını arttırmaktadır. Hesaplama zamanını azaltmanın bir yolu, Coriolis ve merkezkaç kuvvetlerinin ihmal edilmesidir. Böylece basitleştirilmiş dinamik denklemler kullanılarak mafsal momentleri daha hızlı bir şekilde hesaplanabilir. Ancak basitleştirilmiş model kullanımı yüksek hızlı robot hareketlerinde, arzu edilen mafsal moment değerinden önemli sapmalar meydana getirdiğinden pek kullanışlı bir yöntem değildir. Kapalı çevrim kontrolde düzeltici momentlerin bulunmasında basit model kullanılması durumunda hızlı robot hareketlerinde aşırı düzeltici moment ihtiyacına neden olmaktadır. Bu nedenle, özellikle kontrolde kullanılacak dönel gövde, dinamik denklemlerinin çıkarılmasında, Newton'un ikinci kanunundan faydalanarak, açık kinematik zincir mekanizmalarının dinamiği için Newton-Euler denkleminin değişik formları geliştirilmiştir. Newton-Euler formülasyonu uygulanarak bir robot kola ait neticeler vektörel çarpımlı terimlerden oluşan ileri ve geri ardışık tekrarlı denklemler takımı olarak ifade edilir. Bu formülasyonun, gerçek zamanlı kontrolde uygulanacak momentlerin, hesaplama zamanını önemli ölçüde azaltması çok önemli bir yönüdür. Sabit platform temel koordinat takımına göre hareketinin kinematik ilişkileri, d'Alembert prensibine dayanılarak matematik modeli ifade edilir.

4.2.3 Genelleştirilmiş d'Alembert Yöntemi

L-E formülasyonu ile hareket denklemlerinin elde edilmesinde, 4×4 homojen matris dönüşümlerinin kullanılması hesaplama etkinliğini azaltır. Buna karşın, N-E formülasyonunda hesaplama etkinliği, vektör formülasyonundan ve bu formülasyonun ardışık yapısından kaynaklanır. Hareketin kapalı formdaki denklemlerini elde etmek için, relatif konum vektörü ve dönme matrisi gösterimleri kullanılarak her bir uzvun kinematik bilgileri elde edilir. Robot kolun kinetik ve potansiyel enerji ifadelerinden Lagrange fonksiyonu elde edilerek, hareket denklemleri çıkarılır.

5 TASARLANAN SABİT PLATFORMUN MEKANİK HESAPLAMALARI

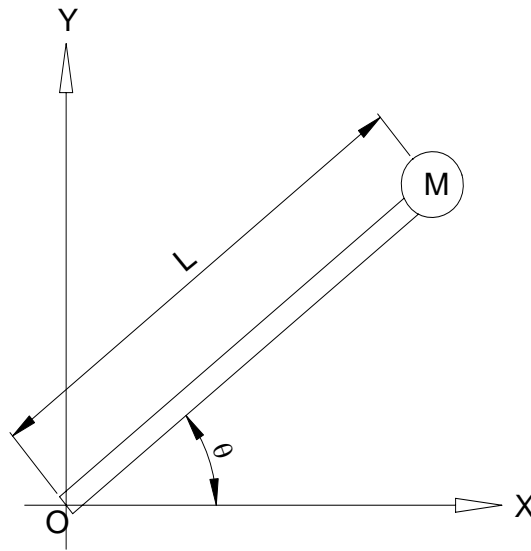
5.1 Pedestal Momentlerinin Bulunması

5.1.1 Giriş

Sabit platform, 30° açılı gövdelerine döngü verilmesi için iç içe boru miller kullanılmıştır. Pedestal hem kapladığı hacime hemde kompakt tasarıma dikkat edilerek hesaplanmıştır.

5.1.2 Mafsal Momentlerinin Hesap Yöntemi

Proje için yapılan hesaplamalarda Lagrange denklemi uygulanmıştır. Bu yöntem robot üzerinde şu şekilde uygulanmıştır. Momenti hesaplanacak olan mafsaldan, robotun uç noktasına ve robotun ucuna monte edilen sisteme kadar olan kısmın ağırlığı ve ağırlık merkezi bulunur. Hesaplanacak olan mafsaldan, ağırlık merkezine kadar olan kısım düz, rijit ve ağırlıksız çubuk gibi ve de ucuna hesap edilen ağırlık kadar kütle varmış gibi düşünülür. Önemli olan nokta, ağırlık merkezinin bulunması esnasında, hesap edilecek mafsalın maximum zorlanma anını yakalamaktır.



Şekil 5.1 Mafsal momentinin bulunmasının şematik gösterimi

M : Mafsaldan, robotun uç noktasına kadar olan kısmın ve uç kısma takılan cisimlerin ağırlıklarının toplamı.

L : Mafsaldan, hesaplanan ağırlık merkezine olan uzaklık.

Burada yükün konumunu bulup, türevlerini alırsak,

$$X_M = L \cdot \cos\theta \quad \dot{X}_M = -L \cdot \sin\theta \cdot \dot{\theta} \quad (6.1)$$

$$Y_M = L \cdot \sin\theta \quad \dot{Y}_M = L \cdot \cos\theta \cdot \dot{\theta} \quad (6.2)$$

$$V_M = \sqrt{(\dot{X}_M^2 + \dot{Y}_M^2)} = \sqrt{((L \cdot \sin\theta \cdot \dot{\theta})^2 + (L \cdot \cos\theta \cdot \dot{\theta})^2)} = \sqrt{L^2 \cdot \dot{\theta}^2 (\sin^2\theta + \cos^2\theta)} = L \cdot \dot{\theta} \quad (6.3)$$

Bu hızlardan yola çıkarak yüklerin kinetik ve potansiyel enerji denklemlerini yazarsak :

$$E_k = \frac{1}{2} M \cdot V_M^2 = \frac{1}{2} M \cdot L^2 \cdot \dot{\theta}^2 \quad (6.4)$$

$$E_p = h \cdot M \cdot g = Y_M \cdot M \cdot g = L \cdot \sin\theta \cdot M \cdot g \quad (6.5)$$

Enerji denklemlerine Lagrange yöntemini uygularsak belirli bir açı için o mafsaldaki momenti bulabiliriz.

θ_θ : Mafsal için gereken moment;

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial E_k}{\partial \dot{\theta}} \right) - \frac{\partial E_k}{\partial \theta} + \frac{\partial E_p}{\partial \theta} = \theta_\theta \quad (6.6)$$

$$\frac{\partial E_k}{\partial \dot{\theta}} = M \cdot L \cdot \dot{\theta} \quad \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial E_k}{\partial \dot{\theta}} \right) = M \cdot L \cdot \ddot{\theta} \quad (6.7)$$

$$\frac{\partial E_k}{\partial \theta} = 0 \quad \frac{\partial E_p}{\partial \theta} = L \cdot M \cdot g \cdot \cos\theta \quad (6.8)$$

$$\theta_\theta = M \cdot L^2 \cdot \ddot{\theta} + L \cdot M \cdot g \cdot \cos\theta \quad (6.9)$$

Bulunur.

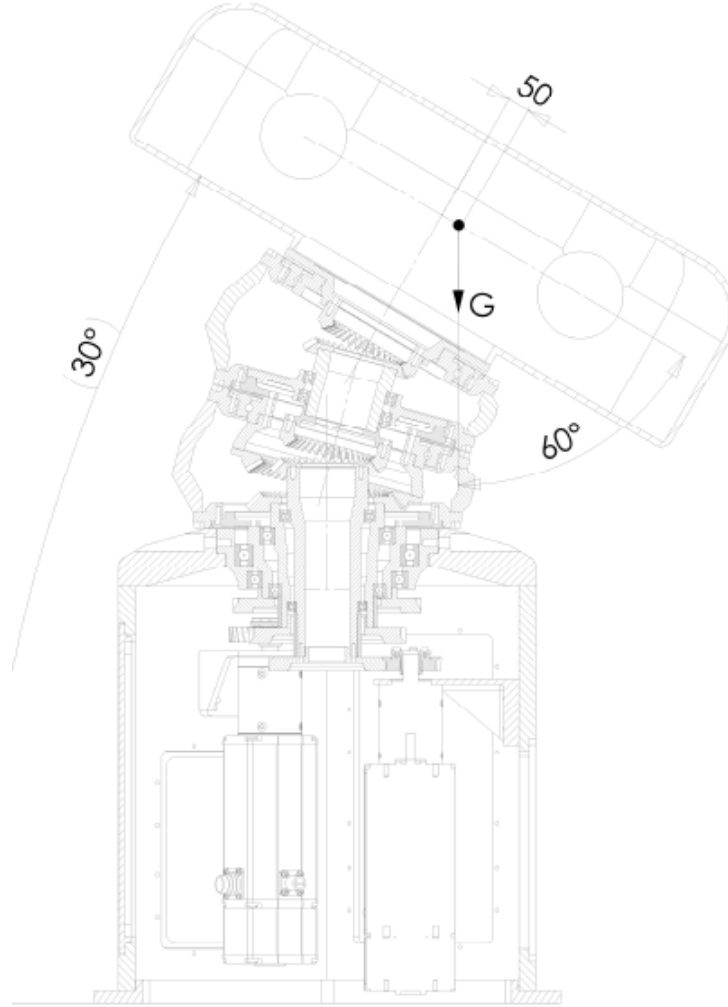
Mafsal momentleri hesaplanırken yukarıdaki denklemden faydalanılmıştır. Denklem hem statik hemde dinamik momenti içermektedir. Hesap esnasında maksimum zorlanmayı bulabilmek için “ θ ” açısı “0°” kabul edilmiştir.

5.2 Pedestal Mekanik Hesapları ve Boyutlandırma Kontrolü

5.2.1 Elektronik Birim Gövdesinin Hesapları

5.2.1.1 Servomotor Seçimi

Tork hesabı yapabilmek için, ilk önce gerekli maximum torku bulmamız gerekmektedir. Bunu, başta yapmış olduğumuz ağırlık, mafsal hızı ve ağırlık merkezi kaçıklığı kabulünden bulabiliriz.



Şekil 5.2 Elektronik gövde maksimum 30° durumdaki moment

Burada, mafsal momenti hesabında kullanılacak olan ölçü, “93,41mm” dir. Ağırlık merkezinin eksenden kaçıklığını, yani 240mm’yi yataklama hesabında dahil edilecektir.

Hızı $\omega = 601,6^\circ/\text{s}$ (10,5 r/s, 100d/d) ve de bu hıza ulaşması için gereken süre $t = 1$ s kabul edilmiştir. Dolayısıyla da eksen ivmesi $\alpha = 5,25$ r/s² olarak bulunur. Maximum moment için $\theta = 0^\circ$ alınmıştır.

$I = 1,46$ kg.m² programdan alınmıştır. (Şekil 6.3)

50 mm’lik kaçıklığa Lagrange denklemini (6.9) uygularsak,

$$\theta_0 = (M.L^2 + I).\ddot{\theta} + L.M.g.\cos\theta$$

$$\theta_0 = (49,5.0,05^2 + 1,46).5,25 + 0,05.49,5.9,81.\cos 0$$

$$\theta_0 = 32,59 \text{ N.cm}$$

Solidwork tasarım programında çizilmiş olan pedestalin atalet moment değerleri Kütle Özellikleri bölümünden alınmıştır.Aşağıda değerler belirtilmiştir;

Atalet Momenti (gram/mm⁴)

Ixx = 1354094398,28	Ixy= -152356,41	Ixz= -2253,43
Ixx = -152356,41	Ixy= 1457766565,32	Ixz= -1283,00
Ixx = -2253,43	Ixy= -1283,00	Ixz= 416215073,23

Şekil 5.3 Elektronik gövde Atalet Moment Değeri

Bu mafsal için gereken maximum moment 32,59 N.m olarak bulunmuştur ve bu moment 1 s için uygulanmaktadır. Bunun nedeni, mafsal istenilen hıza çıktıktan sonra dinamik moment etkisi ortadan kalkacak, sabit hızda sadece statik moment etki edecektir. Statik moment ise açının artmasıyla azalacaktır.

Seçilen Servomotor,BG 65x50 150W ve seçilen redüktör ise PLG 53 i:15 DUNKERMOTOREN firmasından alınmıştır.Özellikleri ;

- Sürekli Hız Devri 3100 d\dak
- Sürekli Tork 26 (31) Ncm
- Sürekli Akım 5,6
- Başlangıç Tork 163 Ncm
- Rotor Ataleti 128
- Motor Ağırlığı 1,3 kg

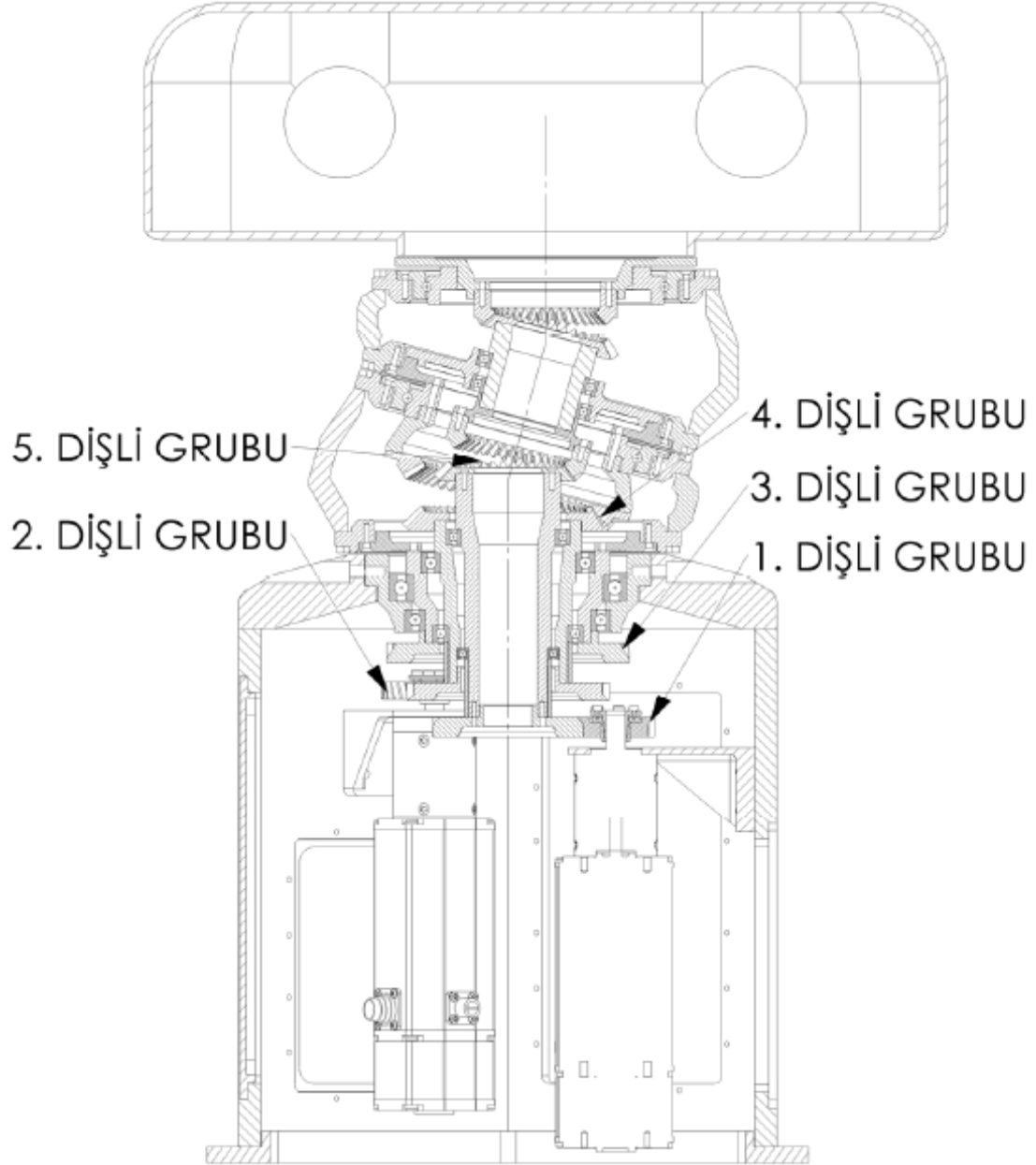
Redüktörün temel değerleri ise;

- Verim 0,81
- Kademe 2
- Redüktör Ağırlığı 0,72 kg
- Eksenel Yük/Radyal Yük 500/350



Şekil 5.4 Servomotor DUNKERMOTOREN

5.2.1.2 DİŞLİ ÇARK GRUP BİLGİLERİ



Şekil 5.5 Dişli Resmi

5.2.1.3 1. Dişli Çark Grubu Bilgileri

1. Dişli

2. Dişli

$$i = 2$$

$$\alpha = 20^\circ$$

$$\beta = 15^\circ$$

$$\Sigma = 90^\circ$$

$$m = 2 \text{ mm}$$

$$B = 12$$

Sol helis Yönü

Sağ helis yönü

Diş Sayısı 22

44

Helis Yönü Sol

Sağ

5.2.1.4 2. Dişli Çark Grubu Bilgileri

1. Dişli

2. Dişli

$$i = 2$$

$$\alpha = 20^\circ$$

$$\beta = 15^\circ$$

$$\Sigma = 15^\circ$$

$$m = 2,5 \text{ mm}$$

$$B = 12$$

Sol helis Yönü

Sağ helis yönü

Diş Sayısı 30

60

Helis Yönü Sol

Sağ

5.2.1.5 3. Dişli Çark Grubu Bilgileri

1. Dişli

2. Dişli

$$i = 2$$

$$\alpha = 20^\circ$$

$$\beta = 15^\circ$$

$$\Sigma = 90^\circ$$

$$m = 2 \text{ mm}$$

$$B = 12$$

Sol helis Yönü

Sağ helis yönü

Diş Sayısı 36

67

Helis Yönü Sol

Sağ

5.2.1.6 4.Konik Dişli Çark Bilgileri

1. Dişli

2. İç Konik Dişli

$$i = 1$$

$$\alpha = 20^\circ$$

$$\beta = 15^\circ$$

$$\Sigma = 15^\circ$$

$$m = 2 \text{ mm}$$

$$B = 16$$

Diş Sayısı 52

52

5.2.1.7 5.Konik Dişli Çark Bilgileri

1. Dişli

2. İç Konik Dişli

$$i = 1$$

$$\alpha = 20^\circ$$

$$\beta = 15^\circ$$

$$\Sigma = 15^\circ$$

$$m = 2,5 \text{ mm}$$

$$B = 16$$

Diş Sayısı

36

36

5.2.2 Helisel Dişli Çark Hesaplanması Mukavemet Kontrolü

5.2.2.1 Modül Hesabı

Dişli Malzemesi “Kestamid” seçildi. Tablo II’den;

$$\sigma_{F_{im}} = 85 \text{ N/mm}^2 \quad \text{değeri alınır.}$$

Emniyet Katsayısı

$$S = 1.8 \quad (1.7-2 \text{ arasında olmalıdır})$$

Dişli çentik faktörü

$$Y_S = 0,95$$

Yüzey Pürüz Faktörü

Çok hassas işlenip parlatılmış dişlilerde;

$$Z_R = 1$$

değerleri kabul edildikten sonra;

$$\sigma_{em} = \frac{\sigma_{F \text{ lim}}}{S} \cdot Y_S \cdot Z_R$$

$$\sigma_{em} = \frac{85}{1.8} \cdot 0,95 \cdot 1$$

$\sigma_{em} = 44,86 \text{ N/mm}^2$ olarak bulunur.

Eğim Açısı;

$$\beta = 15^\circ$$

Diş Form Faktörü;

$Z_1 = 22$ diş olarak alırsak; $x = 0$ profil kaydırma yoktur. Çizelge 5.1 'den

$Y_F = 2,83$ olarak bulunur.

b/m oranı;

Kutu şeklinde gövde içinde, iyi yataklanmış ise $15 \leq b/m \leq 25$ arasında bir değer seçilmelidir.

$$b/m = 20$$

Yan yüzey form faktörü

$\beta = 15^\circ$ vex = 0 profil kaydırma hali için;

$$Z_H = 1,72 \text{ (Çizelge 5.2)}$$

Malzeme Faktörü

Çelik malzeme için (Çizelge 5.3)

$$Z_M = 271 \text{ N/mm}^2$$

Yağlama Faktörü

$K_L = 1$ Çizelge 5.4 'ten seçildi.

Yüzey Pürüz Faktörü

$Z_R = 1$ seçildi.

Hız Faktörü

İlk hesaplamalarda $Z_v \cong 1$ (Çizelge 5.5)

Yüzey Basıncı Emniyet Değeri

$$\sigma_{bem} = \frac{\sigma_{H \text{ lim}}}{S} \cdot K_L \cdot Z_R \cdot Z_v \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$$\sigma_{bem} = \frac{320}{1,8} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1$$

$$\sigma_{bem} = 177,7 \text{ N/mm}^2$$

Dönme Momenti

$$M_d = \frac{P}{W}$$

$$M_d = \frac{150.30}{\pi \cdot 3100}$$

$$M_d = 0,46 \text{ N.m}$$

$$M_d = 460 \text{ Nmm}$$

Diş Dibi Mukavemetine Göre Modül Değeri;

$$m = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot M_d \cdot \cos \beta \cdot Y_F}{\frac{b}{m} \cdot z_1 \cdot \sigma_{em}}}$$

$$m = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 460 \cdot \cos 15,2,83}{20 \cdot 22 \cdot 44,86}}$$

$$m = 0.58 \text{ mm}$$

Yan Yüzey Mukavemetine Göre Modül Değeri;

$$m = \sqrt[3]{3.6 \cdot \frac{i+1}{i} \cdot \frac{M_d \cdot \cos^2 \beta (Z_H \cdot Z_M)^2}{\left(\frac{b}{m}\right) \cdot Z_1^2 \cdot \sigma_{bem}^2}}$$

$$m = \sqrt[3]{3.6 \cdot \frac{2+1}{2} \cdot \frac{460 \cdot \cos^2 15 \cdot (1,72 \cdot 271)^2}{20 \cdot 22^2 \cdot 177,7^2}}$$

$$m = 1,18 \text{ mm}$$

Modül değeri Çizelge 5.6'den

$m = 2$ seçildi.

Alın Modülü;

$$m_t = \frac{m}{\cos \beta}$$

$$m_t = \frac{2}{\cos 15}$$

$$m_t = 2,071$$

Alın Taksimatı;

$$P_t = m_t \cdot \pi$$

$$P_t = 2,071 \cdot \pi$$

$$P_t = 6,501$$

z_2	Profil Kaydırma Faktörü X																				
	-0,6	-0,5	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	0	+0,1	+0,2	+0,3	+0,4	+0,5	+0,6	+0,7	+0,8	+0,9	+1,0	+1,1	+1,2	+1,3	+1,4
7											2,98	2,84									
8											2,69	2,69	2,47								
9											2,60	2,60	2,40	2,22							
10											2,52	2,52	2,34	2,18							
11										3,15	2,87	2,66	2,46	2,30	2,16						
12										3,03	2,79	2,58	2,41	2,27	2,14	2,04					
13										2,93	2,72	2,53	2,38	2,24	2,12	2,03	1,96				
14							3,36	3,10		2,86	2,66	2,48	2,34	2,22	2,11	2,03	1,95				
15							3,25	3,01		2,79	2,60	2,44	2,31	2,20	2,10	2,02	1,95	1,89			
16						3,45	3,16	2,95		2,74	2,56	2,42	2,29	2,18	2,09	2,02	1,95	1,89			
17						3,35	3,09	2,88		2,69	2,53	2,39	2,27	2,17	2,08	2,01	1,95	1,89	1,85		
18				3,53		3,26	3,02	2,82		2,65	2,50	2,37	2,26	2,16	2,08	2,01	1,95	1,90	1,86		
19			3,52	3,44		3,20	2,96	2,78		2,61	2,47	2,35	2,24	2,15	2,07	2,01	1,95	1,90	1,87	1,83	
20			3,62	3,35		3,12	2,91	2,74		2,58	2,46	2,33	2,23	2,14	2,07	2,01	1,95	1,90	1,87	1,84	
21			3,53	3,28		3,07	2,87	2,70		2,55	2,43	2,32	2,22	2,14	2,06	2,01	1,95	1,91	1,87	1,84	1,82
22			3,45	3,20		3,01	2,83	2,67		2,52	2,41	2,30	2,21	2,13	2,06	2,00	1,95	1,91	1,88	1,85	1,83
23		3,04	3,38	3,15		2,96	2,80	2,64		2,50	2,39	2,29	2,20	2,12	2,06	2,00	1,95	1,91	1,88	1,85	1,83
24			3,55	3,30	3,10		2,92	2,75	2,61		2,48	2,37	2,28	2,19	2,12	2,06	2,00	1,95	1,91	1,88	1,85
25		3,73	3,45	3,25	3,05		2,88	2,72	2,68		2,46	2,36	2,27	2,19	2,12	2,05	2,00	1,95	1,92	1,88	1,86
30	3,61	3,35	3,18	3,01	2,85		2,72	2,60	2,48		2,38	2,30	2,22	2,16	2,10	2,04	2,00	1,96	1,93	1,90	1,88
40	3,15	3,00	2,86	2,75	2,63		2,54	2,45	2,37		2,30	2,24	2,18	2,13	2,08	2,04	2,01	1,97	1,95	1,93	1,91
50	2,90	2,78	2,68	2,59	2,50		2,43	2,36	2,31		2,25	2,20	2,15	2,11	2,07	2,03	2,02	1,98	1,97	1,94	1,93
60	2,75	2,65	2,57	2,50	2,42		2,37	2,32	2,25		2,22	2,17	2,13	2,10	2,08	2,02	2,02	1,99	1,98	1,96	1,94
100	2,46	2,40	2,35	2,32	2,28		2,24	2,21	2,17		2,15	2,12	2,10	2,08	2,06	2,04	2,03	2,01	2,00	1,99	1,98
200	2,27	2,24	2,21	2,19	2,17		2,15	2,14	2,12		2,10	2,10	2,08	2,07	2,05	2,04	2,04	2,02	2,02	2,01	1,98
400	2,17	2,15	2,14	2,13	2,12		2,11	2,10	2,09		2,08	2,08	2,08	2,07	2,06	2,06	2,05	2,04	2,04	2,04	2,03
∞	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07		2,07	2,07	2,07		2,07	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07

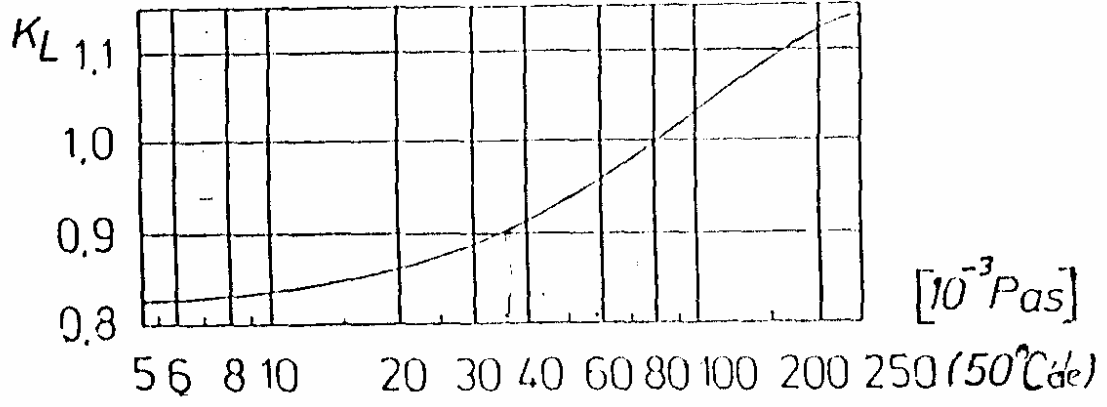
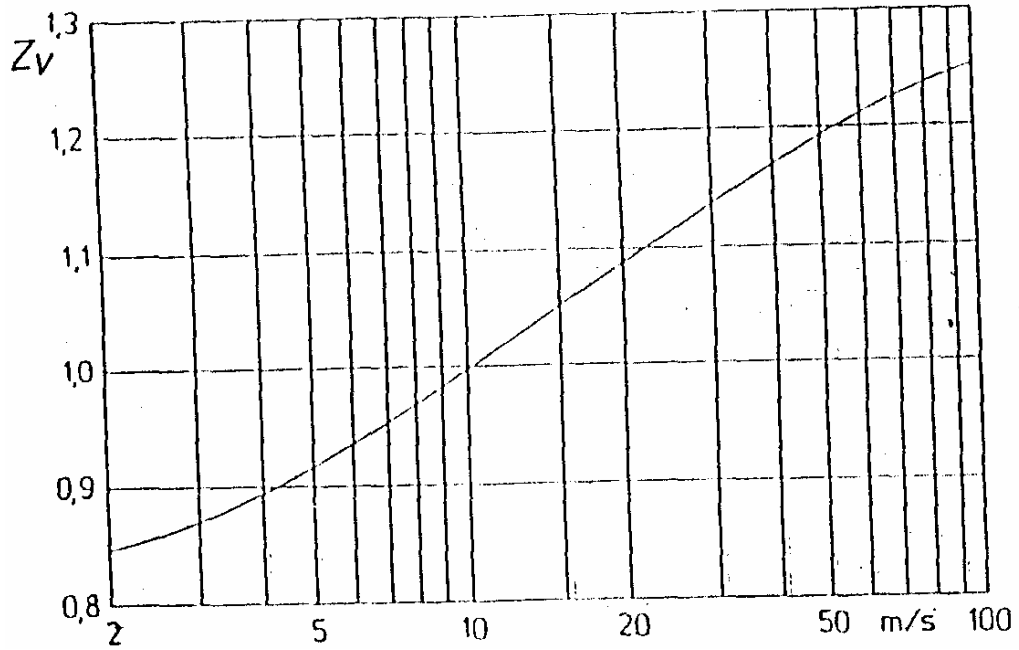
Çizelge 5.1 Pozitif Kaydırma Faktörü

$\frac{z_1 + z_2}{z_1 + z_2} / \beta$	Yan yüzey form faktörü Z_H									
	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°
-0,02					2,28	2,05	1,88	1,74	1,60	1,48
-0,015	2,25	2,19	2,14	2,07	1,98	1,88	1,77	1,66	1,55	1,44
-0,01	1,98	1,97	1,94	1,89	1,84	1,78	1,68	1,59	1,50	1,40
-0,005	1,85	1,84	1,82	1,79	1,74	1,68	1,62	1,54	1,46	1,38
0	1,77	1,76	1,74	1,72	1,68	1,63	1,57	1,51	1,44	1,36
+0,005	1,70	1,69	1,68	1,66	1,62	1,58	1,53	1,47	1,40	1,34
+0,01	1,64	1,64	1,63	1,61	1,58	1,54	1,49	1,44	1,38	1,32
+0,015	1,60	1,59	1,58	1,57	1,54	1,50	1,46	1,41	1,36	1,30
+0,02	1,58	1,58	1,56	1,53	1,51	1,47	1,43	1,38	1,33	1,28
+0,025	1,53	1,53	1,52	1,50	1,48	1,45	1,41	1,37	1,32	1,27
+0,03	1,50	1,50	1,49	1,47	1,45	1,43	1,39	1,35	1,30	1,25
+0,04	1,45	1,45	1,44	1,43	1,41	1,38	1,35	1,31	1,27	1,23
+0,05	1,41	1,41	1,40	1,39	1,37	1,35	1,32	1,28	1,24	1,20
+0,06	1,38	1,38	1,37	1,36	1,34	1,32	1,28	1,25	1,21	1,18
+0,07	1,35	1,34	1,34	1,33	1,31	1,29	1,26	1,23	1,20	1,16
+0,08	1,32	1,32	1,32	1,31	1,29	1,27	1,24	1,21	1,18	1,15
+0,09	1,30	1,30	1,29	1,28	1,27	1,25	1,23	1,19	1,16	1,13
+0,1	1,28	1,27	1,27	1,26	1,24	1,23	1,20	1,18	1,14	1,11

Çizelge 5.2 Yan Yüzey Form Faktörü Z_H

Pinyon				Karşı Dişli Çark				Malzeme
Malzeme	Sembol	Modül N/mm ²	m	Malzeme	Sembol	Modül N/mm ²	m	Faktörü
								Z _M N/mm ²
Çelik	St	210000	0,3	Çelik	St	210000	0,3	271
				Çelik	GS-60	205000		269
				Döküm	GS-52	205000		269
				Küresel Grafitli Dökme Demir	GGG-50	176000		258
					GGG-42	175000		258
				Kalay Bronz Döküm	B-Sn Bz14	105000		221
				Bakır-Kalay (kalaybronz)	CuSn8	115000		228
				Lameli Grafitli Dökme Demir	GG-25	128000		236
					GG-20	120000		231
				Çelik Döküm	GS-60	205000		0,3
Küresel Grafitli Dökme Demir	GGG-50	176000	257					
Lamelli Grafitli Dökme Demir	GG-20	120000	230					
Küresel Grafitli Dökme Demir	GGG-50	176000	0,3	Küresel Grafitli Dökme Demir	GGG-42	175000	248	
				Lamelli Grafitli Dökme Demir	GG-20	120000	223	
Lamelli Grafitli Dökme Demir	GG-25	128000	0,3	Lamelli Grafitli Dökme Demir	GG-20	120000	208	
	GG-20	120000					205	
Çelik	St	210000	0,3	Duroplast		8000	0,5	80

Çizelge 5.3 Malzeme Faktörü Z_M

Çizelge 5.4 Yağlama Faktörü K_L Çizelge 5.5 Hız Faktörü Z_v

Modül m [mm]					
Dizi 1	Dizi 2	Dizi 1	Dizi 2	Dizi 1	Dizi 2
0.05			0.65		
	0.055	0.7		6	
0.06			0.75		7
	0.07	0.8		8	
0.08			0.85		9
	0.09	0.9		10	
0.1			0.95		11
	0.11	1		12	
0.12			1.125		14
	0.14	1.25		16	
0.16			1.375		18
	0.18	1.5		20	
0.20			1.75		22
	0.22	2		25	
0.25			2.25		28
	0.28	2.5		32	
0.3			2.75		36
	0.35	3		40	
0.4			3.5		45
	0.45	4		50	
0.5			4.5		55
	0.55	5		60	
0.6			5.5		70

Çizelge 5.6 Standart Modül Değerleri

5.2.3 Kullanılan Rulmanların Kodları ve Ömürleri

Bu bölümde, tasarımda kullanılan rulmanların üretici firmaları, firmaların vermiş olduğu kodlar ve gerekiyorsa ömürleri ifade edilmiştir. Kullanılan rulmanların bir kısmı belli kuvvetler altında çalıştığı için ömür hesabı yapılmıştır fakat bazı rulmanlar ise herhangi bir yük altında kalmadan, sadece merkezlemek için kullanılmıştır. Bu rulmanlar için ömür hesabı yapılmamıştır.

SKF 61810 2RZ d:50

D: 65 mm

B: 7 mm

C: 6,76 kN

Co: 6,8 kN

Devir : 10000 d/dak

Ağırlık : 0,052 kg

SKF 61812 2RZ d:60

D: 78 mm

B: 10 mm

C: 11,9 kN

Co: 11,4 kN

Devir : 17000d/dak

Ağırlık : 0,11 kg

SKF 61815 2RZ d:75

D: 95 mm

B: 10 mm

C: 12,7 kN

Co: 14,3 kN

Devir : 14000 d/dak

Ağırlık : 0,15 kg

SKF 61817 2RZ d:85

D: 110 mm

B: 13 mm

C: 19,5 kN

Co: 20,8 kN

Devir : 12000 d/dak

Ağırlık : 0,27 kg

SKF 61821 2RZ d:105

D: 130 mm

B: 13 mm

C: 20,8 kN

Co: 19,6 kN

Devir : 10000d/dak

Ağırlık : 0,32 kg

SKF 61824 2RZ d: 120

D: 150 mm

B: 16 mm

C: 29,1 kN

Co: 28 kN

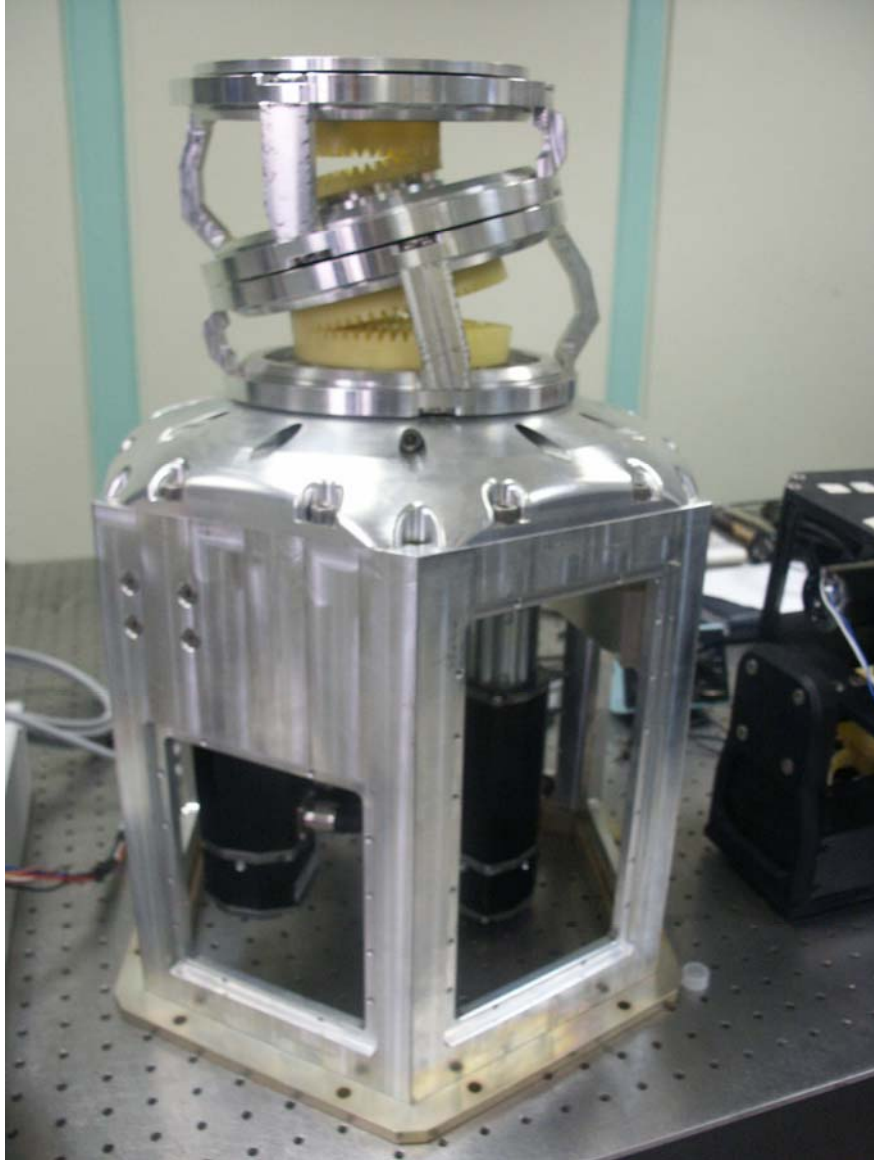
Devir : 8500 d/dak

Ağırlık : 0,65 kg

6 SABİT PLATFORM ÜRETİM SÜRECİ

Sabit platform tasarlanırken olabildiğince kompakt ve kolay üretilebilir olmasına dikkat edildi. Orjinal tasarımda Pedestal'in üst ve alt gövdeleri Alüminyum döküm yapılmasına karar verildi.

Bu prototip içinse parçalı normal frezeden üretilmesi için tasarım değişiklikleri yapıldı. Çünkü Alüminyum döküm yapılacağı zaman adet in çok sayıda olması gerekmektedir ve ayrıca tasarım hataları ve/veya tasarım geliştirmeleri için revizyon olanağı çok kısıtlıdır.



Şekil 6.1 Pedestal Resmi

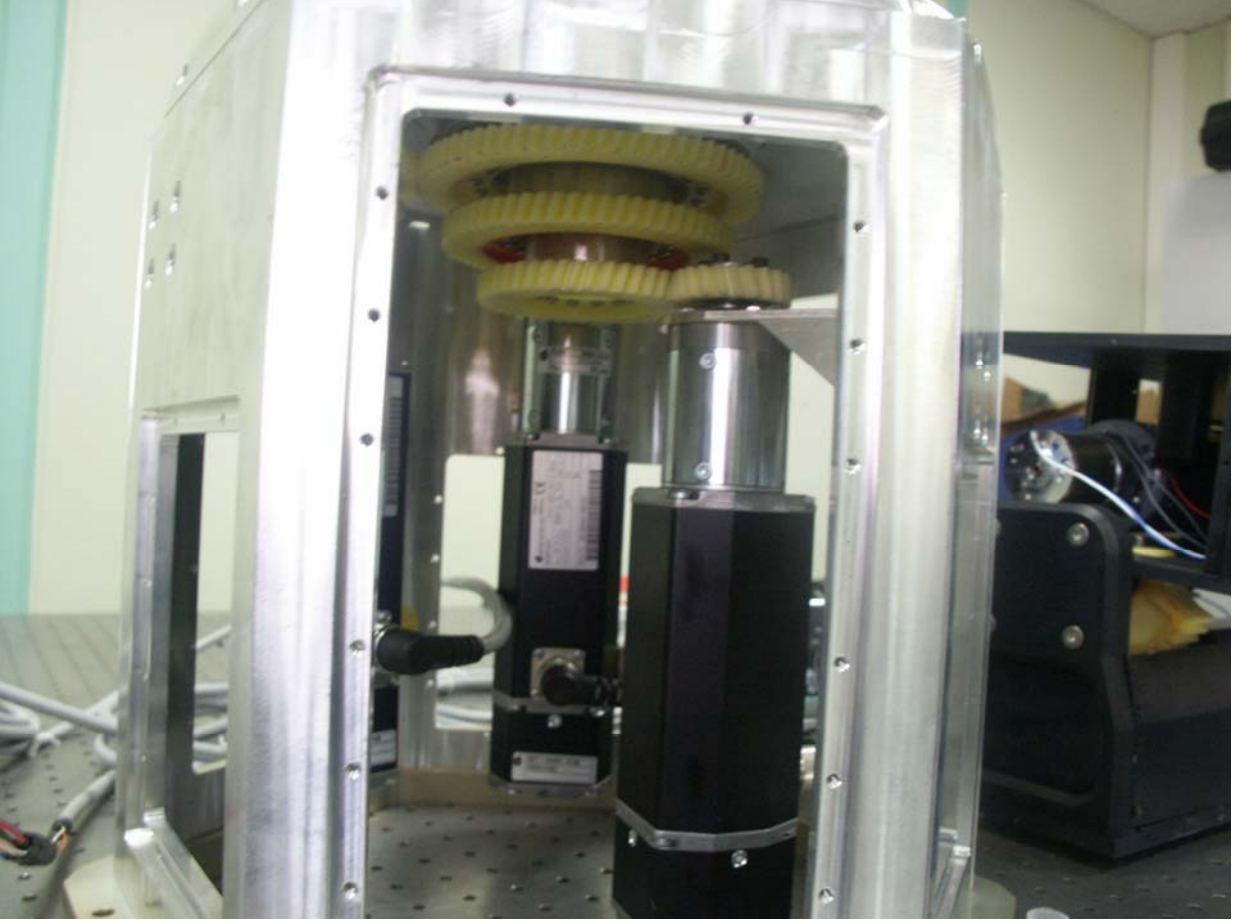
6.1 Dişli Çarkla Hareket Aktarma Modülü

Sabit platform tasarımdaki kolaylık ve az parça sayısı hedefi sonucu özellikle motordan gövdelere hareket iletimini yapan helisel dişli çarklar gerçekten kompakt bir sistem elde edildi. Motor mili ile helisel dişli arasındaki bağlantı konik kavrama yöntemiyle sağlanmıştır. Avantajı merkezleme sağlanılır, montajı ve demontajı çok kolaydır.



Şekil 6.2 Konik Kavramalı Helisel Dişliçark

Büyük helisel dişliçark ile gövde boru milleri arasındaki bağlantılarda ise kama yerine dişliçarklar vidalı bağlantı kullanılarak boru millere montajlanmıştır. Dolayısıyla boru mile hareket rijit olarak aktarılabilmektedir.



Şekil 6.3 Helisel Dişliçarklar ve Boru millerden oluşan kompakt Aktarma Modülü



Şekil 6.4 Özel Konik Dişliçarklar



Şekil 6.5 Helisel Dişliçarklar ve Boru millerden oluşan kompakt Aktarma Modülü

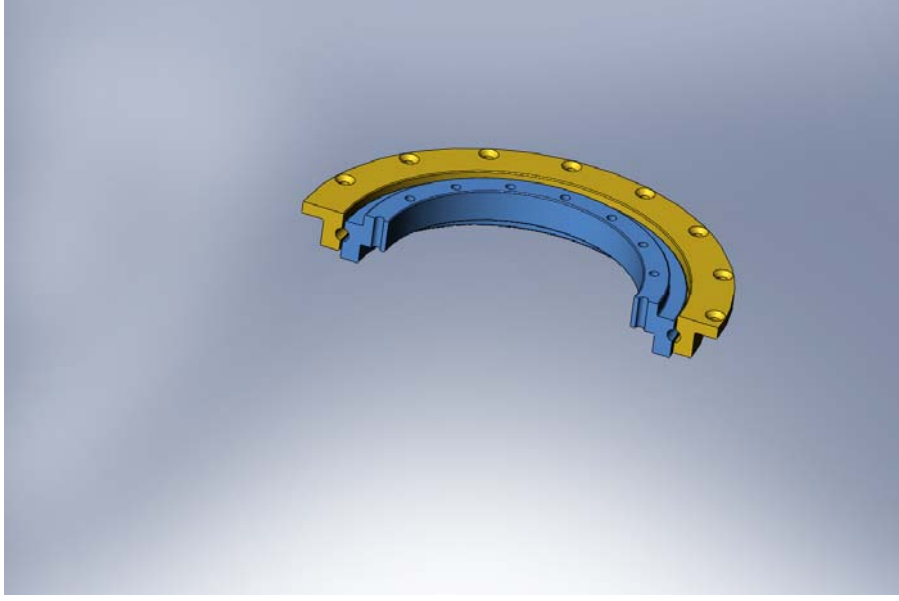
Bütün dişliçarklar KESTAMİD malzemeden üretilmiştir.Çünkü darbe dayanımı, sessiz çalışması ve yağlama gerektirmemesi, korozyona dayanıklı olması, kolay işlenebilmesi, hafif ve ucuz olması sonuçları göz önüne alınarak değerlendirilmesi sonucu seçilmiştir.

KESTAMİD, kimyasal yönden çapraz bağlı moleküler yapısı nedeniyle üstün özelliklere sahiğ bir poliamid türüdür.Çok yüksek molekül ağırlığı, kristal yapısı ve çapraz bağlara sahip olma özelliklerinden dolayı sert,aşınmaya ve bükülmeye dayanıklı sağlam bir plastiktir.Sarı renktedir.Döküm Poliamid veya Döküm Naylon olarakta tanımlanmaktadır.Mekanik özellik olarak; Çekme dayanımı 85 Mpa, Basma dayanımı 95 Mpa, Erime sıcaklığı 220 derecedir.

6.2 Gövde Grubu

6.2.1 Slewing Rulman Tasarımı

Bu tip rulmanlara Flanşlı rulman da denilmektedir.Çelikten üretilmiş olup yüzey sertleştirme ısıı işlemi uygulanmıştır.



Şekil 6.6 Flanşlı Rulman Tasarım Resmi



Şekil 6.6 Flanşlı Rulman Üretilmiş Resmi

Bilyalar slewing rulmanın iki parçasındaki yivden geçirilerek montaj edildi.Özel bir marka gres yağı sürüldü.

6.2.2 Gövde Tasarımı

İlk tasarımda alüminyum dökümden yapılması düşüncesi sonucu çizilen resme göre üretilen gövde pek iyi olmadı.Hem ağır hemde pahalı üstelik estetik olarak iyi değildi.



Şekil 6.7 Döküm Gövde

Daha sonra parçalı tasarım fikri sonucu bir flanş ve 4 adet açılı parça üretildi.



Şekil 6.8 Parçalı Gövde

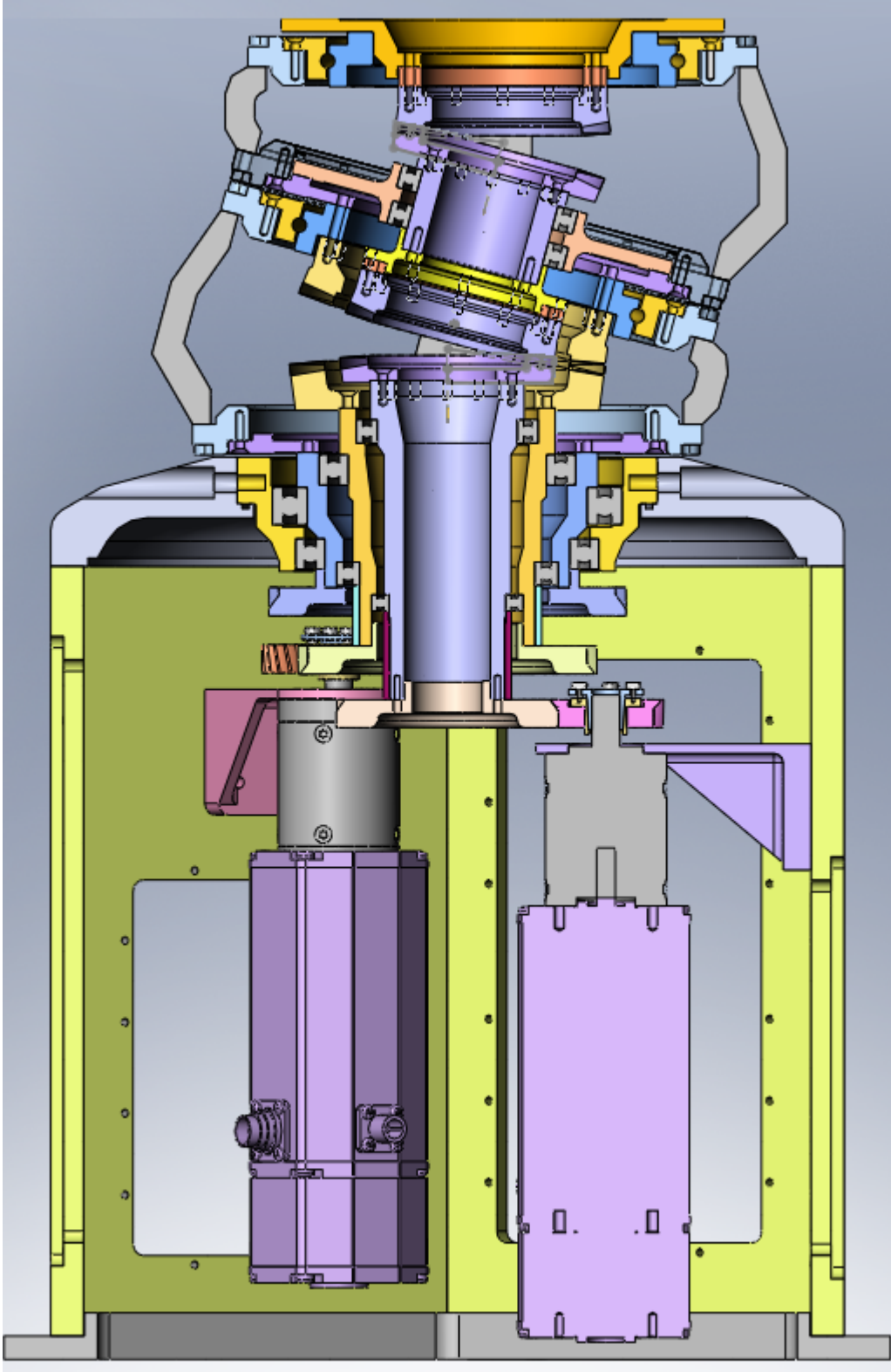
Daha sonra ABS malzemenen gövde koruma muhafazası tasarlanarak hızlı prototip olarak üretildi.Hem estetik olarak güzel sonuç elde edildi hemde kolay üretilebilir özellikle çok hafif bir tasarım oluşturuldu.



Şekil 6.9 Gövde Koruma Muhafazası

Sabit Platformda kullanılan tüm parçalar 7075-T6 alüminyum malzemenen üretilmiştir.Bu mazlemenin özellikleri; Çekme Mukavemeti : 533 Mpa, Akma Mukavemeti : 462 Mpa, Uzama : % 8,5 , Sertlik : 150 HB dir.

Tasarımda Boru miller kullanılmıştır.Çünkü Pedestal üzerine montajlanacak Elektronik Birim den çıkan kablolar içten taşınacak, dolayısıyla dış çevrede kablo gözükmezdir.Bu da kabloların herhangi bir gerilmeye, darbeye ve dış etkene maruz kalmasını engelleyerek sinyal güvenliğini sağlayacaktır.



Şekil 6.10 Sabit Platform Montajı

SONUÇLAR

Teori ve tasarımda dayalı bu çalışmada, Sabit Platform konstrüktif yapılarına değinilmiş ve üç eksenli, endirekt hareket aktarımlı endüstriyel bir cihazların hareketli platformlarda hassas konum kontrolünü sağlayan stabil platform tasarımı yapılmıştır. Tasarımda, konstrüktif detaylar incelenmiş, çağımızın gereksinimlerine uygun, kolay monte edilebilir, modüler, güç/ağırlık oranı düşük, hız ve ivme değerleri yüksek ve de görselliğe önem verilmiştir. Çalışma esnasına şu noktalar gözlemlenmiştir,

1. Pedestalin konstrüktif yapısında yapılan optimizasyonlar, deniz şartlarına uygun tasarım yapılmasına özellikle dikkat edilmiştir.
2. Endirekt aktarımda, pedestal tasarımının daha kompakt dişli grubu modül şeklinde olması, kablolanın kolay olması ve de motordan bağımsız tasarım yapılması gibi üstünlükler görülmüştür.

KAYNAKLAR

Koç Erdem, (2006), Makina Elemanları Çözümlü Problemler, Nobel Kitabevi.

İzgi, V., (2005), Altı Eksenli Robot Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Makina Fakültesi.

Bozacı A,Koşan İ,Çolak Ö. (2000), Makina Elemanlarının Projelendirilmesi, Çağlayan Kitabevi.

Bozacı A, (2005), Makina Elemanlarının Cilt 1, Çağlayan Kitabevi.

Bozacı A, (2005), Makina Elemanlarının Cilt 2, Çağlayan Kitabevi.

Akkurt Mustafa,(2000),Makina Elemanları Cilt 1-2,Birsen Yayınevi.

Shigley Edvard Joseph,(1986),Mechanical Engineering Desing,McGraw-Hill Book Company

SKF, (2008), General Catalogue

Sandler, B., Sandler, Z., (1991), Robotics, Designing the Mechanisms for Automated Machinery, A Solomon Press Book, USA.

Spong, M., (1989), Robot Dynamics and Control, John Wiley & Dond, Inc., Singapore.

Schilling, R., (1990), Fundamentals of Robotics Analysis and Control, Prentice-Hall International, Inc., USA.

Ed. Kreith F., (1999), Mechanical Engineering Handbook, Boca Raton: CRC Press LLC

www.skf.com

www.aluselect.com

www.ustpo.gov

www.dunkermotoren.com

www.airforce-technology.com

www.fag.com

EKLER

BG 65 PI, 50 - 150 W

PARAMETRIZATION SOFTWARE INCLUSIVE

Versions of BG 65 PI / Ausführungen BG 65 PI	P./S.
Controller / Regelelektroniken - integral 4Q motion controller with parametrization software inclusive / mit integrierter 4Q-Steuerungselektronik und Parametriersoftware inklusive	28
With absolut encoder / Mit Absolutwertgeber	62
With gearbox / Als Getriebemotor	49
With brake / Als Bremsmotor	58

 Standard/Standard On request/auf Anfrage

- Motor BG 65 with integrated servo controller for 4-quadrant drive
- PC- software easy to use for parameterization. Basic modes such as speed, position and torque are easy to parameterize
- Drive with parameterization interface (5-pole connector). Additional 12-pole round connector to connect power supply as well as analogue and digital inputs
- High positioning accuracy and excellent control characteristics by integral incremental encoder with a resolution of 4x500 pulses per revolution
- Please note that the parametrization interface and the Drive Assistant software are provided separately



- Motor BG 65 mit integriertem 4Q-Servocontroller
- Mit komfortabler PC-Bedienoberfläche zur Parametrierung. Als Grundmodi sind Geschwindigkeits-, Positions- und Momentenmodus leicht parametrierbar
- Antrieb mit Parametrierschnittstelle (5-poliger Stecker). Ein weiterer 12-poliger Rundstecker dient zum Anschluss der Spannungsversorgung und für analoge und digitale Eingänge
- Durch den integrierten Inkrementalgeber mit einer Auflösung von 4x500 Impulsen pro

Umdrehung werden eine hohe Positioniergenauigkeit und sehr gute Regeleigenschaften erreicht

- Bitte beachten Sie, dass das Parametrierinterface und die Drive Assistant Software separat angeboten werden

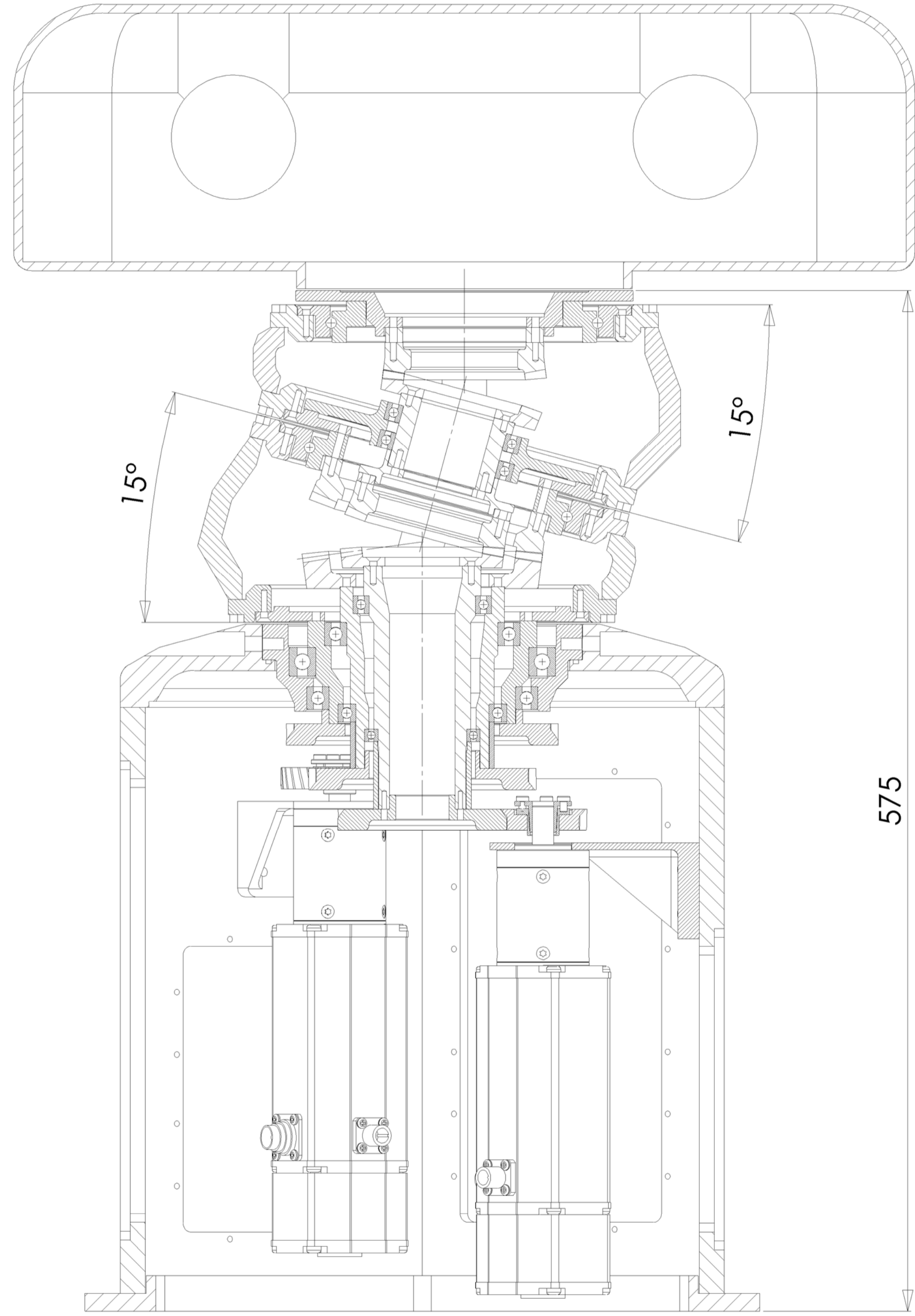
For further technical data and information on terminal assignment, please see the operating manual at www.dunkermotoren.com (downloads).



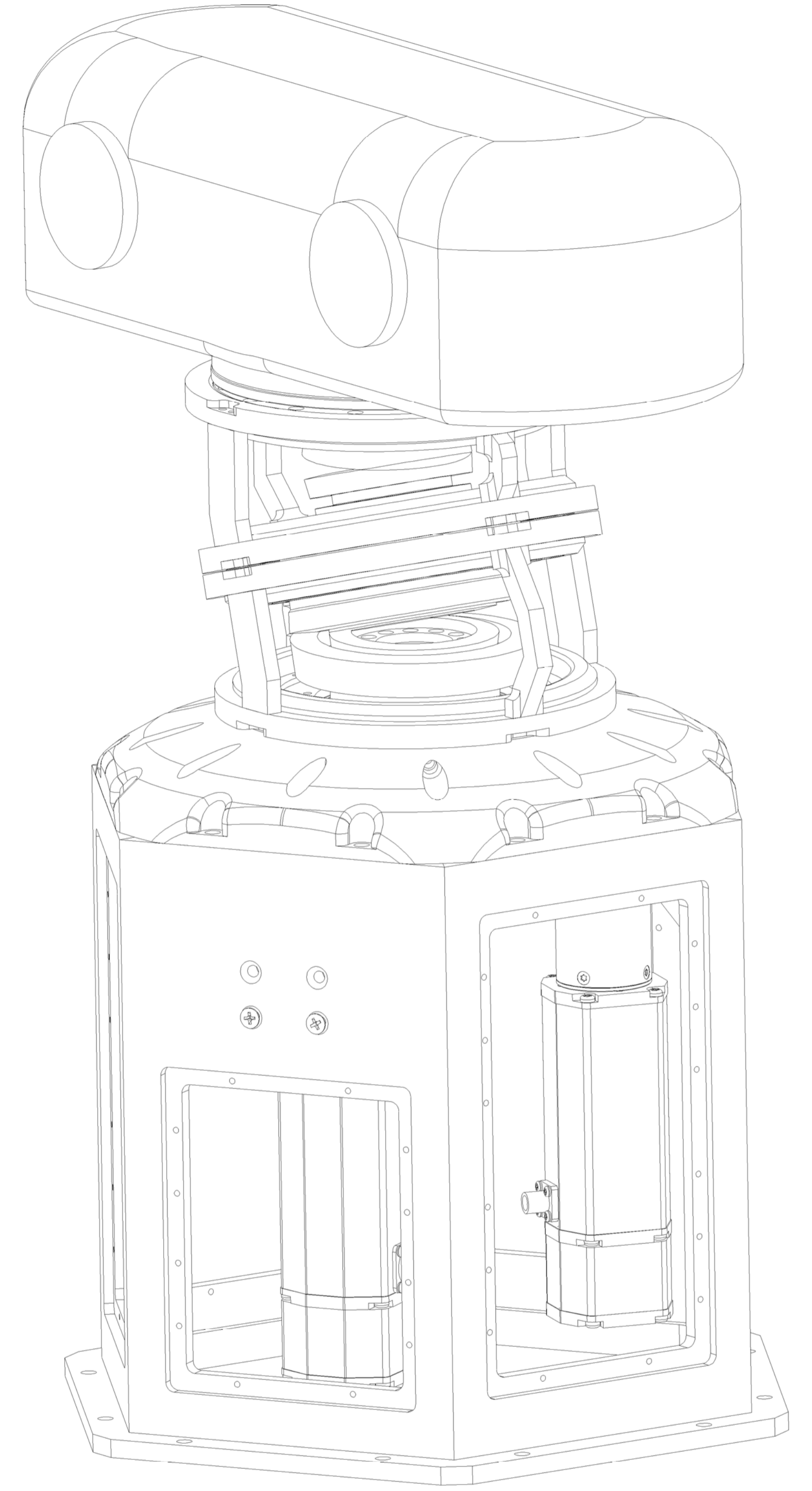
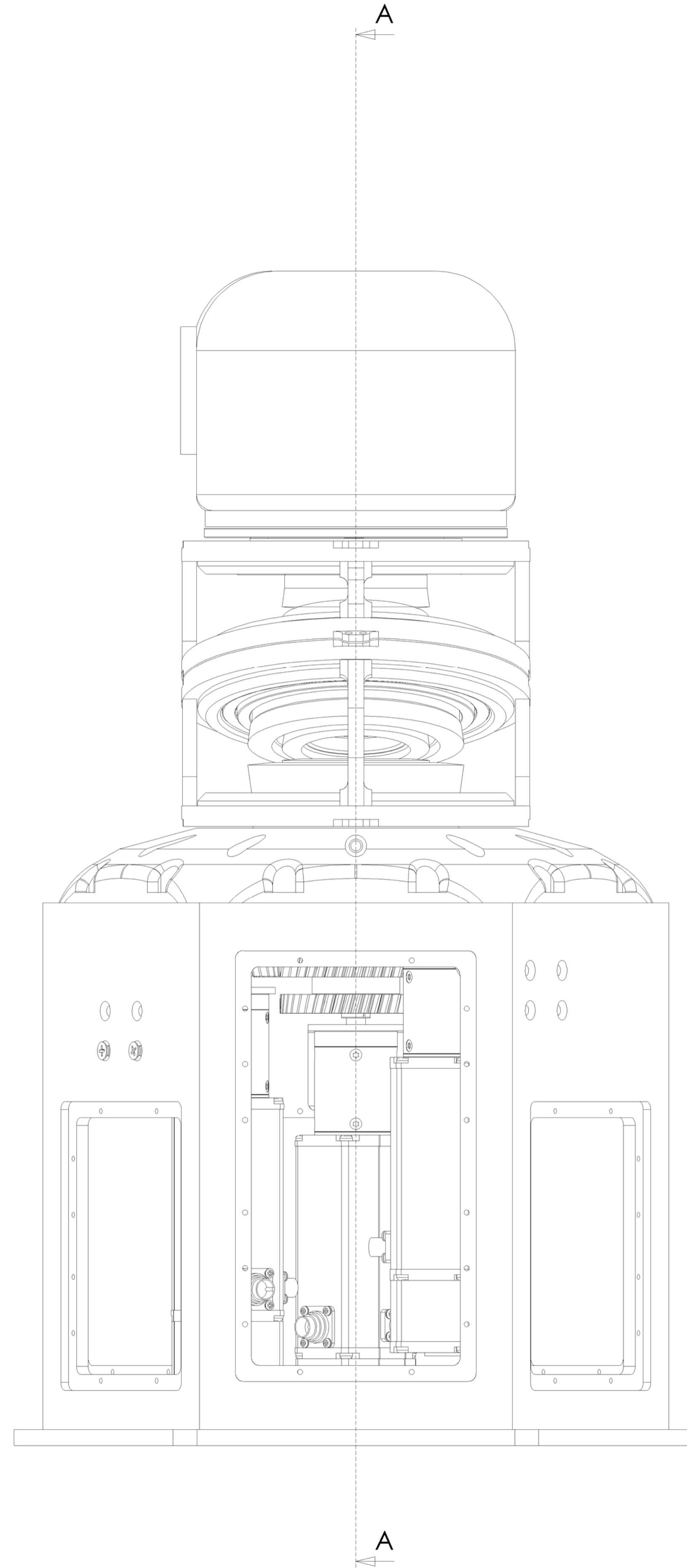
Weitere technische Daten sowie Informationen zur Anschlussbelegung finden Sie in der Betriebsanleitung bei www.dunkermotoren.de (downloads).

Data / Leistungsdaten		BG 65x25 PI	BG 65x50 PI	BG 65x75 PI
Rated voltage/ Nennspannung		24 VDC	24 VDC	42 VDC
Continuous rated speed/ Nennrehzahl	rpm*)	3100	3100	2860
Continuous rated torque/ Nenn Drehmoment	Ncm*)	17 (21 **)	26 (31 **)	40 (47 **)
Continuous current/ Nennstrom	A*)	4	5.6	4.5
Starting torque/ Anlaufmoment	Ncm**)	97 ****)	163 ****)	330 ****)
Peak current/ Zulässiger Spitzenstrom	A**)	27	27	27
Rotor inertia/ Trägheitsmoment	gcm ²	72	128	172
Weight of motor/ Motorgewicht	kg	0.95	1.3	1.8
Voltage range/ Max. zulässiger Spannungsbereich	VDC	20 ... 30	20 ... 30	20 ... 50
Recommended speed control range/ Empfohlener Drehzahlregelbereich	rpm	1 ... Rated speed/Nennrehzahl		

*) $\Delta\theta_w = 100\text{ K}$; **) $\theta_R = 20\text{ °C}$; ***) Depends on heat dissipation from the motor (see p. 10) / Abhängig von der Wärmeabfuhrung des Motors (siehe S. 10)
****) Will be restricted by peak current / Wird durch den Spitzenstrom der Elektronik eingegrenzt

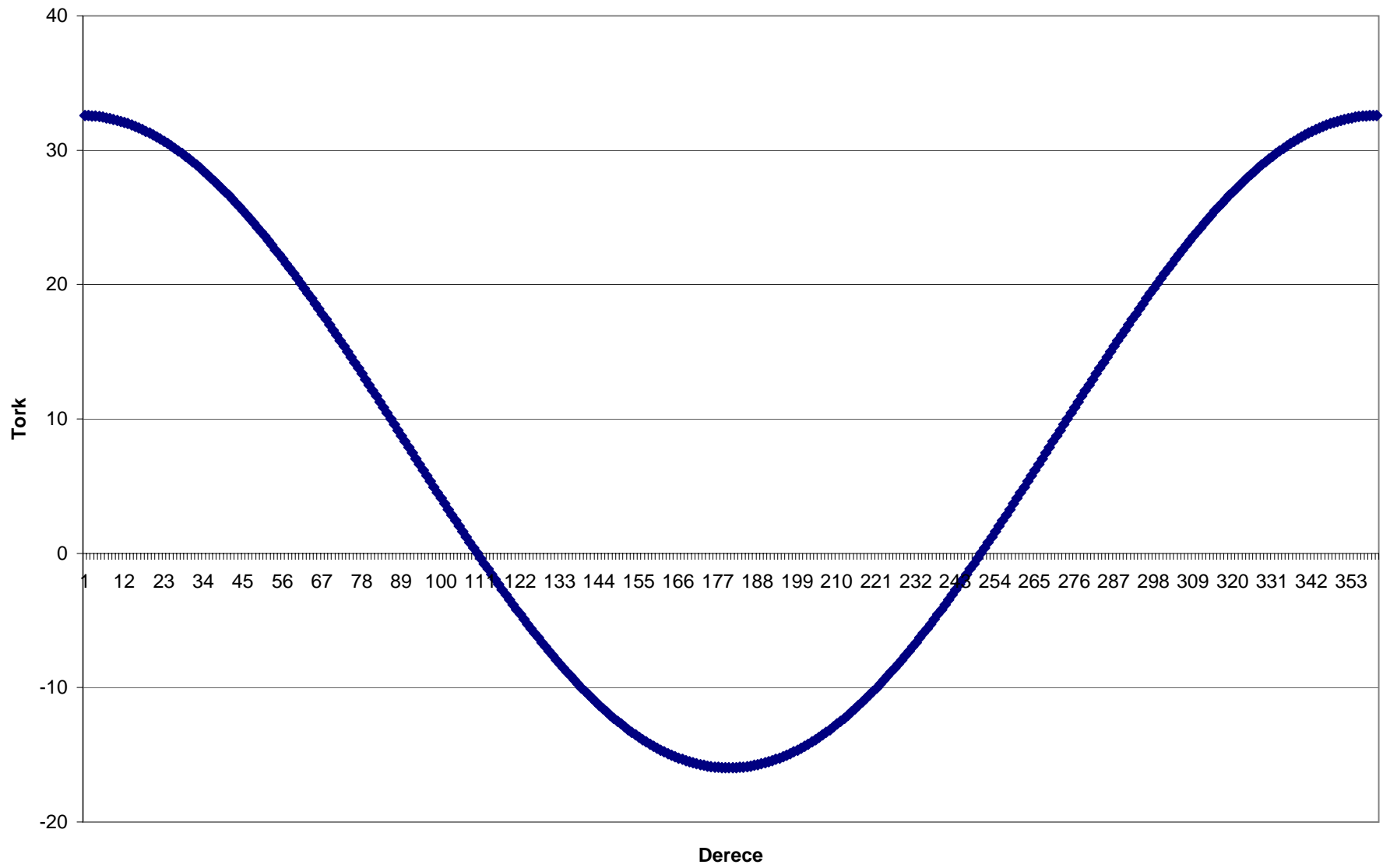


SECTION A-A
SCALE 1 : 2



CIZEN	M.YILMAZ	12/05/08	A1	SABİT PLATFORM MONTAJ
KONTROL	M.E.BOĞOÇLU	12/05/08	1/1	
ONAY		12/05/08	1/1	
ÖLÇEK	1 : X	ADET	1	MALZEME
DOSYA ADI		ÜRÜN		SP
		YAYIN NO	1	SAYFA
				1/1





ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarih	04.03.1979	
Doğum yeri	İstanbul	
Lise	1993-1997	Şehremini Süper Lisesi
Lisans	1998-2002	Yıldız Teknik Üniversitesi Makina Fakültesi Makina Müh. Bölümü
Yüksek Lisans	2005-	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Müh. Anabilim Dalı, Konstrüksiyon Programı

Çalıştığı kurumlar

2002-2004	YALÇIN Makina San.Tic.Ltd. Şti
2005-2005	FRİGO Soğutma San.Tic.Ltd.Şti
2005-	TÜBİTAK Ulusal Elektronik ve Kriptoloji Araştırma Enstitüsü