



NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ

MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ

MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ

2016-2017 EÖY LİSANS BİTİRME TEZİ

4 EKSENLİ ROBOT KOL TASARIMI VE KONTROLÜ

RESUL YERLİKAYA - MUHAMMED BAKIR DALMIZRAK

120607317 - 130607065

DANIŞMAN

Yrd. Doç. Dr. İLYAS KACAR

NİĞDE 2017

T.C.
NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
BİTİRME TEZİ KABUL VE ONAY BELGESİ

Bölümümüz 120607317 ve 130607065 numaralı öğrencileri Resul YERLİKAYA, Muhammet Bakır DALMIZRAK, “4 Eksenli Robot Kol Tasarım ve Kontrolü” başlıklı Bitirme Tezi çalışması aşağıdaki jüri üyeleri tarafından Mekatronik Mühendisliği Bölümü’nde Bitirme Tezi olarak Oy Birliği/Oy Çokluğu ile kabul edilmiştir.

Danışman : Yrd. Doç. Dr.İlyas KAÇAR

İmzası

1.Üye : Yrd.Doç.Dr.Mehmet Kürşat YALÇIN

İmzası

2.Üye : Öğr.Gör.Dr.Mehmet Ali EROĞLU

İmzası

Tezin savunulduğu Tarih: 07.07.2017

Bitirme Tezi dersi kapsamında yapılan bu çalışma, ilgili jüriler tarafından değerlendirme sonucunda Mekatronik Mühendisliği Bölümü’nde Bitirme Tezi çalışması olarak kabul edilmiştir.

İmza

Bölüm Başkanı

,

DOĞRULUK BEYANI

Bitirme tezi olarak sunduğum bu çalışmayı tüm akademik kurallara ve Niğde Üniversitesi Yayın Etiği Komisyonu Yönergesi'ne uygun olarak gerçekleştirdiğimi ve sunduğumu; bu kurallar ve ilkelere aykırı hiç bir yol ve yardıma başvurmaksızın bizzat hazırladığımı beyan ederim.

Tezimle ilgili yaptığım beyana aykırı bir durum saptanırsa ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.

İmza

Resul YERLİKAYA

İmza

Muhammet Bakır DALMIZRAK

TEŞEKKÜR

Lisans tezimizde bize bilgi ve yol göstericiliğiyle yardımcı olan Sayın Yrd. Doç. Dr. İlyas KAÇAR ' a , ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Mehmet Kürşat YALÇIN' a teşekkürü borç bilirim.

ÖZET

Bu projede, arduino kontrol ile robot kol ters ve düz kinematığını oluşturmak amaçlanmıştır.Projede; Robot kolun tasarımını ve imalatını yapmak için dört adet servo motor ve bir adet adım motoru kullandık. Üretilen robot kol, parçaların özellikleri, parçalar arası iletişim, sistemin zekası başlıkları altında yapılmıştır.Yapılan robot kol düz kinematığı ile robot kolun belirtilen açılara gitmesi, robot kolun ters kinematığı ile belirtilen koordinata gitmesi istenmiştir. Gerekli büyüklükteki motorların seçilmesi halinde bu robot kolu düzeneği çeşitli endüstri alanlarında otomasyon sistemi olarak kullanılabilir.

Anahtar kelimeler: Robot kol, Servo motor, Arduino, Düz kinematik, İmalat

ABSTRACT

The purpose of these graduation thesis is that produce the forward and reverse kinematics of robot arm with arduino control. In this project; we were used four servo motors and one step motor to design and produce robot arm. The produced robot arm was made under the titles of parts properties, communication between parts and system intelligence. Our purpose is that produced robot arm's going to specified angles with forward kinematic and robot arm's going to specified coordinate with reverse kinematic. If the required size motors are selected, this robot arm assembly can be used as an automation system in various industrial areas.

Keywords: Robot arm, Servo motor, Arduino, Smooth kinematic, manufacturing

ÖNSÖZ

Çalışmayı tamamladığımız projede dört eksenli robot kolun montaj ve Ansys analizleri yapılmıştır. Çalışma öncesinde çizim ile gerekli analizler yapıp ve bu analizler neticesinde imalat gerçekleştirilerek olası sorunlar önlenmiştir. Bu çalışma; mekanik sistem ve robotik sistemlerin anlaşılması, olası problemlerin gözlemlenmesi ve çözüm yollarının araştırılması, geliştirilmesi konularında tecrübe katmıştır.

İÇİNDEKİLER

BİTİRME TEZİ KABUL VE ONAY BELGESİ	ii
DOĞRULUK BEYANI	iii
TEŞEKKÜR	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
ÖNSÖZ	vii
İÇİNDEKİLER	viii
Şekiller Listesi	x
Tablo Listesi	xi
BÖLÜM 1.....	1
1.1 Giriş.....	1
1.2 İş Zaman Çizelgesi.....	2
1.3 Bütçe ve gerekçesi.....	3
BÖLÜM 2.....	4
2.1 Literatür Özeti.....	4
BÖLÜM 3.....	7
3.1 Yöntem	7
3.2 Statik Analiz	10
3.3 Modal Analiz	12
3.4 Harmonik Analiz	17
3.5 Responce Spectrum.....	19
3.6 Yorulma Analizi	20
3.7 Rijit Dinamik Analizi	24
BÖLÜM 4.....	30
4.1 Robot Kol Kinematikı	30
4.2 İleri Kinematik.....	30
BÖLÜM 5.....	33
5.1 Robot Kolun Mekanik Montajlanması ve Kullanılan Arayüz Programı	33
BÖLÜM 6.....	40
6.1 Sonuç ve Öneriler	40
KAYNAKÇA	41
EKLER	42

ÖZGEÇMİŞ.....	45
---------------	----

Şekiller Listesi

Şekil 2.1 Robot Electro[1]	4
Şekil 2.2 Wifi Robot Kontrolü[2]	5
Şekil 2.3 PC robot kontrolü[2]	6
Şekil 2.4 Kumanda kontrolü[2]	6
Şekil 3.1 Montajlı robot kol tasarımı	7
Şekil 3.2 Tutucu tasarımı	7
Şekil 3.3 Robotun yan kolları	8
Şekil 3.4 Robot kol solid çizimi	8
Şekil 3.5 Robot kolun montajının tamamlanmış hali.....	9
Şekil 3.6 Modele uygulanan yük ve sınır şartları	10
Şekil 3.7 Toplam şekil değiştirme değerleri.....	10
Şekil 3.8 Normal gerilme	11
Şekil 3.9 Kayma gerilmesi	11
Şekil 3.10 1.mod şekli	12
Şekil 3.11 2.mod şekli	13
Şekil 3.12 3.mod şekli	14
Şekil 3.13 4.mod şekli	15
Şekil 3.14 5.mod şekli	16
Şekil 3.15 Frekans-genlik ve frekans-faz açısı grafikleri.....	18
Şekil 3.16 Yönlü Deformasyon.....	19
Şekil 3.17 Soderberg diagramı.....	20
Şekil 3.18 Periyodik yükleme eğrisi	21
Şekil 3.19 Yapının yorulma ömrü.....	21
Şekil 3.20 Yorulma emniyet katsayısı	22
Şekil 3.21 Fatigue sensitivity diyagramı.....	23
Şekil 3.22 Taban toprak bağlantısı ve dönme eksenı	24
Şekil 3.23 Taban gövde bağlantısı ve dönme eksenı	25
Şekil 3.24 Gövde ile tutucu kısım bağlantısı ve dönme eksenı	25
Şekil 3.25 Tabandaki bağlantılara gelen toplam kuvvetler.....	26
Şekil 3.27 Gövdedeki bağlantıya gelen toplam kuvvetler (sol).....	27
Şekil 3.28 Tutucudaki bağlantıya gelen toplam kuvvetler.....	28
Şekil 3.29 Tutucu kısma uygulanan 10kg kütle.....	29
Şekil 3.30 Yer çekimi kuvveti	29
Şekil 4.1 6 eksen robot kolun koordinat eksen takımlarının gösterimi[3]	31
Şekil 5.1 Servo motor ve boyutları[4]	33
Şekil 5.2 NEMA 17 step motor boyutları[4].....	34
Şekil 5.3 Robot kol arduino, sürücü kart, güç kaynağı bağıntıları	35
Şekil 5.4 Robot kol taban kısmı.....	36
Şekil 5.5 Robot kol gövde kısmı	37
Şekil 5.6 Robot kol eklem kısmı	38
Şekil 5.7 Robot kol sürücü kart.....	39

Tablo Listesi

Tablo 1.1 İş-zaman çizelgesi	2
Tablo 1.2 Proje için yapılan harcamalar	3
Tablo 3.1 Yapının doğal frekans değerleri	17
Tablo 4.1 Eklemler için belirlenen D-H değişkenleri[2]	31

BÖLÜM 1

1.1 Giriş

İhtiyaçların karşılanması yanı sıra kaliteli ürünü ucuza imal edebilmek, iş yükünü hafifletmek, hatayı minimize etmek için otomasyon sistemine ihtiyaç duyulmuştur.

Robot kollar ilk başlarda insan gücünün yetmediği yerlerde yardımcı eleman olarak kullanılırken gün geçtikçe insan gücüne ihtiyaç duymadan kendiliğinden çalışır hale getirilmiştir. Robotik sistemler; Mekatronik Mühendisliği, Makine Mühendisliği, Elektrik-Elektronik Mühendisliği ve Bilgisayar Mühendisliğinin iş birliği sonucu oluşmuştur.

Yapılan çalışmada robotların uzaktan kontrolü ve sektördeki kullanım amaçları incelenmiş olup, bu doğrultuda robot kol tasarım ve analizi gerçekleştirilmiştir.

İlk etapta literatür taraması yapıp robot kol kullanım alanları ve amaçları hakkında bilgi edinilmiştir.

Otomotiv endüstrisinde kullanılan robotlar boyamada, sızdırmazlıkta, parçaların üretim ve birleştirilmesinde kullanılmaktadır.

Tıp ve sağlık alanındaki robotiğin etkisi oldukça fazladır. Cerrahide kullanılan ameliyat robotları hassas kontroller ile yapılan sistemlerden oluşmaktadır.

Devlet kurumlarında, savunma sanayinde, eğitim ve sağlık kurumlarında mobil robotlar aktif olarak faaliyet göstermektedir.

Bu proje çalışmasında, öncelikle mobil robot olarak kullanılabilecek 4 servo, 1 step motorlu robot kol tasarlanmıştır ve geliştirilebilir bir yapıda olması amaçlanmıştır. Projede robot kolun servo motorlarının hareketi ve arayüz programıyla bağlantı kurmak için arduino uno kartı kullanılmıştır.

Önceden kullanılmış robot kollarına nazaran işlevini daha olumlu ve hatayı en aza indirerek yerine getirebilen kontrol düzeneği sağlanmıştır.

İlk etapta uygun ekipman seçimi için analizler yapılmış, sonrasında koşul sağlanıp montaj işlemi gerçekleştirilmiştir.

Son olarak arduino karta kodlar yüklendi ve uygun koşul sağlanacak değerler çok aşamalı olarak gerçekleştirildi.

1.2 İş Zaman Çizelgesi

Proje çalışmamızın iş zaman çizelgesi Tablo 1.1’ de sunulmuştur.

Tablo 1.1 İş-zaman çizelgesi

İş/Zaman	10-25 Ekim	25 Ekim- 10 Kasım	10 Kasım- 1 Aralık	1-15 Aralık	15 Aralık- 1 Ocak	3 Ocak	4 Ocak- 1 Mayıs	1-20 Mayıs	23 Mayıs
Proje Konusunun Belirlenmesi	■								
Proje Hakkında Genel Bilgilerin Toplanması		■							
Arduino ve Servo Motorların İncelenmesi			■						
Mekanik Kısımın Tasarımı				■					
Servo Motor Devresinin Tasarımı				■					
Tasarım Projesinin Hazırlanması					■				
Tasarım Projesinin Teslimi						■			
Mekanik Kısımın Montajı							■		
Yazılım Kısmı							■		
Bitirme Tezinin Yazılması								■	
Bitirme Tezinin Teslimi									■

1.3 Bütçe ve gerekçesi

Projede yapılan harcamalar ve alımlar Tablo 1.2’ de sunulmuştur.

Tablo 1.2 Proje için yapılan harcamalar

Malzeme adı	Nereden/Kimden Alınacağı	Gerekçesi	Bedeli (TL)
Mekanik şase ve tutucu pense	Lazer kesim	Robot kol uzuvları için alınacaktır	200
4adet Servo motor + step motor	Robotistan	Robot manüplatör hareketi için kullanılacaktır	200
Sarf malzeme	Yurt içi alım	Kırtasiye ihtiyaç giderimi	50
		Toplam=	450

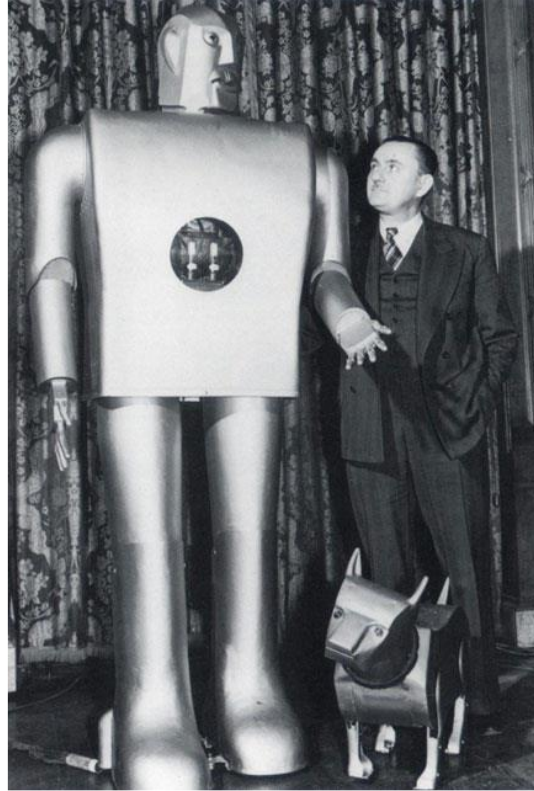
BÖLÜM 2

2.1 Literatür Özeti

Robot tasarımı ilk olarak, 1930'lu yıllarda uçak tasarımcıları uçaklar için otomatik kontrollü robot pilotu tasarladılar.

*1940' lı yıllarda Westinghouse yatay düzlemde bağımsız hareket eden robot gerçekleştirdi.

Şekil 2-1' de ilk robot Robot Electro ve Westinghouse görülmektedir.



Şekil 2.1 Robot Electro[1]

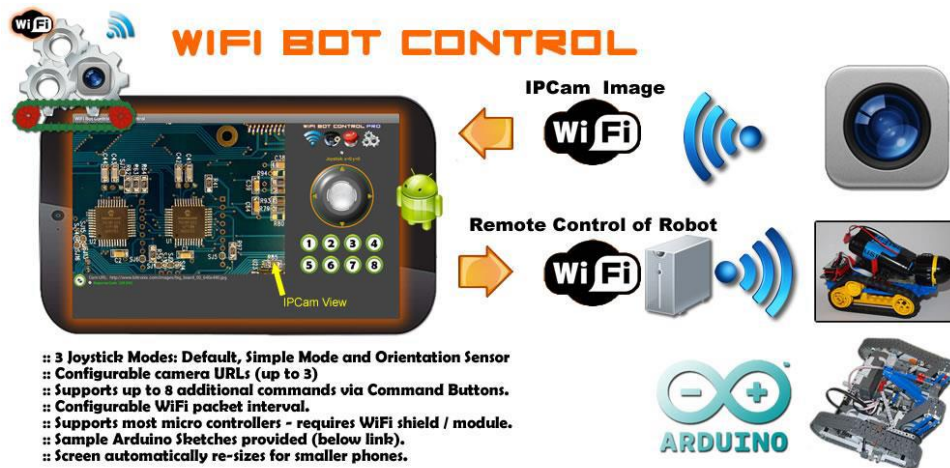
Bu sayede artık robot üretimi ve diğer projelere ışık tutacak robot tasarımı gerçekleşmiş oldu.

20.yüzyılın sonlarına doğru Sony ev hayvanı Aibo' yu, Honda Asimo' yu üretti.

Herrmann ve ark (2014) yay-amortisörün geometrik uygunluğu nedeniyle koordinat sistemini kullanarak, sistemi uyumu bir yörüngede takip denetleyici tasarımı için çalışmışlardır[9].

Jacofsky ve Allen (2016) robotik destekli ortopedik cerrahın yeteneğini geliştirerek total eklem protezi geliştirmek için çalışmışlardır. Robotik sistemler öncelikle bileşen konumlandırma ve hizalama odaklanarak, değişkenliği azaltmak ve hassasiyetini artırmışlardır [6].

Günümüzde; donanım ve yazılım birimleri oluşturulup Arduino, PLC gibi programlanabilen kartlar sayesinde servo motorlar kontrol edilerek wireless üzerinden uzaktan bağlantı sağlanmaktadır.



Şekil 2.2 Wifi Robot Kontrolü[2]

Şekil 2-3' deki gibi bilgisayar kontrol sinyalleri oluşturup robotu kontrol eden, direkt bilgisayar portlarına bağlı robotlarda vardır.



Şekil 2.3 PC robot kontrolü[2]

Robotlar bilgisayar veya Teaching Box cihazlarıyla kumanda edilmektedir[7].

Şekil 2-4' de görüldüğü üzere kontrol ünitesi üzerinde ise robotun start, stop, acil durum butonları yanı sıra çalışma ve hata lambaları bulunmaktadır.



Şekil 2.4 Kumanda kontrolü[2]

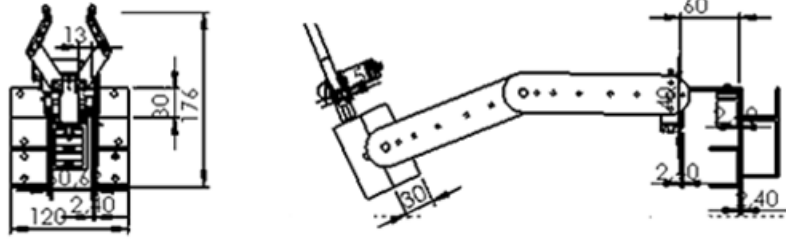
Günümüzde robotların yaygınlaşmasının en önemli sebebi, düzen değiştiren bu icat üzerine yapılan araştırmaların çok daha kolaylaşmış olması. Paylaşılan özgün ve iyi fikirlerin bir robotun üretildiği platformdan bir diğerine aktarılmasını kolaylaştırıyor. Biriken bilgi neticesinde robotları endüstride daha ucuz hale getiriyor. Mevcut robot kollar üretimde birçok ihtiyacı karşılayacak hız, doğruluk ve kullanım kolaylığına sahiptir. Bundan sonraki gelişmeler görüş koordinasyonlarının iyileştirilmesi olacaktır.

Çalışmamızın ilerletilmesi dahilinde hassas görüşlü, çok kollu, kolay programlanabilen ara yüze sahip robot oluşturulabilir ve gerçekleşmesi dahilinde başta tıp sektörü olmak üzere birçok alanda kullanılabilecek robot gerçekleştirilecektir.

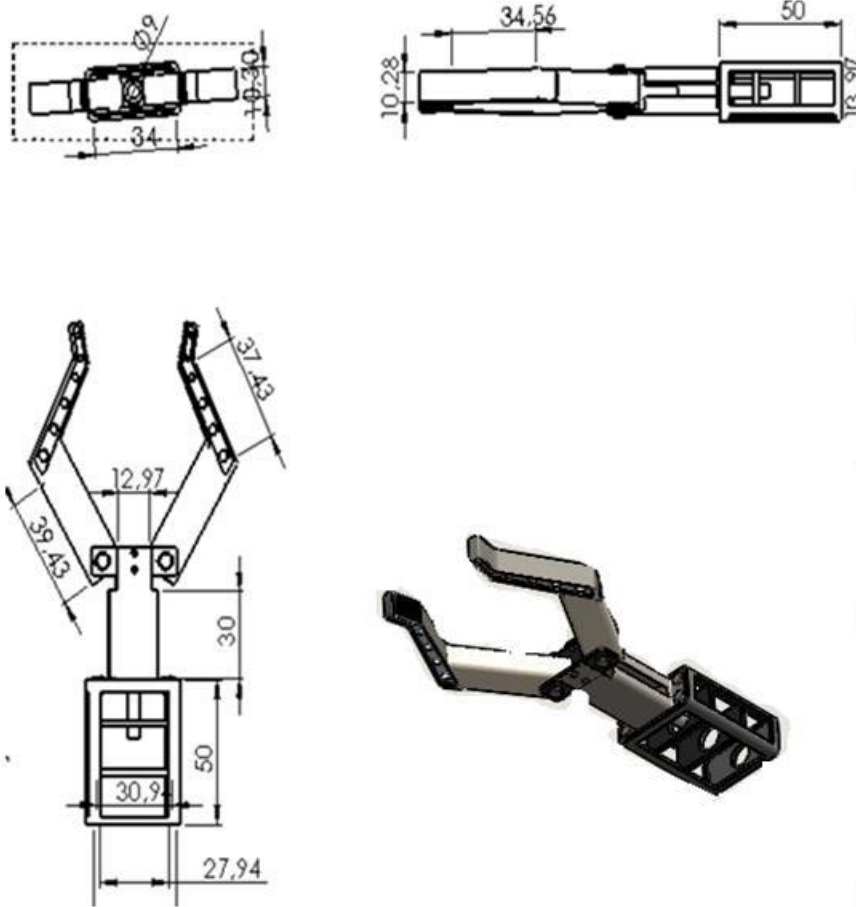
BÖLÜM 3

3.1 Yöntem

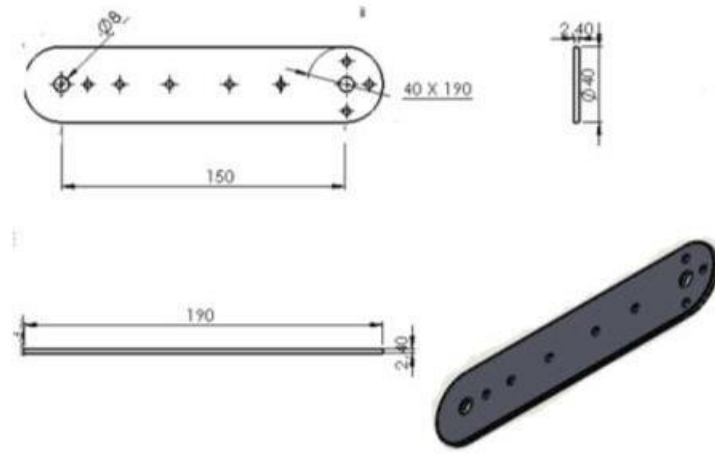
Sistemin tasarımı Solidworks 2015 sürümünde çizilmiştir. Toplam 32 parçadan oluşmaktadır.



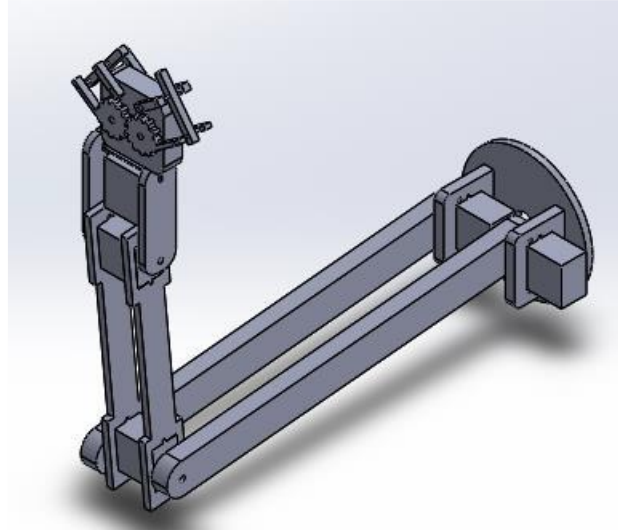
Şekil 3.1 Montajlı robot kol tasarımı



Şekil 3.2 Tutucu tasarımı

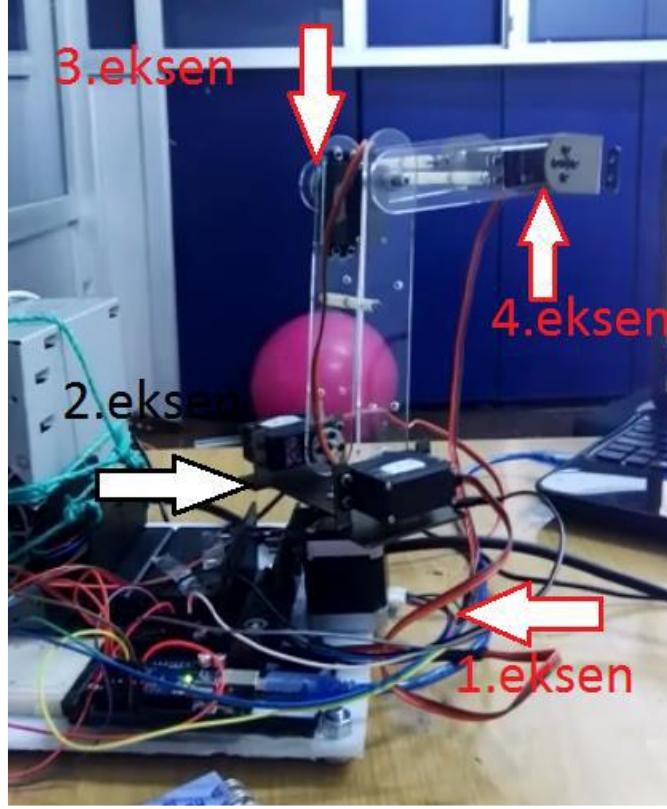


Şekil 3.3 Robotun yan kolları



Şekil 3.4 Robot kol solid çizimi

Şekil 3-1, Şekil 3-2, Şekil 3-3 ve Şekil 3-4' de aşama aşama robot kolun çizimleri mevcuttur.



Şekil 3.5 Robot kolun montajının tamamlanmış hali

Ansys programında; statik, harmonik, yorulma, rijit dinamik ve response spectrum analizleri yapılmış olup, detaylar aşağıda verilmiştir.

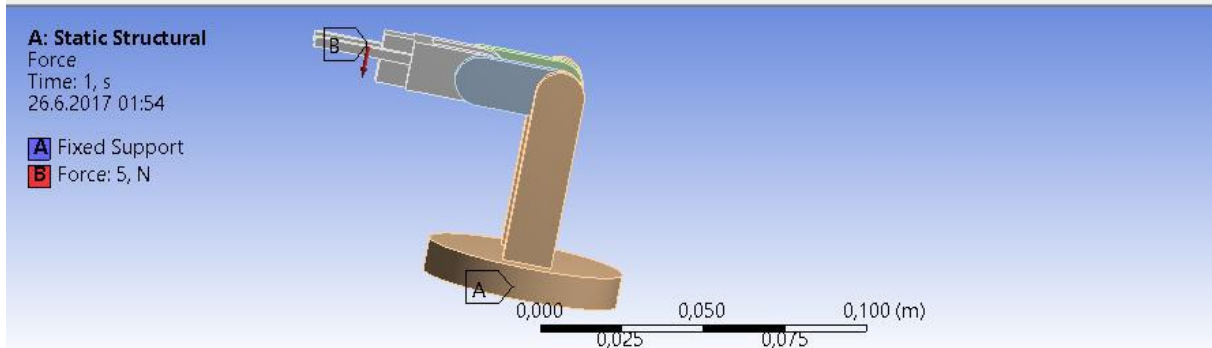
3.2 Statik Analiz

Statik analiz, analizini yaptığımız parça üzerindeki yüklerin ve kısıtlamaların, lineer olarak tanımlanmış malzeme özellikleri ile oluşturduğu anlık çözümlemelerdir.

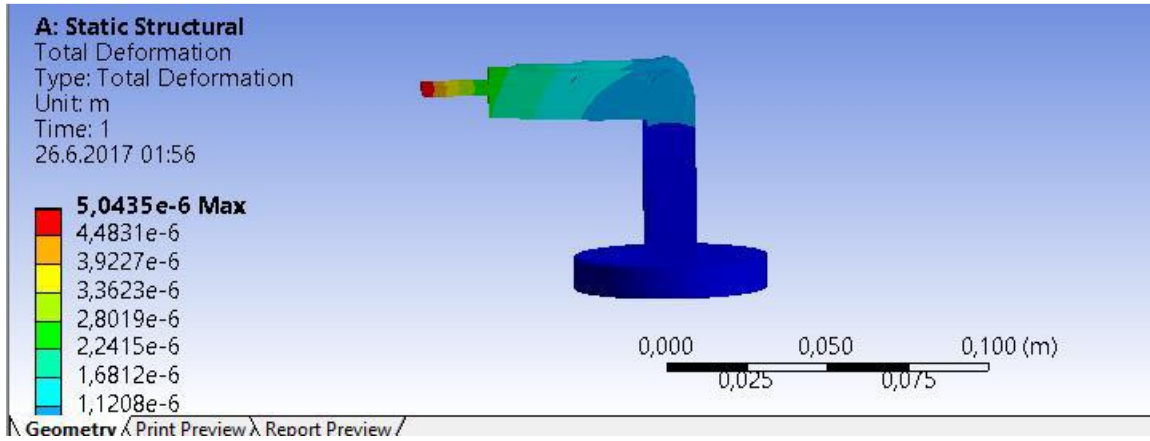
Şekil 3-6' da gösterildiği gibi; modelin üst yüzeyine 5 N'luk kuvvet, alt yüzeye ise fixed support-ankastre bağlantı uygulandı. Bu analiz sonuçlarına göre robot kol sisteminde herhangi bir hasar olmayacaktır.

Şekil 3-6' da modelin yüklemeleri ve sınır şartı altındaki durumu görülmektedir.

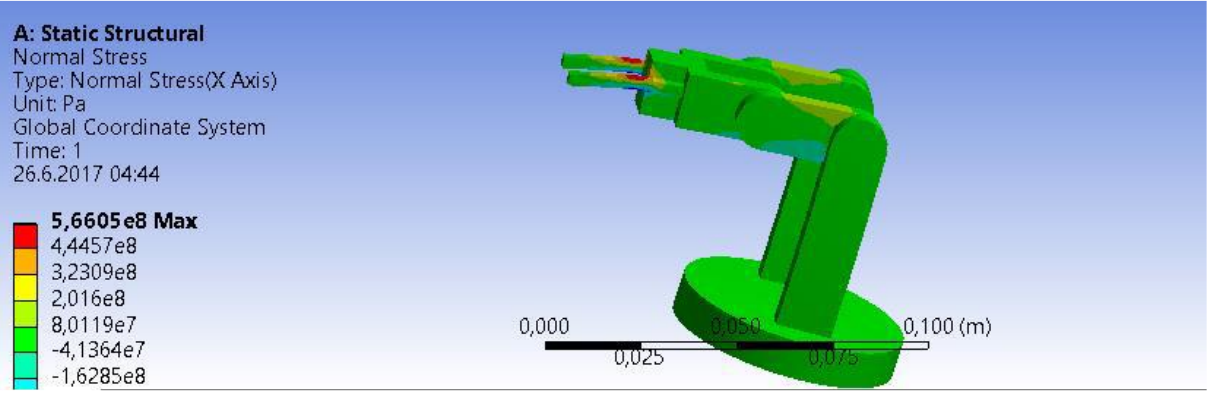
Şekil 3-7' de ise bu yükleme ve sınır şartı altında statik analizin cevabını vermektedir.



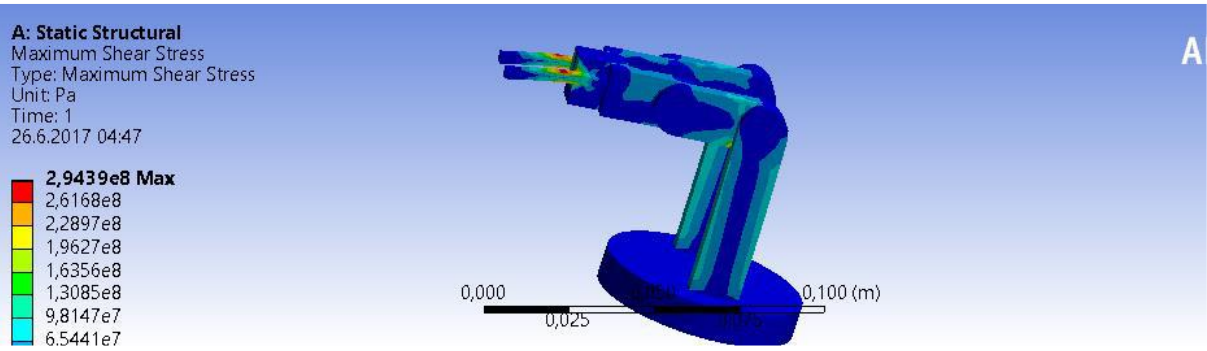
Şekil 3.6 Modele uygulanan yük ve sınır şartları



Şekil 3.7 Toplam şekil değiştirme değerleri



Şekil 3.8 Normal gerilme

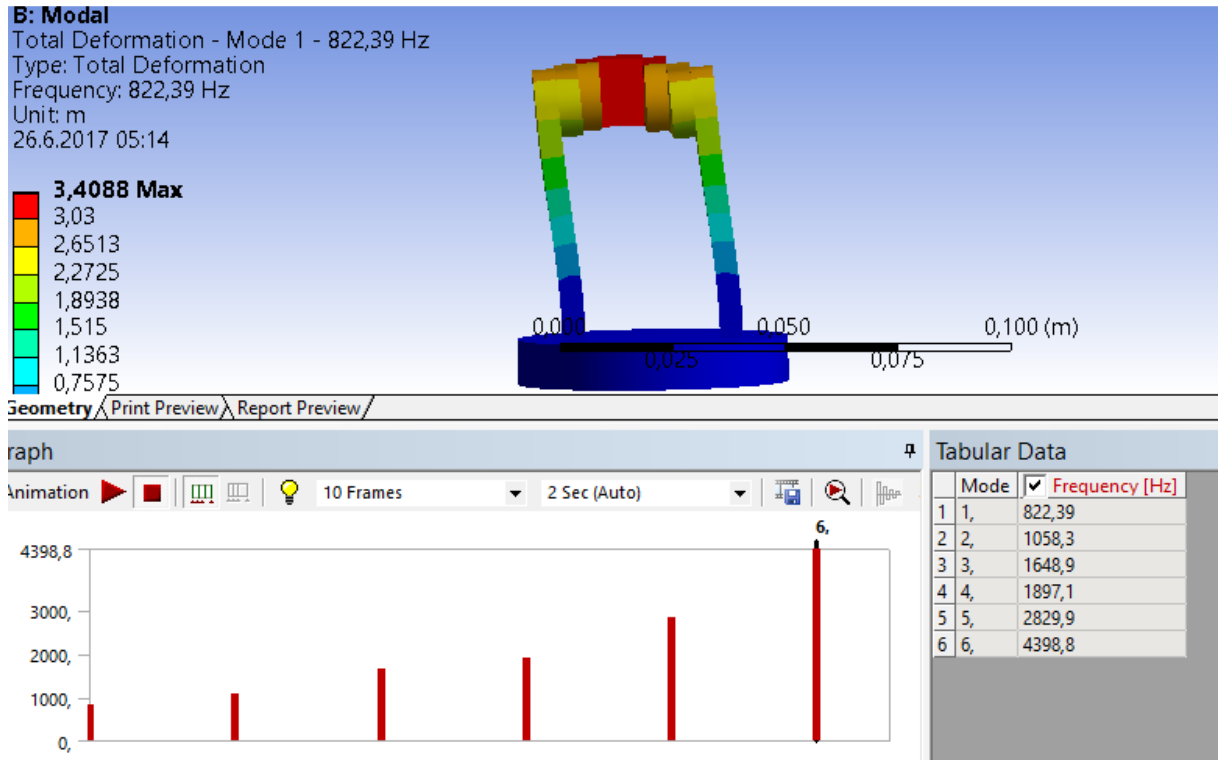


Şekil 3.9 Kayma gerilmesi

3.3 Modal Analiz

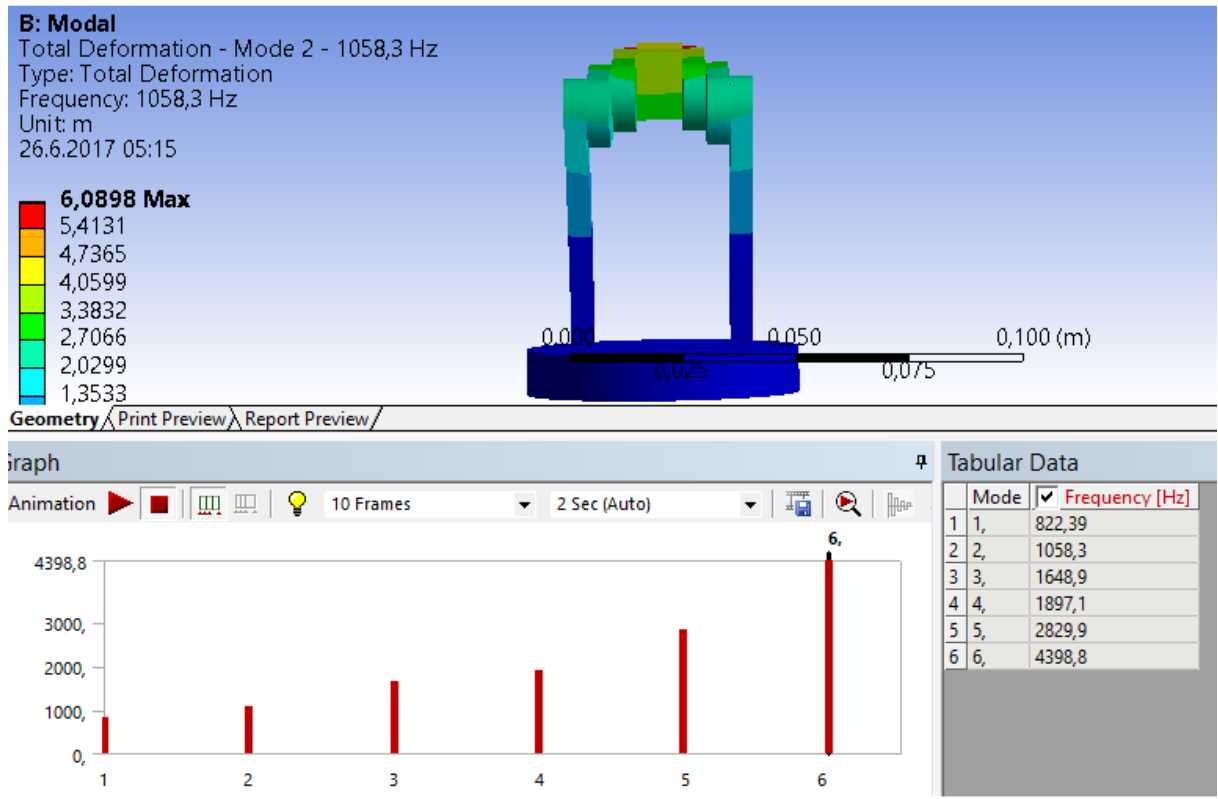
Mod, periyotların deformasyon şekillerinin gösterilmesidir. modal analiz doğal frekansı, sönüm değerleri ve yapısal deformasyonuna bağlı bir değer olan mod biçimini içeren dinamik karakterini belirlemek için uygulanan yöntemdir.

Şekil 3-10' da eğilme etkisi altında olan mod şeklidir.



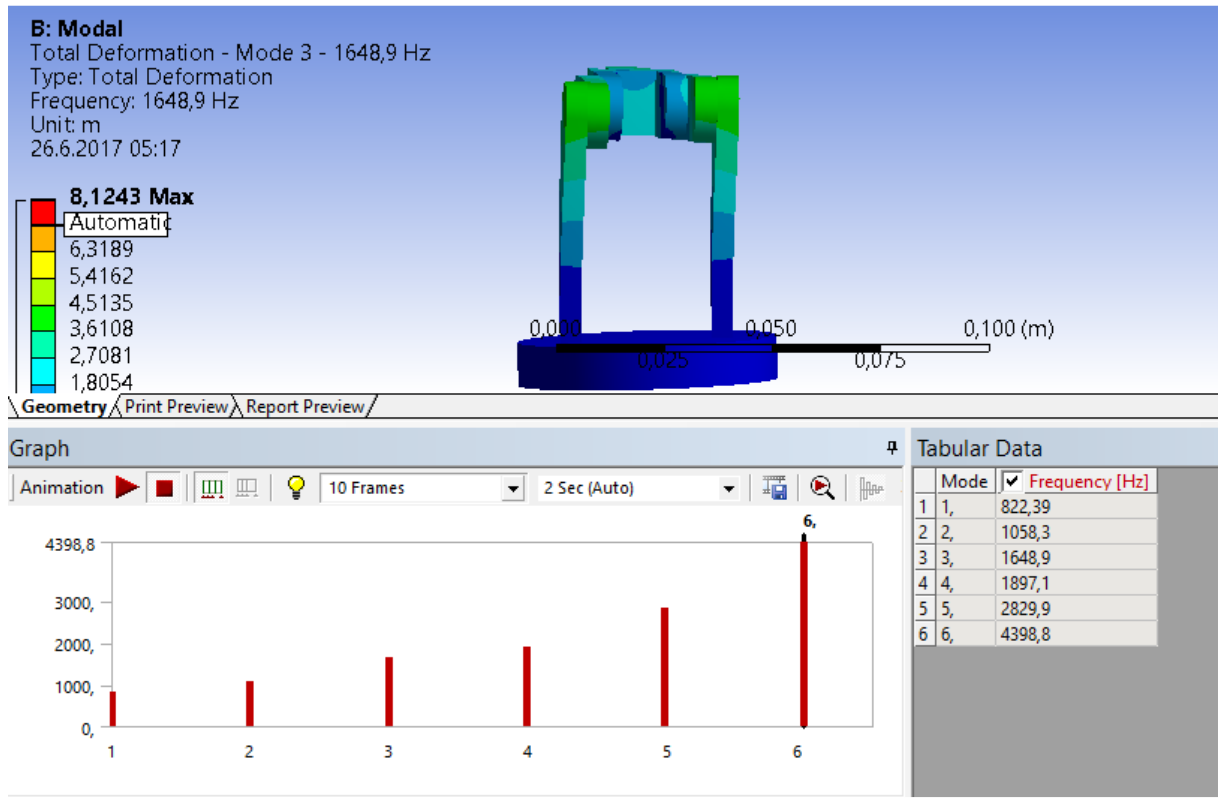
Şekil 3.10 1.mod şekli

Şekil 3-11' deki mod şekli yine eğilme etkisi altında olan şeklidir.



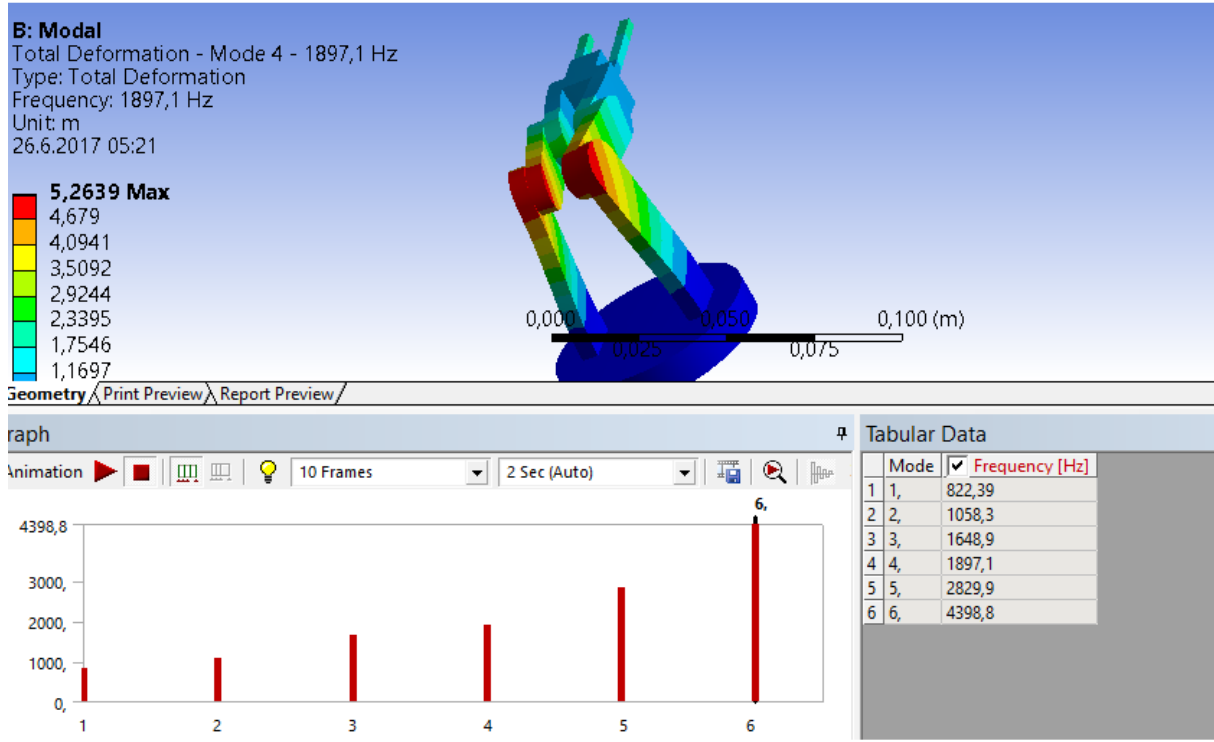
Şekil 3.11 2.mod şekli

Şekil 3-12' deki mod şekli ise hem eğilme hem çekme etkisi altındaki şeklidir.



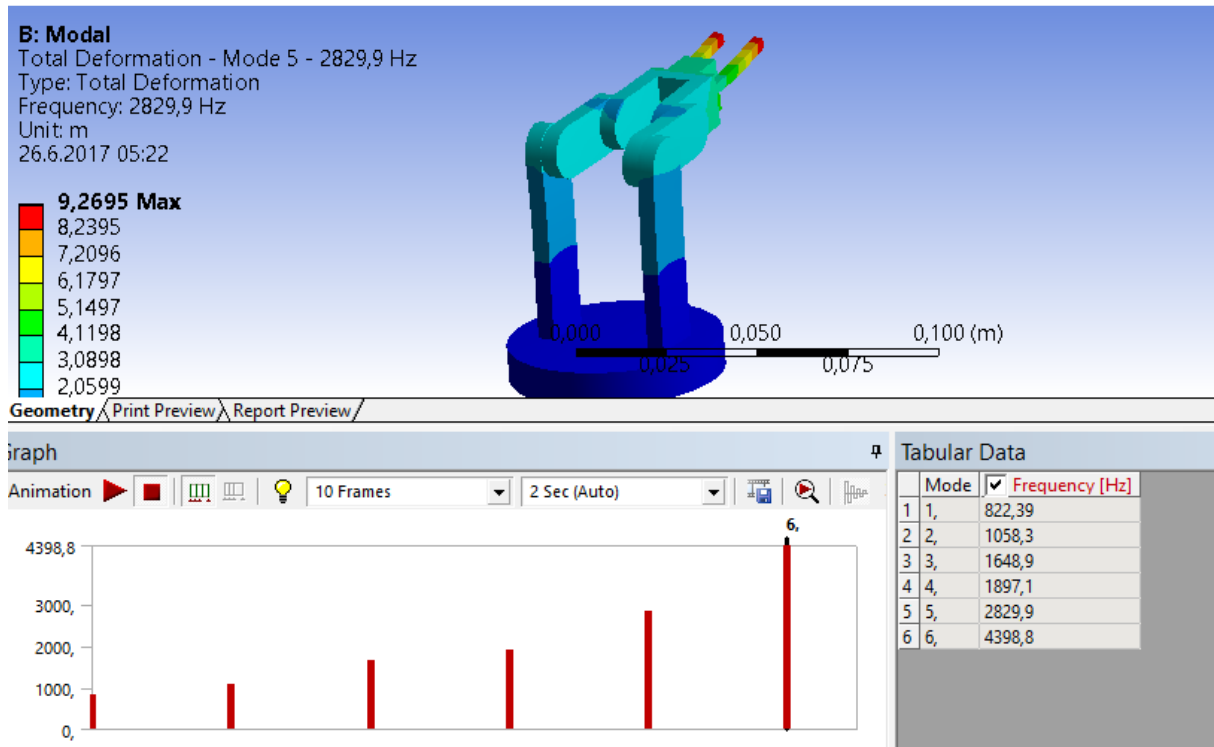
Şekil 3.12 3.mod şekli

Şekil 3-13' deki mod şekli ise hem eğilme hem çekme etkisi altındaki şeklidir.



Şekil 3.13 4.mod şekli

Şekil 3-14' deki mod şekli eğilme etkisi altında olan şeklidir.



Şekil 3.14 5.mod şekli

3.4 Harmonik Analiz

Öncesinde modal analiz yapılmasını gerektiren analiz türüdür. Cismimiz rezonansa(salınım genliği) uğrar mı uğramaz mı, bu uyguladığımız kuvvetin frekansı ve şiddeti ne kadarlık cisimde titreşim genliği yapacak sorularına cevap bulacağımız analizdir.

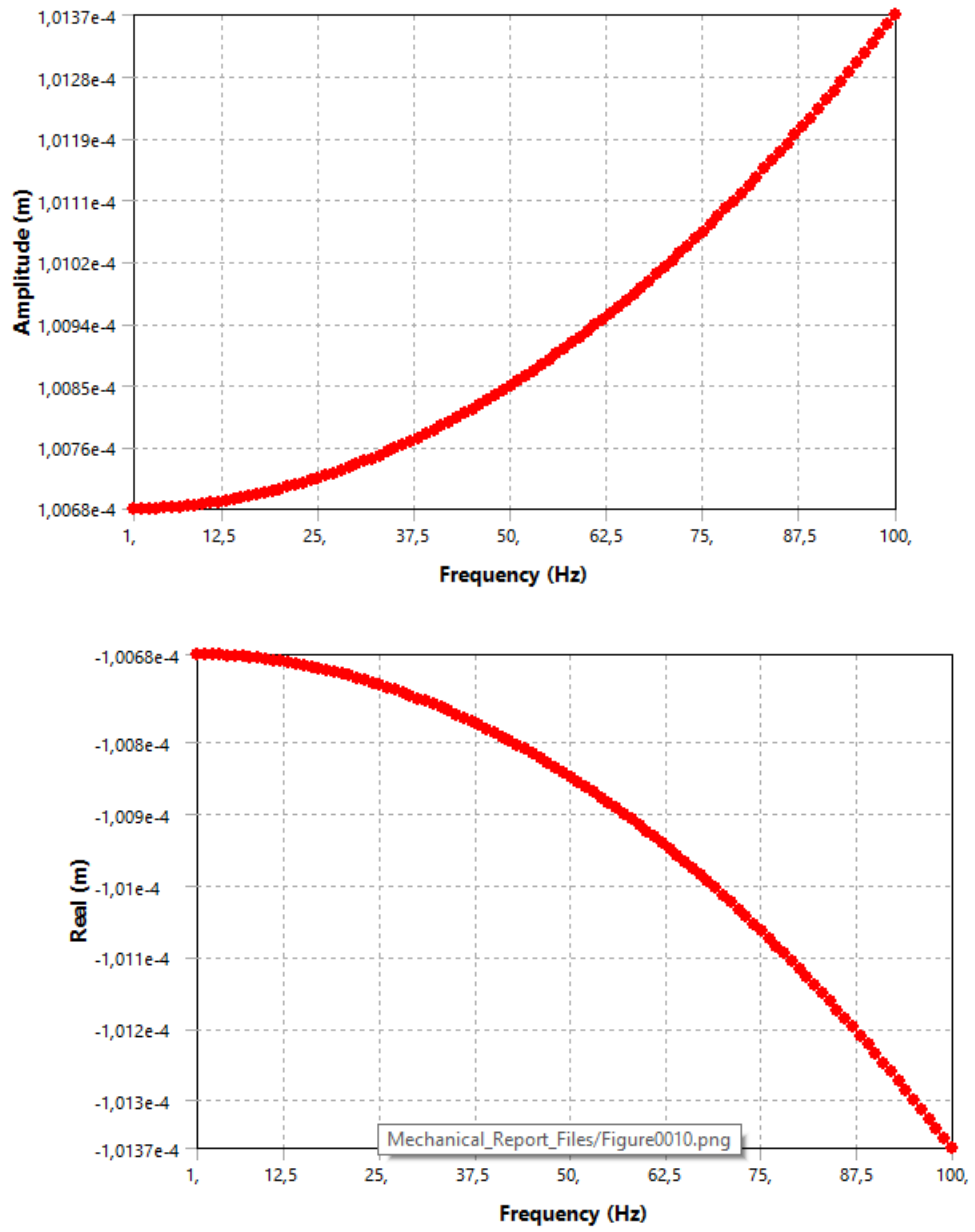
Harmonik analizin amacı belirli bir noktadan belirli bir frekansta yapıyı zorlamak ve model üzerinde bu noktaların uygulanan kuvvetlere karşı cevabını, gerilmesini, titreşim şeklini belirlemektir.

Yapının doğal frekans değerleri Tablo 3.1' de sunulmuştur.

Tablo 3.1 Yapının doğal frekans değerleri

Mode	Frequency [Hz]
1,	822,39
2,	1058,3
3,	1648,9
4,	1897,1
5,	2829,9
6,	4398,8

Bu frekans değerlerinde yapının genlik grafiği şekil 3-15' de görülmektedir.

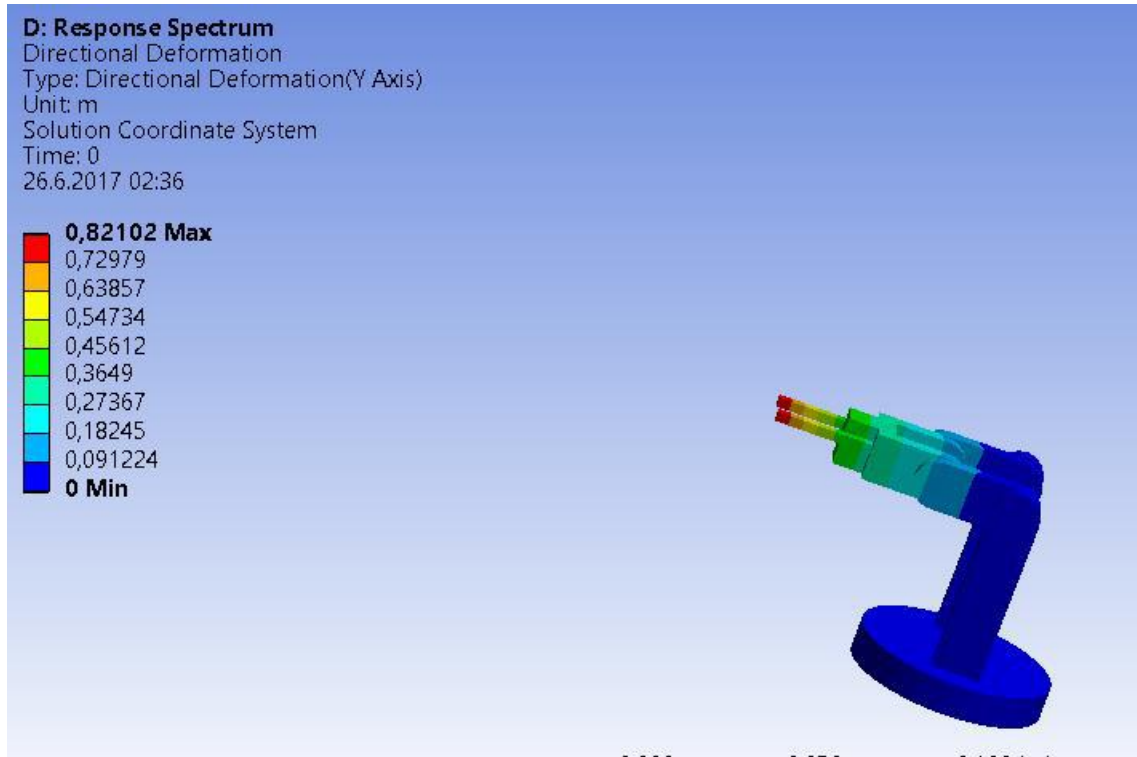


Şekil 3.15 Frekans-genlik ve frekans-faz açısı grafikleri

3.5 Response Spectrum

Modal analiz sonuçlarının, bilinen bir spectrum ile birlikte kullanıldığı analizdir. Spectrum türü hız, ivme yada kuvvet olabilmektedir. Response spectrum ise tek serbestlik dereceli sistemlerin, zaman tanımlı bir fonksiyona verdiği cevabı gösterir. Bu analiz bir cevap-frekans grafiğidir.

Yapılan analiz sonucu böyle bir etki Şekil 3-16' da görüldüğü üzere 0,82m lik bir maximum deformasyona sebep olmuştur.

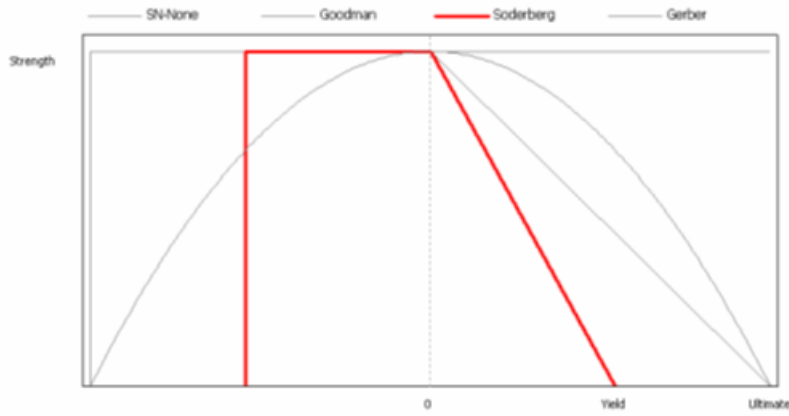


Şekil 3.16 Yönlü Deformasyon

3.6 Yorulma Analizi

Yorulma hasarları periyodik bir yükleme sonucunda, başlangıçta mevcut bir çatlakın ilerlemesi sonucunda, uzun bir süre sonunda ve ani bir şekilde oluşan hasar türleridir[10]. Özel durumlar dışında çoğunlukla yorulmaya yol açan gerilme seviyesi malzemenin akma dayanımından düşüktür. Analizde hasar kriteri olarak belirli metotlar kullanılmaktadır. Soderberg eğrisi düşük süneklığe sahip malzemeler için kullanışlıdır. Robot kolunda yapılan yorulma analizinde Soderberg eğrisi esas alınmıştır.

Ansyes programının baz aldığı Soderberg diagramı Şekil 3-17’ deki gibidir.



Şekil 3.17 Soderberg diagramı

Yapıya 25 N’ luk periyodik bir kuvvet uygulanmıştır. ($F=25*\sin(t)$ N). Analizde aşağıdaki yükleme parametreleri kullanılmıştır[10].

Periyodik yükleme eğrisinin zamanla değişim grafiği Şekil 3-18’ deki gibidir.

$$\text{Ortalama yük : } F_m = \frac{F_{\max} + F_{\min}}{2} = 0 \text{ N}$$

Denklem 3.2

$$\text{Yük aralığı : } \Delta F_r = F_{\max} - F_{\min} = 50 \text{ N}$$

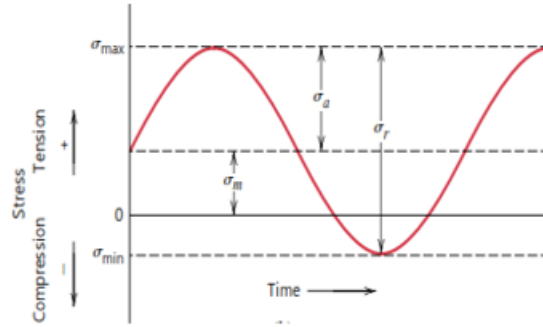
Denklem 3.3

$$\text{Yük genliği : } F_a = \frac{F_r}{2} = \frac{F_{\max} - F_{\min}}{2} = 25 \text{ N}$$

Denklem 3.4

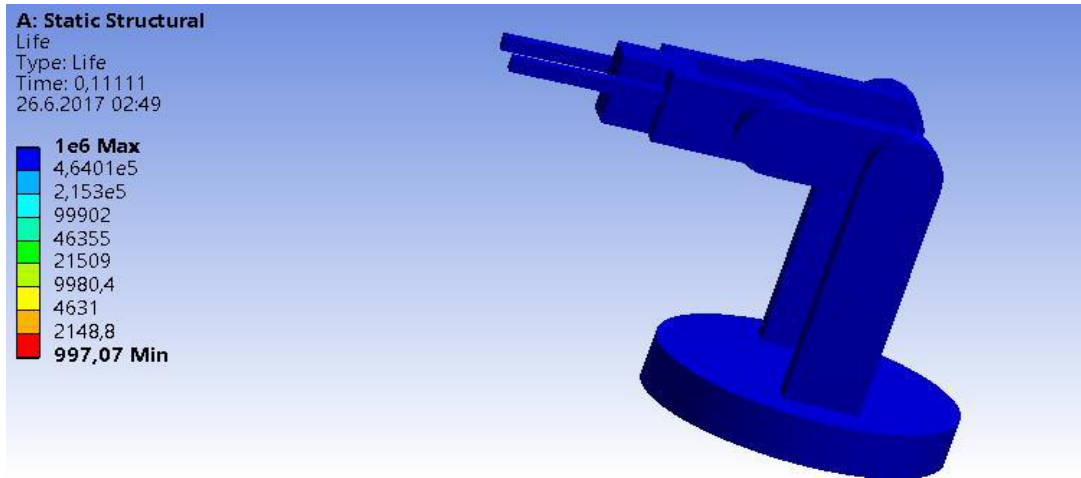
$$\text{Yükleme oranı (Yükleme oranı) : } R = \frac{F_{\min}}{F_{\max}} = 1$$

Denklem 3.5

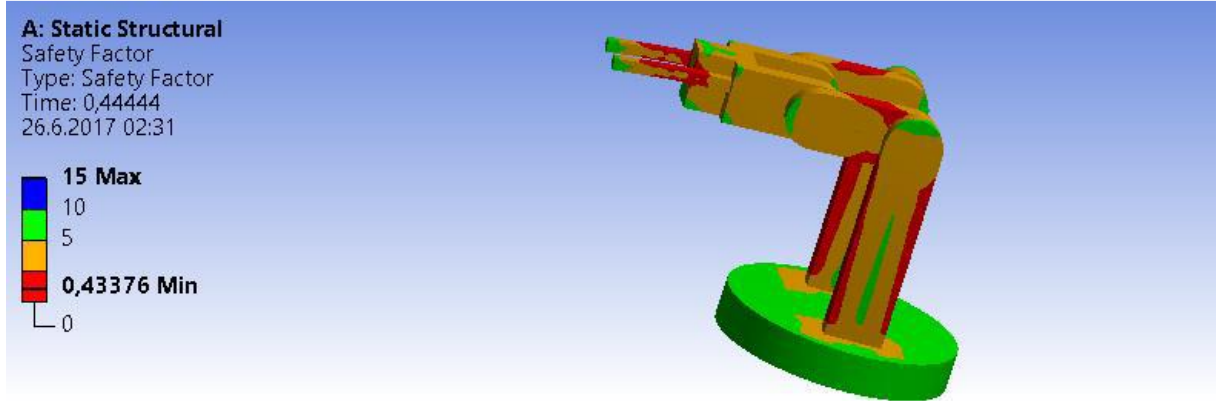


Şekil 3.18 Periyodik yüklem eğrisi

Ansys programında ömür değerinin sonsuz ömür olduğu Şekil 3-19' dan anlaşılmaktadır.



Şekil 3.19 Yapının yorulma ömrü

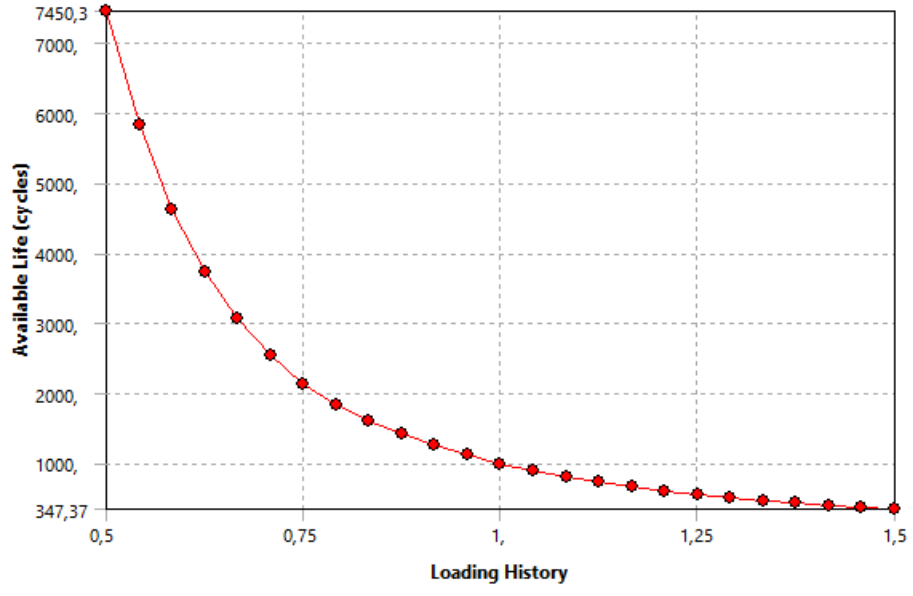


Şekil 3.20 Yorulma emniyet katsayısı

Şekil 3-20’ de ise yorulma emniyet katsayısı 0,43376 olarak elde edilmiştir. Sodeberg’e göre parçanın emniyet katsayısı 1’in altında olduğu için emniyetli sayılmaz. Bu yükleme değerinde yapıda yorulmadan dolayı kırılma gerçekleşebilir, ancak projeye uygun yüklemeler yapılacağından sıkıntı yaratmayacaktır.

Fatigue Sensitivity diyagramı ;

Bu diyagram; yükleme değerinin değişmesi halinde yorulma ömrünün ne olacağını gösterir. Şekil 3-21’de görüldüğü gibi yük arttıkça yapının ömrü azalmaktadır.



Şekil 3.21 Fatigue sensitivity diyagramı

3.7 Rijit Dinamik Analizi

Rijit dinamik analizi; yapının bütün elemanlarının rijit olduğu kabul edilerek yapılan bir analiz türüdür. Bu nedenle analiz neticesinde yapıda gerilme veya şekil değiştirme değerleri elde edilmez. Bu analiz, yapıya uygulanan öteleme-dönme, hız-ivme, yerçekimi gibi etkiler neticesinde; yapının bağlantı noktalarına gelecek olan sadece kuvvet ve moment değerlerinin tespiti amacıyla yapılan bir analiz türüdür.

Rijit cisim analizi bağlantı noktasındaki kuvveti momenti hesaplamak için yapılmaktadır.

Robotun bütün bağlantı noktalarına saatin tersi yönünde =0,1 rad/sn açısal hız verilerek 60 sn süresi için analiz yapıldı. Böylece tam bir tur dönüş sağlandı. =0,1 rad/sn açısal hıza sahip olan yapının bir tam tur (2 radyan) dönebilmesi için 60 sn' lik analiz zamanı gerekmektedir.

$$\theta = \omega \cdot t \quad \text{Denklem 3.6}$$

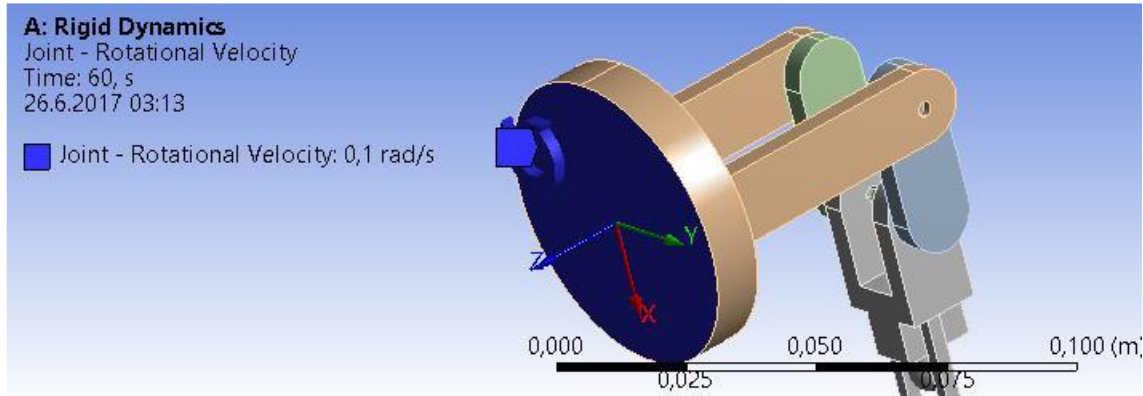
$$2\pi = \omega \cdot t \quad \text{Denklem 3.7}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad \text{Denklem 3.8}$$

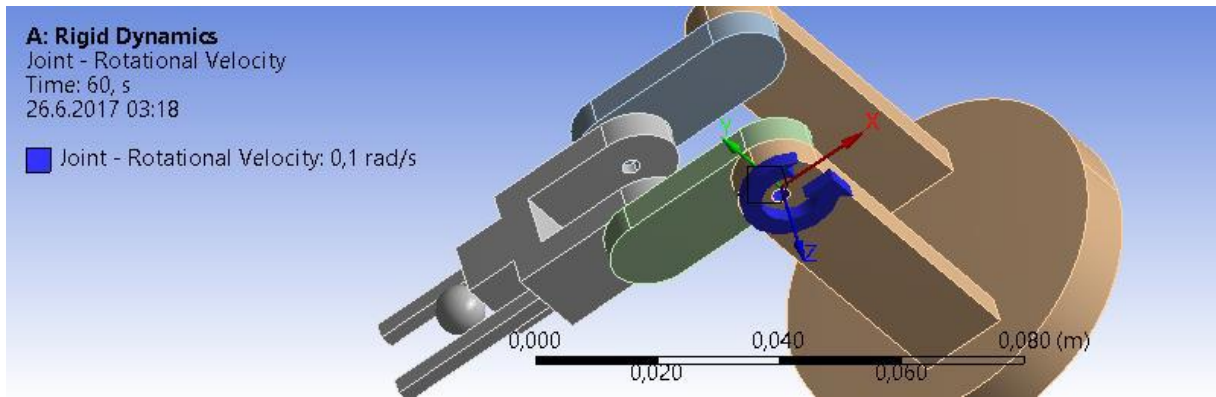
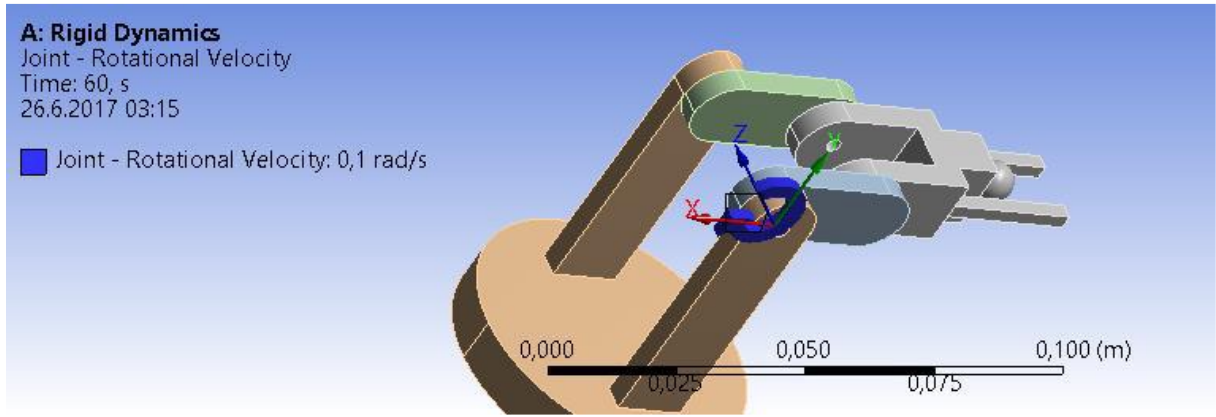
$$\omega = 2\pi f \quad \text{Denklem 3.9}$$

$$\theta = 0,1 \frac{\text{rad}}{\text{sn}} \times 60 \text{ sn} = 6 \text{ rad}$$

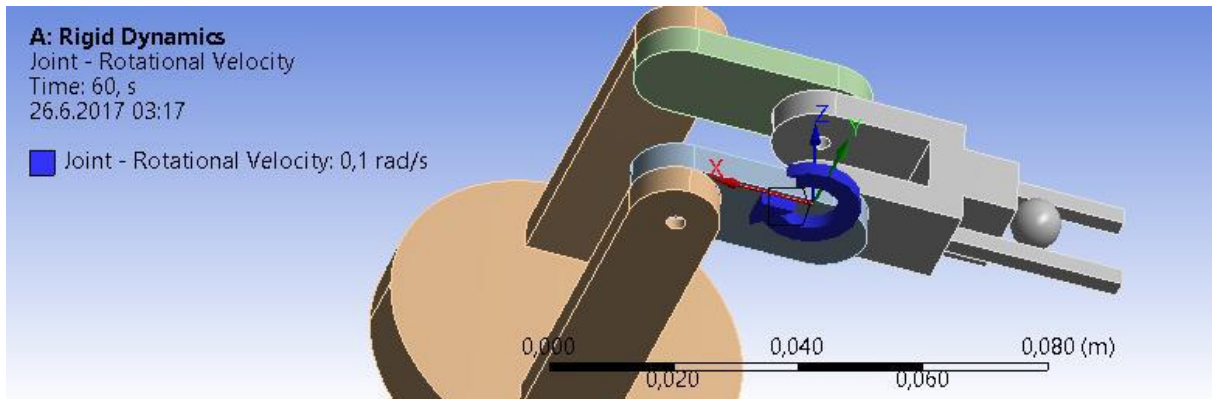
Çeşitli döner eklemlili bölgelerde dönme noktalarını z eksenine gelecek şekilde ayarlandı. Öncelikle bağlantılar ve dönme eksenleri atamaları gerçekleştirildi. Bu aşamalar aşağıdaki şekillerde kademe kademe görülmektedir.



Şekil 3.22 Taban toprak bağlantısı ve dönme eksenli

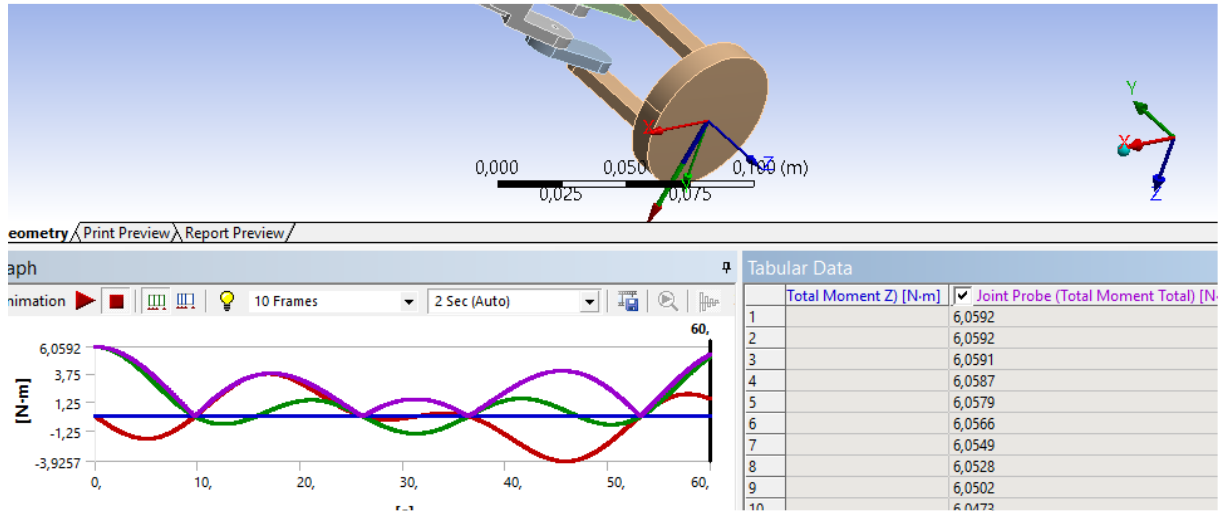


Şekil 3.23 Taban gövde bağlantısı ve dönme eksenı



Şekil 3.24 Gövde ile tutucu kısım bağlantısı ve dönme eksenı

Şekil 3-25' de ilk parça tabanının yere olan döner bağlantısındaki kuvvet değişimi görülmektedir. En yüksek kuvvet değeri 6,0592 N dur.



Şekil 3.25 Tabandaki bağlantılara gelen toplam kuvvetler

Burada 4 renk görülmektedir ve bu renklerin ifadeleri şu şekildedir;

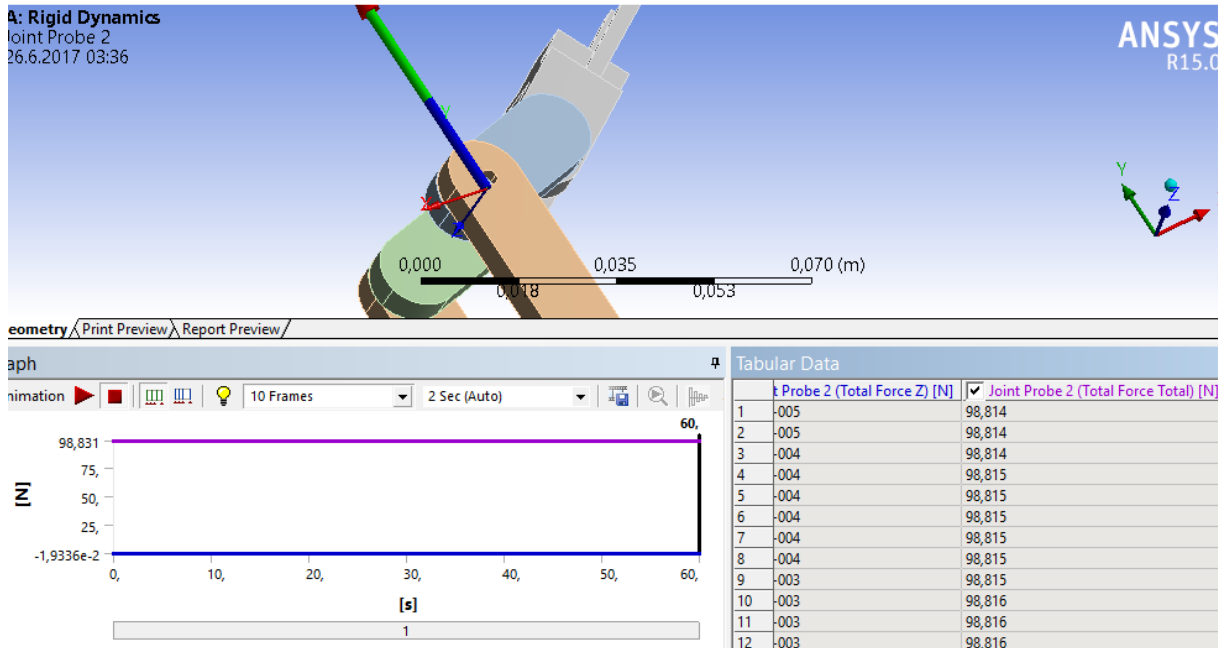
Pembe: Toplam moment

Kırmızı: X eksenli etrafındaki moment

Yeşil: Y eksenli etrafındaki moment

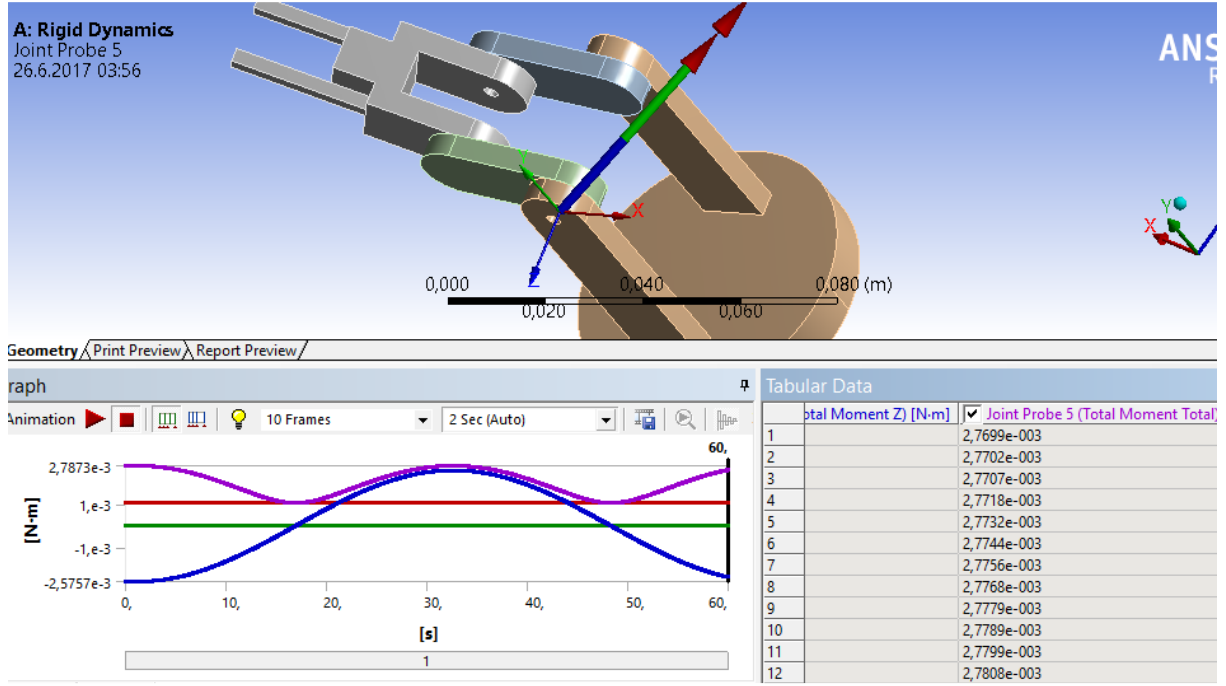
Mavi: Z eksenli etrafındaki moment

Şekil 3-26' da tabanın gövdeye olan (sağ) döner bağlantısındaki kuvvet değişimi görülmektedir. En yüksek kuvvet değeri 98,816 N dur.



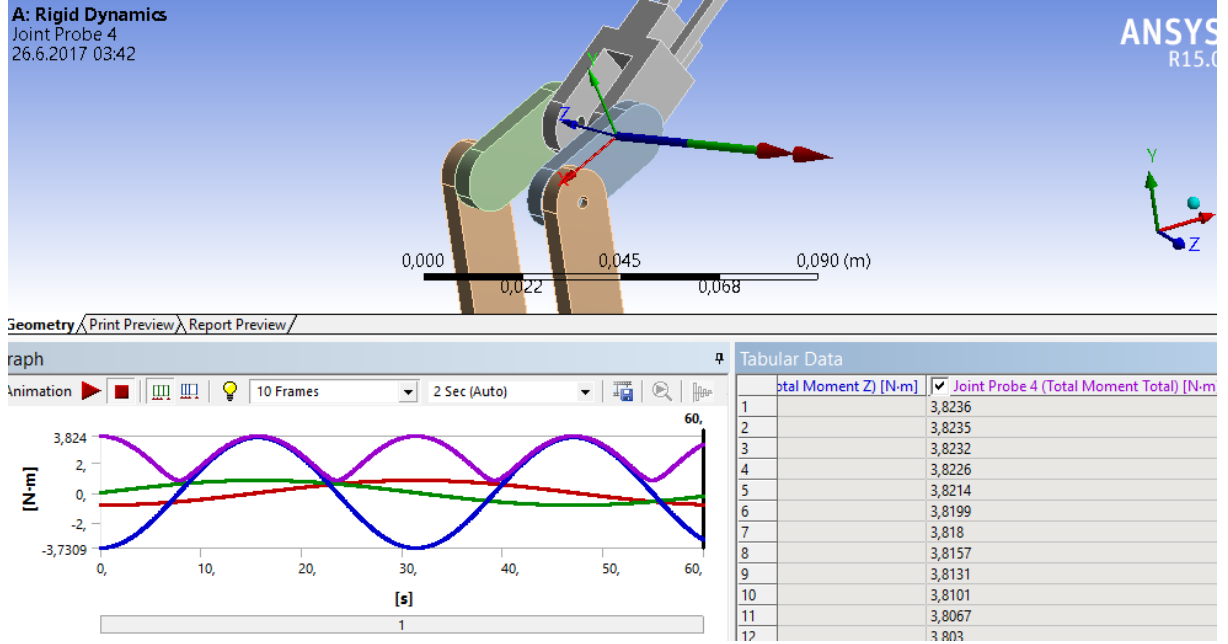
Şekil 3.26 Gövdedeki bağlantıya gelen toplam kuvvetler (sağ)

Şekil 3-27' de tabanın gövdeye olan (sol) döner bağlantısındaki kuvvet değişimi görülmektedir. En yüksek kuvvet değeri $2,7699\text{e-}003$ N dur.



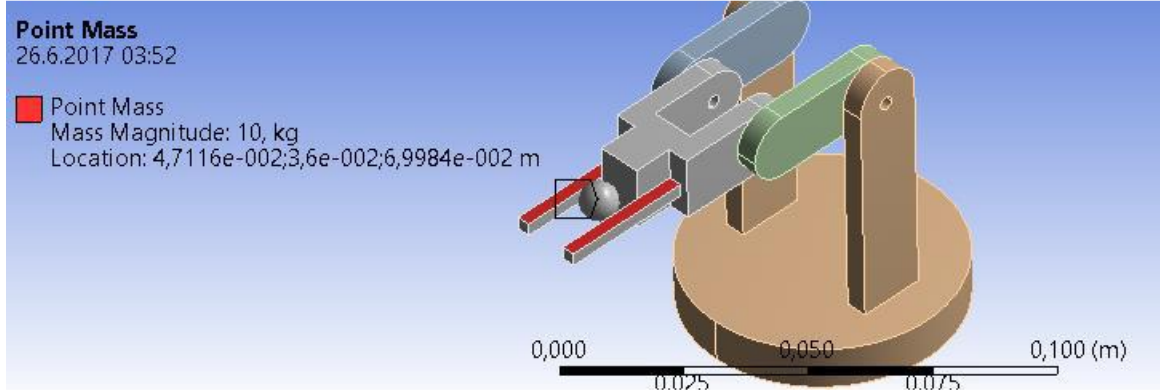
Şekil 3.27 Gövdedeki bağlantıya gelen toplam kuvvetler (sol)

Şekil 3-28’ de gövdenin tutucuya olan döner bağlantısındaki kuvvet değişimi görülmektedir. En yüksek kuvvet değeri 3,8236 N dur.

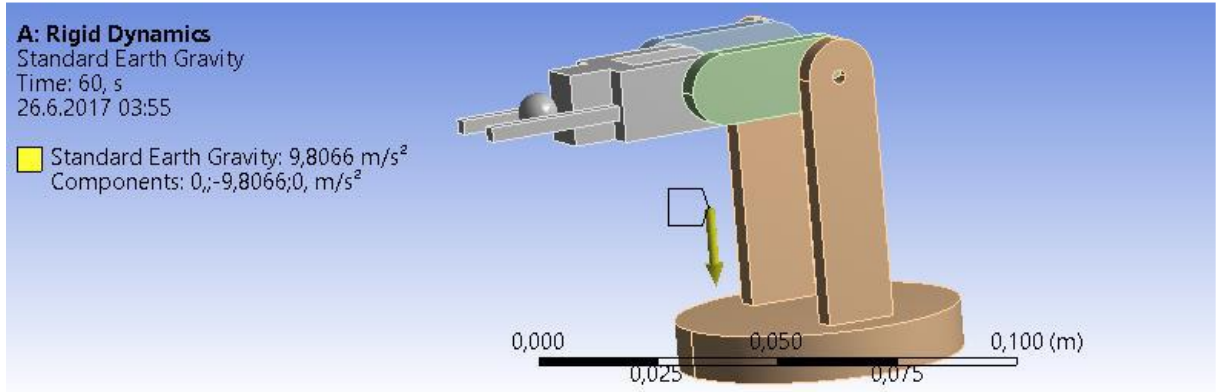


Şekil 3.28 Tutucudaki bağlantıya gelen toplam kuvvetler

Yapılan analizler aşağı yönlü bir yerçekimi kuvveti ile tutucu kısma uygulanan kütle etkisi altında sonuçlar vermiştir. Şekil 3-29 ve Şekil 3-30’ da görüldüğü üzere kütle 10 kg olarak girilmiş olup, yerçekimi ağırlığını ansys otomatik 9,8066 m/s olarak belirlemiştir.



Şekil 3.29 Tutucu kısma uygulanan 10kg kütle



Şekil 3.30 Yer çekimi kuvveti

BÖLÜM 4

4.1 Robot Kol Kinematığı

Robot kolu, eklemlerle birbirine bağlanır ve uzuv adı verilen eğilmez cisimlerden meydana gelir. Robot kinematığı ile kuvvet, ivme, hız analizi yapılabilir.

Robot kol kinematığı hesabında 2 farklı yol incelenmektedir. Birinci yöntem ağırlıktan başlayarak en uç noktaya ulaşmaya çalışmaktır. Bu işlem ileri kinematik hesaplama yöntemidir.

İkinci yöntem en uç noktadan başlayarak sabite ulaşmaya çalışmaktır. Bu yöntemde ters kinematik hesaplama yöntemidir.

Bu çalışmada kullanılan yöntemlerin amacı, ileri kinematikte kullanılan matematiksel algoritmanın sadeleştirilmesi ve kullanım kolaylığı getirilmesidir. İleri kinematik çözüm algoritması matrisel bir algoritmadır. (Denavit Hartenberg)

Burada giriş eklem açısına bağlı robot elinin koordinat sisteminde ulaşacağı xyz noktası hesaplanır. Atanan koordinat

Bu hususta çalıştığımız algoritma 4*4 matrisel algoritmadır.

4.2 İleri Kinematik

Her bir ekleme bir koordinat sistemi yerleştirilirse komşu iki ${}^{i-1}_iT$ dönüşüm matrisiyle ileri kinematik elde edilir. İlk ekleme ait dönüşüm matrisi ilk eklem ile ana çerçeve arasındaki ilişkiyi tanımlamaktadır.

Arka arkaya sıralanan bu eklem dönüşüm matrisleriyle ana çerçeve ile araç çerçevesi arasındaki ilişki tanımlanır.

Bu ilişkide ileri kinematik olarak tanımlanır. Ana çerçeve ile araç çerçevesi arasındaki ilişki

$${}^0_N T = {}^0_1 T {}^1_2 T \dots {}^{N-1}_N T \quad \text{şeklinde tanımlanır[1].}$$

Denavit-Hartenberg yönteminde robot ileri kinematığını bulmak için dört değişken kullanılmaktadır. Bu değişkenler sırasıyla;

a_{i-1} ; iki eksen arasındaki bağ uzunluğu

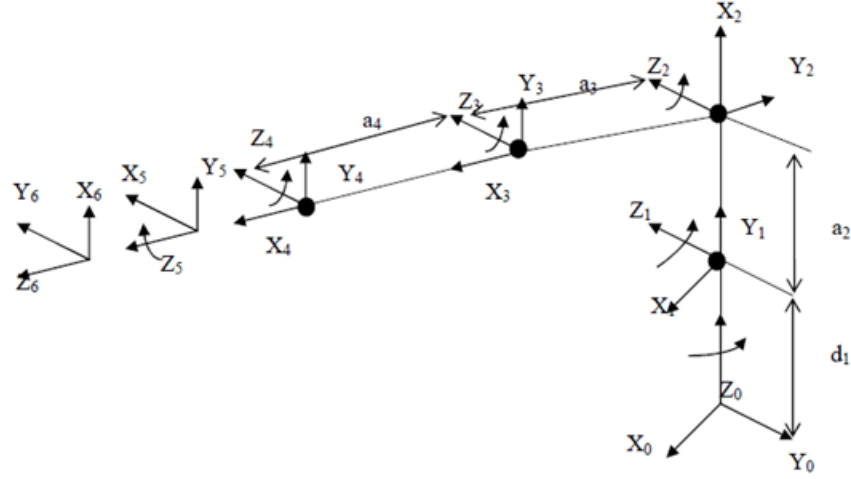
α_{i-1} ; $(i-1)$ ile i eksenleri arasındaki bağ açısı

d_i ; Çakışan bağlar arasındaki eklem kaçıklığı

θ_i ; iki bağ arasındaki eklem açısı

Bu değişkenler Denavit-Hartenberg (D-H) değişkenleridir. Bu değişkenleri bulmak için önce dönme eksenleri belirledik ve bu dönme eksenleri bağlardan bir fazla olacak şekilde numaralandırılır.

Daha sonra eksenlerin tümüne koordinat sistemi yerleştirilir ve z eksenı döner eklemler için bağıın dönme eksenı, prizmatik eklemler için ise kayma yönü olarak kabul ediyoruz. Ardından da sağ el kuralına göre y eksenleri belirleyip sıfır ve birinci eksenler üst üste kabul edilir[4].



Şekil 4.1 6 eksen robot kolun koordinat eksen takımlarının gösterimi[3]

Eklemlere koordinat sistemini yerleştirip D-H değişkenleri Tablo 1' deki gibi her bir eklem için ayrı ayrı belirlenir.

Tablo 4.1 Eklemler için belirlenen D-H değişkenleri[2]

EKSEN	D-H DEĞİŞKENLERİ			
i	α_{i-1}	a_{i-1}	d_i	θ_i
1	α_0	a_0	d_1	θ_1
2	α_1	a_1	d_2	θ_2
3	α_2	a_2	d_3	θ_3

Dönüşüm matrislerinin birbiri ile çarpılması sonucu ileri kinematik matrisi bulunur.

Eklemler için dönüşüm matrislerini bulurken genel eklem dönüşüm matrisi kullanılır. Dönüşüm matrislerinde kullanacağımız “c” ve “s” kısaltmaları *cosinüs* ve *sinüs* fonksiyonlarını ifade etmektedir.

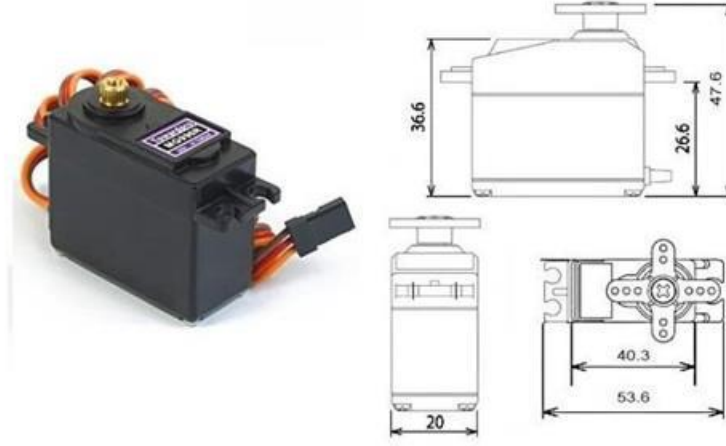
$${}^{i-1}_iT = \begin{bmatrix} c\theta_i & -s\theta_i & 0 & a_{i-1} \\ s\theta_i c\alpha_{i-1} & c\theta_i c\alpha_{i-1} & -s\alpha_{i-1} & -s\alpha_{i-1}d_i \\ s\theta_i s\alpha_{i-1} & c\theta_i s\alpha_{i-1} & c\alpha_{i-1} & c\alpha_{i-1}d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$${}^{i-1}_iT = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & p_x \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & p_y \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & p_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

BÖLÜM 5

5.1 Robot Kolun Mekanik Montajlanması ve Kullanılan Arayüz Programı

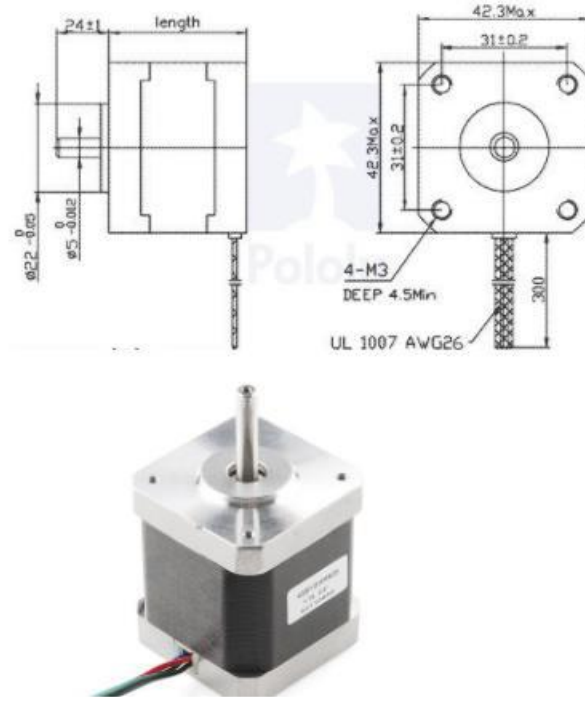
4 adet tower- pro MG-996R marka servo motor ve 1 adet NEMA 17 step motor kullanılarak sistemin mekanik montajı yapıldı. Yapılan montajlar aşama aşama Şekil 5-3 , Şekil 5-4 ve Şekil 5-5'te gösterilmiştir.



Şekil 5.1 Servo motor ve boyutları[4]

Servo motor özellikleri aşağıda verilmiştir.

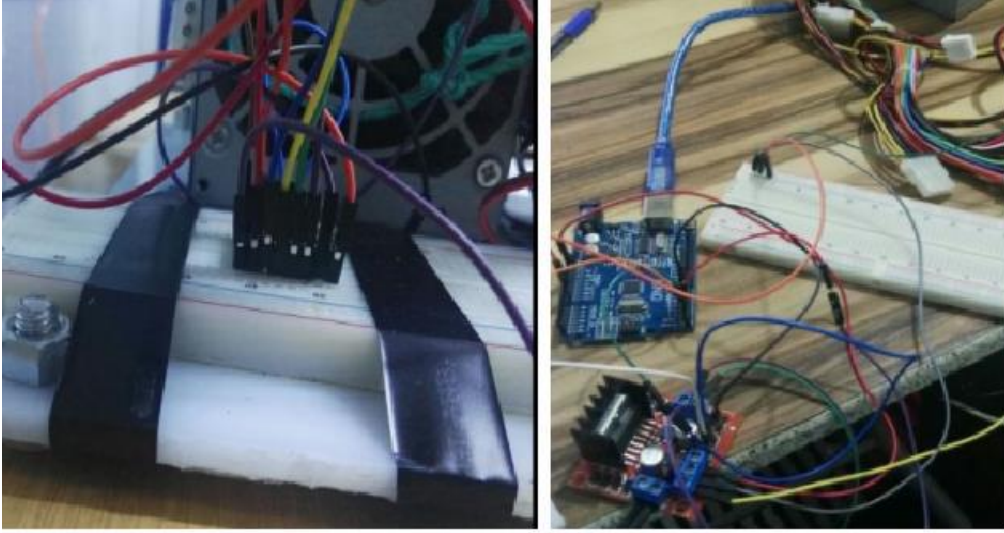
- * Ağırlık : 55 g
- * Boyutlar: 40.7 x 19.7 x 42.9 mm approx.
- * Tork: 9.4 kgf·cm (4.8 v), 11 kgf·cm (6 v)
- * Çalışma açısı hızı: 0.17 s/60° (4.8 v), 0.14 s/60° (6 v)
- * Gerilim : 4.8 v a 7.2 v
- * Çalışma akımı: 500 ma –
- * Önerilen akım: 2.5 a (6v)
- * Ölü bant genişliği : 5 µs
- * Çalışma sıcaklığı : 0 °c –900 ma (6v) 55 °c [4]



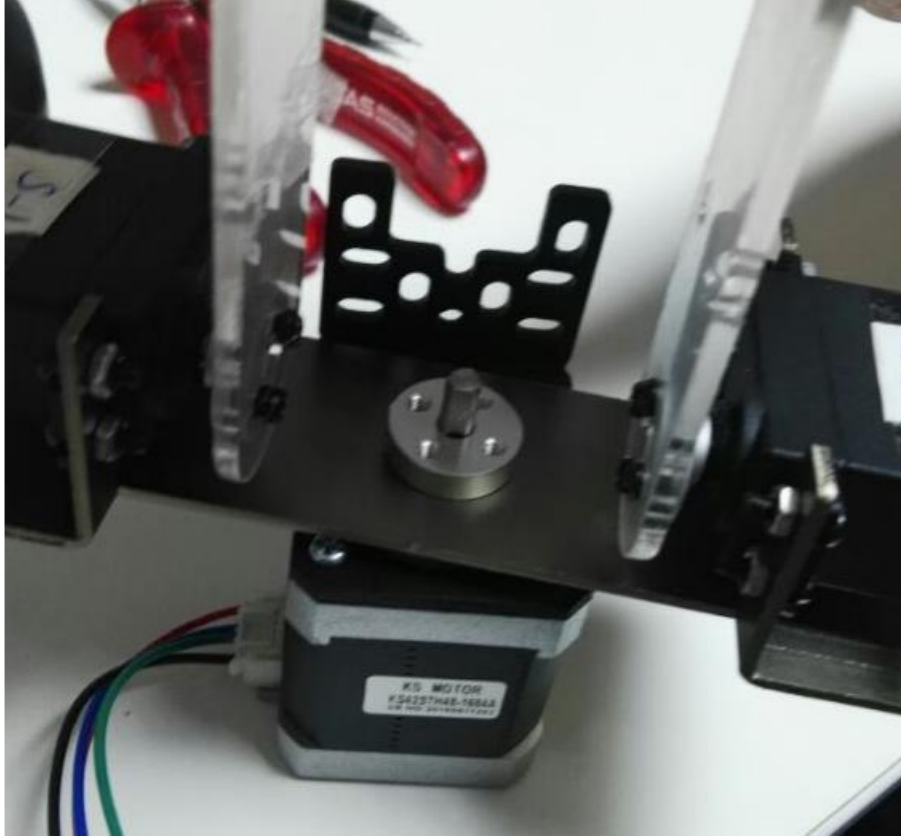
Şekil 5.2 NEMA 17 step motor boyutları[4]

NEMA 17 step motor özellikleri aşağıda verilmiştir.

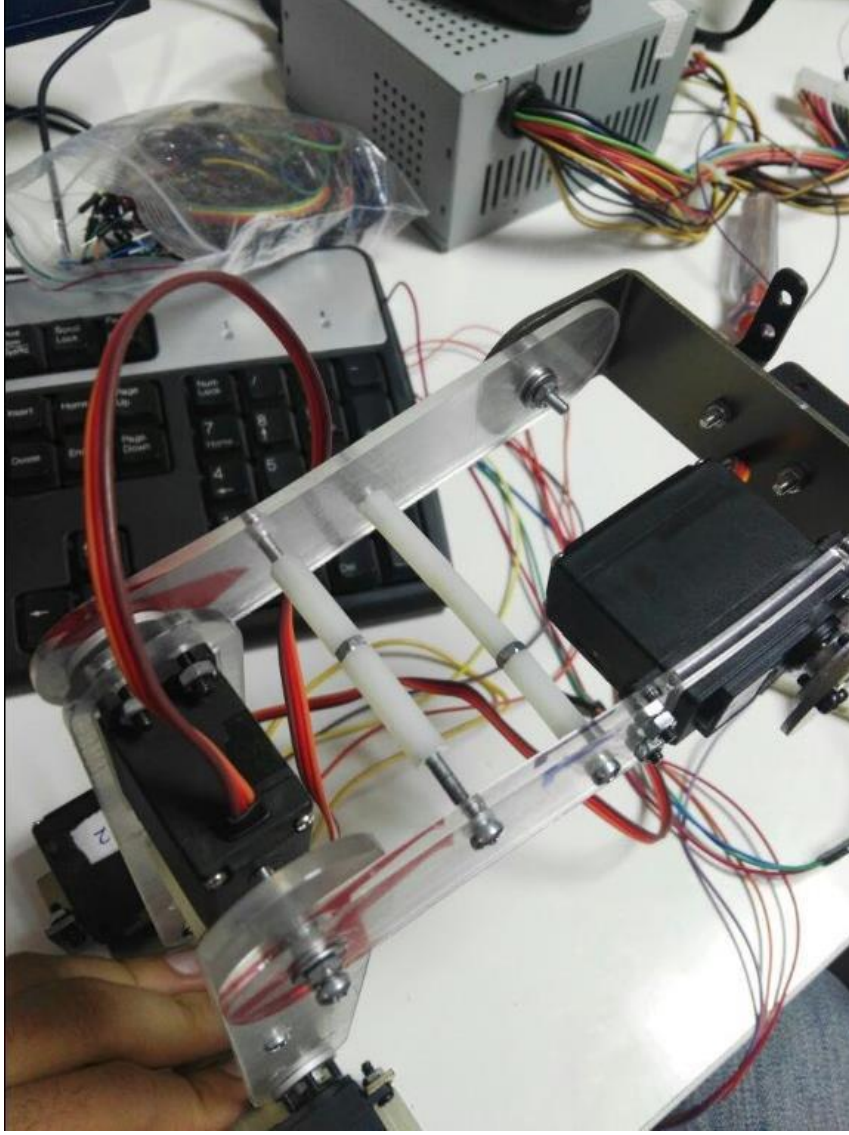
- *Şaft tipi: 5mm "D" tipi
- *Tur başına adım sayısı: 200
- *Çalışma akımı: 1200 mA
- *Çalışma gerilimi: 4V
- *Tutunma torku: 3.2 kg-cm
- *Faz direnci: 3.3 Ω
- *Far başına indüktans: 2.8 mH
- *Kablo sayısı: 6
- *Kablo uzunluğu: 30 cm[4]



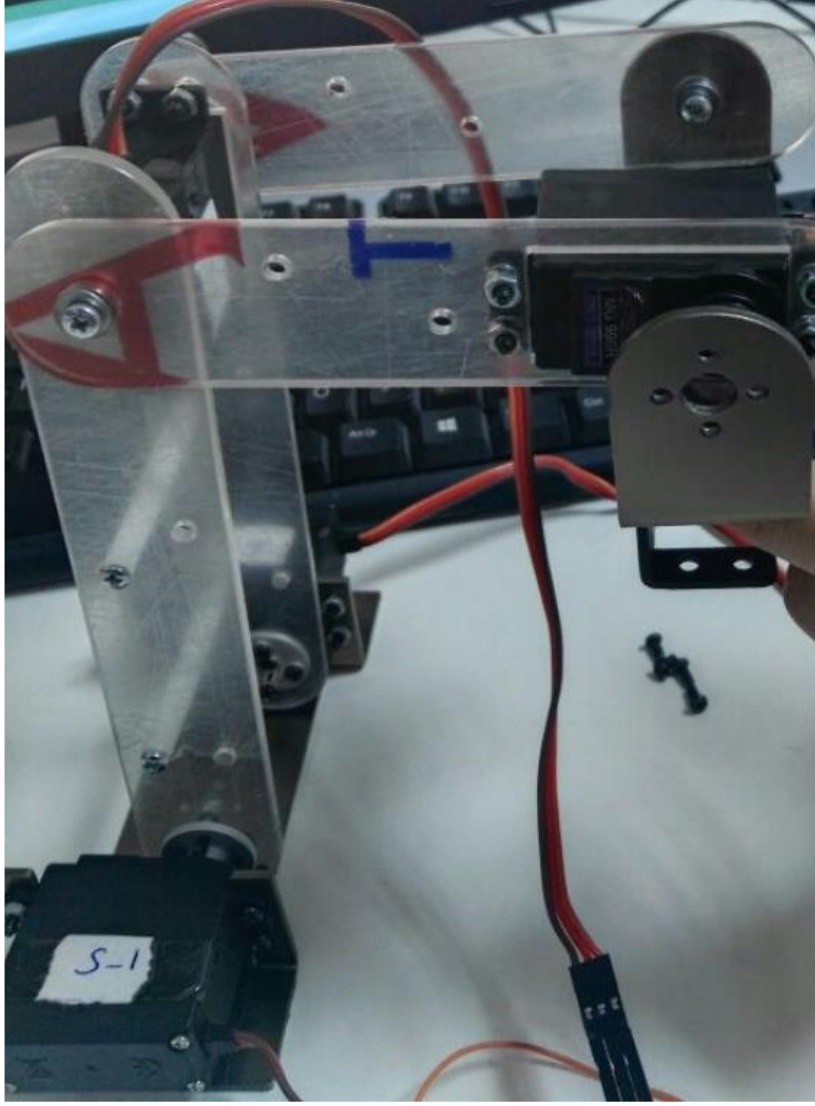
Şekil 5.3 Robot kol arduino, sürücü kart, güç kaynağı bağlantıları



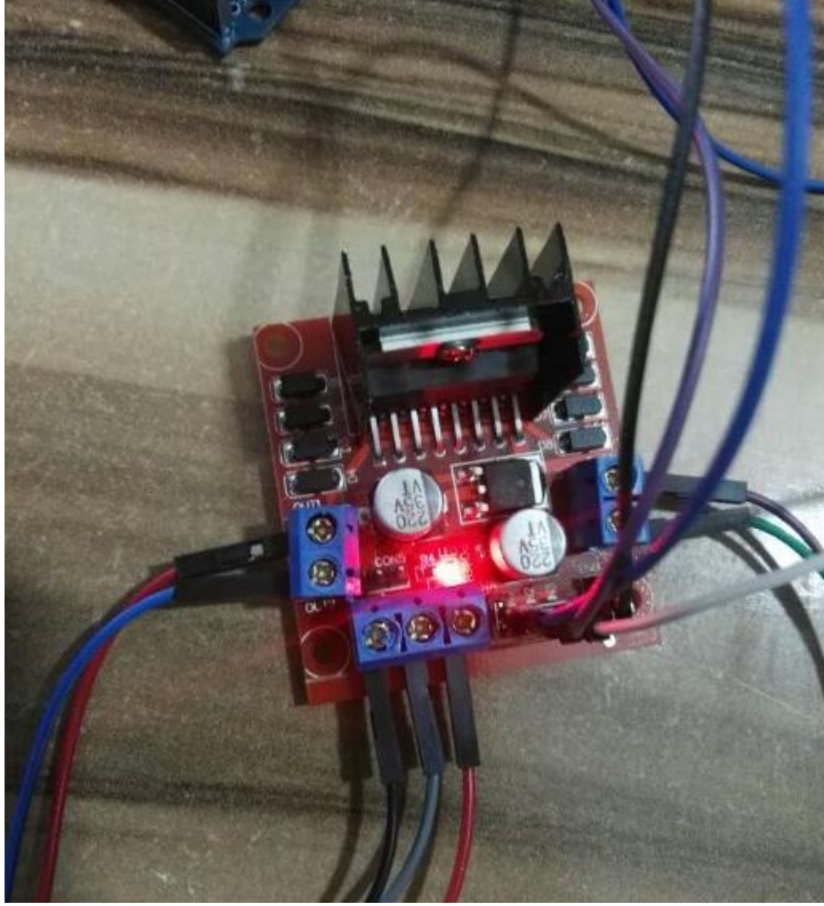
Şekil 5.4 Robot kol taban kısmı



Şekil 5.5 Robot kol gövde kısmı



Şekil 5.6 Robot kol eklem kısmı



Şekil 5.7 Robot kol sürücü kart

BÖLÜM 6

6.1 Sonuç ve Öneriler

İlk olarak robot kollar hakkında bir tarihi araştırma yapılmış ve sistemin kurulması için gerekli temel bilgiler edinilmiştir. Projede kullanılan robot kol eklemleri tiptir ve 4 eksen yönünde hareket edebilmektedir. Tasarım solidworks ile ve mekanik analizler ise ansys programı kullanılarak yapılmıştır. Robot kolun kontrolünü en uygun biçimde sağlayabilmek için kullanılan mikro-denetleyici Arduino Uno olarak seçilmiştir. Bu mikro-denetleyicinin tercih edilme nedeni, açık kaynak kodlu olması, kullanımı diğer mikro-denetleyicilere göre daha kolay olması ve kullanıcı sayısı da daha fazla olduğu için oluşabilecek bir hatanın çözümü için yardım alabilmenin daha ulaşılabilir olmasıdır. Bu çalışmalar yapıldıktan sonra kullanılacak servo motorlar hakkında ayrıntılı bilgiler edinilmiştir. Robotun projede yapacak olduğu işlemleri düzgün bir şekilde gerçekleştirilebilmesi, seçilecek motorun hassas çalışabilmesi ve yüksek torkta olması gerektiği için servo motor tercih edilmiştir.

Robot kol, 1 adet step ve 4 adet servo motordan oluşmaktadır. Yazılım Matlab ortamında hazırlanacak olup, yazılımın hazırlanması esnasında sıkıntı oluşabilmektedir. Bu durumda açık kaynak kodları kullanılabilir.

KAYNAKÇA

- [1] Krishna and Gupta, “Mechanics and Control of Robotics”, Mechanical Engineering Series, University of Illinois, Chicago, pp 30-158, 1997.
- [2] Z. Bingöl, S. Küçük, “Robot Tekniğı I”, Birsen Yayinevi, pp. 104-200, 2005.
- [3] E.A. Maxwell, „General homogeneous coordinates in space of three dimensions”, Cambridge. U. K.: Cambridge Univ. Press, pp 102-104, 1900.
- [4] J. Denavit and R.S. Hartenberg, “A kinematic notation for Lower-pair mechanisms based on matrices”, ASME Jappl. Mechan. pp. 215-221, June 1955.
- [5] J. Funda and R.P. Paul, Manipulator kinematics and epsilon algebra, IEEE J. Robot. Automat., vol. 4, pp 81-99, April 1988.
- [6] J.-H. Kim and V.R.Kumar, Kinematics of robot manipulator via line transformations, Journal of Robotic Systems, vol. 7. no. 4, pp. 649-674, 1990.
- [7] S. Küçük, Z. Bingöl, An Off-Line Robot Simulation Toolbox, Wiley Periodicals Inc., pp. 41-52, 2009.
- [8] B. Koyuncu, M. Güzel, Software Development for the Kinematic Analysis of a Lynx 6 Robot Arm, World Academy of Science, Engineering and Technology, pp 252-257, 2007.
- [9] J.J. Craig, “Introduction to Robotics: Mechanics and Control”, USA, 1989. [10] H. Asada and J.J.E. Slotine, “Robot Analysis and Control”, WileyInterscience Publication, USA, pp 40-56, 1986.
- [11] Elektrik Elektronik Teknolojisi-Step ve Servo Motorlar, MEGEP, pp 28-36 2007.
- [12] T. Coşkun, Arduino Uygulama Kitabı: Analog- Dijital- Sensörler- Haberleşme Projeler, Dikeyksen Yayınları, İstanbul, Türkiye: Şubat, pp 67-102, 2013.

EKLER

Arduino üzerine gönderilen servo konum kodları:

```
#include <Arduino.h>
#include <Servo.h>

#include <BasicStepperDriver.h>
#define MOTOR_STEPS 200
#define DIR 8
#define STEP 9
#define MICROSTEPS 1

BasicStepperDriver stepper(MOTOR_STEPS, DIR, STEP);

int stepDegree;
String homex;
int totalCum = 0;
int homePosition;
//*****//
int servo1pin = 4;
int servo2pin = 5;
int servo3pin = 6;
int servo4pin = 7;
Servo servo1;
Servo servo2;
Servo servo3;
Servo servo4;

int s1_set;
int s2_set;
int s3_set;
int s4_set;

int servo1_aci = 55;
int servo2_aci = 45;
int servo3_aci = 125;
int servo4_aci = 135;
int mutlakStepAcisi = 0;
```

```

void setup()
{
  stepper.setRPM(20);
  Serial.begin(9600);
  ///*****///
  servo1.attach(servo1pin);
  servo2.attach(servo2pin);
  servo3.attach(servo3pin);
  servo4.attach(servo4pin);

  Serial.println("1.motor -30 20");
  Serial.println("2.motor -75 30");
  Serial.println("3.motor -75 40");
  Serial.println("4.motor -90 90");

}

//int durum = 1;
int motor_acisi[4] = {55, 125, 135, 0};
int aci_index = 0;

int data_available = 0;
void loop()
{
  while (Serial.available() > 0)
  {
    motor_acisi[aci_index++] = Serial.parseFloat();
    if (Serial.read() == '\n')
    {
      data_available = 1;
    }
  }
  if (data_available == 1)
  {
    if (aci_index == 4)
    {
      if (motor_acisi[0] >= -30 && motor_acisi[0] <= 20)

```

```

{
servo1_aci = 55 + (int) motor_acisi[0];
servo2_aci = 100 - servo1_aci;
}
if (motor_acisi[1] >= -75 && motor_acisi[1] <= 30)
{
servo3_aci = 125 + (int) motor_acisi[1];

}
if (motor_acisi[2] >= -75 && motor_acisi[2] <= 40)
{
servo4_aci = 135 + (int) motor_acisi[2];

}
int istenenStepAcisi = (int) motor_acisi[3];
if (istenenStepAcisi >= -90 && istenenStepAcisi <= 90)
{
stepDegree = istenenStepAcisi - mutlakStepAcisi;
stepper.setMicrostep(MICROSTEPS);
stepper.move((stepDegree * MICROSTEPS) / 1.8);
mutlakStepAcisi = istenenStepAcisi;

}
}
data_available = 0;
aci_index = 0;
}
servo1.write(servo1_aci);
servo2.write(servo2_aci);

servo3.write(servo3_aci);
servo4.write(servo4_aci);
}

```

ÖZGEÇMİŞ

Kimlik Bilgileri

Adı ve Soyadı: Muhammed Bakır DALMIZRAK

Baba Adı: Mahmut

Anne Adı: Neslihan

Doğum Tarihi : 1994

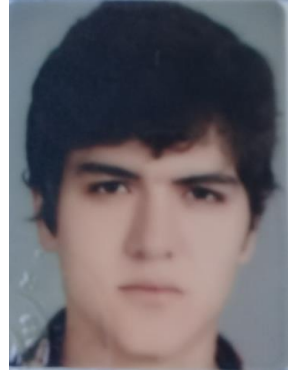
Doğum Yeri: Alacakaya



İlk ve orta öğrenimini Konya’da tamamladıktan sonra 2015 yılında Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mekatronik Mühendisliği Bölümünde lisans öğrenimine başladı. 2017 yılında lisans öğrenimine devam etmektedir.

Haberleşme Bilgileri

E-posta : mhmmd.bkr23@gmail.com



Kimlik Bilgileri

Adı ve Soyadı: Resul YERLİKAYA

Baba Adı: Seyit

Anne Adı: Saadet

Doğum Tarihi : 1994

Doğum Yeri: Sivas

İlk ve orta öğrenimini Sivas'da tamamladıktan sonra 2012 yılında Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mekatronik Mühendisliği Bölümünde lisans öğrenimine başladı. 2017 yılında lisans öğrenimine devam etmektedir.

Haberleşme Bilgileri

E-posta : resul.yerlikaya@hotmail.com