

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**OTOMOTİV SEKTÖRÜ İÇİN MENTEŞE TORK
ÖLÇÜMÜ VE KALİTE KONTROL BANKOSU
TASARIMI VE PROTOTİP İMALATI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Vedat YEĞİN

Enstitü Anabilim Dalı : MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ
Enstitü Bilim Dalı : MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ
Tez Danışmanı : Doç. Dr. Durmuş KARAYEL

Haziran 2015

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**OTOMOTİV SEKTÖRÜ İÇİN MENTEŞE TORK
ÖLÇÜMÜ VE KALİTE KONTROL BANKOSU
TASARIMI VE PROTOTİP İMALATI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Vedat YEĞİN

Enstitü Anabilim Dalı : MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 11 / 06 /2015 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

**Doç. Dr. Durmuş
KARAYEL
Jüri Başkanı**



**Prof. Dr. Metin
ERTUNÇ
Üye**



**Doç. Dr. S. Serdar
ÖZKAN
Üye**



BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim. “Bu çalışma SAÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından desteklenmiştir. (Proje no: 2014-50-01-037)”

Vedat YEĞİN

05.05.2015

TEŞEKKÜR

Büyüme refah istihdam ve inovasyonun itici güçlerinden biri olan otomotiv endüstrisi ülkemiz AR-GE çalışmalarının öncü sektörlerinden biridir. Bu sektöre ait önemli bir konuda bana çalışma imkânı veren ve değerli katkılarını esirgemeyen danışman hocam Doç. Dr. Durmuş KARAYEL'e, tezimin her aşamasında yardımcı olan değerli hocalarım Doç. Dr. Sinan Serdar ÖZKAN, Yrd. Doç. Dr. Barış BORU, Öğr. Gör. Gökhan ATALI'ya, manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen değerli eşim Dilan YEĞİN'e ve hayatım boyunca beni destekleyip bugünlere getiren annem Müşerref YEĞİN ve babam Murat YEĞİN'e Teşekkürü bir borç bilirim.

Yapılan bu çalışma, Sakarya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Komisyonu Başkanlığı tarafından 2014-50-01-037 numaralı yüksek lisans tez projesi ve 0409.STZ.2013-2 kodlu San-Tez Projesi tarafından desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı Sakarya Üniversitesi bilimsel araştırma komisyonu başkanlığına ve Bilim sanayi ve teknoloji bakanlığına teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER LİSTESİ	iv
TABLolar LİSTESİ	viii
ÖZET	ix
SUMMARY	x

BÖLÜM 1.

GİRİŞ	1
-------------	---

BÖLÜM 2.

SİSTEMİN TASARIMI	11
2.1. Tork ölçümü ve sistem tasarımı	11
2.2. Mekanik tasarım	14
2.2.1. Kavramsal tasarım	17
2.2.2. Ayrıntılı tasarım	18
2.2.3. Servo motor	20
2.2.4. Tork sensörü.....	21
2.2.4.1.Çalışma prensibi	21
2.2.5. Kaplin	22
2.2.6. Millerin burulma hesabı ve imalatı.....	24
2.2.7. Rulmanlı yatak.....	30
2.2.8. Kalem silindir (İso-Paslanmaz Gövde).....	33
2.2.9. Selenoid (Kumandalı) valf.....	34
2.2.10. Kontrol ünitesi (Bilgisayar)	35
2.2.11. DC güç kaynağı.....	35
2.2.12. DAQ kart	36

2.2.13. Sistemin montajı	38
2.2.14. Kontrol sisteminin tasarımı.....	39
2.2.15. LabVIEW arayüzü	39

BÖLÜM 3.

BİLGİSAYAR KONTROLLÜ TORK ÖLÇÜM SİSTEMİNİN GERÇEKLENMESİ

3.1. Servo motorun kontrolü	43
3.2. Tork sensörünün bağlanması ve verilerin alınması.....	50
3.3. Selenoid (kumandalı) valf.....	54
3.4. Sistemin gerçekleştirilmesi	57
3.4.1. Ölçümü yapılacak menteşe	57
3.4.2. Tork ölçüm düzeneğinin kurulumu	59

BÖLÜM 4.

SİSTEMİN TESTLERİ VE DOĞRULANMASI

4.1. Tork ölçüm sisteminin test edilmesi	65
4.2. Sistemin doğrulanması.....	70

BÖLÜM 5.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

KAYNAKLAR.....

ÖZGEÇMİŞ

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1.	Tork ölçüm sisteminin döner tablaya montajlı hali (a).....	3
Şekil 1.2.	Tork ölçüm sisteminin döner tablaya montajlı hal (b).....	3
Şekil 1.3.	Tork ölçüm sisteminin döner tablaya montajlı hali (c).....	4
Şekil 2.1.	Menteşe montaj bankosu (a).....	12
Şekil 2.2.	Menteşe montaj bankosu (b).....	12
Şekil 2.3.	Torku ölçülen menteşe	13
Şekil 2.4.	Sistem mimarisi – Mekatronik sistem yaklaşımı.....	13
Şekil 2.5.	Menteşe fikstür bağlantısı (a)	15
Şekil 2.6.	Menteşe fikstür bağlantısı (b).....	15
Şekil 2.7.	Menteşe tork ölçümü.....	15
Şekil 2.8.	Tatbik noktasının ölçülmesi.....	16
Şekil 2.9.	Menteşenin kendi ağırlığında açılıp kapanmasının kontrolü.....	16
Şekil 2.10.	Geliştirilen tork ölçüm sistemi.....	19
Şekil 2.11.	Tork ölçüm sistemi tasarım resmi.....	19
Şekil 2.12.	Servo motor.....	20
Şekil 2.13.	Şaft tipi tork sensörü (1).....	21
Şekil 2.14.	Şaft tipi tork sensörü (2).....	21
Şekil 2.15.	Kaplin.....	22
Şekil 2.16.	Kaplin (Teknik çizim).....	23
Şekil 2.17.	Mil.....	24
Şekil 2.18.	Motor bağlantı mili	25
Şekil 2.19.	Motor bağlantı mili teknik çizim.....	25
Şekil 2.20.	Piston kolu	26
Şekil 2.21.	Piston kolu teknik çizim.....	26
Şekil 2.22.	Milin burulması	26
Şekil 2.23.	Piston kolu bağlantı mili (1).....	28

Şekil 2.24.	Piston kolu bağlantı mili teknik çizim.....	28
Şekil 2.25.	Milin burulması.....	29
Şekil 2.26.	Mesnetli giriş.....	30
Şekil 2.27.	UCP 203 rulmanlı yatak.....	32
Şekil 2.28.	UCP 203 rulmanlı yatak teknik çizim.....	32
Şekil 2.29.	Kalem silindir.....	33
Şekil 2.30.	Solenoid (kumandalı) valf.....	34
Şekil 2.31.	Veri toplama (DAQ) kartı (Ni, 2014)	36
Şekil 2.32.	DAQ kartı bağlantı pinleri.....	36
Şekil 2.33.	Karkas sistemi.....	39
Şekil 2.34.	Front panel.....	41
Şekil 2.35.	Blok diyagram.....	41
Şekil 3.1.	Motor başlangıç konumu.....	45
Şekil 3.2.	Hareket başlangıç konumu.....	45
Şekil 3.3.	Motorun bitiş konumu.....	46
Şekil 3.4.	Hareketin bitiş konumu.....	46
Şekil 3.5.	Dynamixel (RS 485).....	47
Şekil 3.6.	Motor parametrelerinin LabVIWE arayüzüne girilmesi.....	47
Şekil 3.7.	Dynamixel Id.....	47
Şekil 3.8.	Terminal numarası.....	48
Şekil 3.9.	Dynamixel wizard anlık değişen değerler.....	48
Şekil 3.10.	COM port (USB).....	48
Şekil 3.11.	Yükleme butonu.....	48
Şekil 3.12.	Başlangıç bitiş pozisyonu butonu.....	49
Şekil 3.13.	Parametre giriş kısmının blok diyagramı görüntüsü.....	49
Şekil 3.14.	Döngü sayısı.....	50
Şekil 3.15.	Döngü başlatma butonu.....	50
Şekil 3.16.	Elektriksel sinyalin Nm'ye dönüşümü (Blok diyagram).....	50
Şekil 3.17.	Elektriksel sinyalin Nm'ye dönüşümü (Front panel).....	51
Şekil 3.18.	Tork sensörü kaplin bağlantısı.....	51
Şekil 3.19.	Şaft tipi tork sensörü teknik çizim.....	51
Şekil 3.20.	Dijital gösterge.....	52
Şekil 3.21.	LabVIEW gösterge paneli.....	53

Şekil 3.22.	Grafik ekran alıntısı.....	53
Şekil 3.23.	Tork sensörü DAQ kartı bağlantısı.....	54
Şekil 3.24.	(a) Sakin halde, (b) enerji uygulandığında.....	55
Şekil 3.25.	Solenoid valf akım yükseltme devresi.....	56
Şekil 3.26.	Akım yükseltme devresi proteus ekran çıktısı.....	56
Şekil 3.27.	Solenoid valf labVIEW ekran çıktısı.....	57
Şekil 3.28.	Tork ölçümü yapılan menteşenin ayrıntılı gösterimi	58
Şekil 3.29.	Torku ölçülen menteşe.....	58
Şekil 3.30.	Sağ sol menteşe bağlantılı fikstür.....	59
Şekil 3.31.	Tork ölçüm sistemi.....	60
Şekil 3.32.	Tork ölçüm sistemi.....	60
Şekil 3.33.	Tork düzeneğinin karkasa dikey konumda montajı.....	60
Şekil 3.34.	Tork ölçüm düzeneği arayüz programı.....	61
Şekil 3.35.	Tork ölçüm düzeneği için tasarlanmış arayüz programı blok diyagramı.....	61
Şekil 3.36.	Tork ölçüm düzeneği için tasarlanmış arayüz programı blok diyagramı.....	62
Şekil 3.37.	Tork ölçüm düzeneği için tasarlanmış arayüz programı blok diyagramı.....	62
Şekil 3.38.	Tork ölçüm düzeneği için tasarlanmış arayüz programı blok diyagramı.....	62
Şekil 3.39.	Tork ölçüm düzeneği için tasarlanmış arayüz programı blok diyagramı.....	63
Şekil 4.1.	Motor parametrelerini yükleme.....	65
Şekil 4.2.	Döngü sayısı.....	65
Şekil 4.3.	Döngü başlatma buton.....	65
Şekil 4.4.	Tork sensöründen alınan elektrik sinyali ve kuvvet karşılığı.....	66
Şekil 4.5.	Tork sensörüne yüke uygulandığında oluşan sinyal ve kuvvet karşılığı.....	66
Şekil 4.6.	Tork sensörüne yüke uygulandığında oluşan sinyal ve kuvvet karşılığı.....	67
Şekil 4.7.	Fikstür bağlantı şekli.....	67

Şekil 4.8.	Menteşe bağlantısı.....	68
Şekil 4.9.	(a)Menteşe üzerinden ölçülen tork değeri	68
Şekil 4.10.	(b)Menteşe üzerinden ölçülen tork değeri	69
Şekil 4.11.	(c)Menteşe üzerinden ölçülen tork değeri	69
Şekil 4.12.	Menteşe ölçümü sırasında okunan değer.....	70
Şekil 4.13.	Sistemin doğrulanması için kullanılan load cell.....	70
Şekil 4.14.	Dijital gösterge.....	71
Şekil 4.15.	Load cell kalibrasyon işlemi.....	71
Şekil 4.16.	Menteşe üzerine yükün uygulanacağı nokta.....	72
Şekil 4.17.	Menteşeye yük tatbik edilmesi.....	72
Şekil 4.18.	Menteşeye yük uygulandığında okunan değer.....	73
Şekil 4.19.	Menteşe tork ölçümü sırasında sensörden okunan değer	74
Şekil 4.20.	Load cell den okunan yük	74
Şekil 4.21.	Tork ölçüm sistemi ile ölçüm sırasında okunan değer.....	75

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1.	Menteşeler üzerinden ölçülen değerler (a).....	14
Tablo 2.2.	Menteşeler üzerinden ölçülen değerler (b).....	15
Tablo 2.3.	Kaplinin teknik özellikleri.....	23
Tablo 2.4.	Kaplinin teknik özellikleri(devam).....	24
Tablo 2.5.	UCP 203 serisi yataklı rulman boyut bilgileri.....	33
Tablo 2.6.	Yatak içerisinde kullanılan rulmanın teknik detayları.....	33
Tablo 2.7.	Kalem silindir teknik özellikleri.....	34
Tablo 2.8.	Kontrol ünitesi özellikleri.....	35
Tablo 2.9.	DAQ kartı bağlantı yerleri ve tanımlamaları.....	37
Tablo 3.1.	Servo motor teknik özellikleri.....	44
Tablo 3.2.	Şaft tipi tork sensörü teknik verileri.....	52
Tablo 3.3.	3/2 selenoid valf teknik özellikleri.....	55

ÖZET

Anahtar Kelimeler: Sistem Tasarımı, Menteşe Tork Ölçümü, LabVIEW Programı, Tork Sensörü.

Otomotiv sektöründe, kullanıcıların gittikçe artan yüksek performans ve konfor beklentileri, başta otomotiv üreticilerini, dolaylı olarak da yan sanayiye yeni sistemler ve üretim teknikleri arayışına zorlamaktadır. Bu konfor beklentilerine paralel olarak, günümüzde taşıtlarda mevcut menteşeli hareketli kısımların açılıp kapanma tork değerlerinin de belirli bir aralıkta olması istenmektedir. Bunun doğal bir sonucu olarak, otomobil üreticileri yan sanayiden temin ettikleri menteşelerin öngörülen tork değerlerinde üretilmesini ve bu tür parçalar için öngörülen test ve ölçüm raporlarının tork ölçüm sonuçlarını da içermesini talep etmektedirler. Yapılan çalışmanın amacı araç ön kaput menteşesinin belirli tork aralıklarında (0,2 – 2,5 Nm) olup olmadığının ölçümü için kullanılan bir sistemin tasarlanması ve gerçekleştirilmesidir. Bu tez çalışması, otomasyona dayalı kapsamlı bir montaj projesinin parçası olduğundan, tork ölçüm sisteminin de bu ana sisteme uyumlu çalışması istenmektedir. Ayrıca, bu çalışmanın bir başka amacı da proje çıktısı menteşenin kritik kısımlarının boyut ve geometrik ölçülerinin kontrol edilmesidir. Geliştirilen bu sistem ile otomotiv firması tarafından menteşenin açılıp kapanması için gerekli olan tork değerleri belirlenecektir. Bu torkun mevcut sistemlerle geliştirilen montaj sistemine uyumlu olarak ölçülmesi çok zordur. Tasarlanan ve prototipi yapılan sistem ile söz konusu ölçüm kolaylıkla yapılabilecektir. Geliştirilen sistemde servo motor, tork sensörü, pnömatik piston, kaplin ve yataklar kullanılmıştır. Bu sistemdeki verilerin bilgisayara aktarılması ve sistemin bilgisayar kontrollü hale getirilmesi amacıyla DAQ (Data acquisition) kartından yararlanılmıştır. Bu işlemlerin gerçekleştirilmesi için LabVIEW programında bir arayüz tasarlanmıştır. Arayüz sayesinde servo motorun hassas bir şekilde kontrolü yapılmaktadır. DAQ kartı vasıtasıyla sensörden alınan veriler arayüz'e aktarılıp tork değerlerinin istenilen aralıkta olup olmadığı ölçülerek operatörün buna göre onay veya ret vermesi sağlanmaktadır.

Tork ölçümü yapıldıktan sonra kalite kontrol işleminin de yapılması gerekmektedir. Kalite kontrol işlemi, tork ölçümü gibi parçanın geçer onayı alması için gerekli olan basamaklardan birisidir. Bu basamakta parçanın ana gövdesi ve döner kol üzerinde belirlenecek olan kritik noktaların kontrolü yapılarak parçanın istenen ölçülerde olup olmadığı algılanacak ve boyutsal ve geometrik toleransların dışına çıkılması halinde parçaya program tarafından ret verilecektir.

Yapılan bu çalışmanın bir çıktısı olarak tasarlanan ve prototip imalatı gerçekleştirilen bu tork ölçüm sisteminin sektörde önemli bir boşluğu dolduracağı ve yaygın bir kullanım alanı bulacağı ümit edilmektedir.

HINGE TORQUE MEASUREMENT AND QUALITY CONTROL FOR AUTOMOTIVE SECTOR STATION DESIGN AND MANUFACTURE OF PROTOTYPE

SUMMARY

Keywords: Torque Measurement System, LabVIEW Program, Torque Measurement, Positioning Accuracy, Front Hood Hinge

In the automotive sector, users' increasing performance and comfort expectations forced the automotive manufacturers firstly and indirectly the supply industry to searching new systems and production techniques. Correspondingly to these comfort expectations, present hinged moving parts' opening and closing torque values of vehicles are demanded to be within a certain range. Corollary, car manufacturers request to be manufactured the hinges in the specified torque values from supply industry and also want torque measurement results in the parts' anticipated test report. The purpose of the study is to design of the system which used for measuring the the vehicle's front hood hinge's are in the specified torque limits (0,2 – 2,5 Nm) or not. Because of the this thesis is a part of comprehensive assembly project which based on automation, the torque measurement system must work compatible with main system. Also another purpose of this project is to control the critical parts' size and geometrical dimensions of the hinge. Torque required for opening and closing the hinge will be determined with this system. It is very diffucult to measure this torque compatible to assembly system with existing systems. The mentioned measurement can be done easily with designed prototype system. In the proposed system; servo motors, torque sensors, pneumatic pistons, couplings and bearings are used. To transferring data to the computer and to make the system computer-controlled DAQ card was used. An Interface is designed in LABVIEW program in order to carry out these actions. Servo motor control is carried out sensitively through the interface. The data coming from sensor transferred to interface with DAQ card and measured whether the torque values are in the desired ranges. The operator is provided accordingly give approval or rejection.

After the torque measurement, quality control process must be performed. Quality control process is one of the steps required to get approval like torque measurement. In this step, the main body of the part and specified critical points on the rotary arm will be controlled and it will be determined that the part is in desired dimensions. If the program exceeded dimensional and geometric tolerances, the program will give a reject to the part. As an output of the designed and produced prototype model of the torque measurement system, It will fill an important vacancy and hoped to find a common use area.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Büyüme, refah, istihdam ve inovasyonun itici güçlerinden biri olan otomotiv endüstrisi, ülkemiz için de en önemli sektörlerden biridir. Son 7 yıldır üst üste ihracatta ilk sırayı alması ve yaklaşık 400 bin kişilik bir istihdam sağlaması bu durumun açık bir göstergesidir. Otomotiv endüstrisi Cumhuriyetimizin 100. yıl dönümü için ön görülen 2023 stratejik planında da öncü sektörlerinden biri olarak değerlendirilmektedir (Türkiye ihracatçıları birliği, 2015). Diğer taraftan otomotiv sektörü ihracatının %43'ünü yan sanayi sektörünün oluşturması ve yan sanayi ihracatının %69'unun ise Avrupa Birliği ülkelerine yapıyor olması çarpıcı bir durumdur (Türkiye ihracatçıları birliği, 2015). Otomotiv yan sanayii, teknolojinin en hızlı geliştiği sanayi kollarından biridir. Dolayısıyla ön görülen hedeflere ulaşabilmemiz için sektördeki hızlı değişim sürecine ayak uydurabilmek ve rekabet düzeyimizi korumak zorundayız. Bu da yan sanayi sektörümüzün Ar-Ge çalışmalarına önem vermesine bağlıdır.

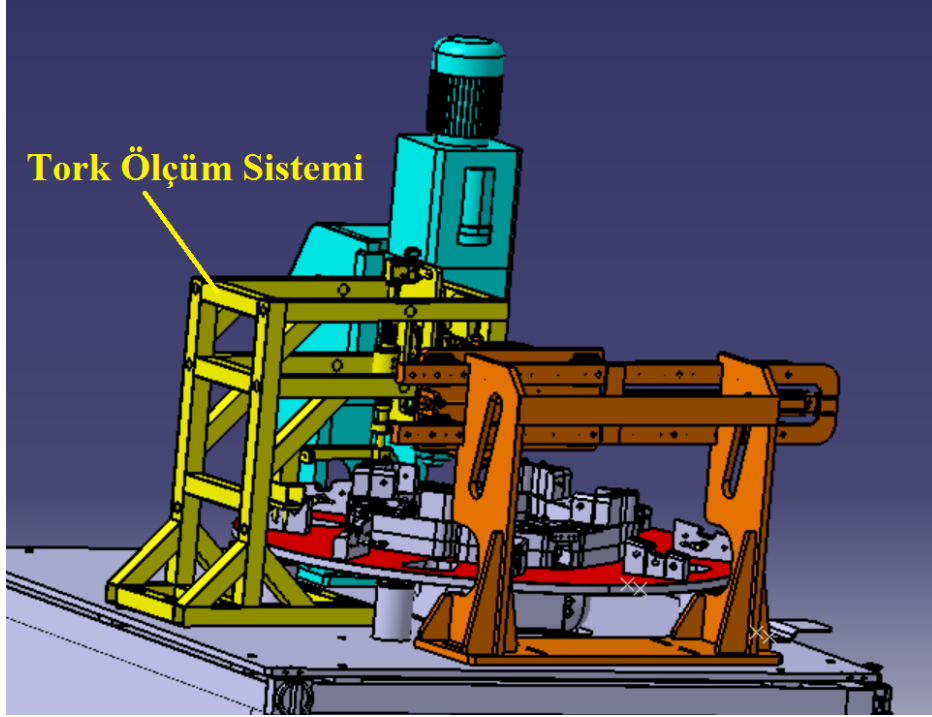
Ülkemizde otomotiv sektörü hızla gelişmekte ve dünyanın önemli taşıt üretim merkezlerinden birisi haline gelmektedir. Sektörün oluşturduğu katma değer ekonomide çok önemli bir yere sahiptir. Diğer taraftan sektörün toplam üretimi imalat sanayi sektörünün ortalamasının üstündedir. Bu gelişmeye paralel olarak yan sanayi de önemli atılımlar yapmaktadır. Ancak seri üretimde standartlaştırmanın sağlanamaması, istenilen kalite düzeyinin ve verimliliğin elde edilememesi önemli bir problemdir. Bu da ülkemiz otomotiv sektörünün diğer üreticilerle olan rekabetinde engel teşkil etmektedir. Bu durum ülkemiz otomotiv sektöründe uygulanan üretim yöntem ve teknolojilerinin uluslararası firmaların kullandıkları yöntem ve teknolojilerle eş değer nitelikte olmasını zorunlu kılmaktadır. Diğer taraftan taşıt üretiminde kullanılan imalat yöntemleri içerisinde talaşsız şekillendirme ve özellikle de saç metal parçaların üretimi önemli bir yer tutmaktadır. Bu üretim

yönteminde karşılaşılan problemler genelde tecrübeye dayalı olarak deneme yanılma ile çözümlenmeye çalışılmaktadır. Oysa bilgisayar ve otomasyon teknolojilerindeki gelişmeler söz konusu problemlerin üstesinden gelmemizde önemli katkılar sağlayabilecektir. Sektördeki üretim maliyetleri, kalite beklentisi ve verimliliğe dayanan rekabet şartları dikkate alındığında bu durum bir tercih sebebi değil esasen zorunluluktur.

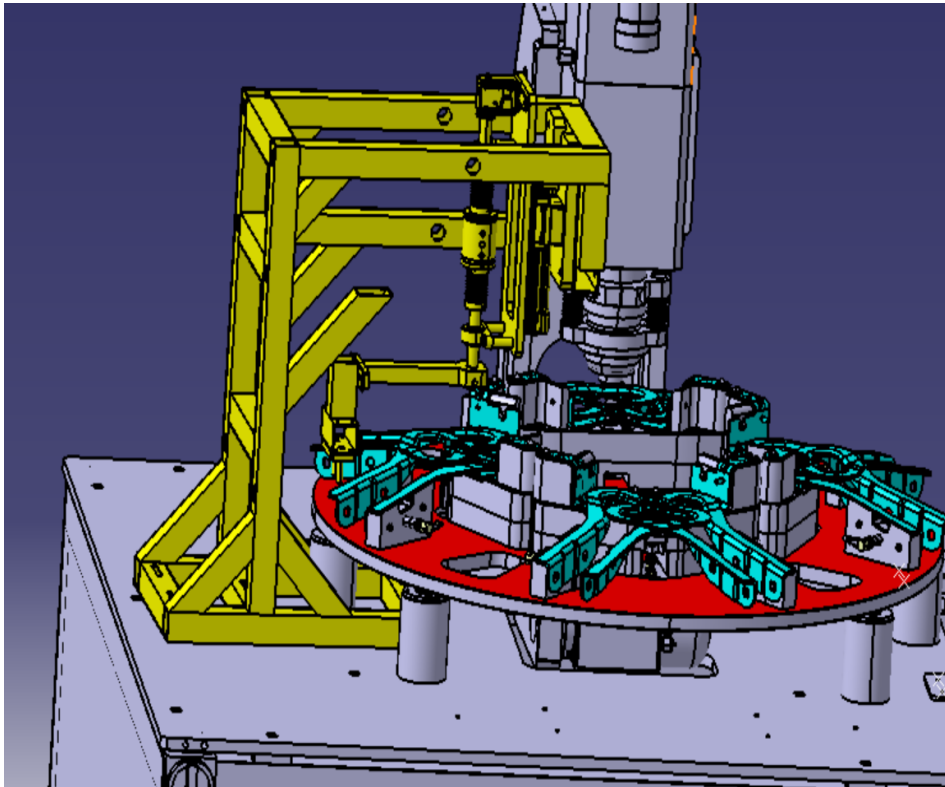
Diğer sektörlerde olduğu gibi otomotiv sektöründe de ürünlerin çalışma performansı ve konfor yönündeki müşteri talepleri gün geçtikçe artmaktadır. Dolayısıyla kıyasıya bir rekabetin yaşandığı otomotiv sektöründe bu talepleri karşılamak için yoğun bir çalışma içindedirler. Bu kapsamda aracı oluşturan alt sistem ve hatta her bir uzuv bir Ar-Ge konusu olarak ele alınmakta ve üzerinde çalışılmaktadır.

Tez konumuz “Otomotiv Sektörü için Menteşe Tork Ölçümü ve Kalite Kontrol Bankosu Tasarımı ve Prototip İmalatı” aslında Toksan A.Ş. ve Sakarya Üniversitesi işbirliğiyle yapılan 0409.STZ.2013-2 kodlu “Menteşe Montaj Bankosu Mekatronik Sistem Tasarımı” adlı proje içerisinde bir kısım olarak yer almaktadır.

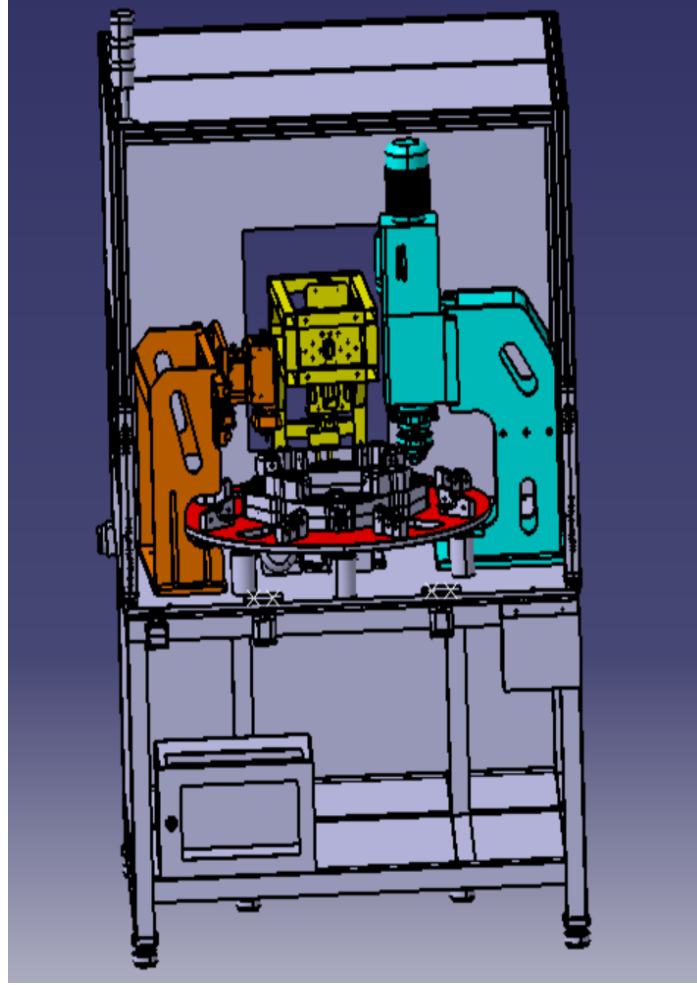
San-Tez projesinde genel olarak araç ön kaput menteşelerinin montajı ve kalite kontrolü için universal bir mekatronik sistemin tasarlanması ve prototip imalatının gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. Esasen söz konusu montaj ve kalite kontrol işlemleri Toksan’da konvansiyonel yöntemler kullanılarak ayrışık prosesler halinde yapılmaktadır. Ancak mevcut üretimde, iş istasyonları arasında ara stoklar oluşmakta ve dolayısıyla proseslerdeki ergonomik çalışma şartları kısıtlanmaktadır. Diğer taraftan mevcut üretimde operasyonlar arası kesintinin söz konusu olması ürün kalitesini olumsuz etkilemektedir. Ayrıca mevcut durumda, üretim ve kontrol süresinin uzun olması ile fazla operatör gereksinimi verimliliği de düşürmektedir. San-Tez projesi ile yapılacak olan yeni sistem menteşelerin otomatik olarak montajı, açılıp-kapanma tork ölçümü, montajın kalite kontrolü ile elde edilen verilerin transferi ve değerlendirilmesi işlevlerini yerine getirecektir. Projenin tasarımı Şekil 1.1., Şekil 1.2. ve Şekil 1.3.’te gösterildiği gibi yapılmıştır.



Şekil 1.1. Tork ölçüm sisteminin döner tablaya montajlı hali (a)



Şekil 1.2. Tork ölçüm sisteminin döner tablaya montajlı hali (b)



Şekil 1.3. Tork ölçüm sisteminin döner tablaya montajlı hali (c)

Ürünün montajında ana parçalara burç sabit olarak takılmakta ve burcun içerisinde geçirilen perçinin başsız kısmı belli bir kuvvet altında belli bir süre ovalanarak ezilip şekillendirilerek montaj işlemi gerçekleştirilmektedir. Araç cinsi ve araç üzerindeki kullanım amacına göre menteşelerden farklı özellikler talep edilmektedir. Proje konumuz olan otomotiv ön kaput menteşesi için; pozisyonlama hassasiyeti, ergonomik etkiler, çevresel ve kullanım hatalarına karşı arıza durumu ve tork gereksinimi istenilen özelliklerin başlıcalarıdır. Bundan dolayı montaj sonrası ortaya çıkan hareketli mekanizmanın şekil-konum ve alıştırma toleransları önemlidir. Daha da önemlisi son zamanlarda gündeme gelen, menteşenin belli bir aralıkta sabit torkla açılıp kapanmasıdır. Bu tork; montaj esnasındaki ovalama baskı kuvveti, ovalama hızı ile ovalama süresine bağlı olarak değişmektedir. İstenilen tork için uygun montaj şartlarının ayarlanması çözüm bekleyen bir optimizasyon problemi.

Mekanizmayı oluşturan parçaların montaj sonrası bir birine göre konumları önemli olmakla beraber bunlar montaj bankosu üzerine yerleştirilen sensörler yardımıyla algılanıp kolaylıkla ölçülebilir. Ancak tork ölçümü için yeni bir alt sistemin tasarlanması ve üretilmesi gerekmektedir. Zira yaptığımız literatür araştırması kapsamında bu iş için geliştirilmiş ve piyasaya sürülmüş özel bir tork ölçüm sistemine rastlanamamıştır. Ancak ticari olarak satışa sunulmuş genel amaçlı değişik kuvvet ve tork sensörleri vardır. Dolayısıyla ön kaput menteşesinin montaj sistemiyle entegre çalışan bir tork ölçüm cihazının özel olarak tasarlanması ve imalatı gerekmektedir. Bu durum, ana sisteme uyumlu bir mekanik yapının tasarlanması, uygun özellikte sensör ve elektronik donanımların temini ile ölçüm sisteminin montajı ve konfigürasyonunu gerektirmektedir.

Proje konusu, değişik montaj kademeleri, muayene, ölçüm ve kontrol gibi birçok farklı prosesin bir birine bağlı olarak ardışık bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlayan bir sistemin geliştirilmesidir. Dolayısıyla sistem birçok montaj ve test istasyonlarına sahiptir. Bu istasyonların birbiriyle bütünleşik olarak hassas ve senkronize çalışması gerekmektedir. Bu da temel olarak özgün bir sistem mimarisi ile uygun bir algoritmanın hazırlanması, programın yazılması, haberleşme protokollerinin oluşturulması ile gerekli donanımların belirlenerek ana sisteme entegrasyonunun gerçekleştirilmesine bağlıdır.

Ayrıca menteşe mekanizmasını oluşturan parçaların geometrik toleransları da sistemin performansını etkilemektedir. Halen manuel olarak geometrik toleranslar için ürünün kalite kontrolü manuel olarak gerçekleştirilmektedir. Fakat günümüz elektronik ve bilgisayar teknolojisi kullanılarak bu kalite kontrol sisteminin de güncelleştirilmesi mümkündür. Böylece hem ölçüm güvenilirliği ve hem de sürecin hızlanması sağlanacaktır.

Montaj sonrası ortaya çıkan menteşenin istenilen sabit tork değerini belirlenen tolerans aralıklarında sağlayıp sağlamadığının kontrol edilmesi gerekmektedir. Bundan dolayı tork ölçümü için yeni bir alt sistemin tasarlanması ve üretilmesine ihtiyaç vardır.

Yaptığımız çalışma ‘Otomotiv Sektörü için Menteşe Tork Ölçümü ve Kalite Kontrol Bankosu Tasarımı ve Prototip İmalatı’ olup bu sistemden beklenen özellikler pozisyonlama hassasiyeti, ergonomik etkiler, çevresel ve kullanım hatalarına karşı arıza durumu ve belli bir aralıkta sabit tork gereksinimidir. Bundan dolayı montaj sonrası ortaya çıkan hareketli mekanizmanın şekil-konum ve alıştırma toleransları önemlidir. Daha da önemlisi son zamanlarda gündeme gelen, menteşenin belli bir aralıkta sabit torkla açılıp kapanmasıdır.

Tork ölçümünün yanında şekil ve konum ölçümlerinin de dikkate alınması gerekmektedir. Şekil ve konum kontrolü, montajlanmış menteşenin mekanik ölçümlerini, delik konumlarını ve çaplarını ayrıca menteşe parçalarının paralellik ölçümlerini içermektedir. Şekil, konum ve tork ölçümü parçanın kalite kontrolden geçer onayı alması için gerekli olan basamaklardır. Bu basamakta parçanın ana gövdesi ve döner kol üzerinde belirlenecek olan kritik noktalardan ölçü kontrolü yapılarak parçanın istenen ölçülerde olup olmadığı algılanacak ve istenmeyen değerler okunursa parçaya program tarafından ret verilecektir. Bu kontrollerin yapılabilmesi için proje kapsamında yapılan 2. döner tabla üzerinde ana gövdenin bağlanacağı fikstür ve döner tabla üzerinde kritik noktalara fiber optik mesafe ölçüm yerleştirilmiştir. Fiber optik mesafe ölçüm sensörlerinden elde edilen veriler, döner tabla gövdesi üzerine yerleştirilmiş olan ana kontrol birimine gönderilmektedir. Ana kontrol birimi, tork ölçüm sonucunu ve şekil-konum ölçümü sonuçlarını beraber değerlendirerek parça için onay veya ret durumuna karar vererek operatör paneli üzerinden bilgilendirme yapmaktadır.

Esasen günümüzde farklı sektörler için değişik tork ölçüm sistemleri geliştirilmiştir. Bu tork ölçüm sistemleri genelde aynı amaca yönelmesine karşılık her bir sektör için

önemli yapısal farklılıklar içermektedir. Dolayısıyla, her bir sektör için yapılacak tasarım ayrı bir araştırma çalışmasını gerektirmektedir. Bu nedenle araştırmacılar değişik sektörler için farklı tork ölçüm sistemleri üzerine çalışmışlardır. Tez çalışmamıza öncelikle ilgili literatür gözden geçirilerek bu özgün tasarımın gerçekleştirilmesinde bir kısım literatürden kısmen yararlanılmaya çalışılmıştır. Konu hakkında yapılan literatür araştırması aşağıda özet olarak sunulmaktadır.

K. Kaya ve arkadaşları tek akslı bahçe traktörünün farklı ekipmanlarla çalışma koşullarında tork ve çeki kuvvetini ölçmek üzere bir ölçüm düzeneği geliştirmeyi amaçlamışlar ve bu amaçla bir ölçme sistemi tasarlamışlardır. Sistem temel olarak bir torkmetre ve yük hücresinden oluşmakta olup traktörün arkasına monte edilebilecek şekilde bir şaseye sahiptir. Yazarlar geliştirdikleri bu universal sistemi kuvvet ve tork ölçümü için traktörün arkasına takılan değişik araç ve gereçler üzerinde test etmişler ve olumlu sonuçlar elde etmişlerdir [1]. V.Niskanen ve J.Ahola tarafından yapılan başka bir çalışmada elektrik motorlarındaki torku ve salınımları ölçmek üzere bir sistem geliştirilmiştir. Bu kablosuz tork ölçüm sistemi ölçüm yapılacak sisteme kolay bir şekilde entegre edilecek tarzda tasarlanmıştır. Yapılan sistemin çalışması laboratuvar testleri ile kontrol edilmiş ve istenen sonuçlar elde edilmiştir [2]. Volanlarda çıkış torkunu ölçmek üzere Z.Jibin ve arkadaşları tarafından bir tork ölçüm sistemi yapılmıştır. Ölçüm sisteminin geliştirilmesinde Sonlu Elemanlar metodu kullanılmıştır [3]. D.Petreuş ve arkadaşları elektronik bir tork ölçüm sistemi tasarlamayı amaçlamışlardır. Bu amaç doğrultusunda tasarlanan sistem dönen bir verici ve sabit bir alıcı olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Sistemde gerinim ölçer (strain gauge) kullanılmıştır. Milin üzerine monte edilmiş bir verici bulunmaktadır. Kullanılan strain gauge tork ile ilgili bilgileri işler ve dönen transformatör yardımıyla bir alıcıya gönderir. Böylelikle ölçülmek istenen tork tasarlanan bu sistemle kontrol edilmiş olur. Çalışmanın sonucunda tasarım denklemleri, simülasyonu ve deneysel sonuçlara da yer verilmiştir [4]. Günümüzde yüksek hız, düşük ağırlık, yüksek verim talep edilmektedir. Bu tarz çalışma şartlarında ani değişiklikler sonucu dayanım açısından kritik durumlar oluşabilmektedir. Dolayısıyla bu çalışma şartlarında sistem torkunun çalışma boyunca ölçülmesi arzu edilmektedir. Bundan dolayı konuyla alakalı araştırmacılar

çalışmalarını bu tür çalışma şartlarında tork ölçümü üzerine yoğunlaştırmışlardır. Sonuç olarak farklı özellik ve yapıda çeşitli tork ölçüm sistemleri geliştirilmiştir [5,6]. Özellikle uzun şaftlarla yüksek güç ve moment iletilmesinde tork ölçülmesinin temaslı sistemlerle gerçekleştirilmesi oldukça zordur. Bundan dolayı temassız ölçüm sistemleri geliştirilmiştir [7]. Wendyam F. Traoré bu çalışmasında yeni bir metot ile senkron bir jeneratörde manyetik direnç Sensörü (giant magnetoresistive sensor) ve ayrık Maxwell gerilme tensörü kullanılarak anlık tork tahmini yapmıştır [8]. Dong Fang ve Xu Zhe tasarlamış oldukları dinamik tork ölçme sistemini anlatarak dinamik tork ölçümünde göz önüne alınacak hususlara dikkat çekmişlerdir [9]. Georg Wegener ve Thomas Bruns endüstride kullanılan tork ölçme yöntemlerinden ayrıntılı olarak bahsettikleri çalışmalarında özellikle dönme hareketine sahip sistemlerde tork ölçümü üzerinde durmuşlardır. Bu tür sistemlerde tork ölçümünün zorlukları üzerine vurgu yaparak bunlar için kullanılan ölçüm sistemlerinin karakteristiklerini ele almışlardır. Ayrıca bu konuda yapılan uygulama çalışmalarını sunmuşlardır [10]. Alan S. Morris ve Reza Langari tork ölçümünü yük hücresinin özel bir formunu kullanarak yapmışlardır. Ayrıca yapılan çalışmada tork sensörlerinin kalibrasyonu hakkında geniş bilgi sunmuşlardır [11]. M. Köster ve M. Thommes ekstrüzyon işleminde vidalar üzerine gelen torkun ölçülmesi ile ilgili yaptıkları çalışmayı sunmuşlardır [12]. Mikro teknoloji alanında kullanılan millerin torkunun ölçülmesi de ayrı bir önem arz etmektedir. Peter Sue ve arkadaşları 200 μm çapında 10^{-4} Nm'lik tork ölçmek üzere bir sistem geliştirmeyi amaçlamışlardır. Geliştirilen tork ölçüm sistemi strain gauge tabanlı olup Strain gauge 'in bir çubuk üzerine yapıştırılmasıyla elde edilmiştir. Geliştirdikleri ölçüm sistemiyle hassas cihazlarda sürtünme torkunu oldukça yüksek bir doğrulukla ölçmeyi başarmışlardır [13]. Li Sun ve arkadaşları enerji üretim tesislerinde türbinlerin torkunu ölçmek üzere özel bir tork ölçüm sistemi geliştirmişlerdir. Sistem optik esaslı olup temassız olarak ölçüm yapmaktadır [14]. Jan Zakrzewski mevcut tork ölçme sistemlerinin hassasiyetlerini yetersiz bularak bunları geliştirmeyi amaçlamıştır. Bu amaçla mevcut bazı tork ölçüm sistemleri ile uyumlu çalışabilecek yazılım geliştirmiş ve böylelikle ölçüm hassasiyetini arttırmayı başarmıştır [15]. M. Verazic ve arkadaşları otomotiv endüstrisi için torku doğrudan tekerlek üzerinden ölçebilecek bir ölçüm sistemi geliştirmişlerdir. Oldukça basit bir yapıya sahip olan bu sistemin maliyeti emsallerine göre çok düşüktür [16]. L. Baghli ve arkadaşları mikro elektromekanik sistem ivmesi

ve yüksek frekanslı RF vericisine dayalı kablosuz anlık tork ölçüm sistemi üzerinde çalışmışlardır. Makinenin döner milleri üzerindeki anlık tork ve hız ölçümleri için bir sistem geliştirmişlerdir. Sistemi tahrik etmek için kullanılan asenkron motorun kontrolü için çeşitli kontrol algoritmalarını yürüten bir DSP (dijital sinyal işleme) kartı kullanmışlardır. Sistem üzerinde asenkron motorun akım gerilim ilişkilerinden tork dalgalanmalarını elde etmişler ve böyle bir sistemde kablosuz ölçümün mümkün olduğunu göstermişlerdir [17]. Tristan M. Ericson ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, güç yoğunluğunu arttırmak için kullanılan planet dişlilerde oluşan gücü ölçmek için tork ölçümüne ihtiyaç duyulmuştur. Planet dişlilerde oluşan torku ölçmek için dişlilerden çıkan şafta loadcell , dişlilerin olduğu kısma ise tork sensörü bağlanarak ölçümler gerçekleştirilmiştir. Elden edilen sonuçlara bakılarak farklı dişliler kullanılarak uygulanan kuvvetler ile çıkan kuvvetler arasında ki fark irdelenmiştir [18]. Qiaokang Liang ve arkadaşları yaptıkları çalışmada piyasada bulunan tek bir yönden gelen kuvvetleri ölçen bir sensör değil de, 6 eksenli E-tipi farklı bir sensör imal etmektir. Ansys yardımıyla Tasarımı yapılan tork sensörünün üzerine yük uygulandığında oluşan eğim, sehim ve deformasyonlar incelenmiştir. Ayrıca sensörün kalibrasyonu ise yapay sinir ağları metodu kullanılarak kalibrasyon işlemi %0,17 hassasiyetle yapılmıştır [19]. Georg Wegener ve arkadaşları, dinamik çalışma koşulları altında oluşan tork ölçümlerinin izlenebilirliğini sağlamak için iki yöntem uygulamışlardır. İlk yöntem döner tork dönüştürücü kullanarak, ikinci yöntem ise bir dinamometre monte ederek izlenebilirlik sağlanmıştır. Tork dönüştürücüler tarafından elde edilen değerler referans tork değeri ile karşılaştırılmış ve istenen sonuçlar elde edilmiştir [20]. M. Chandra ve arkadaşları çalışmalarında hizalama kullanılarak tork ölçümleri tespit etmek için alternatif bir yöntem sunmuşlardır. Aynı zamanda açısız kayma tork sinyalleri ve paralel hizalama sonrasında ki oluşan tork sinyalleri farklı spektral özelliklere sahip olacağı görülmektedir. Tork sinyallerinin dalgacık spektrumu sürekli ve tork bileşeni istikrarlı ve dolayısıyla ölçüm için yeterli olduğu kanısına varmışlardır [21]. Sarmad Shams ve arkadaşları bu çalışmalarında kompakt, hafif ve monolitik tork sensörü geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri bu sensörünün kalınlığı sensör aralığı azaltılmadan mevcut sensörler ile karşılaştırıldığında 11 mm kadar indirgenir. Geliştirdikleri bu sensör 40 Nm'yi hassas bir şekilde ölçebilmektedir. Geliştirilen sensörün simülasyonları Ansys ile yapılmış ve simülasyon sonucunda sensörün yüksek

hassasiyette olduğu görülmüştür [22]. Frank Umbach ve arkadaşları yaptıkları çalışmalarında temassız tork ölçümü için mikromekanik sensör üzerindeki çalışmaların mevcut durumu üzerine bir çalışma yapmışlardır. Sensör bir manyeto prensibini kullanır ve burada silikon imal edilir. Ölçüm yapılacak olan mekanizma üzerine bu sensör yerleştirilerek temassız tork ölçme işlemini gerçekleştirmişlerdir. Ölçülen tork değerleri referans değerler ile karşılaştırılarak kalibrasyon işlemleri yapılmış ve istenen sonuçlara ulaşılmıştır [23]. Yazarlar bu çalışmalarında tork sensörü kullanmadan DC motorların torkunu tahmin edebilecek bir yöntem üzerinde çalışmışlardır. Bu yöntem online gri bulanık PID ayar adlı adaptif kontrol tekniği kullanarak modelleme yöntemine dayanmaktadır. Burada, PID algoritmasına dayalı OTF PID (online tuning fuzzy) kontrolör motor hızı motor torkunu tahmin etmektedir [24].

Yapılan çalışmalar incelendiğinde, geliştirilen tork ölçüm sistemlerinden bazıları yapı olarak tez konusu torkmetreye benzemesine karşılık, yapılan literatür araştırması kapsamında aynı işlevi yerine getirebilecek bir ölçüm sistemine rastlanılamamıştır. Dolayısıyla yapı ve çalışma prensibi bakımından mevcut sistemler kısmen örnek alınmış ve torkmetrenin tasarımında tork ölçümü yapılacak menteşeye uygun özgün yeni bir sistem geliştirilmiştir.

Bu tez çalışması beş bölümden oluşmakta olup, giriş bölümünde; çalışmanın gerekçesi, çalışmaya zemin oluşturan literatür araştırmasının özeti ve yapılan çalışma kısaca anlatılmaktadır. Çalışmanın ikinci bölümünde ise, tasarlanan sistemin mekanik ve kontrol kısmının tasarımı ve sistemin donanımında kullanılan malzemelerin tanıtımı yapılmaktadır. Üçüncü bölümde, tasarlanan sistemin prototipinin imalatı ve montajı, geliştirilen bilgisayar kontrollü sistemin yapısı ve çalışma prensibi açıklanmaktadır. Dördüncü bölümde, yapılan sistemin testleri ve doğrulanması verilmektedir. Beşinci bölümde ise yapılan tez çalışması ile ilgili sonuçlar ve öneriler yer almaktadır.

BÖLÜM 2. SİSTEMİN TASARIMI

2.1. Tork ölçümü ve sistem tasarımı

Tork; açısal, yer değişimi veya uzama sensörleri vasıtasıyla mildeki burulmanın ölçülmesiyle bulunur. Bu gayeye, özel torkmetreler, flanşlar veya yatak haricinde direkt şafta bağlanarak kullanılabilirler. Diğer bir yöntem ise, uygulanan yüke göre milin burulmasını temel almaktır. Uygulanan yük sonucu oluşan sinyalin gönderimi şaftın dönüp dönmediğine bağlıdır. Eğer şaft dönüyorsa mil üzerindeki dönen sensörler sinyallerini elektronik sinyal işleme kartıyla veya herhangi bir bağlantı olmadan temassız bir şekilde gönderir.

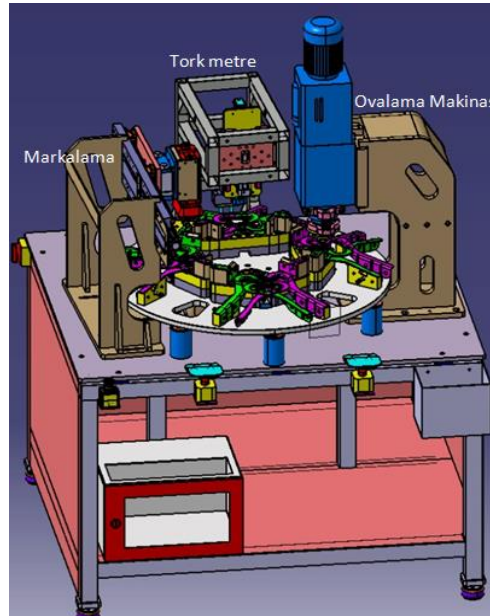
Mil burulma ölçümleri 2 yöntemle gerçekleştirilir: Birinci ölçüm yöntemi; mil eksenine 45° eğimle yerleştirilen gerinim ölçer yardımıyla yapmak. İkinci ölçüm yöntemi ise, bobinlerden geçen voltajı ölçerek geçirgenlikteki değişimi ölçmektir. Her iki ölçüm yöntemiyle de doğrudan mile ve özel torkmetrelere bağlı olarak uygulanabilir. Tork ölçümüyle alakalı ilave yöntemlere kuvvetin akış yönüne doğru yerleştirilen yüzey rezonatörü ve piezoelektrik sensörlerinin kullanımı bunlara örnek olarak verilebilir [25].

Bu çalışmada ele alınan Tork Ölçüm Sistemi, “Menteşe Montaj Bankosu Mekatronik Sistem Tasarımı ve Prototip İmalatı” isimli kapsamlı bir projenin kalite kontrol modülüne (iş istasyonuna) ait bir alt sistemdir. Söz konusu montaj bankosu Şekil 2.1 ve Şekil 2.2’de gösterilmiştir. Bu montaj bankosuna menteşe parçaları ve bağlama elemanları birlikte yüklendikten sonra, sırasıyla bu parçalar burç çakma, ovalama, tork ölçümü ve markalama işlemlerinden geçerek süreç tamamlanmaktadır. Torku ölçülen menteşe Şekil 2.3’de gösterilmiştir. Burada istasyonlar arası parça transferi döner tabla tarafından gerçekleştirilmekte ve parçalar döner tabla üzerindeki fikstürlere tutturulmaktadır. Dolayısıyla montaj sistemiyle entegre çalışacak böyle bir

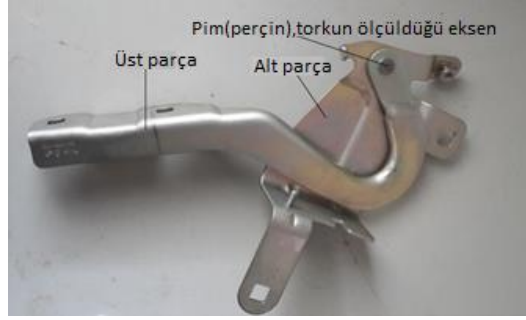
tork ölçüm sisteminin özel olarak tasarlanması ve imalatı gerekmektedir. Bu durum, ana sisteme uyumlu bir mekanik yapının tasarlanması, uygun özellikte sensör ve elektronik donanımların temini ile ölçüm sisteminin montajı ve konfigürasyonunu gerektiren önemli bir tasarım problemidir.



Şekil 2.1. Mentеше montaj bankosu (a)

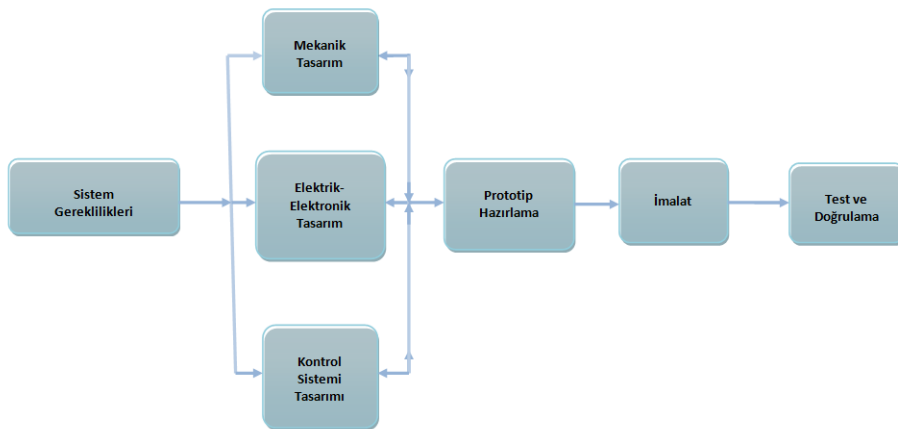


Şekil 2.2. Mentеше montaj bankosu (b)



Şekil 2.3. Torqu ölçülen menteşe

Tork ölçüm sistemi entegre montaj sisteminde düşey konumda çalışmaktadır. Fakat, entegre sistemden ayrı olarak, bu tork ölçüm sisteminin yatay konumda bir prototipi de ayrıca tasarlanmış ve üretilmiştir. Tork ölçümüyle alakalı bütün sistem geliştirme çalışmaları bu prototip üzerinde yapılmış ve olumlu sonuç alınmasıyla birlikte, bir benzeri entegre sistem için yeniden tasarlanarak üretilmiştir. Diğer taraftan, böyle bir sistemin tasarımı; mekanik, elektrik-elektronik ve yazılım konularında uzman tasarımcıların bir araya gelmesini ve etkileşimli çalışmasını gerekli kılmaktadır. Bundan dolayı bu sistemin tasarımında, disiplinlerin birbiri ardınca dizilerek ve bir birinden habersiz olarak görev yaptığı geleneksel sıralı tasarım anlayışı yerine, görevlerin paralel bir yapı içinde etkileşimli olarak yerine getirildiği Mekatronik Tasarım yaklaşımı tercih edilmiştir. Bu yaklaşımın uygulanmasıyla alakalı iş akışını blok diyagram halinde gösteren sistem mimarisi şekil 2.4’ de gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Sistem mimarisi – Mekatronik sistem yaklaşımı

Tasarımda, müşteri gereksinimlerinin anlaşılması ve bu gereksinimleri karşılayacak şekilde tasarımın gerçekleştirilmesi gerekir. Bundan dolayı, tork ölçüm sisteminin

tasarımı sistem gereksinimlerinin belirlenmesiyle başlamıştır. Daha sonra mekanik sistem, elektrik-elektronik sistem ve kontrol sisteminin tasarımına geçilmiştir. Şekilden de anlaşıldığı gibi, bu aşamada her üç farklı tasarım eş zamanlı olarak gerçekleştirilmektedir. Sırasıyla prototip hazırlama, imalat, test ve doğrulama işlemleriyle tasarım ve imalat tamamlanmaktadır.

2.2. Mekanik tasarım

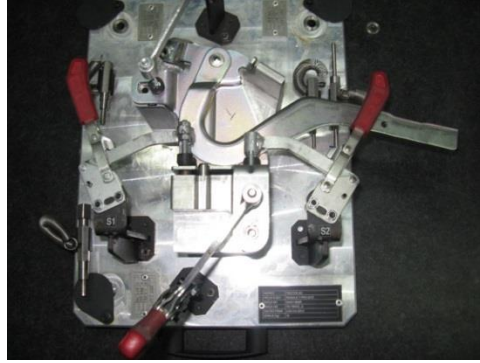
Yeni sistemin mekanik tasarımına başlanmadan önce tork ölçümü için Toksan A.Ş.'de kullanılmakta olan sistemin incelenmesinin faydalı olacağı düşünülmüş ve mevcut sistem temel fonksiyonlar açısından gözden geçirilmiştir. Toksan A.Ş.'deki mevcut tork ölçüm sisteminde, her parti ürün için 30 adet menteşe seçilmektedir. Bu menteşelerin her biri ayrı ayrı ölçülüp Tablo 2.1.'deki gibi listelenmektedir. Bu ölçümler kaydedilip hepsinin ortalaması alınmaktadır. Eğer ölçüm sonucu istenen aralıklarda ise o parti ürünün tamamı testi geçmektedir. Bu şekilde her parti içindeki menteşelerin tamamının uygun olup olmadığına karar verilmektedir.

Tablo 2.1. Menteşeler üzerinden ölçülen değerler

	Menteşe sayısı					Ortalama
	1	2	3	4	5	
Çalışma torku (Nm)	1,90	1,96	2,10	2,00	1,80	1,88
	Menteşe sayısı					
	6	7	8	9	10	
Çalışma torku (Nm)	1,78	1,50	1,84	1,72	1,98	
	Menteşe sayısı					
	11	12	13	14	15	
Çalışma torku (Nm)	1,96	2,06	2,10	1,58	1,95	
	Menteşe sayısı					
	1	2	3	4	5	
Çalışma torku (Nm)	2,00	1,78	1,97	2,23	2,16	
	Menteşe sayısı					
	6	7	8	9	10	
Çalışma torku (Nm)	1,75	1,64	1,72	1,82	1,78	
	Menteşe sayısı					
	11	12	13	14	15	
Çalışma torku (Nm)	1,86	2,32	2,28	2,10	1,84	

Mevcut sistem ile yapılan tork ölçümü aşağıda gösterildiği şekilde yapılmaktadır.

Menteşe fikstüre Şekil 2.5.'teki gibi bağlanır,



Şekil 2.5. Mentese fikstür bağlantısı (a)

Şekil 2.6. gösterildiği gibi ileri geri hareket ettirilir,



Şekil 2.6. Mentese fikstür bağlantısı (b)

Kuvvetin değeri Şekil 2.7. gösterildiği gibi kontrol edilir,



Şekil 2.7. Mentese tork ölçümü

Şekil 2.8.'de gösterildiği gibi tatbik menteşeyi ileri geri hareket ettirmek için uygulanan nokta ile pim eksenini arasındaki mesafe ölçülür.



Şekil 2.8. Tatbik noktasının ölçülmesi

Matematiksel işlemler yapılarak uygulanan torkun değeri aşağıdaki gibi hesaplanır ,

$$\text{Tork} = \text{kuvvet} \times \text{Mesafe} = 5.40 \text{ (N)} \times 0.26 \text{ (m)} = 1.40 \text{ Nm}$$

Bu işlemlerin sonucunda Şekil 2.9. gösterildiği gibi menteşenin kendi ağırlığı altında açılıp kapanması kontrol edilir ve işlem tamamlanır,



Şekil 2.9. Menteşenin kendi ağırlığında açılıp kapanmasının kontrolü

Bütün bu işlemlerin sonunda ölçülen menteşe istenen tork aralığında ise ONAY verilir. Eğer menteşe istenen tork aralıklarında değil ise RET verilir. Ayrıntılı olarak

yapılan açıklamadan anlaşılacağı üzere mevcut klasik ölçüm sisteminde üretilen bütün menteşelerin tork ölçümü yapılmayıp sadece örnekleme yöntemiyle alınan numunelerin kontrolü yapılmaktadır. Bu durum çoğu zaman geneli yansıtmamakta ve oldukça uzun zaman almaktadır.

Yapılan çalışmada mekanik tasarım; kavramsal tasarım ve ayrıntılı tasarım olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Kavramsal tasarım aşamasında, menteşenin torkunu ölçecek olan sistemin ana özellikleri, bu tür ölçme-kontrol sistemlerinin tasarım ve üretiminde dikkat edilecek hususlar ile söz konusu ürün için ön görülen üretim kalitesi ve standartlar belirlenmektedir. Böyle bir ölçüm sistemini gerçekleştirmek için ortaya çıkan muhtemel çözüm yollarının bir biriyle karşılaştırılması ve en iyi sistemin seçimi de bu aşamada yapılmıştır. Bütün özellikleri ve genel yapısı ortaya çıkan sisteme ait elemanların belirlenmesi, sistemin analizi ve boyutlandırılması ile gerekli resimlerinin oluşturularak imalata hazır hale getirilmesi gibi çalışmalar ise ayrıntılı tasarım aşamasında yapılmaktadır.

2.2.1. Kavramsal tasarım

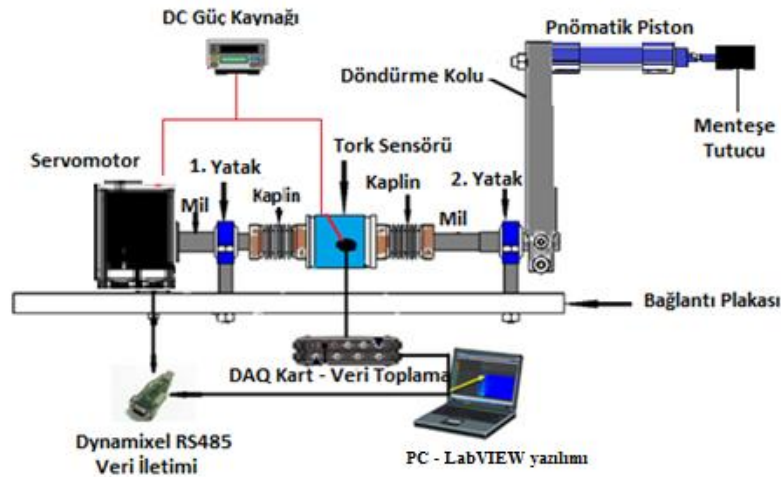
Kavramsal tasarımda ilk iş, tasarım sonucu ortaya çıkacak olan ürünün çalışma yönteminin seçimi ve bu yöntemi uygularken karşılaşılabilecek kısıtların belirlenmesidir. Zira aynı işi yapan ancak değişik yöntemlerle çalışan farklı sistemlerin geliştirilmesi mümkündür. Esas olan temel kriterler göz önüne alınarak, performans ve maliyet bakımından amaca en uygun yöntemin seçilebilmesidir. Bütün sistemin yapısı ve elemanları tamamen seçilen yöntemle ilgili olarak ortaya çıkacaktır. Tork ölçüm sistemi çok farklı yöntemler kullanılarak yapılabilir. Ancak, bu çalışmada yöntem seçimi Yük hücreli ve Tork sensörlü sistemler olmak üzere ikiye indirgenmiştir. Seçilen bu iki yöntem karşılaştırılarak, proje konusu olan entegre montaj sistemine daha iyi uyumu bakımından ve daha az bir hacim gerektirdiğinden tork sensörlü sistem tercih edildi. Daha sonra, ölçü ve kontrol sistemlerinin tasarım ve üretiminde gerekli kurallar ile standartlar ve bu sisteme has dikkat edilmesi gereken hususlar belirlendi. Bunun sonucu olarak, Şekil 2.3'te görülen menteşenin mafsallı olan pim ile Şekil 2.10'daki mil ve motorun eş merkezlik toleransları, yine Şekil 2.10'daki mil ile döndürme kolu, döndürme koluyla pistonun diklik toleranslarının çok önemli

olduğu ortaya çıkmıştır. Ayrıca, sistem yapı elemanlarının rijitliklerinin, ölçü ve kontrol sistemleri için ön görülen minimum değerlerin altında kalmamasının gereği anlaşılmıştır. Tork ölçüm sisteminin entegre olacağı döner tablalı menteşe montaj sistemiyle senkronize olarak uyumlu çalışabileceği sistem parametreleri de bu tasarım aşamasında belirlenmiştir. Ergonomik ve estetik durumlar da göz önünde tutularak, tork ölçüm sisteminin ana sisteme kolaylıkla entegre olabilmesine elverişli bir yapısal şekillendirme için gerekli şartlar düşünülmüştür. Ancak bu aşamada sistemin fiziksel durumunu ortaya koyacak her türlü şekil ve görüntüden bilerek uzak durulmuş, bütün bunlar ayrıntılı tasarım aşamasına bırakılmıştır.

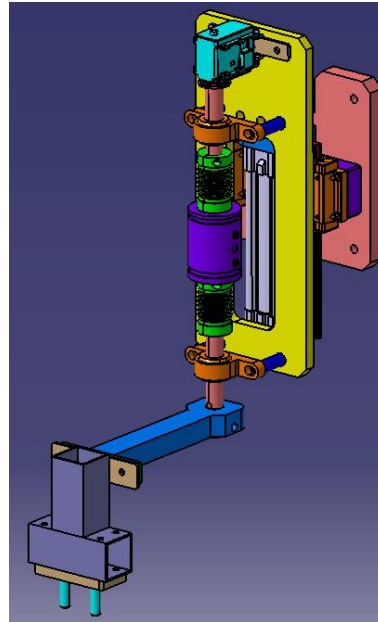
2.2.2. Ayrıntılı tasarım

Kavramsal tasarım aşamasında ortaya çıkan bütün şartlar dikkate alınarak, sistemin kinematik şemasının çıkarılması, sisteme ait elemanların belirlenmesi, sistem analizi ve boyutlandırılması, gerekli resimlerinin oluşturularak sistemin imalata hazır hale getirilmesi gibi imalata kadar yapılması gereken bütün çalışmalar bu aşamada gerçekleştirilmiştir. Gerekli mukavemet hesapları yapılmış ve sonuçların oldukça emniyetli olduğu görülmüştür. Ayrıca, sistemin yapısal elemanlarından milin burulmaya karşı, döndürme kolunun da eğilmeye karşı deformasyon hesapları yapılmış ve her iki elemana ait şekil değiştirme değerlerinin bu tür ölçme ve kontrol sistemleri için ön görülen sınır değerlerin altında kaldıkları ve oldukça emniyetli oldukları belirlenmiştir. Bunlar sistemin en kritik iki elemanı olduklarından diğer yapı elemanlarının da deformasyon açısından uygun oldukları kabul edilmiştir. Tork ölçüm sistemi için ilk önce bir prototip geliştirilmiş, gerekli doğrulama işlemlerinin ardından otomatik montaj uygulamasıyla entegre çalışacak gerçek sistem tasarlanmıştır. Tasarımı yapılan ve prototipi üretilen tork ölçüm düzeneği Şekil 2.10. ve Şekil 2.11.'de gösterilmektedir.

Ayrıca piyasadan sistem gereksinimlerine göre hazır olarak temin edilip, sistemde kullandığımız elemanlar da vardır. Bu elemanların seçimi de mekanik tasarım aşamasında yapılmaktadır. Bu tür elemanlar burada kısaca tanıtılarak teknik özellikleriyle beraber verilmektedir.



Şekil 2.10. Geliştirilen tork ölçüm sistemi



Şekil 2.11. Tork ölçüm sistemi tasarım resmi

Geliştirilen bu sistem, 1 adet servo motor, 1 adet Tork Sensörü, kontrol ünitesi (Bilgisayar), DAQ kartı, LabVIEW Arayüzü, 2 adet kaplin, 1 adet pnömatik piston, 2 adet yatak, bağlantı elemanları ve millerden oluşmaktadır. Sisteme ait standart elemanlar hazır alınmış, üretimi gereken diğer elemanlar ise Sakarya Üniversitesi'ne ait atölye ve laboratuvarlar kullanılarak imal edilmiştir. Bu bileşik tertibatın sistematik ve hassas bir şekilde çalışması için sensör ve servo motordan alınan veriler DAQ kart vasıtasıyla LabVIEW ile tasarlanan ara yüze gönderilmiş ve burada servo motorun istenen açı değerleri (0 - 72⁰) arasında hareket ettirilmesi sağlanmıştır. Sensörden alınan verilerle ölçülen menteşenin istenen değerler arasında olup

olmadığı kontrol edilmekte ve ölçülen malzemenin tork değeri firma tarafından belirlenen aralıklarda ise 'onay' değilse 'ret' verilerek böylelikle istenen işlem tamamlanmış olmaktadır. Sonraki kısımlarda, farklı başlıklar altında, hazır elemanların teknik özellikleri verilerek kısaca tanıtımı yapılmıştır.

2.2.3. Servo motor



Şekil 2.12. Servo motor

Servo motor, bir mekanizmada son kontrol elemanı olarak görev yapan motordur. Genellikle güç sağlayan motorlar belirli bir hızda dönmeye göre tasarlanırken servo motorlar çok geniş bir hız komutunu yerine getirecek şekilde tasarlanır. Servo motorlar kullanıcının komutlarını yerine getiren motorlardır. Komutlar, pozisyon ve hız komutları veya hız ve pozisyonun birleşimi olabilir. Şekil 2.12.'de gösterilen MX 64R serisi, PID kontrolü, 360 derece pozisyon kontrolü ve yüksek hızlı iletişim gibi hassas kontrol gerektiren gelişmiş uygulamalar için geliştirilen bir modeldir. MX-64R serisi RS-485 iletişimini destekler. Servo motorun, çalışma esnasında ki sıcaklığı, çalışma torku ve istenen açı değerlerinde çalışması gibi birçok özelliği geliştirilen bir yazılım ile manuel olarak kontrol edilebilmektedir. Biz bu çıktılar vasıtasıyla LabVIEW arayüzüne istediğimiz terminalde ki verileri alarak görmek istediğimiz skalayı entegre edebilmekteyiz. Bu yüzden MX R64 model servo motorun kullanılması uygun bulunmuştur.

2.2.4. Tork sensörü



Şekil 2.13. Şaft tipi tork sensörü (1)

Şekil 2.13. ve Şekil 2.14'te gösterilen 8645 serisi şaft tipi tork sensörünün hassasiyeti %1 olup, ölçüm Aralığı 0 - 17.5Nm'dir. Bunun anlamı her ölçümde 0.175Nm'lik hassasiyetimizin olmasıdır. Bu tork sensörünü seçmemizin amacı firma tarafından bize aktarılan menteşe standartlarının sınırlarıdır. Menteşenin çalışma sınırları 0 – 2,5Nm aralığındadır. Bu çalışma sınırları için 0 – 7,5Nm aralığındaki tork sensörü kâfi gelmektedir. Fakat menteşe üretimden çıktıktan sonra oluşan çapaklardan dolayı ilk açılıp kapanma torku (takat torku) 10Nm civarındadır. Sensörün zarar görmemesi açısından 8645 serisi '0 - 17,5' Nm aralıklı tork sensörü tercih edilmiştir.

2.2.4.1. Çalışma prensibi

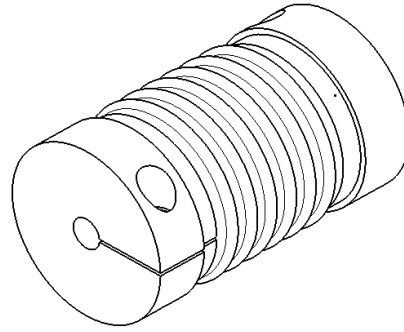


Şekil 2.14. Şaft tipi tork sensörü (2)

8645 serisi sensörde uygulanan torku elektrik gerilimine dönüştüren yeni EMD (Elektromanyetik diyafram) teknolojisi kullanılmaktadır. Nikel içerikli çelik mile sabit bir manyetik patern uygulanır. Tork, manyetik alanla birlikte bu paterni

değiştirir. Sonuç olarak sensör statorun EMD elektronik devresi tarafından işlenmesi için torka bağlı bir ölçüm sinyali oluşturur. Transfer fonksiyonu sadece milin mıknatıslanmasına bağlı olarak (gerinim ölçer ve kablolama olmaksızın) elde edilir. Böylece sensör üzerindeki özel entegre devre (ASIC) kullanıcıya torkla orantılı elektrik gerilimi oluşturur. 8645 serisi yeni EMD (Gömülü manyetik alan) teknolojisi sayesinde, sabit durumdan sürekli yüksek hızlara kadar tüm statik ve dinamik torkları ölçebilmektedir. Güvenilirlik ve hepsinin ötesinde çok düşük maliyetli olması da varolan uygulamaların yanında yeni imkânlar yaratmaktadır.

2.2.5. Kaplin

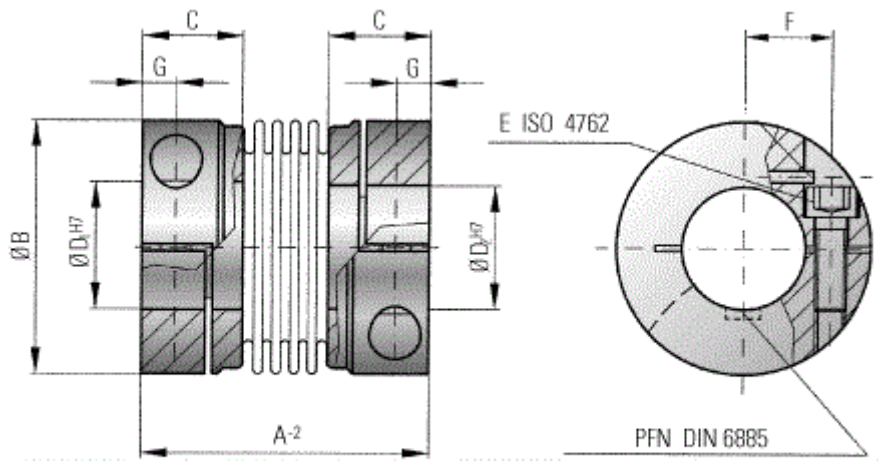


Şekil 2.15. Kaplin

Makinalarda hareketli bir ekipmandan başka bir ekipmana emniyetli hareket iletimi sağlamak için kullanılan önemli bir makine elemanıdır. Hareketi iletme esnasında makinada oluşan mekanik titreşimleri ortadan kaldırmak için titreşim sönümleyici özelliğine sahip kaplin lastiği kullanılmak zorundadır. Bu malzeme kullanılmadığı takdirde zuhur edecek mekanik titreşimler makinaya ve makine elemanlarına zarar verebilir ve kulağa hoş gelmeyen sesler çıkarabilir. Kaplinler iki parçalı veya üç parçalı, üreten firmaya göre çok parçalı da olabilirler. Sistem içerisinde basit gibi görünen, takıldığı makinaya göre de en ucuz eleman gibi görünen kaplinler; seçiminde, montajında dikkatli davranılmadığında üretimin en pahalı elemanı haline gelir. Monte edildiği makinanın rijit durmasına vesile olur. Makinalı çalışmaların tümünde (özellikle endüstriyel) üretim hattındaki bir halkanın aksaması tüm sistemi etkileyeceğinden, kaplinlerin seçimi montajı ve kontrolleri son

derece önem arz etmektedir. Kaplin seçiminden doğacak hatalar nedeniyle işletmelerde üretim kesintileri meydana gelir. Genel olarak ifade edecek olursak irtibat elemanlarının görevi, tahrik elemanı olan motor veya döndüren ile döndürülen eleman arasında irtibat sağlamak ve bu şekilde hareketi iletimini sağlamaktır.

Yapmış olduğumuz tork ölçüm sistemimizde Şekil 2.15'teki gibi 2 adet kaplin kullanılmıştır. Bu kaplinler aynı boyut ve toleranslardadır. Şekil 2.16.'da kullanılan kaplinlerin teknik çizimleri ve boyut toleransları görülmektedir.



Şekil 2.16. Kaplin (Teknik çizim)

Tablo 2.3.'te teknik özellikleri verilen kaplinin seçilmesinin nedeni kullanılan tork sensörü ve servo motorun hassas olması ve bundan dolayı da oluşan eksen kaçıklıklarının minimum seviyeye indirilmesi ve çalışma esnasında oluşan titreşimlerin maksimum düzeyde absorbe edilebilmesi için bu kaplinin kullanılması uygun bulunmuştur.

Tablo 2.3. Kaplinin teknik özellikleri

Büyüklik	Birim	Değer
Döndürme Momenti	(Nm)	18
Toplam Uzunluk (A)	(mm)	58
Dış çap (B)	(mm)	49

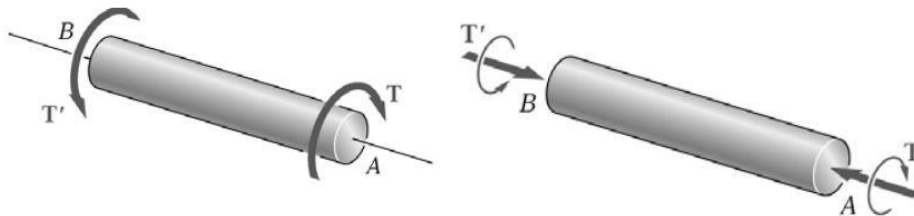
Tablo 2.4. Kaplinin teknik özellikleri (Devam)

Uygun Uzunluk (C)	(mm)	21.5
Sabitleme vidası ISO 4762	(mm)	M5
Sabitleme vidası sıkma momenti	(Nm)	8
Merkezler arasındaki mesafe	(mm)	17
Mesafe (G)	(mm)	6.5
Atalet momenti	(10^{-3} kgm^2)	0.065
Göbek malzemesi	-	Al
Ağırlık	(kg)	0.16
Burulma momenti	(10^3 Nm/rad)	23
Eksenel	$\pm(\text{mm})$	1
Yanal	$\pm(\text{mm})$	0.2
Açısal	$\pm(\text{derece})$	1

2.2.6. Millerin burulma hesabı ve imalatı

Mil; genellikle iki bölgeden yataklanmış olan ve dişli çark, zincir dişlisi, kavrama göbeği, rotor vb. parçaları üzerinde taşıyan önemli bir makina elemanıdır. Miller, tahrik elemanı vasıtasıyla güç iletimini sağlayan döndürme momentiyle burulmaya, üzerinde taşıdığı parçalardan kaynaklanan yüklerden dolayı da eğilmeye zorlanırlar. Yapım ve yataklama kolaylığı ve mukavemet üstünlüğü bakımından miller genellikle dairesel kesitli yapırlar.

Şekil 2.17.'deki gibi karşılıklı burulma çiftlerinin etkisi altındaki elemanlar göz önüne alındığında, gerilme ve şekil değiştirmeler kesit biçimine bağlıdır.



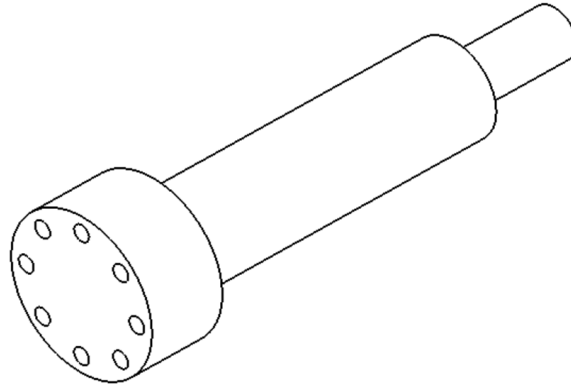
Şekil 2.17. Mil

Daire ya da halka biçimindeki çubukların burulması mukavemette kullanılan basitleştirilmiş yöntemlerle elde edilebilir. Burulmaya maruz elemanlar birçok

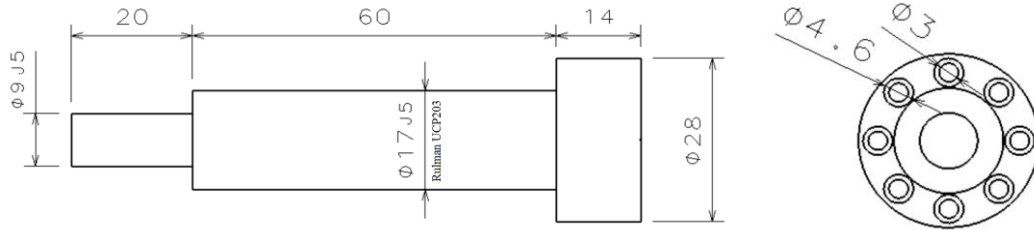
mühendislik uygulamasında yer alırlar. En yaygın uygulama alanları olarak güç iletim milleri, buhar türbinleri, elektrik jeneratörleri, araç motorları, rüzgâr türbinleri vs. örnek gösterilebilir.

Tork ölçüm düzeneği tasarlarken motor bağlantı mili, piston kolu ve piston kolu bağlantı mili olmak üzere toplamda 3 adet mil imal edilmiştir.

Şekil 2.18. ve Şekil 2.19.'da sistem için tasarlanan ve imal edilen motor bağlantı mili görülmektedir.

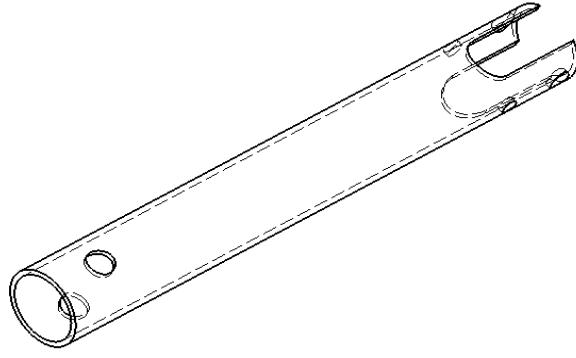


Şekil 2.18. Motor bağlantı mili (1)

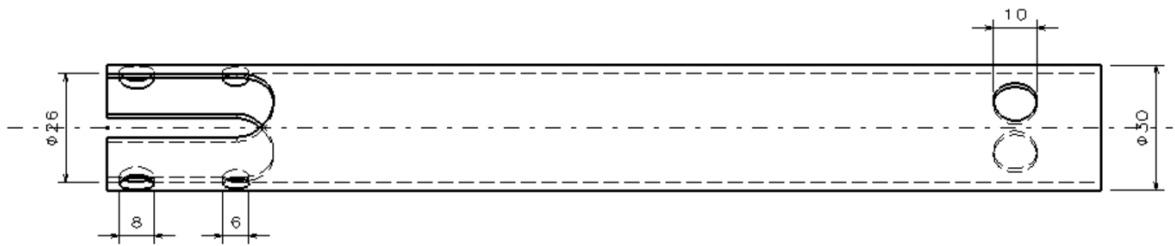


Şekil 2.19. Motor bağlantı mili teknik çizim

Şekil 2.20. ve Şekil 2.21.' de sistem için tasarlanan ve imal edilen piston kolu görülmektedir.

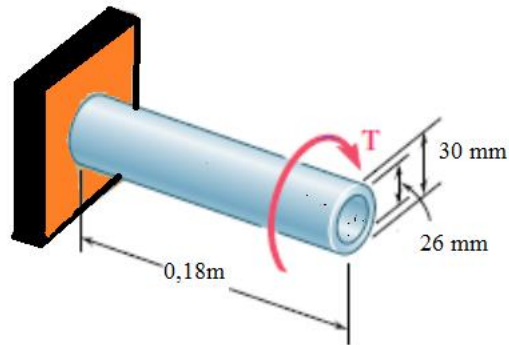


Şekil 2.20. Piston kolu (1)



Şekil 2.21. Piston kolu teknik çizim

Pistonun bağlı olduğu içi boş olan bu mil menteşeyi hareket ettirdiği zaman burulmaya zorlanır. Ölçüm sırasında Şekil 2.22.'deki milin dayanabileceği maksimum burulma momenti aşağıda verilen formüller ile hesaplanmaktadır.



Şekil 2.22. Milin burulması

Verilenler

$\tau_{max} = 120 \text{ MPa}$ (emniyetli kayma gerilmesi)

$C_2 = 15 \text{ mm}$ (dış yarıçap)

$C_1=13$ (iç yarıçap)

$T_{\max}= 5$ Nm (Mile uygulanacak maksimum moment (Tork))

Aşağıda verilen denklem 2.1 ve denklem 2.2 den milin maksimum ne kadar momente dayanabileceği hesaplanmıştır.

$$T = \frac{J \cdot \tau_{\max}}{C} \quad (2.1)$$

$$J = \frac{1}{2} \pi (C_2^4 - C_1^4) \quad (2.2)$$

T = Burulma momenti (Tork) (Nmm)

τ = Kayma Gerilmesi

J = Polar Atalet Momenti

C = Yarıçap

$C_2=15$ mm , $C_1=13$, $\tau_{\max}=120$,

$$J = \frac{1}{2} \pi (C_2^4 - C_1^4)$$

$$J = \frac{1}{2} \pi (15^4 - 13^4)$$

$$J=34,6 \cdot 10^3 \text{ mm}^4$$

$$T = \frac{J \cdot \tau_{\max}}{C}$$

$$T = \frac{34,6 \cdot 10^3 \cdot 120}{15}$$

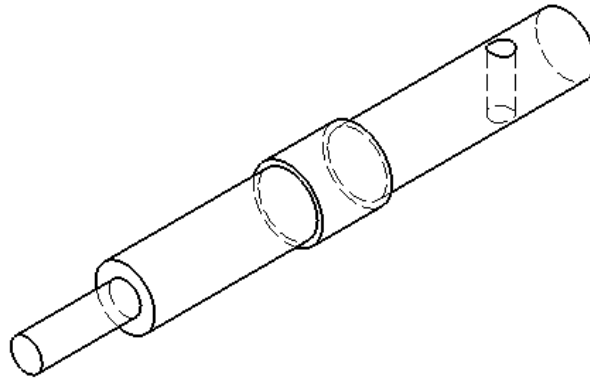
$$T = 0,2768 \text{ KN.m}$$

Milin maksimum dayanabileceği moment 276,8 Nm'dir. Sistemde ölçüm yapacağımız zaman oluşacak maksimum moment değeri de 5 Nm'dir. Bulunan ve varolan değerler dikkate alındığı zaman ölçüm için bu milin kullanılması uygun

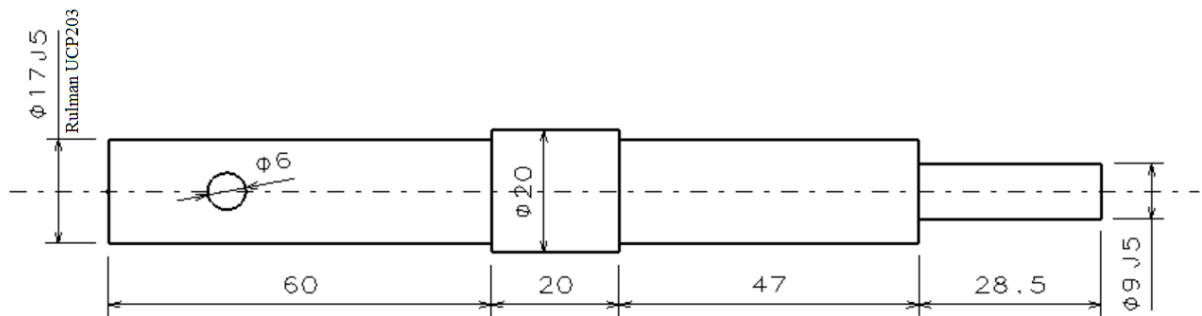
görülmüştür. Aşağıda mil üzerinde oluşan minimum kayama gerilmesi hesaplanmıştır (Denklemler 2.3).

$$\tau_{min} = \frac{T.C_{min}}{J} = \frac{276,8 \cdot 10^3 \text{ Nmm} \cdot 13 \text{ mm}}{34,6 \cdot 10^3 \text{ Nmm}^4} = \frac{104 \text{ N}}{\text{mm}^2} = \mathbf{104 \text{ MPa}} \quad (2.3)$$

Şekil 2.23.' te sistem için tasarlanan ve imal edilen piston kolu bağlantı mili görülmektedir. Piston kolu bağlantı mili için deformasyon hesabı aşağıda verilen formüller kullanılarak hesaplanmaktadır.

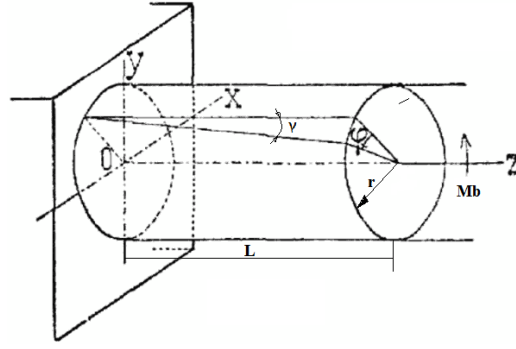


Şekil 2.23. Piston Kolu Bağlantı Mili (1)



Şekil 2.24. Piston kolu bağlantı mili teknik çizim

Şekil 2.25.'te gösterilem milin deformasyon hesabı aşağıda gösterildiği şekilde yapılmıştır,



Şekil 2.25. Milin burulması

φ = Burulma açısı

γ = Kayma açısı

G = Kayma modülü

I_p = Polar atalet momenti

r = Mil yarıçapı

L = Milin serbest uzunluğu

M_b = Burulma Momenti (Tork)

Kayma gerilmesi

$$\tau = \gamma * G \quad (2.4)$$

veya

$$\tau = \frac{M_b}{I_p/r} = \frac{M_b \cdot r}{I_p} \quad (2.5)$$

dir. Şekil 2.25 ten aşağıdaki ifade yazılabilir,

$$r * \varphi = \gamma * L$$

$$\gamma = \frac{r \cdot \varphi}{L}$$

$$\varphi \cdot G = \frac{M_b}{I_p/r} \quad (2.6)$$

Burada γ yerine konulursa,

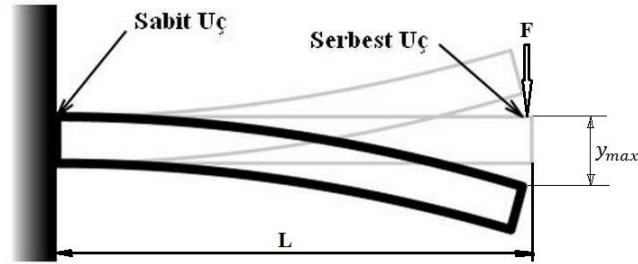
$$\frac{r \cdot \gamma}{L} \cdot G = \frac{M_b}{I_p/r}$$

$$\gamma = \frac{M_b \cdot L}{I_p \cdot G} \quad (2.7)$$

bulunur (milin açısai deformasyon durumu). Burada;

$$I_p = \frac{\pi \cdot d^4}{32} \quad (2.8)$$

'dir. Şekil 2.26.'da gösterilen mesnetli kirişin maksimum eğim hesabı aşağıda gösterildiği şekilde yapılmıştır.



Şekil 2.26. Mesnetli kiriş

$$y_{max} = \frac{F \cdot l^3}{3EI} \quad (2.9)$$

Burada,

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64}$$

E = Elastisite modülü ($E_{çelik} = 2 \cdot 10^{11} \text{ N/m}^2$)

$$y_{em} = f_{em} \leq 0,0002 \cdot L \quad (2.10)$$

dir.

2.2.7. Rulmanlı yatak

İnsanoğlunun mekanik konulardaki teknolojik gelişmesi tekerleğin bulunuşu ile başlar. Bugün gelinen son noktada dönen her şeyin göbeğinde mutlaka yatak vardır. Yataklardan da en yaygın kullanılan rulmanlı yataklardır. Bu yüzden rulman dünyada en fazla kullanılan makine elemanıdır.

Teorik olarak bir yüzeyde yuvarlanan bilye sonsuz sertlikte olsa, yani hiç esnemeyecek olsa yüzey ile dönen nesne arasında sürtünme minimum olur. Ancak döner malzemenin belirli bir yük altında bir miktar esneyerek dokunma yüzeyinde yassılaştıması nedeni ile hareket dönme ve kayma ile birlikte oluşur. Budan dolayı da

sürtünme meydana gelir. Rulmanlar söz konusu olan bu sürtünmeyi en aza indirmek için geliştirilen makine elemanlarıdır.

Yukarıda sürtünmeden kastedilen bilyenin yuvarlanmak yerine yüzeyde kaydıkları durumda ortaya çıkan sürtünmedir. Tekerleğin yuvarlanabilmesi için tekerleğin yere tutunmasını sağlayacak kadar sürtünmenin olması gerekir. Eğer bu sürtünme olmazsa tekerlek yuvarlanmaz ve olduğu yerde hareket eder (patinaj yapar). Bu nedenle patinajın önlenmesi için rulman üzerinde bir miktar yük olması gerekir. Uygulanan bu yük özellikle yüksek devirlerde, yüksek ivmelenmelerde veya yükün etki yönündeki ani değişme durumlarında daha fazla önem kazanır. Minimum yüklerin ne kadar olması gerektiği rulman tipine göre kataloglarda belirtilmiştir. Her uygulamanın kendine özel şartlarının gerektirdiği rulman tipi vardır.

Yapılan Tork ölçüm düzeneğinde piyasadan kolay temin edilebilen maliyet bakımından da Şekil 2.27.'deki gibi iki adet UCP 203 serisi rulmanlı yatak kullanılmıştır. Bu yatak türünde 6203 serisi tek sıralı sabit bilyeli rulman kullanılmıştır. Yapılmış olan ölçüm sistemi üzerine radyal ve aksel yönde çok büyük yüklere maruz kalmayacağından dolayı 6203 serisi rulman tercih edilmiştir. 6203 serisi rulmanda $L_h = 8500$ saat ömür, $n = 63$ rpm ve $C = 1040$ daN için rulmanın taşıyabileceği eşdeğer yük aşağıda gösterildiği gibi hesaplanmıştır. (Denklem 2.4)

$$L_h = 8500 \text{ saat}$$

$$N = 63 \text{ rpm}$$

$$C = 1040 \text{ daN (6203 serisi rulman için dinamik yük katsayısı)}$$

$$F = C \sqrt[3]{\frac{10^6}{L_h} \cdot 60n} = 1040 \sqrt[3]{\frac{10^6}{8500} \cdot 60 \cdot 63} = \mathbf{327 \text{ daN}} \quad (2.11)$$

Bu rulman sadece radyal yüke maruz kaldığından dolayı $F = F_r = \mathbf{327 \text{ daN}}$ ' dur.

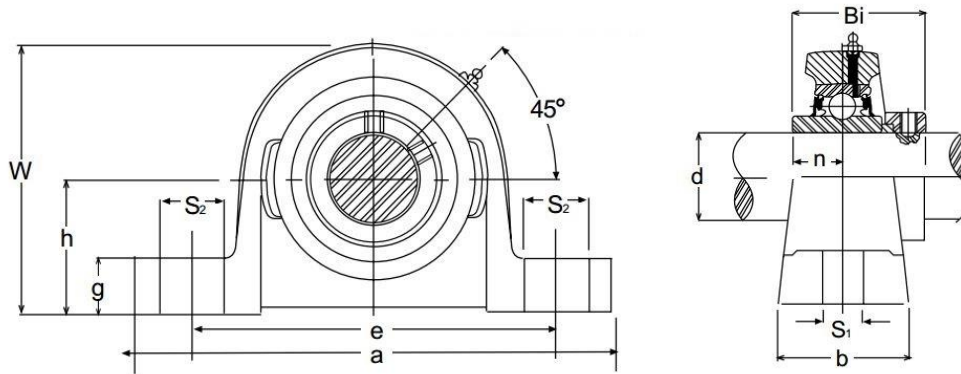
UCP 203 serisi rulmanlı yatağın tercih edilmesinin sebebi, bir alt seri olan UCP 202 rulmanlı yatağın hem maliyet açısından yüksek olması hem de yatak içerisinde

kullanılan rulmanın iç çapının küçük olması daha küçük çaplı bir mil kullanmayı gerektirmektedir. UCP 202 serisi yatağın kullanılmasından dolayı yatakta kullanılacak olan milin burulmaya karşı olan direnci düşecektir. Direncin düşmesi ölçüm sırasında oluşan torkun mili daha kolay bir şekilde buracağı ve bu yüzden bu yatağın kullanımının uygun olmadığı görülmüştür. Bir üst seri olan UCP 204 serisi rulmanlı yatak kullanıldığı durumda ise mil çapının gereksiz bir şekilde büyümesine ve sistemin de bu yüzden ağırlaşmasına neden olacaktır. Kullanılan millerin çaplarının büyümesi kullanılan servo motorunda gücünü azaltacağından dolayı da UCP 203 serisi yatak tercih edilmemiştir. Şekil 2.28.'de UCP 203 serisi yatağın teknik çizimi gösterilmektedir.

Aşağıda Tablo 2.5.'te UCP 203 serisi yatağın boyutları, Tablo 2.6.'da ise yatağın dayana bileceği maksimum Radyal kuvvetler, maksimum devir ve maksimum yük limiti gibi değerler görülmektedir.



Şekil 2.27. UCP 203 Rulmanlı yatak



Şekil 2.28. UCP 203 Rulmanlı yatak teknik çizim

Tablo 2.5. UCP 203 serisi yataklı rulman boyut bilgileri

RULMAN NO	D	H	a	E	b	S 1	S 2	g	w	b	N
UCP 203	17	30.2	127	95	38	13	19	14	62	31	12.7

Tablo 2.6. Yatak içerisinde kullanılan rulmanın teknik detayları

	Dinamik yük Katsayısı (Radyal)	Statik Yük Katsayısı (Radyal)	Limit Devir Sayısı	Referans Devir Sayısı	Yorulma Yük Limiti (Radyal)	Ağırlık
6203 Tek Sıra Sabit Bilyalı Rulman	10400 N	4750 N	29000 1/min	20100 1/min	320 N	0,62 Kğ.

2.2.8. Kalem silindir (İso-Paslanmaz Gövde)



Şekil 2.29. Tek Etkili Kalem Silindir

Tork ölçüm düzeneğinde 1 adet tek etkili kalem silindir kullanılmıştır. Kalem silindir piyasadan hazır temin edilmiştir. Tek etkili kalem silindirin tercih edilmesinin sebebi, bu silindirin takılacağı düzenekte sadece tek yönde harekete ihtiyaç

duyulduğundan dolayı tek etkili kalem silindir tercih edilmiştir. Tablo 2.7.'de tek etkili kalem silindirin teknik özellikler tablosu verilmiştir.

Tablo 2.7. Kalem Silindir Teknik Özellikleri

Çalışma ortamı	Filtrelenmiş sıkıştırılmış hava
Çalışma sıcaklığı	-20/ +70 C°
Çalışma basıncı min.	0.1 Mpa-Tek etkili:0.3 Mpa
Çalışma basıncı max.	1.2 Mpa
Uygulanabilir hız	500 mm/s
Yağlama	Şartlandırıcı yağ
Strok hatası	±0.3 mm
Hareket tip	Tek Etkili
Mil	CK-45 sert krom kaplı
Sızdırmazlık	Poliüretan+NBR
Boru	ALMGSI05
Manyetik güç	CS30E/CS 32 B

2.2.9.Solenoid (kumandalı) valf

Tork ölçüm sisteminin tamamen bilgisayar kontrollü yapılabilmesi için tek etkili Pnömatik pistonun hareketinin de otomatik olması gerekmektedir. Bundan dolayı Şekil 2.30.'da gösterilen bir elektrik uyarılı valfin kullanılması gerekmektedir. Valfin bilgisayar ile bağlantısının yapılması ve LabVIEW kontrollü olabilmesi içinde DAQ kartı ve valf için yapılan bir devre kullanılmıştır.



Şekil 2.30. Solenoid (kumandalı) Valf

2.2.10. Kontrol ünitesi (Bilgisayar)

Günlük hayatta kullanılan birçok makinanın tek başına kontrol edilmesi o makine için üretilmiş kontrol üniteleriyle mümkün olmaktadır. Birçok sensör ve cihazdan oluşan makinelerin kontrolünü tek bir yerden sağlamak için bir kontrol ünitesine ve bu üniteye kullanılacak arayüze ihtiyaç duyulmaktadır. İhtiyaç duyulan sistemler için kullanılan arayüzler ya alınan sistemler üzerinden hazır temin edilmekte ya da kullanıcının istediği özelliklere göre kullanıcının kendisi tarafından tasarlanması gerekmektedir. Yapılan çalışmada tasarlanan arayüz ile sistemin kontrolünden çok sistemin izlenmesine ihtiyaç duyulmuş ve arayüzde buna göre tasarlanmıştır. Burada sistemin izlenmesindeki amaç belirli bir ölçümün yapılması esnasında oluşabilecek hatalardan dolayı ekranda görünen duruma göre sisteme müdahale etmektir. Prototipini üretmiş olduğumuz tork ölçüm sisteminin kontrol edilebilmesi için kullanılan kontrol ve izleme ünitesinin özellikleri Tablo 2.8.'de verilmektedir.

Tablo 2.8. Kontrol Ünitesi Özellikleri

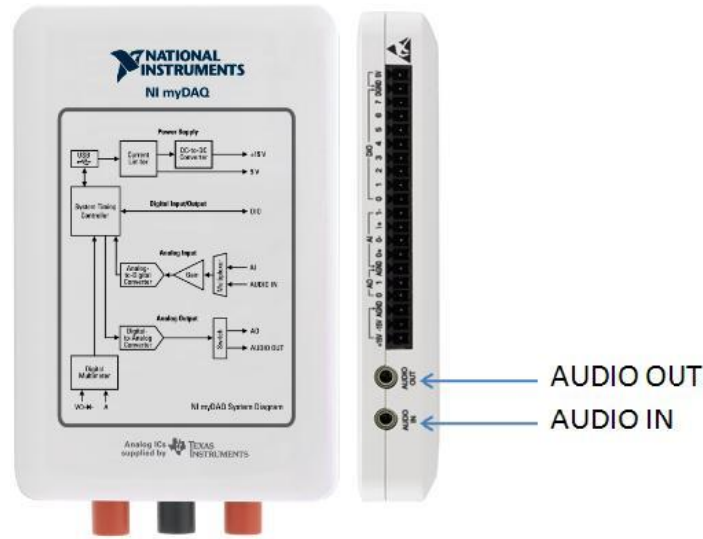
Ram	4 GB
Ekran Kartı	Entegre Ekran Kartı
Hard Disk	320 GB
İşletim Sistemi	FreeDOS
USB 2,0 Portu	6 adet
Maksimum Bellek	8 GB
İşlemci	Intel Core E6550 2.33 GHz 2MB L2 Cache
İşlemci Tipi	Intel Dual Core

2.2.11. DC güç kaynağı

Servo motoru, Tork sensörünü ve elektrik kontrollü valfi beslemek için doğru akım kaynakları kullanmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ihtiyacın giderilmesi DC güç

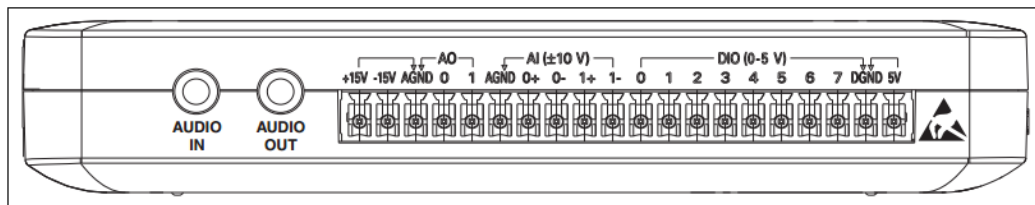
kaynaklarıyla mümkün olmaktadır. Servo motor için gerekli olan gerilim 10 – 14.8V, Tork sensörü için gerekli olan gerilim 9 – 12V, elektrik kontrollü valf için gerekli olan gerilim 24V'tur. Tork Ölçüm Sisteminde Servo Motor için ortalama 12V, Tork Sensörü için ortalama 10V, Elektrik kontrollü valf için sabit 24V' luk bir gerilime ihtiyaç duyulmaktadır. Bu gerilimleri karşılamak üzere toplamda 3 adet güç kaynağı kullanılmıştır.

2.2.12. DAQ kart



Şekil 2.31. Veri Toplama (DAQ) Kartı (Ni, 2014)

DAQ kart, sensörlerden alınan dijital veya analog verileri toplayıp bilgisayarda işlenebilecek hale çevirebilen elektronik kartlara denir. Gelen analog sinyalleri bilgisayarın anlayabileceği dijital sinyallere çevirirler, ayrıca içlerinde buldukları zamanlayıcı ve sayıcı gibi yapılarla işlemleri kolaylaştırma imkânı da verirler.



Şekil 2.32. DAQ kartı Bağlantı Pinleri

Tablo 2.9. DAQ kartı bağlantı yerleri ve tanımlamaları

Sinyal adı	Referans	Yön	Tanım
AUDIO İN	-	Input	Ses girişi - steryo konektörü sol ve sağ ses girişi
AUDIO OUT	-	Output	Ses çıkışı - steryo konektörü sol ve sağ ses çıkışları
+15V/-15V	AGND	Output	+15V/-15V güç kaynakları
AGND	-	-	Analog toprak – AI, AO, +15 V ve -15 V için referans terminaller
AO 0/AO 1	AGND	Output	0 ve 1 için Analog çıkış kanalları
AI 0+/AI 0-; AI 1+/AI 1-;	AGND	Input	0 ve 1 için Analog giriş kanalları
DIO <0...7>	DGND	Input or Output	Dijital I/O sinyalleri – genel amaçlı dijital hatlar veya sinyal sayıcılar
DGND	-	-	Dijital toprak – DIO hatları ve +5V kaynağı için referans
5V	DGND	Output	5V güç kaynağı

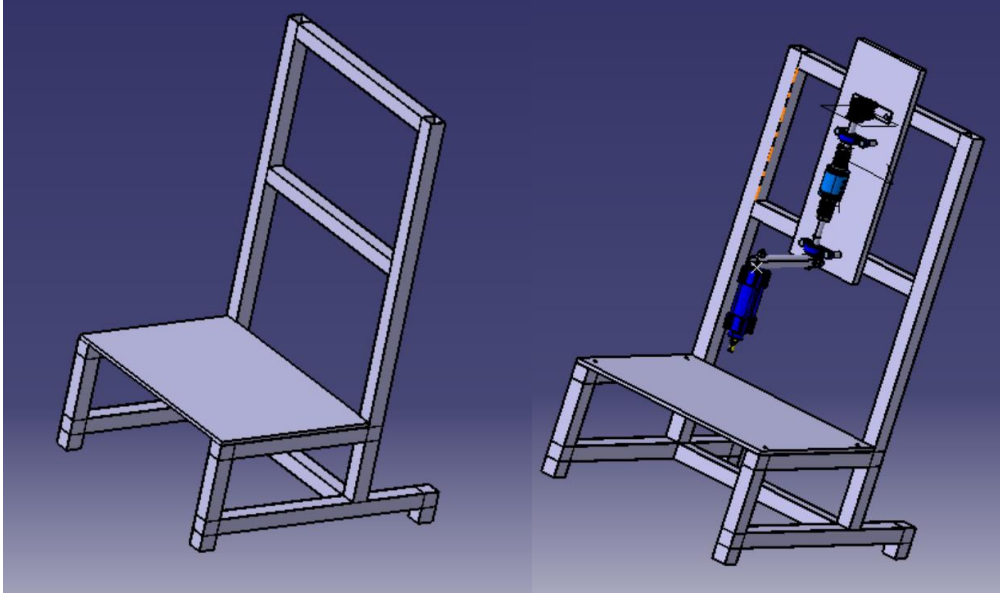
DAQ kart gelen analog sinyalleri dijital sinyallere çevirip bilgisayara aktarma işlemini 3 kısımda gerçekleştirmektedir.

1. Fiziksel özellikler gerilim, akım gibi elektriksel hale getirilir. Bu işlemler sensörler yardımıyla yapılmaktadır. Sensörlere örnek olarak potansiyometre, limit anahtarları, ısı sensörleri (PTC ve NTC), basınç sensörleri, LDR, fototransistörler ve fotodiyotlar verilebilir.
2. Sensörlerden gelen analog sinyallerin yükseltilip veya alçaltılıp örneklenerek (sürekli bir sinyalin belirli bir aralığının alınması) PC ye gönderilir. Bu işlem DAQ kartı içindeki ADC (Analog Digital Converter – Analog Dijital Çevirici) yardımıyla gerçekleştirilir.
3. Bu kısımda ise bilgisayarda toplanan bu verilerin içinden istenilen özelliklerin çıkarılmasıdır. Burada ise DAQ kartının programlanması devreye girecektir.

Piyasada farklı DAQ kartlarının bulunmasına karşılık bu DAQ kartına tork sensörü'nün ve elektrik kontrollü valfin kolaylıkla bağlanıp LabVIEW üzerinden hızlı bir şekilde kontrol edilmesine olanak sağlayan ve sadece bilgisayar USB'sinden beslenen bir veri kartı olması hasebiyle bu DAQ kartı tercih edilmiştir.

2.2.13. Sistemin montajı

Şekil 2.9.'daki servo motorun üzerindeki flanş vasıtasıyla, flanşın boyutuna uygun bir mil üretilerek sisteme monte edilmiştir. Takılan milin eksen kaçıklıklarından dolayı servo motora zarar vermemesi için motora çok yakın bir mesafeye rulmanlı yatak monte edilmiştir. Motora bağlı milden sonra tork sensörünün monte edilebilmesi için kaplin kullanılmıştır. Kaplinler gerektiğinde sistemin kolay bir şekilde demonte edilebilmesi, çalışırken oluşan titreşimler ve eksen kaçıklıklarının giderilmesi için kullanılmıştır. Kaplinler bağlandıktan sonra tork sensörünün hemen sonrasına piston kolunu bağlamak için bir mil bağlanmıştır. Bağlanan bu milin bir rulmanlı yatak vasıtasıyla bir önceki yatak ve servo motorla aynı ekseninde olması sağlanmıştır. Piston kolunun bağlanacağı milin ucuna eksenine dik bir delik açılarak piston kolu takılıp vida yardımıyla sabitlenmiştir. Belirtilen özelliklere sahip piston takılan kola somun vasıtasıyla sabitlenmiştir. Tasarımın proje konusu otomatik montaj sistemine uyumlu çalışabilecek özelliklerde olmasına azami derecede dikkat edilmiştir. Bu amaçla prototipi yapılan sistemin San-Tez projesinde olduğu gibi bir sistemde çalışabilmesi için Şekil 2.33'te görüldüğü gibi bir karkas sistemi tasarlanmış ve üretimi yapılmıştır. Entegre sistemde kullanılan fikstürün montajına uygun ve torkmetrenin asıl sistemde olduğu gibi dikey konumda çalışabilmesi için Şekil 2.33' teki gibi karkasa entegre edilmiştir.



Şekil 2.33. Karkas Sistemi

2.2.14. Kontrol sisteminin tasarımı

Yaptığımız çalışmada sistemin kontrolünden çok izlenmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Burada izlemedeki amaç sistemde oluşabilecek hatalardan dolayı kontrol ünitesinin ekranından görülen anlık değişimleri izlemek, ölçüm esnasında istenen şartlarda ölçüm yapılmıyorsa müdahale etmek ve bu şekilde bir sonraki işlemin aksamaması için gerekli olan müdahaleleri yapmaktır. Yani sadece sistemin kontrolü değil asıl önemli olan sistemin anlık olarak izlenebilmesidir.

Yapılan çalışmada sistemin anlık olarak izlenebilmesi için LabVIEW programı ile hazırlanmış arayüzle sistemin ölçüm esnasında oluşan değişimlerinin anlık olarak kontrolü yapılmakta ve gerekirse müdahale edilebilmektedir.

2.2.15. LabVIEW arayüzü

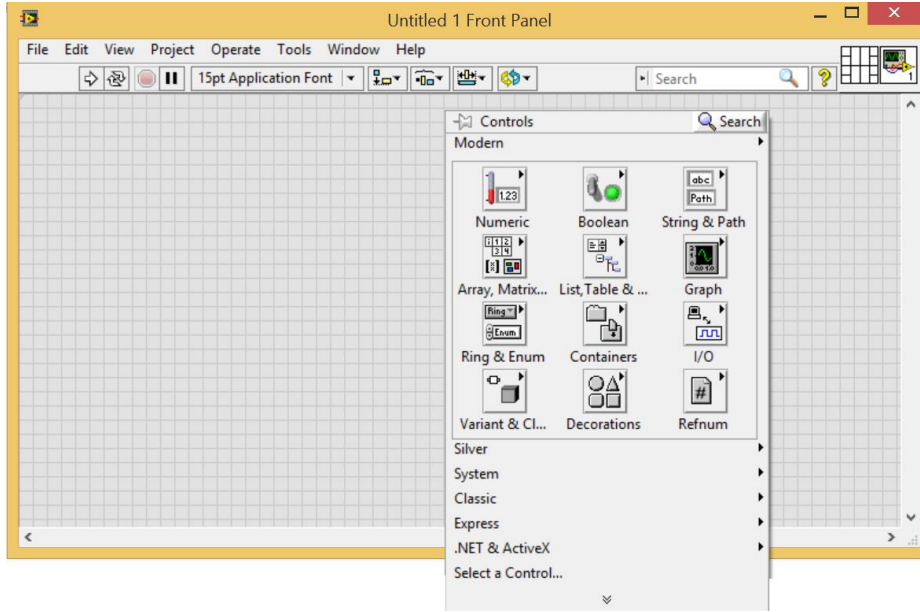
LabVIEW National Instruments firması tarafından üretilen ölçüm, test ve kontrol sistemleri için geliştirilmiş bir grafik programlama ortamıdır. Geleneksel programlama dillerindeki komut veya değişkenlerin satırlarla yazılması yerine, yapılmak istenen işlem için kullanılabilir sanal enstrümanların (VI) blok diyagrama yerleştirilip, veriyi iletecek bağlantılar oldukça kolay bir şekilde yapılmaktadır. Veri

işleme ve izlenmesinde kullanılan LabVIEW, içeriğinde bulunan otomasyon ve ölçme devre elemanları fonksiyonlarının ekranda birbirlerine bağlanması şeklinde kullanılır.

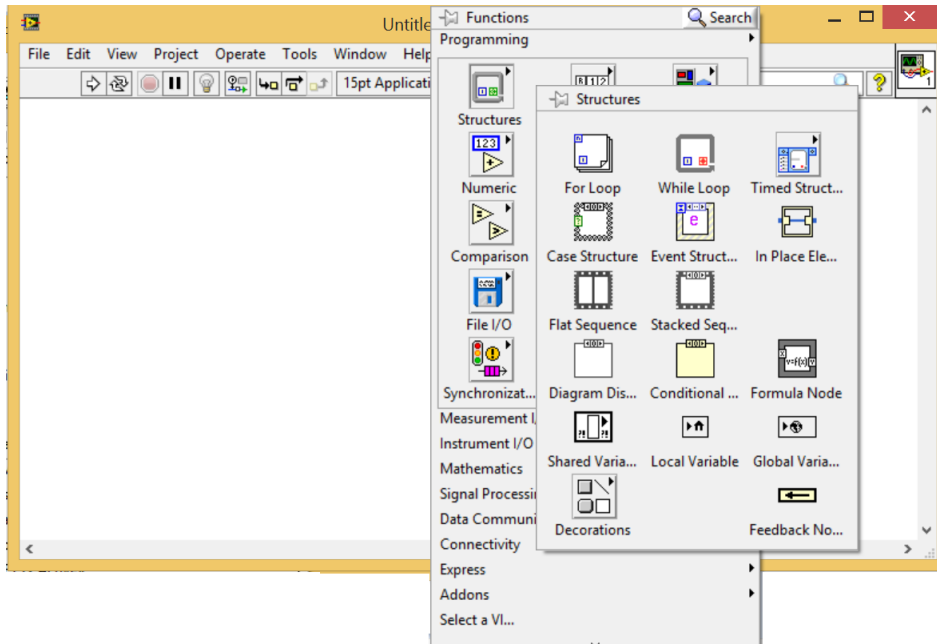
Çoğu üretim yerinde sensörler yardımıyla bir şeylerin ölçümü muhakkak yapılmaktadır. Örneğin sıcaklık ölçümünün yapılması; Fırınlarda, buzdolaplarında, seralarda, temiz odalarda, sıcaklık ölçümü yapılması gerekir. Sıcaklıktan öte basınç, kuvvet, konum, gerilim vb. büyüklükleri de ölçmek gerekmektedir. LabVIEW, bu büyüklükleri ölçecek sensörler ile bilgisayarları buluşturmaktadır. LabVIEW sadece bununla da kalmayıp verileri görüntüleyip aynı zamanda analizde yapabilmektedir.

Bir şeyi ölçüp analiz ettikten sonraki adım, genellikle elde ettiğiniz verilere göre bir şeyleri değiştirmektir. Örneğin ölçtüğünüz sıcaklık değerine göre buzdolabını veya fırını açma veya kapatma komutu göndermek gibi. LabVIEW bu işleri çok kolay bir şekilde yapabilmektedir. Bu LabVIEW' in güçlü olduğu yanıdır. LabVIEW ile bu işler doğrudan yapabildiği gibi programlanabilir mantıksal kontrolörler (PLC) ile haberleşerek de yapabilmektedir.

LabVIEW programı, ön panel (kullanıcı ara yüzü) ve blok diyagramdan oluşur. Şekil 2.34'da görülen ön panel (Front Panel), LabVIEW'de yapılacak olan uygulama için sisteme manuel olarak değerler girilmesine ve çıkışların görülmesine yardımcı olur. Şekli 2.35'deki Blok diyagram ise ön panelin temelini oluşturan ana işlemlerin yapıldığı kısımdır. Ön panelde bir taraftan kontrol sağlanırken, diğer taraftan blok diyagramda sanal enstrümanlar kullanılmaktadır. LabVIEW programının geliştiricisi National Instrument firmasının geliştirdiği donanımlar ile gerçek sistemler çalıştırılabilmektedir.



Şekil 2.34. Front panel



Şekil 2.35. Blok Diyagram

Yapılan bu çalışmada motor ve tork sensörü parametrelerinin gerçek zamanlı olarak hızlı bir şekilde bilgisayara aktarılmasından ve kullanılan DAQ kartının uyumlu ve sorunsuz olarak çalışmasından dolayı Labview programı tercih edilmiştir. Yapılan çalışmalarda daha ziyade loadcell veya strain gauge kullanılarak ayırık işlemler ile tork ölçümü yapılmaktadır. Bu çalışmayı diğer çalışmalardan ayıran bir başka

orijinal tarafta servo motorun verileri ve tork sensöründen alınan verilerin LabVIEW yazılımında gerçek zamanlı olarak kullanılmasıdır.

Bu çalışma esas itibariyle, bu bölümde tanıtılan teknik donanım, yazılım ve yöntemler kullanılarak, tork ölçüm deneylerinin gerçek zamanlı olarak bilgisayar destekli olarak yapılabilmesi için LabVIEW kullanıcı ara yüzüyle donatılmış bir sistemin tasarlanmasından ibarettir.

BÖLÜM 3. BİLGİSAYAR KONTROLLÜ TORK ÖLÇÜM SİSTEMİNİN GERÇEKLENMESİ

İkinci Bölümde tanımlanan ekipmanlar kullanılarak bilgisayar kontrollü tork ölçüm sisteminin tasarımının ve uygulamasının gerçekleştirilmesi bu bölümde anlatılmaktadır. Tork ölçümü için gerekli giriş parametrelerinin sisteme aktarılması, gerektiğinde bunların istenilen şekilde değiştirilmesi, tork sensörü vasıtasıyla sistemden alınan ölçüm değerlerinin kaydedilmesi, görsel hale getirilmesi ya da bu değerlerin değerlendirilmesi geliştirilen LabVIEW Arayüzü kullanılarak tamamen bilgisayar yardımıyla yapılabilmektedir.

3.1. Servo motorun kontrolü

MX 64R model servo motorun kontrolü şu anda motor üreticisi firma tarafından tasarlanan 'RoboPlus' programı vasıtasıyla kontrol edilebilmektedir. RoboPlus ile servo motorun hangi yöne döndürüleceği, kaç derece açıyla döneceği, hangi tork değerinde çalışacağı, hangi hızlarda çalıştığı, çalışırken açığa çıkan sıcaklığı vb. birçok özelliğine burada bakılıp bazı özelliklerinin de istenilen değerlere göre değiştirilebilmesine olanak sağlamaktadır.

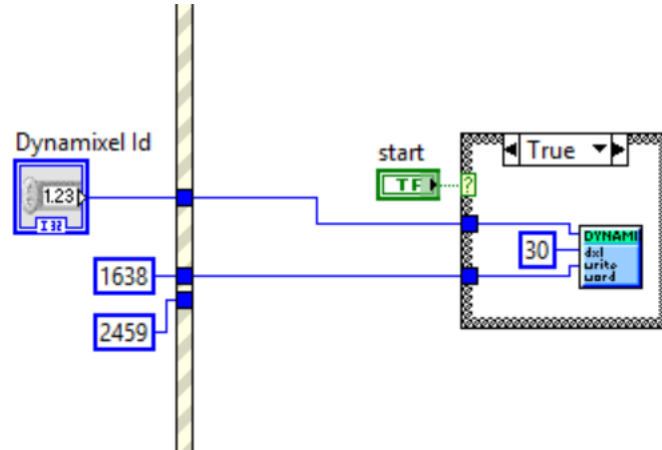
Kullandığımız MX 64R modeli servo motor 360 derecede 4096 enkoder çözünürlüğünde çalışan bir motordur. Yani 1 enkoder çözünürlüğü 0,08789 derece hassasiyet gösterir. Buda her bir çözünürlük arttığında 0,08789 derece dönmesine olanak sağlar. AX serisi servo motorlar 1024 enkoder çözünürlüğü hassasiyetindedirler. Bu hassasiyet bizim için yetersiz kaldığı için MX serisi servo motor tercih edilmiştir. Tablo 3.1.'de MX 64R serisi servo motor için teknik özellikler verilmektedir.

Tablo 3.1. Servo motor teknik özellikleri

Çalışma gerilimi (V)	10	12	14.8
Sabit tork (N.m)	5.5	6	7.3
Sabit akım (A)	3.9	4.1	5.2
Yüksüz hız (RPM)	58	63	78
Motor	Maxon Motor		
Pozisyon sensörü (Çözünürlük)	Temassız Mutlak Enkoder 360°/4096		
Çalışma aralığı	Aktüatör Modu: 360 Tekerlek Modu: sonsuz döngü		
Voltaj	10~14.8V (Tavsiye edilen: 12V)		
Çalışma sıcaklığı	-5 ~ 80		
Komut sinyali	Dijital Paket		
Protokol	Half duplex Asynchronous Serial Communication (8bit,1stop, No Parity)		
Link (physical)	RS-485 Multi Drop Bus (daisy chain type connector)		
D	254 ID (0~253)		
Baud hızı	8000bps ~ 4.5Mbps		
Feedback fonksiyonları	Position, Temperature, Load, Input Voltage, Current, etc.		
Materyal	Dış koruma: Mühendislik plastiği Dişli: Ful Metal		
Varsayılan	ID #1 – 57600bps		
Ürün	MX-64R		
Ağırlık	126g		
Boyut	40.2mm x 61.1mm x 41mm		
Dişli oranı	200: 1		

Servo motorun kontrolü LabVIEW Arayüzü kullanılarak yapılmıştır. Yaptığımız çalışmada motor 360 derece tam tur atmamaktadır. Menteşenin yapısı gereği motor 72 derece hareket ettirilmektedir. Motorun sistem üzerindeki konumuna göre 72

derece 1638 – 2459 enkoder çözünürlüğü aralığına denk düşmektedir. Yani motorumuzun başlangıcı 1638 enkoder çözünürlüğündeki konumda, bitiş konumu ise 2459 enkoder çözünürlüğündedir. Servo motorumuzun başlangıç konumunu olan 1638 çözünürlükteki LabVIEW görüntüsü (şekil 3.1) ve Hareket başlangıç konumu Şekil 3.2’de gösterilmektedir.

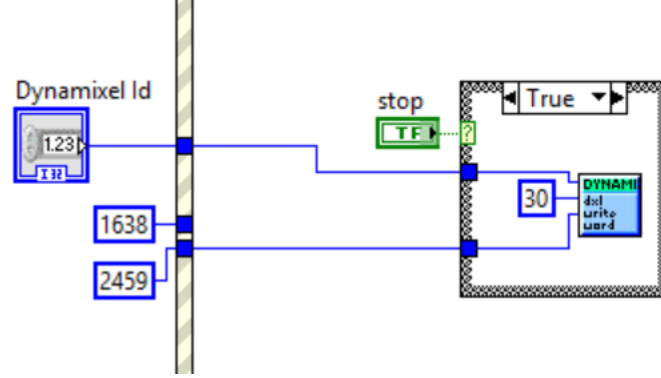


Şekil 3.1. Motor başlangıç konumu



Şekil 3.2 Hareket başlangıç konumu

Servo motorun bitiş konumu olan 2459 çözünürlükteki LabVIEW ekran görüntüsü Şekil 3.3.'te ve Hareket bitiş konumu Şekil 3.4.'te gösterilmektedir.



Şekil 3.3. Motorun bitiş konumu



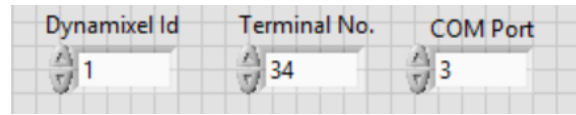
Şekil 3.4. Hareketin bitiş konumu

Servo motorun kontrolünün yapılabilmesi için bilgisayar bağlantısı gerekmektedir. Bilgisayar bağlantısının yapıp servonun kontrol edilebilmesi için Şekil 3.5'te gösterilen USB Dynamixel haberleşme elemanı yardımıyla soket olan kısmının motor soketine, USB kısmının ise bilgisayara takılarak ve sonrasında servo motora 14,8V'luk bir gerilim verilerek bilgisayar kontrolü yapılabilmektedir.



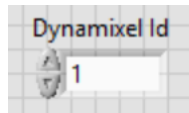
Şekil 3.5. Dynamixel (RS 485)

Motor parametrelerinin sisteme girilmesi şekilde 3.6.'da gösterildiği yapılmaktadır.



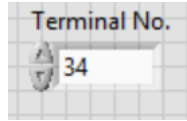
Şekil 3.6. Motor Parametrelerinin LabVIWE Arayüzüne Girilmesi

Şekil 3.7.'de gösterilen Dynamixel Id motorun kimliği olarak tanımladığımız kısımdır. Sistemde birden fazla motor kullanılsaydı onların her birini ayrı ayrı kontrol edebilmemiz için hepsi için farklı olan Id'leri yazmak zorunda kalacaktık. Bir adet servo kullanıldığı için sadece kullanılan motorun Id sinin girilmesi yeterli olmaktadır.

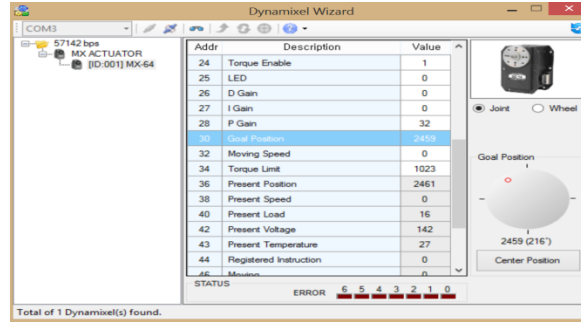


Şekil 3.7. Dynamixel Id

Aşağıda şekil 3.8.'de gösterilen terminal numarası Servo Motor üreticisi Robotis Firması tarafından geliştirilen RoboPlus programında görülen sekmelerin her birine denir. RoboPlus arayüzünde 1'den 73'e kadar terminaller bulunmaktadır. Motorun hangi özelliğini kullanmak istersek LabVIEW arayüzünü ona göre tasarlayıp RoboPlus Arayüzündeki özelliği bulup karşılığındaki terminal numarasını girmek yeterli olmaktadır. Şekil 3.9.'da gösterilen terminal numarası girilen kısımdaki değerler anlık bir şekilde LabVIEW Arayüzüne aktarılmaktadır.

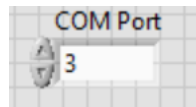


Şekil 3.8. Terminal Numarası



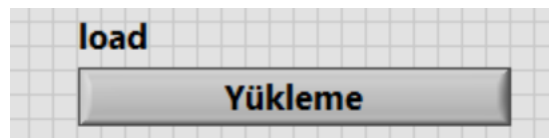
Şekil 3.9. Dynamixel wizard anlık değişen değerler

Şekil 3.10.'da gösterilen COM Port (USB) bilgisayar üzerindeki USB lerin her birine verilen isimdir. Kullandığımız RS 485'i bilgisayar USB sine taktıktan sonra hangi COM porta (COM1, COM2 Vb.) takıldığına bakmamız gerekmektedir. Bunun içinde bilgisayardan Denetim masası – Sistem ve Güvenlik – Sistem – Aygıt Yönetici bölümüne girerek kaç numaralı COM Porta takıldığına bakmak gerekmektedir. Dynamixeli kullanmak için taktığımız USB'nin numarası 3'tür.



Şekil 3.10. COM port (USB)

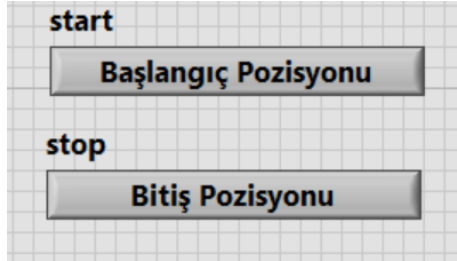
Parametrelerin sisteme girilmesinden sonra yükleme yapılması gerekmektedir. Bu işlem için Şekil 3.11'de ki gibi bir buton yerleştirilmiştir.



Şekil 3.11. Yükleme butonu

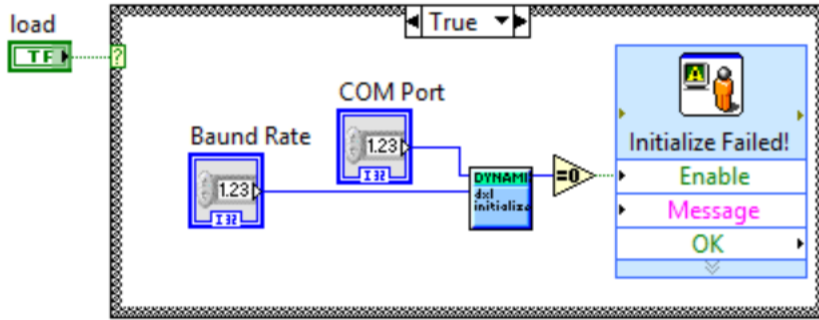
Tork ölçümü yapılacak menteşelerin sağ ve sol olmasından dolayı üretilen menteşenin sağ menteşe olması durumunda motor konumunun sağ tarafta sol olması

durumunda ise motor konumunun sol tarafta olması gerekmektedir. Bunun içinde başlangıç ve bitiş konumlarına gönderen 2 adet buton kullanılmıştır. Bu butonlar şekil 3.12.'de gösterildiği gibidir.



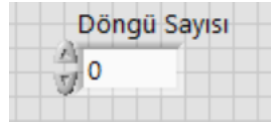
Şekil 3.12. Başlangıç bitiş pozisyonu butonu

LabVIEW arayüzünde yapılan bu işlemlerin blok diyagramda ki ekran görüntüsü şekil 3.13.'te gösterildiği gibidir.

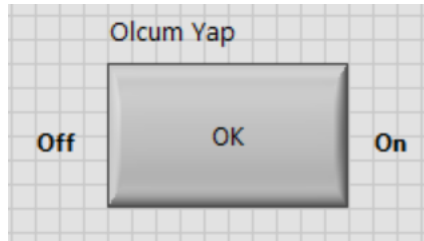


Şekil 3.13. Parametre giriş kısmının blok diyagramı görüntüsü

Menteşe imal edildiği zaman hareketli kısımlar arasında belli bir miktar çapak oluşmaktadır. Bu durum menteşenin ilk açılıp kapandığı zamanki torkunu çok yüksek göstermektedir. Bu yüzden tork ölçümü yapıldığı zaman motor 72 derecede 5 defa hareket ettirildikten sonra ölçüme geçilmektedir. 5 defa hareket ettirmenin herhangi bir kıstası bulunmamasıyla beraber ölçüm yapacak kişi bu rakamı düşürüp yükseltebilmektedir. Bu nedenle bu değer istenildiği gibi ayarlanabilmesi için LabVIEW Arayüzüne şekil 3.14.'de gösterildiği gibi döngü sayısı isminde bir kontrol paneli yerleştirilmiştir. Bu döngüyü başlatmak için de Şekil 3.15.'te görüldüğü gibi bir adet "ölçüm yap" butonu yerleştirilmiştir.



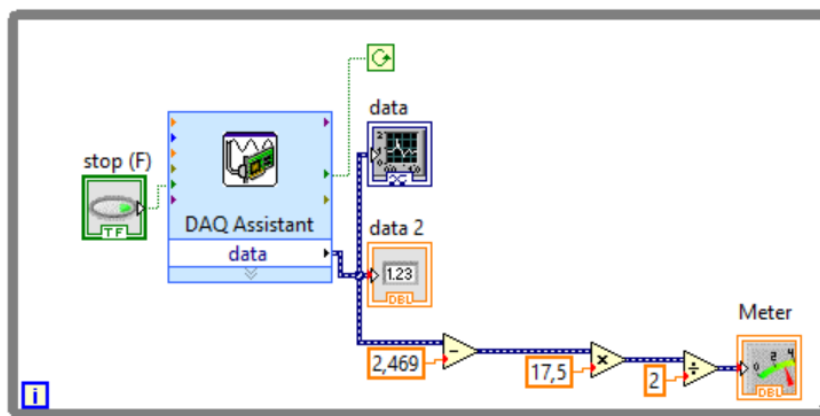
Şekil 3.14. Döngü sayısı



Şekil 3.15. Döngü başlatma butonu

3.2. Tork sensörünün bağlanması ve verilerin alınması

Tercih edilen tork sensörü 0 – 17,5 Nm aralığında ölçüm yapabilen şaft tipi bir sensördür. Sensör çıkışında sabit 2,5 V luk bir gerilim vardır. Ölçüm sırasında $\pm 2V$ luk bir gerilim oluşur. Bunun anlamı sensörde maksimum 4,5 V minimum 0,5V' luk bir gerilim oluşur. Burada 4,5 V +17,5Nm' ye, 0,5V ise -17,5Nm' ye tekabül etmektedir. Sensörde 1Nm görülebilmesi için 0,114V'luk bir elektrik sinyali oluşur. Sensör çıkışındaki elektrik sinyalleri LabVIEW Arayüzündeki matematiksel işlemler kullanılarak Nm ye çevrilmiştir. Dönüşüm yapılan elektrik sinyallerinin LabVIEW blok diyagram ekran çıktısı Şekil 3.16'da ve Front Panel ekran çıktısı ise Şekil 3.17'de görülmektedir.

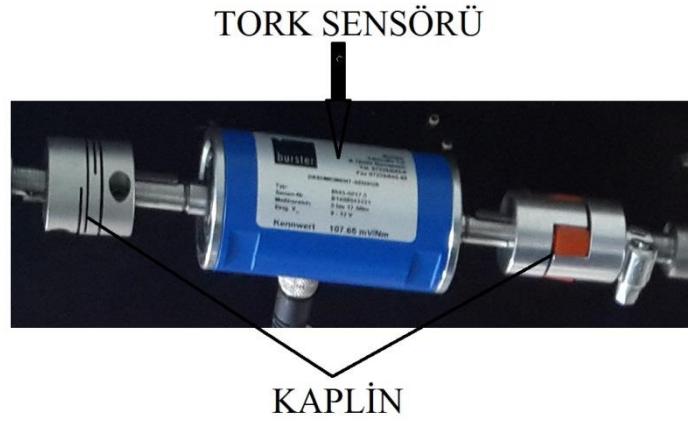


Şekil 3.16. Elektriksel sinyalin Nm'ye dönüşümü (Blok diyagram)



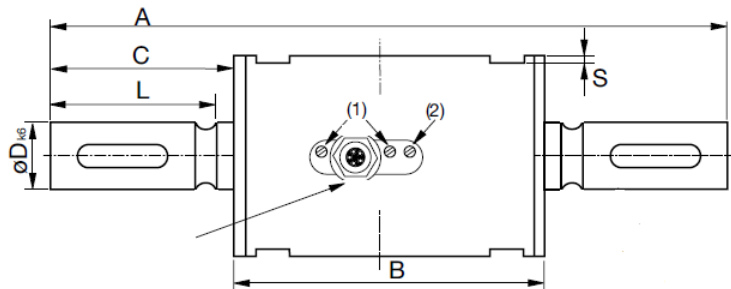
Şekil 3.17. Elektriksel sinyalin Nm'ye dönüşümü (Front Panel)

Tork sensörü şekil 3.18.'de görüldüğü gibi sisteme 2 adet kaplin yardımıyla bağlanmaktadır. Sensörü kaplinler ile bağlamanın faydası, varsa eksen kaçıklıklarının giderilmesi ve çalışma esnasında oluşan titreşimlerin sensöre zarar vermesini engellemek içindir.



Şekil 3.18. Tork sensörü kaplin bağlantısı

Şekil 3.19.'da şaft tipi tork sensörü Teknik çizim ve Tablo 3.2.'de ise tork sensörünün teknik detayları gösterilmektedir.



Şekil 3.19. Şaft tipi tork sensörü teknik çizim

Tablo 3.2. Şaft tipi tork sensörü teknik verileri

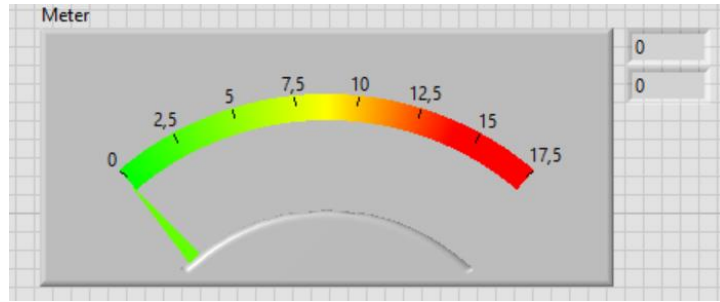
Elektriksel Değerler	
Uyarma gerilimi:	9 ... 12 V DC
Tahrik akımı (başlangıcında 10 ms'lik bir süre ile 60 mA)	<10 mA
Analog çıkış sinyali±ölçüm aralığı	2,5 V ± 2 V nominal
Sinyal çıkışı (0 Nm) (ayarlanabilir)	2.5 VDC
Çıkış direnci	50 Ω
Çevresel Koşullar	
çalışma Sıcaklığı	0 ... 70 ° C
Sıcaklık etkisi sıfır	<±% 0.1 F.S. / K
Mekanik Değerler	
ölçüm aralığı	500 Nm <±% 2 F.S.
Tekrarlanabilirlik	<±% 0.1 F.S.
Çözünürlük	0.1% F.S.
Döner hız	(daimi ≤ 3000) maks. 5000 dk ⁻¹
Maks. kullanım tork nominal torkunun	% 150
Kırılma torku nominal torkunun	% 300
Maksimum eksenel yük şaft ve yuva arasında (tüm aralıkları) etkisi	<% 1 F.S. 40 N
Maksimum radyal yük (tüm aralıkları) etkisi	<1% FS 50 N
Mil malzemesi	Ni Cr Ni 14

Tork sensöründen alınan verilerin görülebilmesi için iki yöntem vardır. Birinci yöntem; tork sensörünü Şekil 3.20.'de gösterilen bir dijital göstereye bağlayıp sensörden anlık olarak alınan elektrik sinyalinin göstergede okunmasıdır.

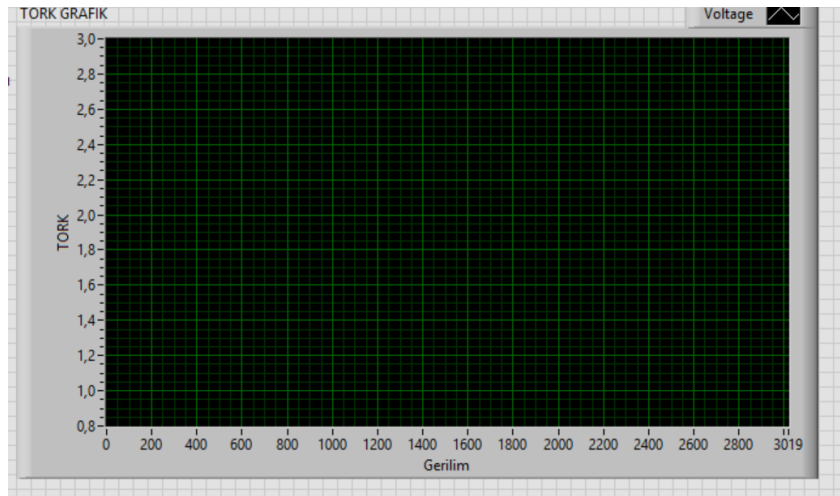


Şekil 3.20. Dijital gösterge

İkinci yöntem ise, bizim kullandığımız yöntem olan bir Arayüz yardımıyla bilgisayar kontrolü ile ekranda okunan değerlerin anlık bir şekilde görülmesi ve istendiği takdirde bu verilen kaydedilerek excel'e aktarılabilmesi sağlanmaktadır. Bu yöntemin diğer önemli bir yanı anlık bir şekilde alınan verilerin grafik yardımıyla da görülebilmesidir. Bu yöntemi kullanabilmek için tasarlamış olduğumuz LabVIEW Arayüzüne tork sensöründen alınan verilerin görselleştirilmesi için Şekil 3.21.'de gösterilen bir gösterge paneli ve Şekil 3.22.'de gösterilen bir grafik yerleştirilmiştir.

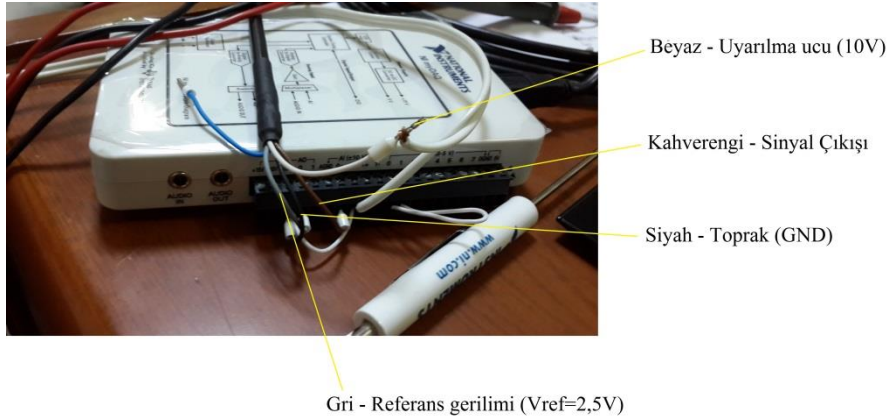


Şekil 3.21. LabVIEW gösterge paneli



Şekil 3.22. Grafik ekran alıntısı

Tork sensöründen alınan elektrik sinyallerinin bilgisayara aktarılması sensör üzerine takılan data kablosunun DAQ kartına bağlanmasıyla yapılabilmektedir. DAQ kartına bağlantı şekil 3.23.' te gösterildiği şekilde yapılmaktadır.

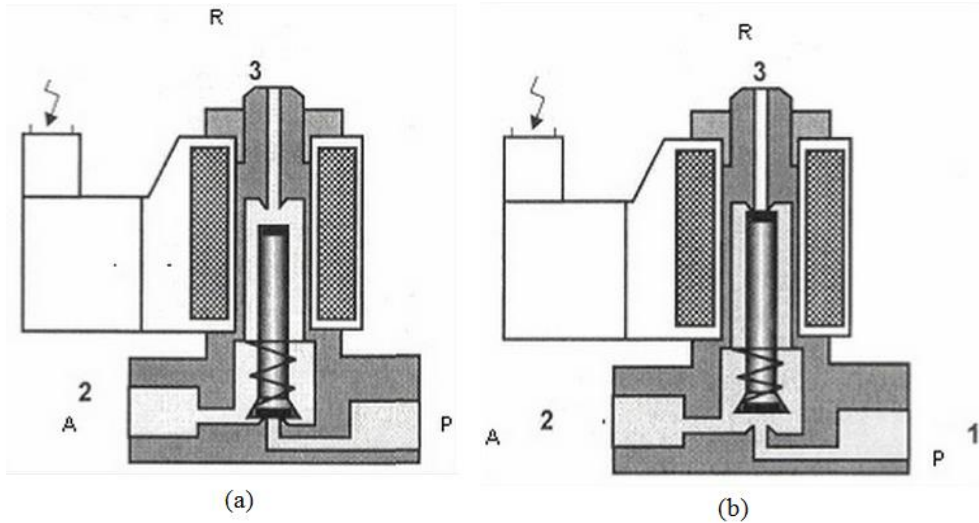


Şekil 3.23. Tork sensörü DAQ kartı bağlantısı

3.3. Selenoid (kumandalı) valf

Selenoid kumandalı valfler, Pnömatik ve elektrik enerjisinin avantajlarından faydalanırlar. Bunlar elektro-Pnömatik çeviriciler olarak adlandırılır ve işaret çıkışı için bir Pnömatik valften ve bir elektrikli anahtarlama elemanından (selenoid bobin) meydana gelir. Selenoid bobine elektrik gerilim uygulanırsa elektromanyetik bir kuvvet oluşur. Bu kuvvet, valf çubuğu ile bağlanmış bobin çekirdeğini hareket ettirir. Selenoid bobine akım gitmez ise manyetik kuvvet ortadan kalkar. Valf kurucu yayı kuvveti sayesinde başlangıç konumuna gelir.

Çalışma Prensipleri; Selenoid kumandalı yön kontrol valfi sakın konumda P kapalı, 3/2 yön kontrol valfi sakın konumda basınçlı havanın geçişine izin vermez, yani p kapalıdır Şekil 3.24(a). Silindir içi A'dan R'ye boşaltım vardır. Selenoid uyarı elektrik hattı ile Pnömatik hat arasında bağlayıcı eleman görevi yapar Şekil 3.24(b).



Şekil 3.24. (a) Sakin halde, (b) Enerji uygulandığında

Solenoid uyarılı valfin yapısı gövde, bobin, nüve (Valf pimi), nüve yatağı, Sızdırmazlık elemanı, baskı yayından oluşmaktadır. 3/2 solenoid uyarılı yön kontrol valfi teknik özellikleri Tablo 3.3.'te gösterilmektedir.

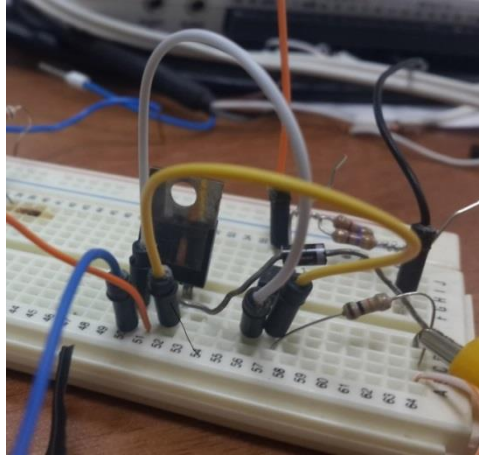
Tablo 3.3. 3/2 Solenoid valf teknik özellikleri

Model	3V210-08
Efektif Geçiş Alanı / Effective Section Area	16mm (CV=0.89)
Bağlantı Ölçüsü / Joint Pipe Bore	G 1 / 4 Exhaust: G 1 / 8
Çalışma Ortamı / Working Medium	40 Micron Filtered Air
Çalışma Basıncı / Working Pressure	0,15 ~ 0,8 MPa
Max. Basınç Dayanımı / Max.Pressure Resistance	1,2 MPa
Çalışma Sıcaklığı / Operating Temperature	5 ~ 50
Voltaj Aralığı / Voltage Range	± 10 %
Güç Tüketimi / Power Consumption	AC:2.5VA DC:2.5W
Max. Hareket Çevirimi / Highest Action Frequency	5 Cycle / Sec
Min. Tepki Zamanı / Shortest Excitation Time	0,05 / 0,05 Second

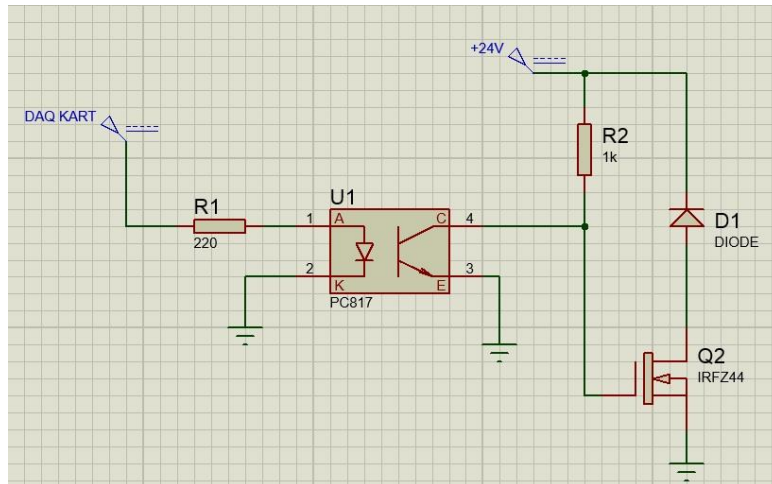
Projede kullanılmak üzere tasarlanan sistemimizin tamamen bilgisayar kontrollü ölçüm yapabilmesi için kullanılan solenoid valf, projedeki döner tabla uygulamasında menteşe tork ölçüm kısmına geldiğinde menteşeyi tutmak için tek etkili pistonu harekete geçirmek için enerji verilerek bobin devreye girer ve piston harekete geçirilir. İşlem bittikten sonra valften enerji kesilir ve piston yay etkisi ile

tekrar eski konumuna döner. Böylece herhangi bir temas olmadan ölçüm gerçekleştirilmiş olur.

Solenoid valfin bilgisayara bağlanması DAQ kartıyla gerçekleştirilmektedir. Fakat DAQ kartının çıkışındaki akım yetersiz kaldığından solenoid valfi çalıştırmamaktadır. Bu yüzden Şekil 3.25.'teki gibi bir devre kurulmuş ve bu devre vasıtasıyla solenoid valfe yeteri kadar akım gönderilerek valfin devreye girmesi sağlanmaktadır. Akım yükseltme devresinin proteus ekran çıktısı Şekil 3.26.'da gösterilmektedir.



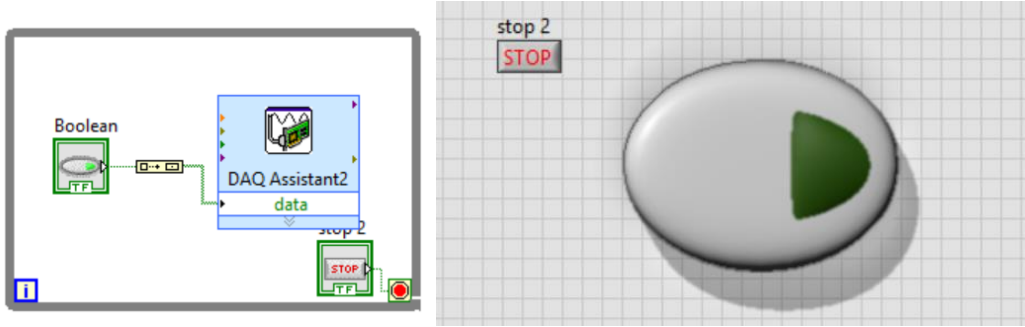
Şekil 3.25. Solenoid valf akım yükseltme devresi



Şekil 3.26. Akım yükseltme devresi proteus ekran çıktısı

Solenoid valf için kurulan devrede 1 adet IRFZ44 mosfed, 2 adet direnç, 1 adet diyot ve 1 adet optocouplör kullanılmıştır.

Solenoid valfin LabVIEW Arayüz ekran çıktısı blok diyagram ve front panel şekil 3.27.'de gösterilmektedir.

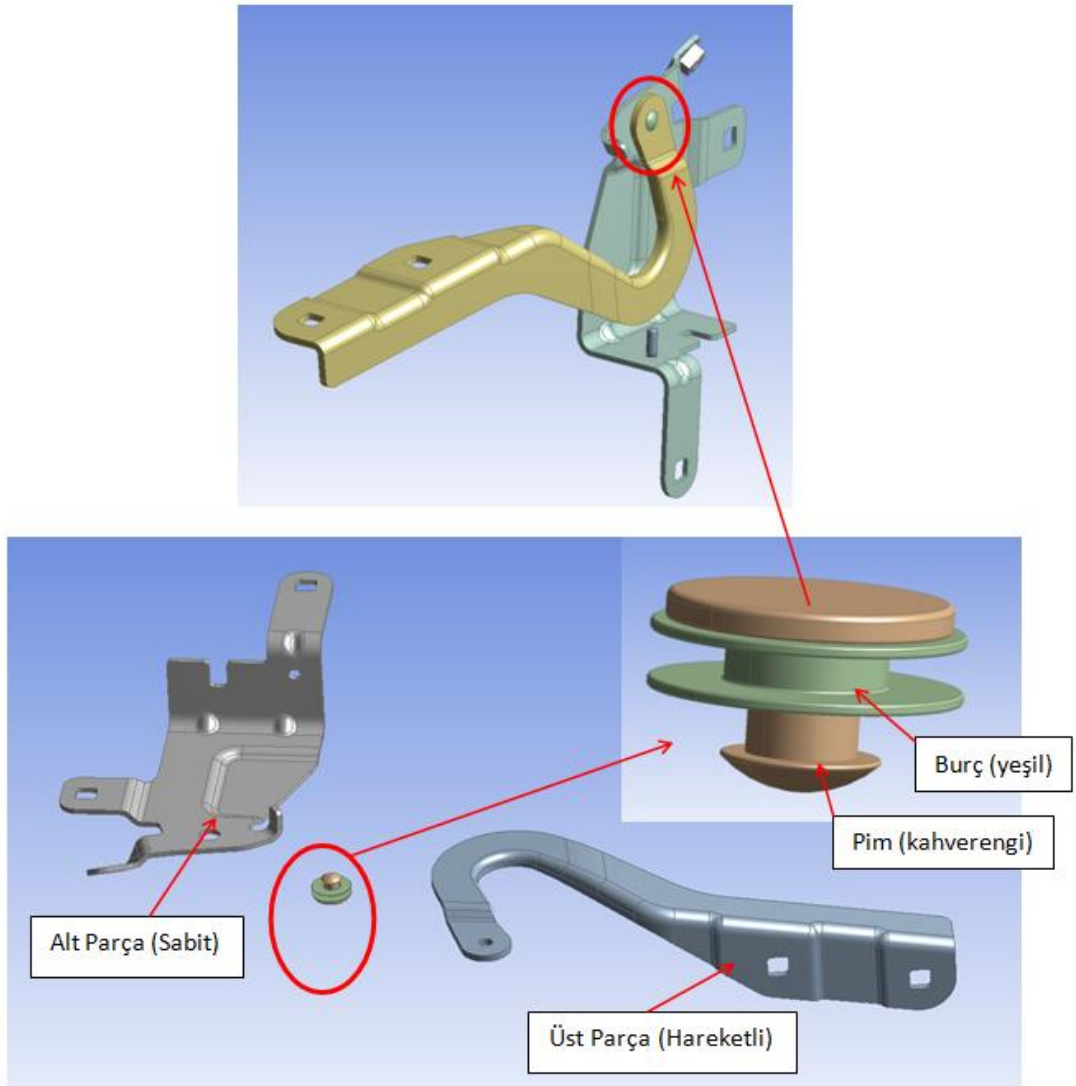


Şekil 3.27. Solenoid valf labVIEW ekran çıktısı

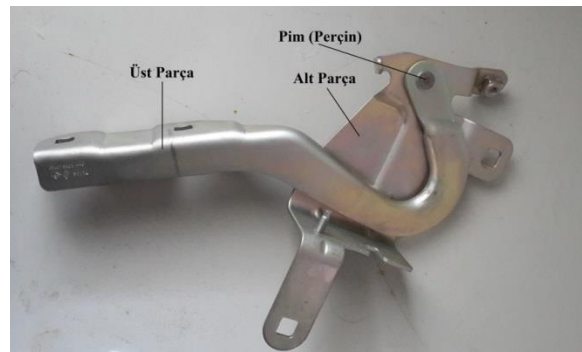
3.4. Sistemin gerçekleştirilmesi

3.4.1. Ölçümü yapılacak menteşe

Bu tez çalışmasında San-Tez Projesini beraber yürüttüğümüz Toksan firmasının Renault marka otomobil firması için üretilen Şekil 3.29.'daki ön kaput menteşesinin tork ölçümü için bu ölçüm sistemi gerçekleştirilmiştir. Söz konusu ön kaput menteşe iki ana parça, bir burç ve bir pim (perçin)'den oluşan hareketli bir mekanizmadır. İki ana parçayı birbirine bağlamak için öncelikle burç yerleştirilir. Burç 2 kademedede 45° ve 90° bükülerek alt parçaya (Şekil 3.28.) sabitlenir. Diğer parça üste getirilerek pim yerleştirilir. Pimin ucu belli bir kuvvet altında belli bir süre ovalanır ve ezilir. Böylelikle menteşe montajı yapılmış olur. Montaj esnasında menteşe parçaları arasında çapak oluşumuna karşın, tork ölçümü yapılmadan önce menteşe 5 sefer sağa ve sola hareket ettirilerek varsa çapaklar temizlenmiş olur. Böylece tork ölçümü yapılırken çapaklardan etkilenmeden menteşenin asıl olan moment değeri ölçülmüş olur.



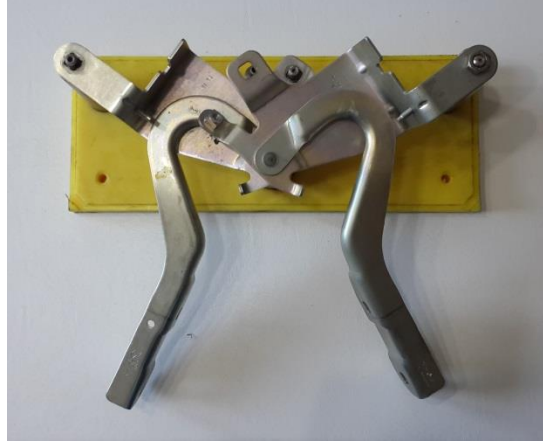
Şekil 3.28. Tork ölçümü yapılan menteşenin ayrıntılı gösterimi



Şekil 3.29. Torku ölçülen menteşe

Tork ölçüm sistemi ile menteşenin torkunun ölçülebilmesi için menteşenin bir yere sabitlenmesi gerekmektedir. Bu yüzden Toksan A.Ş.'de San-Tez projesi kapsamında

tasarlanan döner tablalı mekatronik sistem üzerindeki menteşe fikstürlerine benzer bir fikstür üretilmiştir. Üretilen fikstüre hem sağ menteşe hem de sol menteşe monte edilerek ikisinin de ölçümü yapılabilmektedir. Üretilen fikstür ve menteşe bağlantısı şekil 3.30.' te gösterildiği gibidir.



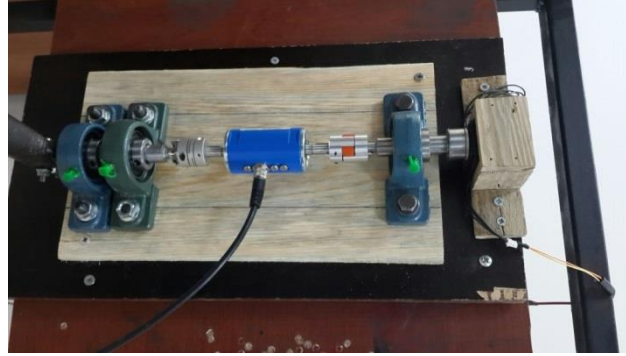
Şekil 3.30. Sağ sol menteşe bağlantılı fikstür

3.4.2. Tork ölçüm düzeneğinin kurulumu

Şekil 3.29.'da gösterilen menteşenin torkunun ölçülebilmesi için tasarlanan tork ölçüm sistemi şekil 3.31.'de gösterilmektedir. Öncelikle servo motor üzerindeki flanş için üretilmiş olan mil flanşa civata kullanılarak bağlantı yapılmıştır. Bir plaka üzerine rulmanlı yataklar aynı ekseninde olacak şekilde monte edilmiştir. Servo motora bağlantılı olan mil 1. yatağa oturtulduktan sonra kaplin vasıtasıyla tork sensörünün bir tarafı milin ucuna bağlanmıştır. Sensörün diğer ucu bağlamak için piston kolunun bağlandığı mil 2. Yatağa yerleştirilmiş ve kaplin vasıtasıyla tork sensörüne bağlanmıştır. Sonrasında piston kolu ve buna bağlı olarak piston bağlanmıştır. Monte edilen Şekil 3.32.'deki sistem projede olduğu tork sensörünün dikey konumda çalışması için üretilmiş olan 90° dikey konumdaki karkasa (Şekil 3.33.) monte edilmiştir.



Şekil 3.31. Tork ölçüm sistemi



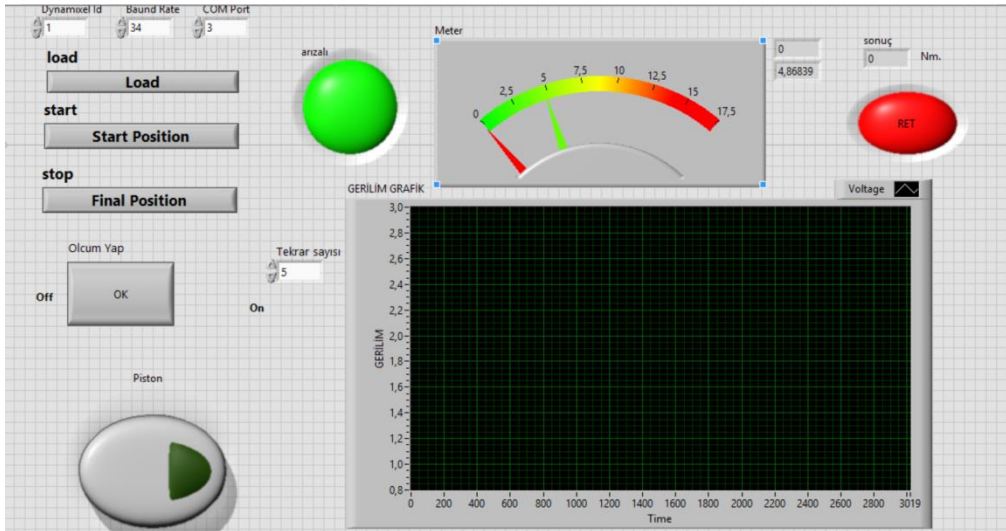
Şekil 3.32. Tork ölçüm sistemi



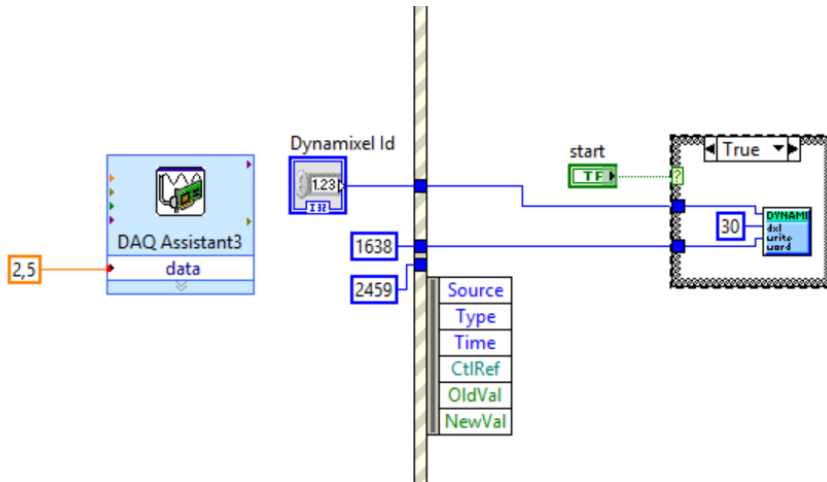
Şekil 3.33. Tork düzeneğinin karkasa dikey konumda montajı

Tork ölçüm sisteminin kontrolünü sağlayacak olan yazılım kısım kısım tasarlanmıştır. Ancak yapılacak olan tork ölçüm işlemi, motor kontrolü ve elektrik kontrollü valfin kontrolünün tek bir arayüz tarafından gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu sebeple anlatılan ölçme ve kontrol işlemlerinin hepsi bir ara yüzde birleştirilmiştir.

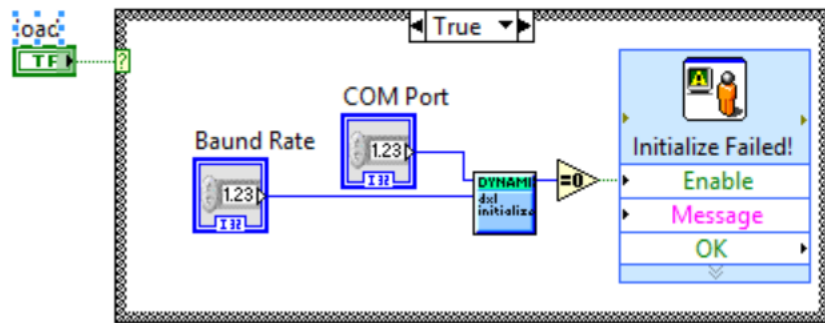
Şekil 3.34'da tork ölçüm düzeneğinin kontrolünü sağlayan arayüz görülmektedir. Şekil 3.35., Şekil 3.36., Şekil 3.37., Şekil 3.38. ve Şekil 3.39.'da tork ölçüm düzeneğinin kontrolünü sağlamak ve sensörden alınan verilerin bilgisayara aktarılmasını ve kaydedilmesini sağlayan programın blok diyagramı ayrı ayrı görülmektedir.



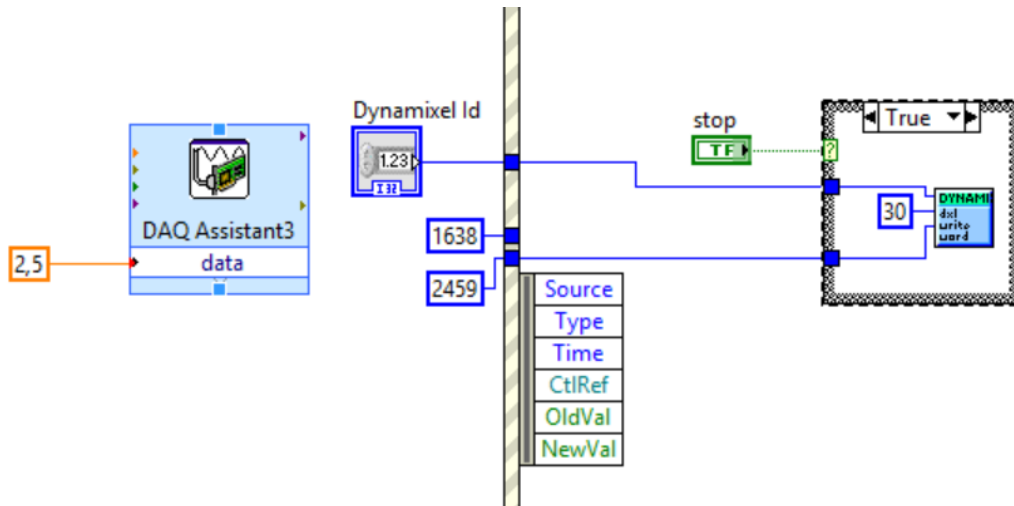
Şekil 3.34. Tork Ölçüm Düzeneği Arayüz Programı



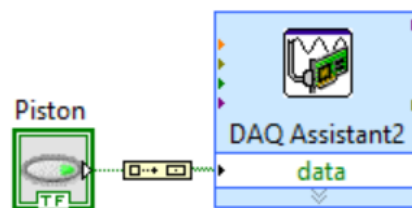
Şekil 3.35. Tork ölçüm düzeneği için tasarlanmış arayüz programı blok diyagramı



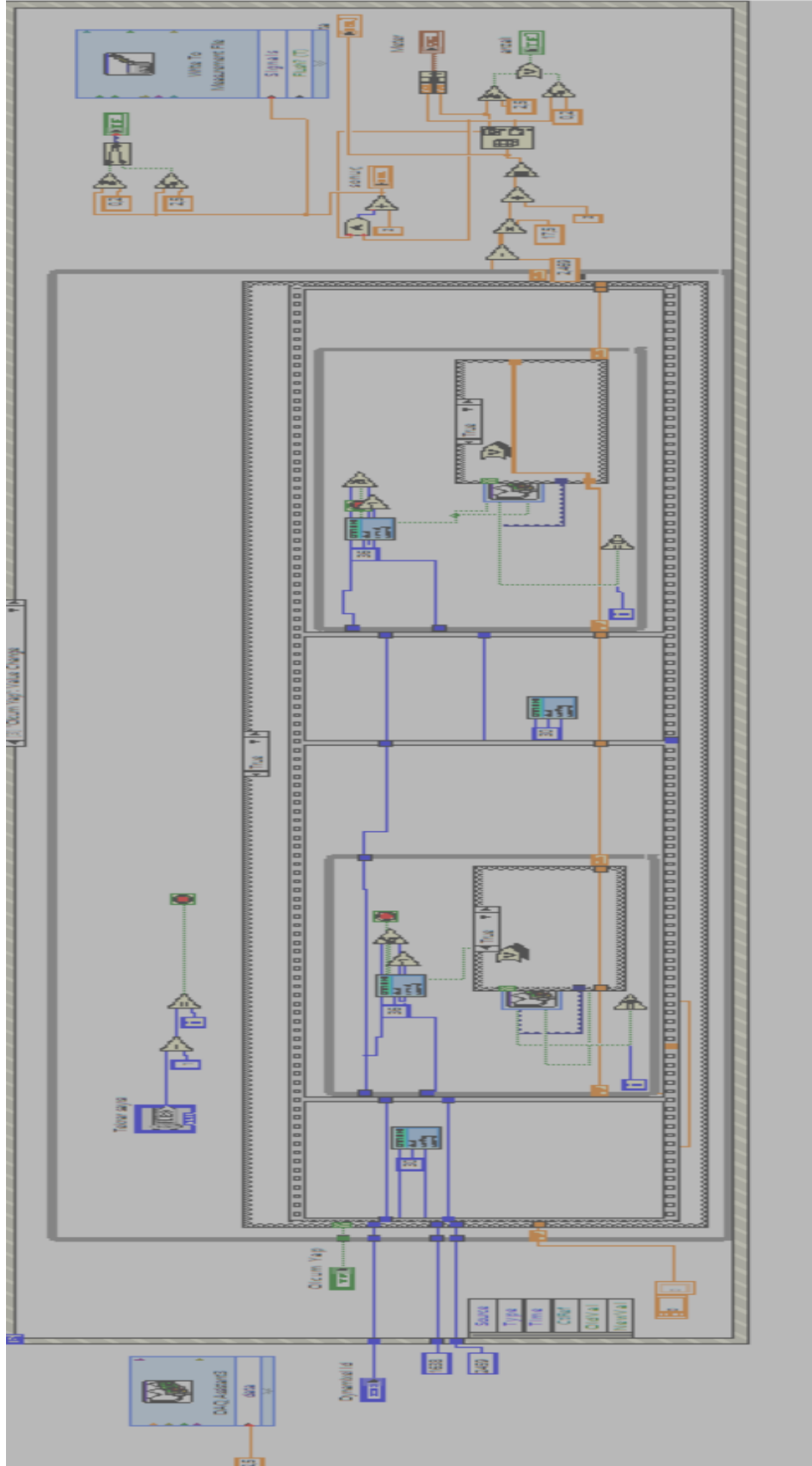
Şekil 3.36. Tork ölçüm düzeneği için tasarlanmış arayüz programı blok diyagramı



Şekil 3.37. Tork ölçüm düzeneği için tasarlanmış arayüz programı blok diyagramı



Şekil 3.38. Tork ölçüm düzeneği için tasarlanmış arayüz programı blok diyagramı



Şekil 3.39. Tork ölçüm düzeneği için tasarlanmış arayüz programı blok diyagramı

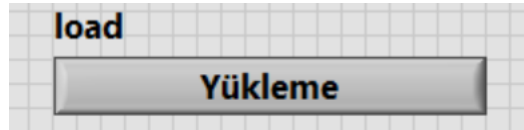
Şekil 3.34.'da görülen LabVIEW programında tasarlanmış olan arayüz aracılığıyla tork sensöründen alınan sinyaller anlık olarak Nm ye çevrilerek görülmektedir. Aynı zamanda arayüz servo motorun anlık olarak kontrolüne olanak sağlamakta ve selenoid valfin kontrolü de bu şekilde arayüz ile yapılmaktadır. Menteşe üretildikten sonra menteşenin alt ve üst parçaları arasında oluşan çapakların temizlenmesi için servo motorun ilk 5 hareketinin çapak temizleme için yapılması ve son hareketinde tork ölçüm için yapılması arayüz ile gerçek zamanlı olarak yapılabilmektedir. İstenildiği takdirde yaptırılan hareket miktarı arttırılıp azaltılabilmektedir. Bunun yanında istenilirse arayüze termometre yerleştirilip servo motorun fazla ısınmadan dolayı oluşacak arızalara karşı anlık olarak sıcaklık kontrolü de yapılabilmektedir.

Kullanıcı istediği zaman görülen ölçüm sonuçlarını bilgisayara kaydedebilmektedir. Arayüzde görülen ölçüm sonuçları bilgisayarda Microsoft Excel'e istenildiği konuma kaydedilebilmektedir.

BÖLÜM 4. SİSTEMİN TESTLERİ VE DOĞRULANMASI

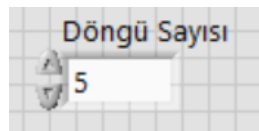
4.1. Tork ölçüm sisteminin test edilmesi

LabVIEW programında tasarlanan arayüzde servo motorun Dynamixel ID numarası, terminal numarası ve COM Port numarası yazıldıktan sonra bu motor parametrelerinin sisteme tanıtılması için Şekil 4.1.'de gösterilen 'Yükle' butonuna basılarak sisteme yüklenmesi gerekmektedir.



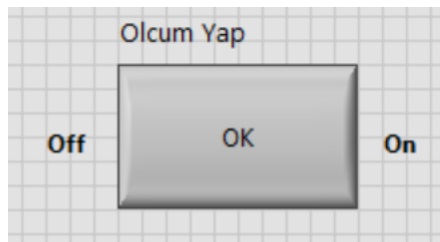
Şekil 4.1. Motor parametrelerini yükleme

Daha sonra menteşenin kaç sefer sağ ve sol hareket yapacağı Şekil 4.2.'de görülen döngü sayısı bölümüne girilir.



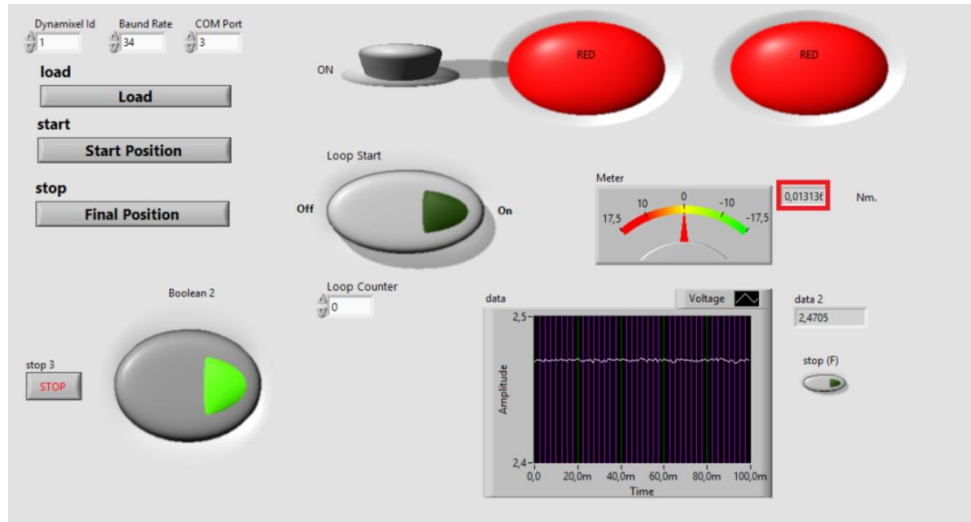
Şekil 4.2. Döngü sayısı

Döngü sayısı girildikten sonra döngüyü başlatmak için Şekil 4.3.'teki butona basılarak servo motorun 5 sefer sağ ve sol hareketi yapması sağlanır.

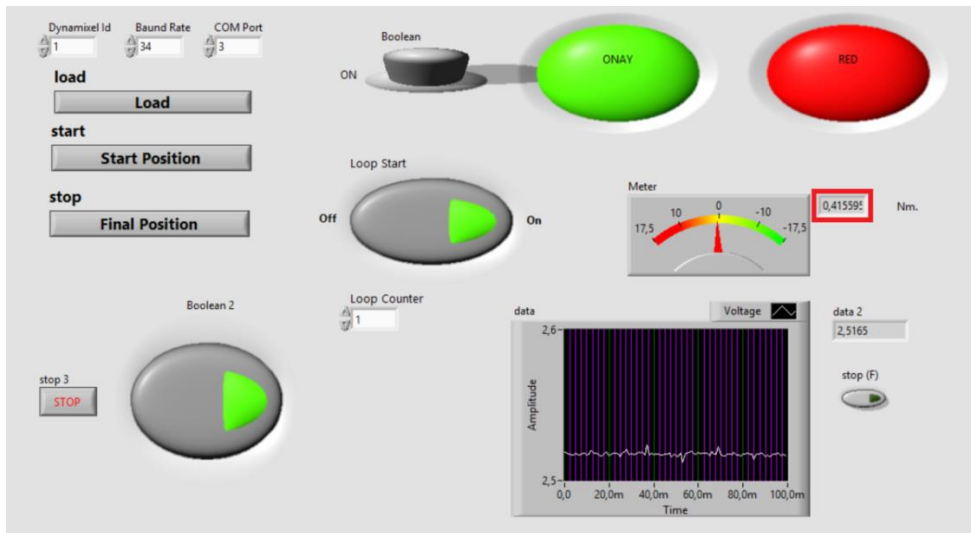


Şekil 4.3. Döngü başlatma buton

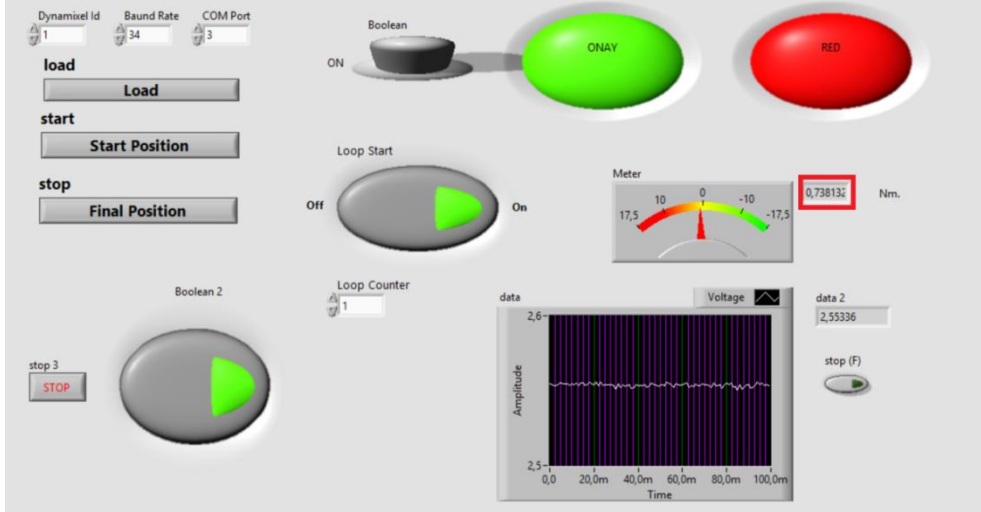
Servo motorun menteşeyi sağa ve sola döndürürken aynı zamanda da tork sensöründen verilerinde alınması gerekmektedir. Döndürme işlemi yapılırken tork sensöründen anlık bir şekilde elektrik sinyali alınabilmektedir. Arayüz çalıştırıldığı zaman Şekil 4.4.'teki gibi sensörden elektrik sinyali alınabilmektedir. Şekil 4.5. ve Şekil 4.6.'da menteşe üzerinden ölçüm yapıldıktan sonra okunan değerler görülmektedir.



Şekil 4.4. Tork sensöründen alınan elektrik sinyali ve kuvvet karşılığı

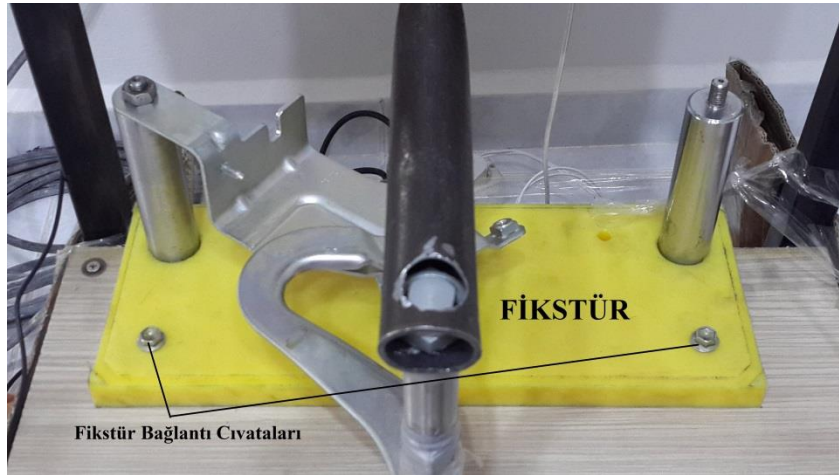


Şekil 4.5. Tork sensörüne yüke uygulandığında oluşan sinyal ve kuvvet karşılığı



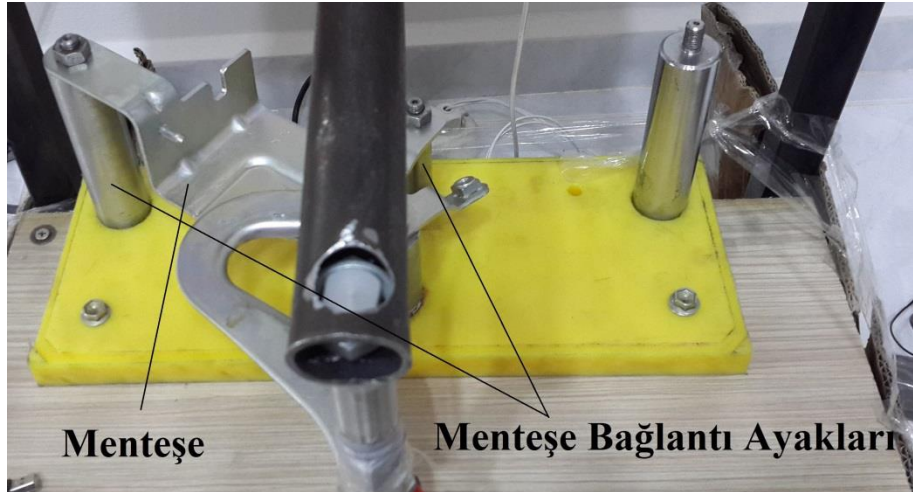
Şekil 4.6. Tork sensörüne yük uygulandığında oluşan sinyal ve kuvvet karşılığı

Sensör ve servo motorun kontrolü yapıldıktan sonra sistemin test edilmesi gerekmektedir. Sistemin test edilebilmesi için Şekil 4.7.'deki gibi fikstürün karkasa sabitlenmesi gerekmektedir.



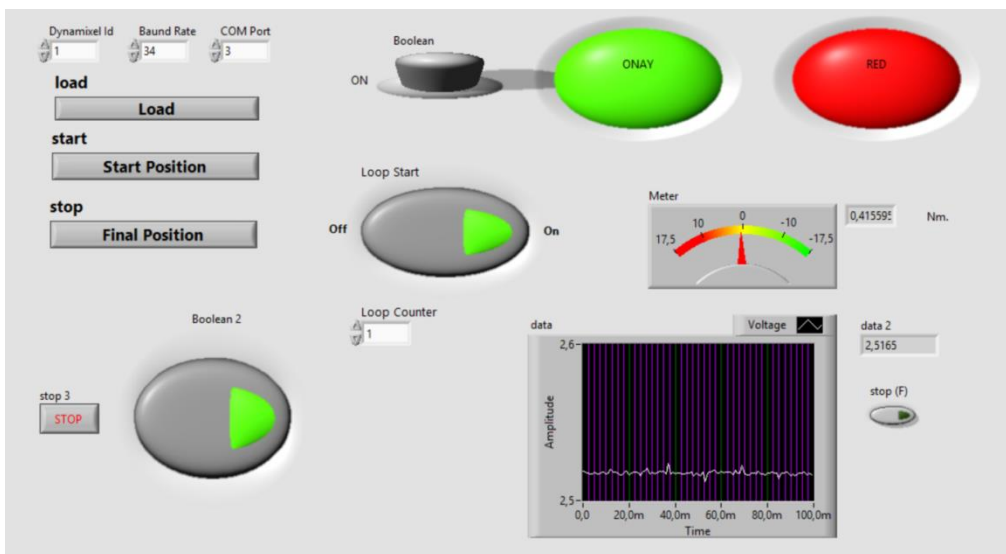
Şekil 4.7. Fikstür bağlantı şekli

Sabitlenen fikstür üzerine menteşe bağlanarak ölçüm işlemine başlanır. Menteşe, üzerindeki delikler vasıtasıyla, özel olarak yapılmış fikstür üzerine aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi oturtulur.

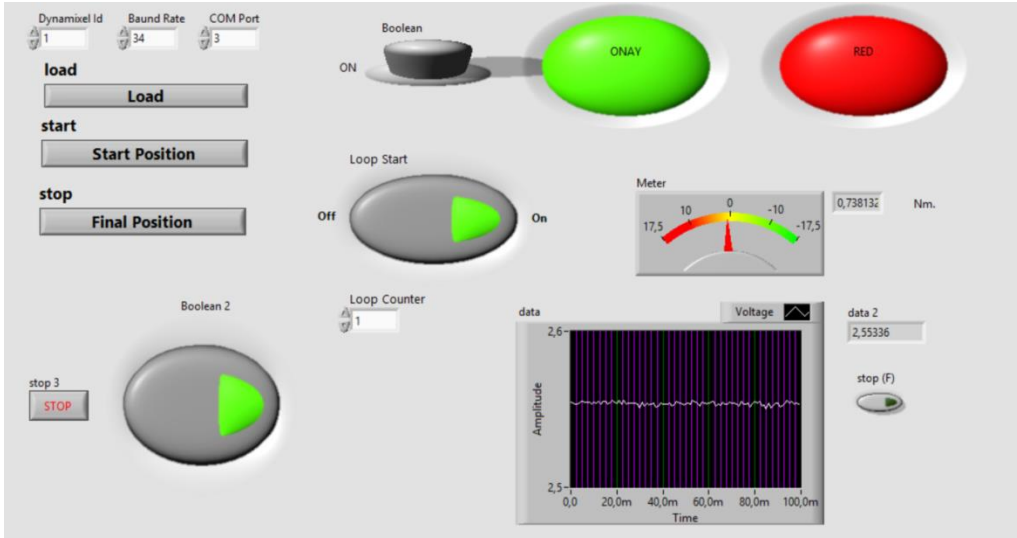


Şekil 4.8. Mentеше bağlantısı

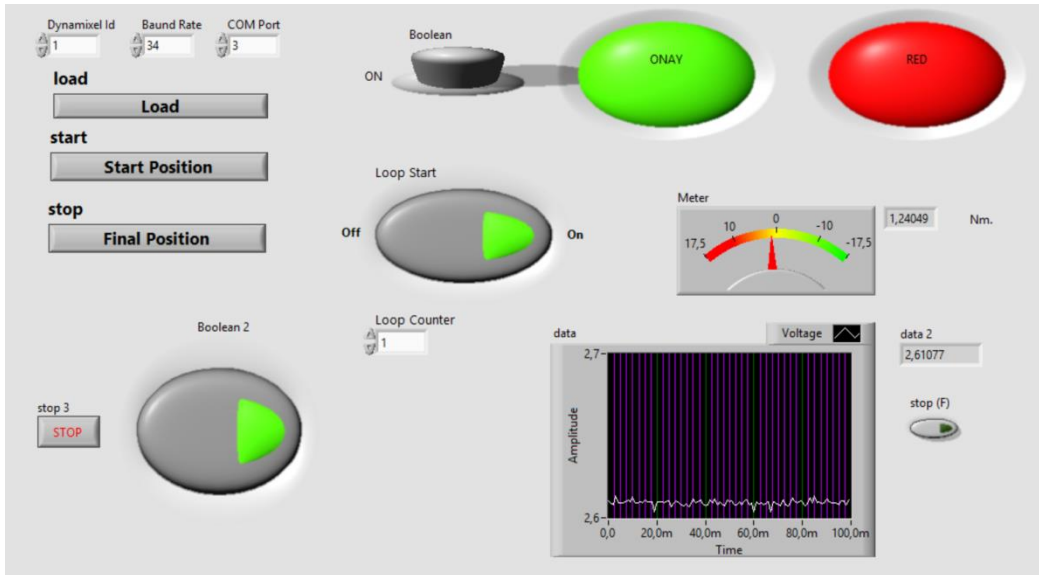
Fikstüre menteşe bağlandıktan sonra ölçüm gerçekleştirilmek üzere başla butonuna basılır. Menteşenin sağa ve sola 5 defa hareket etmesinden sonra son hareketindeki tork değeri okunur. Okunan tork değeri istenen aralıkta ise işleme devam edilir. Ölçülen değer istenen aralıkta değilse ölçülen menteşe geri dönüşüm kutusuna atılır. Aşağıdaki şekillerde farklı menteşeler üzerinden ölçüm yapılırken okunan tork değerleri görülmektedir. Şekil 4.9., Şekil 4.10. ve Şekil 4.11.'de Ölçüm yapılan menteşelerden okunan değerler 0,415 – 0,738 – 1,240Nm olarak görülmektedir. Bu değerler ölçüm aralığımız olan 0,2 – 2,5 Nm. aralığını karşıladığı için menteşelere onay verilerek işlemlere devam edilmektedir.



Şekil 4.9. (a) Mentеше üzerinden ölçülen tork değeri

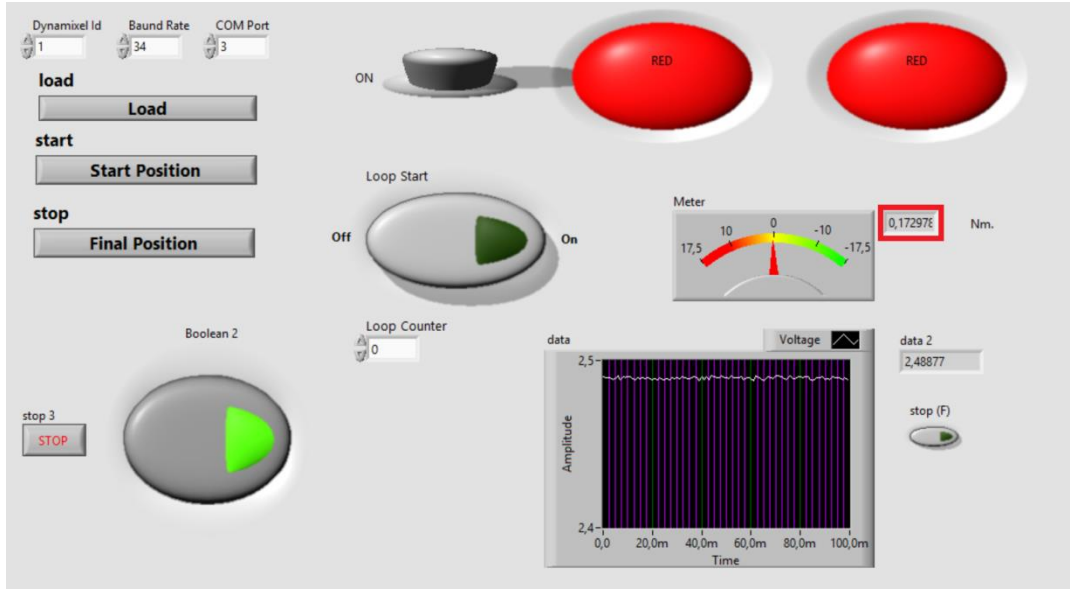


Şekil 4.10. (b) Menteşe üzerinden ölçülen tork değeri



Şekil 4.11. (c) Menteşe üzerinden ölçülen tork değeri

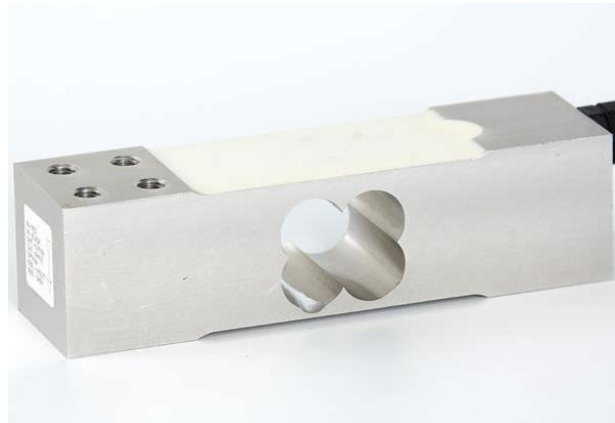
Yukardaki şekillerde görüldüğü gibi tork aralığımız 0,2 – 2,5 Nm aralığında olduğu görülmektedir. Ölçülen değerler uygun aralıkta olduğu için işlemlere devam edilir. Menteşe montajı sırasında oluşan hatalardan dolayı ölçülen tork değeri aşağıda gösterildiği gibi istenen aralıklarda değilse menteşe ıskartaya ayrılır. Şekil 4.12.'de ölçümü yapılan menteşe için ölçülen tork değeri 0,172 Nm olarak okunmaktadır. Ölçülen değer 0,2 – 2,5 Nm. aralığında olmadığı için menteşe ret verilerek menteşe ıskartaya ayrılır.



Şekil 4.12. Mentеше ölçümü sırasında okunan değer

4.2. Sistemin doğrulanması

Tork ölçüm sistemi üzerinden ölçüm yapıldıktan sonra okunan değerlerin gerçekten mentеше üzerinde var olan tork değerlerimi yoksa yanlış değerler mi olduğunun doğrulanması gerekmektedir. Doğrulama işlemi yapmak için Şekil 4.13.'teki load cell ve buna bağlı olarak Şekil 4.14.'teki dijital gösterge kullanılmıştır.



Şekil 4.13. Sistemin doğrulanması için kullanılan load cell



Şekil 4.14. Dijital gösterge

Load cell farklı alanlarda kullanıldığı için hangi alan için kullanılıyorsa yeniden kalibrasyona ihtiyaç duyulmaktadır. Şekil 4.15.'te olduğu gibi kalibrasyon işlemi 20kg'lık yüklerle şekilde gösterildiği gibi yapılmıştır.



Şekil 4.15. Load cell kalibrasyon işlemi

Kalibrasyon işlemi tamamlandıktan sonra menteşelerin load cell ile ölçümü yapılmıştır. Menteşe ölçümünü yapmak için Şekil 4.16.'daki menteşenin uzun kolu üzerine bir çizgi çizilir. Çizilen bu çizgi ile menteşenin pimi arasındaki mesafe ölçülür.



Şekil 4.16. Mentеше üzerine yükün uygulanacağı nokta

Menteşe üzerindeki işaretli kısma Şekil 4.17.'de gösterildiği gibi load cell ile bastırılarak ne kadar yük uygulandığında hareket ettiği tespit edilir.



Şekil 4.17. Mentешеğe yük tatbik edilmesi

Şekil 4.18.'deki gibi load cell ile menteşeye yük uygulandığında dijital göstergede okunan değer 0,70kg'dır. Bulunan bu değer aşağıda gösterilen formülde olduğu gibi mesafe ve yerçekimi ivmesi ile çarpılarak Nm. cinsinden değeri tespit edilmiş olur.



Şekil 4.18. Menteşeye Yük Uygulandığında Okunan değer

$$\text{Tork (Nm)} = \text{Mesafe(m)} \times \text{Uygulanan yük (Kğ)} \times \text{Yerçekimi ivmesi (m/sn}^2\text{)}$$

$$\text{Uygulanan yük} = 0,70\text{Kğ}$$

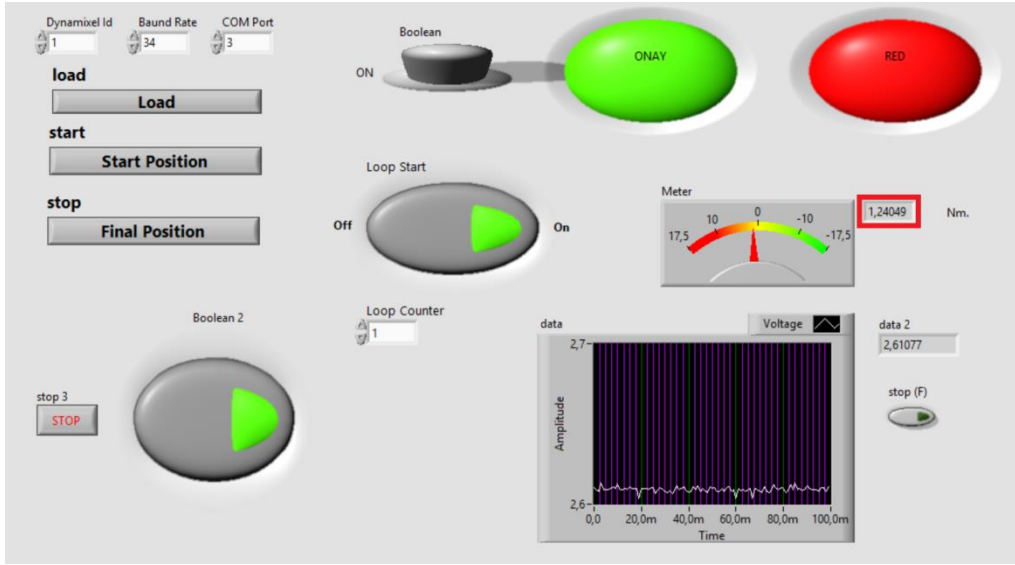
$$\text{Mesafe} = 0,18\text{m}$$

$$\text{Yerçekimi İvmesi} = 9,81 \text{ m/sn}^2$$

$$\text{Tork} = (0,18\text{m}) \times (0,70\text{kğ}) \times (9,81 \text{ m/sn}^2)$$

$$\text{Tork} = 1,23 \text{ Nm}$$

Load cell kullanımı sırasında göstergeden okunan değerler Nm' ye dönüştürülerek sensörden alınan veri ile karşılaştırılmıştır.



Şekil 4.19. Menteşe Tork Ölçümü Sırasında Sensörden Okunan Değer

Tork ölçüm sistemi ile Şekil 4.19.'da menteşe üzerinden tork değeri **1,24Nm** olarak okunmaktadır. Load cell ile ölçüm sırasında menteşe üzerinden okunan değer de **1,20Nm** olarak ölçülmektedir. Bu değerler kıyas edildiğinde değerlerin yaklaşık olarak aynı olduğu görülmektedir.

Bir başka ölçüm sırasında load cell ile ölçülen değer ile sensörden alınan değer karşılaştırılması aşağıda gösterilmiştir. Şekil 4.20.'de menteşenin kolu load cell ile hareket ettirildiğinde okunan kuvvet görülmektedir.



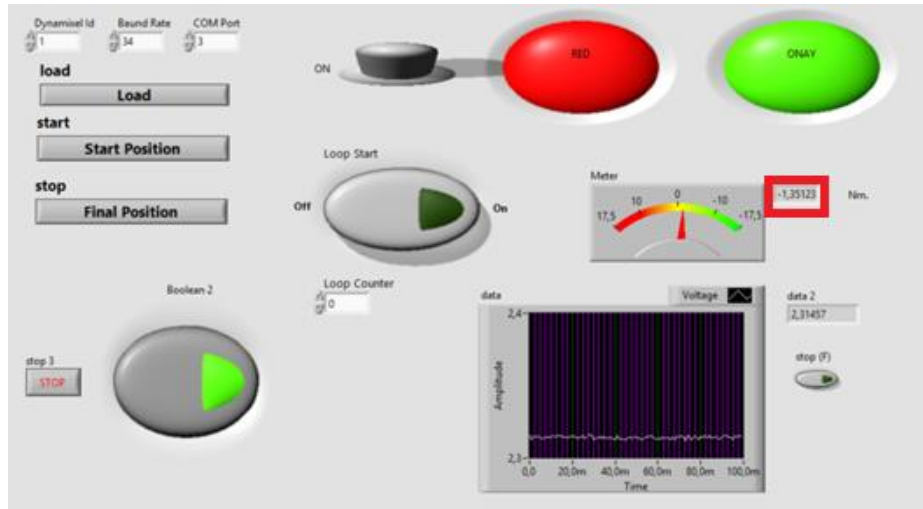
Şekil 4.20. Load cell den okunan yük

$$\text{Tork (Nm)} = \text{Mesafe(m)} \times \text{Uygulanan yük (Kğ)} \times \text{Yerçekimi ivmesi (m/sn}^2\text{)}$$

$$\text{Tork} = (0,18\text{m}) \times (0,76\text{kğ}) \times (9,81 \text{ m/sn}^2)$$

$$\text{Tork} = 1,34 \text{ Nm}$$

Başka bir menteşenin load cell ile ölçümü sırasında ölçülen kuvvet ile bunun Nm ye dönüşümünde hesaplanan değer **1,34Nm**'dir. Şekil 4.21.'de tork ölçüm sistemi ile ölçüm sırasında okunan değer **1,35Nm** olduğu görülmektedir.



Şekil 4.21. Tork Ölçüm Sistemi İle Ölçüm Sırasında Okunan Değer

Yapmış olduğumuz bu çalışmada sistemin doğrulanması için menteşeler üzerinden load cell ve tork ölçüm düzeneği ile ölçülen tork değerleri yaklaşık olarak aynı çıkmakta ve değerlerin bu şekilde çıkması da sistemin doğrulanması için gerçekleştirilen ölçümlerin doğruluğunu ispatlamaktadır.

BÖLÜM 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Otomotiv sektöründe kullanılmak üzere araç ön kaput menteşelerinin açılıp kapanma torkunun ölçülebilmesi için bir tork ölçüm sisteminin tasarlanması ve prototipinin üretilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda tasarlanan parçalar önce bilgisayar ortamında (CATIA) tasarlanmış ve daha sonra hazır olan malzemeler temin edilmiş, talaşlı imalat gerektiren malzemeler ise Sakarya Üniversitesi laboratuvarlarında gerekli talaşlı imalat işlemleri ile üretilmiştir. Sonrasında uygun montaj işlemleri gerçekleştirilerek, menteşelerin torkunu ölçebilecek şekilde prototip imalatı yapılmıştır. Gerekli olan doğrulama testleri yapıldıktan sonra farklı menteşeler ölçülerek ölçüm işlemleri tamamlanmıştır.

Geliştirilen tork ölçüm düzeneği sayesinde ön kaput menteşelerinin manuel olarak yapılan tork ölçümleri tamamen bilgisayar kontrollü olacak şekilde yapılmaktadır. Bu şekilde daha hassas ölçüm yapılarak istenen tork aralığına (0,2 – 2,5 Nm) uygunluğu belirlenecektir.

Yapılan tork ölçüm düzeneğinin mekanik kısımlarında yapılan ufak değişiklikler neticesinde farklı otomobil menteşeleri üzerinde tork ölçümü yapılabilecektir. Bu sayede otomotiv sektöründe farklı mekanizmaların torkunu ölçebilecek yeni bir sistem yapılmış olacaktır.

Klasik yöntemle tork ölçme sisteminde ölçümler belirli miktarda menteşe üzerinde yapılmakta ve ölçülen değerler elle yazılarak sonrasında bilgisayara kaydedilmektedir. Ancak geliştirilen sistem ile servo motorun kontrolü yapılmakta, tork sensöründen alınan verilen anlık olarak görülmekte ve bu veriler yapılan her bir ölçümden sonra excel formatına dönüştürülerek kaydedilmektedir. Bu şekilde üretilen bütün menteşelerin tork ölçümleri hassas bir şekilde ve kısa sürede yapıлып kayıt altına alınabilmektedir.

Menteşe üretimi yapıldığında menteşenin hareketli parçalarının birbirine bağlanması pimin belli bir kuvvetle uç kısmının ovalanarak ezilmesi gerekmektedir. Ovalama esnasındaki giriş parametreleri, perçin üzerine baskı kuvveti, ovalama hızı ve ovalama süresi iken çıkış parametresi ise; mekanizmanın açılıp kapanma torkudur. Sistemin çıkışı tamamen giriş parametrelerine bağlıdır. İleriki çalışmalarda giriş parametreleri ile çıkış parametreleri arasındaki ilişki kurularak istenilen tork aralığı için buna karşılık gelen giriş parametrelerinin belirlenmesinde yapay sinir ağları (YSA) yöntemi kullanılabilir. Böylece YSA algoritmasına dayalı kontrol sistemi istendiğinde farklı ürünlerde farklı tork değerleri için de kullanılabilir. YSA tabanlı sistem modeli ve simülasyonu, ileride bu çalışmanın devamı niteliğinde ayrı bir çalışma olarak düşünülmektedir. Yaptığımız literatür araştırması kapsamında, projenin bu bölümüyle alakalı çalışmanın ilgili bilimsel sahada ilklerden olacağı söylenilebilir. Böylece proje endüstriyel uygulamaya katkısının yanında çalışmanın orijinalliği açısından da akademik sahada da yankı bulacağını ümit etmekteyiz.

KAYNAKLAR

- [1] K.KAYA, B.AKDEMİR İ.S.DALMIŞ, “Çapa Traktörleri İçin Tork ve Çeki Kuvveti Ölçüm Düzenine Geliştirilmesi”, Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, Cilt/Volume:10 Sayı/Number:1 Yıl/Year: 2013
- [2] V.NİSKANEN, J.AHOLA, “Implementing clamp on wireless torque measurement system for rotating shaft applications (UI)”, FI-53851 Lappeenranta, Finland, 2007.
- [3] Z.JİBİN, C.XİA, H.JİANHUI, X.YONGXIANG ,”Design of a novel flywheel reaction torque measurement system based on disturbance observer”, Department of Electrical Engineer, Harbin Institute of Technology, Harbin, China, 2011.
- [4] D.PETREUŞ, C.FĂRCAŞ, P. DOBRA, D. MOGA, “Torque Measurement System Design”, Technical University of Cluj-Napoca, 26-28 Baritiu Street, Cluj-Napoca, Cluj, 400020, Romania, 2004.
- [5] A. CHİBA AND T. FUKAO, “Super high speed electrical machines,” 2004. IEEE Power Engineering Society General Meeting, pp. 1272–1275, 2004.
- [6] L. ZHAO, C. HAM, L. ZHENG, T. WU, K. SUNDARAM, J. KAPAT, AND L. CHOW, “A highly efficient 200 000 RPM permanent magnet motor system,” in Magnetics, IEEE Transactions on, vol. 43, no. 6, Washington, DC, USA, , pp. 2528–2530, June 2007.
- [7] Y.PERRIARD, PIERRE-DANIEL PFISTER, “Torque Measurement Methods for Very High Speed Synchronous Motors”, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), 1015 Lausanne, Switzerland, 1999.
- [8] WENDYAM F. TRAORÉ, ROY MCCANN “Torque Measurements in Synchronous Generators using Giant Magnetoresistive Sensor Arrays via the Maxwell Stress Tensor”, University of Arkansas Fayetteville, Arkansas USA, 2011.
- [9] DONG FANG, XU ZHE, "Research on Sine Dynamic Torque Measuring System", 2012 International Workshop on Information and Electronics Engineering (IWIEE), doi:10.1016/j.proeng. 01.371.2012.

- [10] GEORG WEGENER, THOMAS BRUNS, "Traceability of torque transducers under rotating and dynamic operating conditions", *Measurement*, doi:101016/j.measurement.08.007, 2009.
- [11] ALAN S. MORRIS, REZA LANGARI, "Mass, Force, and Torque Measurement, *Measurement and Instrumentation Theory and Application*", Pages 477–496, 2012.
- [12] M. KÖSTER, M. THOMMES, "In-line dynamic torque measurement in twin-screw extrusion process", *Institute of Pharmaceutics and Biopharmaceutics, Heinrich-Heine-University Duesseldorf, Universitaetsstrasse 1, 40225 Duesseldorf, Germany*, 2005.
- [13] PETER SUE, DEREK WILSON, LAWRENCE FARR AND ANDREA KRETSCHMAR, "High Precision Torque Measurement on a Rotating Load Coupling for Power Generation Operations", *Engineering Division GE Energy, Greenville, 978-1-4577-1772-7/12/2012 IEEE, South Carolina*, 2012.
- [14] LI SUN, HANYING GAO, QINGLIANG SONG, JIANHONG NEI, "Measurement of Torque Ripple in PM Brushless Motors", *Dept. of Electrical Engineering Harbin Institute of Technology Harbin, 150001, 0-7803-7420-7/02IEEE, China*, 2002.
- [15] JAN ZAKRZEWSKI, "A New Magnetoelastic Transducer For Torque And Force Measurement", *IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference Brussels, Belgium, June 4-6, Chair of Measurement and Control Silesian Technical University, 44-1 01 Gliwice, Poland*, 1996.
- [16] M.VERAZIĆ, I. ILIĆ, I. GRASPARAC, "Vehicle drive Wheel torque measurement for the purpose of the vehicle traction system simulation model evaluation", *June 20-23, Dubrovnik, Croatia*, 2005.
- [17] L. BAGHLI, J. FRANÇOIS PAUTEX, S. MEZANI, "Wireless Instantaneous Torque Measurement, Application to Induction Motors", *XIX International Conference on Electrical Machines - ICEM Rome*, 2010.
- [18] TRISTAN M. ERICSON, ROBERT G. PARKER, "Experimental measurement of the effects of torque on the dynamic behavior and system parameters of planetary gears", *Assistant Professor, Department of Physical Sciences, York College of Pennsylvania, York, PA 17403, United States, L. S. Randolph Professor and Head, Department of Mechanical Engineering, Virginia Tech, Blacksburg, VA 24061, United States*, 2001.
- [19] QIAOKANG LIANG, DAN ZHANG, QUANJUN SONG, YUNJIAN GE, HUIBIN CAO, YU GEA, "Design and fabrication of a six-

dimensional wrist force/torque sensor based on E-type membranes compared to cross beams”, Faculty of Engineering and Applied Science, University of Ontario Institute of Technology, Oshawa, Ontario, Canada L1H 7K4c, 2009.

- [20] GEORG WEGENER, THOMAS BRUNS, “ Traceability of torque transducers under rotating and dynamic operating conditions”, Hottinger Baldwin Messtechnik (HBM), Germany Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Germany, 2008.
- [21] M. CHANDRA, SEKHAR REDDY, A.S. SEKHAR, “Detection and monitoring of coupling misalignment in rotors using torque measurements”, Machine Design Section, Department of Mechanical Engineering, Indian Institute of Technology Madras, Chennai 600036, India, 2003.
- [22] JI YEONG LEE, CHANGSOO HAN, SARMAD SHAMS, “Compact and lightweight optical torque sensor for robots with increased range”, Department of Mechanical Engineering, Hanyang University, ERICA Campus, 55, Hanyangdaehak-ro, Ansan, Gyeonggi-do, Republic of Korea, 2006.
- [23] FRANK UMBACH, HEINRICH ACKER, JOHANNES VON KLUGE, WERNER LANGHEINRICH, “Contactless measurement of torque”, Infineon Technologies AG in 81541 Munich, Germany, Continental Teves AG & Co. OHG, 60488 Frankfurt, Germany, Institut für Halbleitertechnik, Schlossgartenstrasse 8, 64289 Darmstadt, Germany, 2005.
- [24] DAO THANH LIEM, DINH QUANG TRUONG, KYOUNG KWAN AHN, “ School of Mechanical and Automotive Engineering”, University of Ulsan, Republic of Korea, 2009.
- [25] AXEL MUNACK. ST. JOSEPH, MICHIGAN, Isermann, Rolf. Section 2.2 Sensors, pp. 32-52, of Chapter 2 Hardware, in CIGR Handbook of Agricultural Engineering Volume VI Information Technology. Edited by CIGR-The International Commission of Agricultural Engineering; Volume Editor, USA: ASABE. Copyright American Society of Agricultural Engineers. 2006.

ÖZGEÇMİŞ

Vedat YEĞİN, 22.11.1985 tarihinde Diyarbakır'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini İskenderun'da tamamladı. 2003 yılında İskenderun Teknik Lisesi, Makine (Torna Tesviye) Bölümünden mezun oldu. 2005 yılında başladığı Marmara Üniversitesi Makine Bölümünü 2009 yılında bitirdi. 2010 yılı şubat ayında İstanbul Teknik Üniversitesi, Mekatronik Mühendisliği bölümüne girmeye hak kazandı. 1 yıl İngilizce hazırlık eğitiminden sonra normal eğitime başladı. 2012 yılında Sakarya Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Mekatronik Mühendisliği Bölümünde araştırma görevlisi olarak akademik yaşantısına başladı. Aynı zamanda Sakarya Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Mekatronik Mühendisliği Bölümüne yatay geçiş yaptı. 2014 yılında mühendislik tamamlama programını bitirerek Makine Mühendisliği Unvanını almaya hak kazandı. 2014 Temmuz ayında Mustafa Kemal Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü' ne öğretim elemanı yetiştirme programı kapsamında Araştırma Görevlisi olarak atandı. Şu anda Mustafa Kemal Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya devam etmektedir.