



**T.C.**  
**KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



**LABVIEW İLE HİDROLİK TEST KONTROL**  
**SİSTEMİ**

**Selim Sefa BAYSAL**

**YÜKSEK LİSANS**

**Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Ocak-2023**  
**KONYA**  
**Her Hakkı Saklıdır**

## TEZ KABUL VE ONAYI

Selim Sefa BAYSAL tarafından hazırlanan “LABVIEW İLE HİDROLİK TEST KONTROL SİSTEMİ” adlı tez çalışması 19/01/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

### İmza

#### Başkan

Doç. Dr. Mümtaz MUTLUER

.....

#### Danışman

Doç. Dr. Bayram AKDEMİR

.....

#### Üye

Prof. Dr. Ömer AYDOĞDU

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Saadettin Erhan KESEN  
Enstitü Müdürü

Bu tez çalışması AYD Otomotiv Endüstri A. Ş. tarafından AYD0520-03’ nolu proje ile desteklenmiştir.

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

## **DECLARATION PAGE**

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Selim Sefa BAYSAL

19/01/2023

# ÖZET

## YÜKSEK LİSANS

### LABVIEW İLE HİDROLİK TEST KONTROL SİSTEMİ

**Selim Sefa BAYSAL**

**Konya Teknik Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü  
Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Doç. Dr. Bayram AKDEMİR**

**2023, 71 Sayfa**

**Jüri**

**Doç. Dr. Bayram AKDEMİR**

**Prof. Dr. Ömer AYDOĞDU**

**Doç. Dr. Mümtaz MUTLUER**

Direksiyon sistemi, aracın düzgün bir şekilde ve istenilen yönde idare edilmesini sağlar. Araç döndürüleceği zaman direksiyon ile teker arasında bulunan parçalar belirli yükler altında zorlanmalara maruz kalırlar. Süspansiyon ve direksiyon sistemlerinde kullanılan mafsallı parçalar, hareket kabiliyetlerinin sınırları zorlanarak çalışan parçalardır. Bu hareket direksiyon sistemi sayesinde, dümendeki teker kesme açısına dönüştürülür. Direksiyon sistemi, aracın çeşitli parametreleri hakkında ve bu parametrelerdeki değişiklikleri olabildiğince sürücüyü iletmeye için dayanıklı, duyarlı ve hassas olmalıdır. Mafsallı parçaların araç üzerinde maruz kaldıkları aşınmalı yorulma testine tabi tutularak tork ve boşluk değerlerinin belirlenmesi ve orijinal parçalar referans alınarak optimum parça geometrisi ve malzeme seçimi ile ömrünü idealize etmek gerekir. Ancak yataklama ortamında çalışan bu parçalarda sürtünmeden kaynaklanan aşınma problemleri ile karşılaşmaktadır. Mafsallı parçaların aşınmanın ötesinde servis ortamında dinamik zorlamalara da maruz kalması nedeniyle yorulma hasarları ile sıklıkla karşılaşmaktadır. Gerek aşınma ile yorulma içeren servis ortamı, gerekse sistemde bulunan birden fazla bileşenlerin varlığı, sistemin teknik analizini neredeyse imkânsız kılmaktadır. Bununla birlikte küresel mafsallı içeren süspansiyon ve direksiyon sistemleri aşınma odaklı yorulma testlerini içeren ürün performansının test edilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada direksiyon sisteminde kullanılan parçaların yorulma testi için grafiksel programa dili olan LabVIEW programından yararlanarak hidrolik dinamik test sistemi geliştirilmesi amaçlanmıştır. Test sisteminde kullanılan sensörlerden toplanan veriler bilgisayar ortamına aktarılıp, elde edilen sonuçlar orijinal parçalardan alınan veriler ile karşılaştırılmıştır. Uygulanan yorulma testi sonrasında direksiyon ile teker arasında kalan süspansiyon parçalarının aşınma, tork ve boşluk değerleri ve araç üzerindeki çalışma şartları başarıyla simüle edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Hidrolik, LabVIEW, Test, Yorulma

## **ABSTRACT**

### **MS THESIS**

## **HYDRAULIC TEST CONTROL SYSTEM WITH LABVIEW**

**Selim Sefa BAYSAL**

**Konya Technical University  
Institute of Graduate Studies  
Department of Electrical Electronics Engineering**

**Advisor: Assoc. Prof. Dr. Bayram AKDEMİR**

**2023, 71 Pages**

#### **Jury**

**Assoc. Prof. Dr. Bayram AKDEMİR  
Prof. Dr. Ömer AYDOĞDU  
Assoc. Prof. Dr. Mümtaz MUTLUER**

The steering system ensures that the vehicle is steered smoothly and in the desired direction. When the vehicle is to be turned, the parts between the steering wheel and the wheel are subjected to stress under certain loads. Steering parts used in suspension and steering systems are parts that work by pushing the limits of mobility. Thanks to the steering system, this movement is converted to the wheel cutoff angle at the rudder. The steering system must be durable, responsive and sensitive about the vehicle's various parameters and to communicate changes in these parameters to the driver as much as possible. It is necessary to determine the torque and clearance values of the articulated parts on the vehicle by subjecting them to the wear and fatigue test, and to idealize the life with the optimum part geometry and material selection by referring to the original parts. However, these parts operating in the bearing environment are faced with wear problems caused by friction. Fatigue damage is frequently encountered due to the fact that articulated parts are exposed to dynamic stresses in the service environment beyond wear. Both the wear and fatigue service environment and the presence of multiple components in the system make technical analysis of the system nearly impossible. However, the performance of ball joint suspension and steering systems needs to be tested, including wear fatigue tests. In this study, it is aimed to develop a hydraulic dynamic test system by using the graphical programming language LabVIEW for fatigue testing of the parts used in the steering system. The data collected from the sensors used in the test system were transferred to the computer environment and the results obtained were compared with the data obtained from the original parts. After the fatigue test, the wear, torque and clearance values of the suspension parts between the steering wheel and the wheel and the operating conditions on the vehicle were successfully simulated.

**Keywords:** Hydraulic, LabVIEW, Test, Fatigue

## ÖNSÖZ

Öncelikle bana kendisiyle çalışma fırsatı sunan ve çalışmam boyunca düşünceleri ve katkılarıyla çalışmamı zenginleştiren tez danışmanım Doç. Dr. Bayram AKDEMİR'e teşekkürü bir borç bilirim. Bütün eğitim hayatım boyunca benden yardımlarını eksik etmeyen aileme minnetlerimi sunarım. Son olarak tez çalışmam boyunca benden yardımlarını esirgemeyen ve her konuda desteğini hissettiren sevgili eşim Evindar BAYSAL'a teşekkür etmek isterim.

Selim Sefa BAYSAL  
KONYA-2023



# İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>v</b>
<b>ÖNSÖZ .....</b>	<b>vi</b>
<b>İÇİNDEKİLER .....</b>	<b>vii</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR .....</b>	<b>ix</b>
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1. Süspansiyon Sistemi Nedir?.....	2
1.2. Direksiyon Sisteminin Önemi.....	3
1.3. Süspansiyon Sistemi Tarihçesi.....	4
1.4. Direksiyon Sistemi Tarihi .....	6
<b>2. KAYNAK ARAŞTIRMASI .....</b>	<b>7</b>
<b>3. TEMEL BİLGİLER .....</b>	<b>14</b>
3.1. Donanım.....	14
3.1.1. Hidrolik Sistem ve Bileşenleri .....	14
3.1.2. Hidrolik Silindir Yapısı .....	20
3.1.3. Yük Hücresi .....	27
3.1.4. Lineer Pozisyon Sensörü .....	29
3.1.5. Servo Valf .....	30
3.1.6. Servo Motor .....	32
3.1.7. Veri Toplama .....	33
3.2. Yazılım.....	35
3.2.1. LabVIEW Nedir?.....	35
3.2.2. PID Kontrol.....	36
3.3. Hidrolik Silindir ile Yapılan Test Yöntemleri .....	38
3.3.1. Yorulma Testi Nedir? .....	39
3.4. Rot Sistemi ve Bileşenleri.....	41
3.4.1. Rot Başı.....	41
3.4.2. Rot Mili.....	42
<b>4. HİDROLİK TEST SİSTEMİNİN TASARIMI VE UYGULANMASI.....</b>	<b>43</b>
4.1. Mekanik Tasarım .....	43
4.2. LabVIEW Tasarımı.....	46
4.3. Ekipmanlar.....	52
<b>5. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....</b>	<b>61</b>
<b>6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....</b>	<b>68</b>
6.1. Sonuçlar .....	68
6.2. Öneriler .....	68





## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

A	: Amper
dk	: Dakika
N	: Newton
mA	: Miliamper
Hz	: Hertz
Nm	: Newton metre
mm	: Milimetre
ms	: Milisaniye
kN	: Kilo Newton
lt	: Litre
°C	: Santigrat Derece
Vcc	: Collector Collector Voltage
W	: Watt
$\Delta$	: Gerilme Aralığı
$\sigma$	: Gerilme

### Kısaltmalar

ADC	: Analog Dijital Dönüştürücü
AR-GE	: Araştırma Geliştirme
ASCII	: Bilgi Alışverişi İçin Amerikan Standart Kodu
CPU	: Merkezi İşlem Birimi
DAQ	: Veri Toplama
DTC	: Diyagnostik Hata Kodu
FTP	: Dosya Aktarım Protokolü
GPIO	: Genel Amaçlı Arayüz Veri Yolu
IP	: İnternet Protokolü
MÖ	: Milattan Önce
MPU	: Bellek Koruma Birimi
NI	: National Instruments
PCI	: Çevresel Bileşen Ara Bağlantısı
PDF	: Taşınabilir Belge Formatı
PID	: Orantılı İntegral Türev
PLC	: Programlanabilir Lojik Denetleyicisi
PXI	: PCI Uzantıları
SDK	: Yazılım Geliştirme Kiti
TCP	: İletim Kontrol Protokolü
VDC	: Doğru Akım Voltajı
VI	: Sanal Enstrüman
XML	: Genişletilebilir İşaretleme Dili
ZİP	: Veri Sıkıştırma ve Arşivleme Biçimi

## 1. GİRİŞ

Otomotiv sektöründe yedek parça üretimi ülke ekonomisi için büyük önem arz etmektedir. Her geçen gün üretimi artarak devam eden otomotiv piyasasında yan sanayi ürünler hem tedarik hem de erişebilirlik açısından sektörün vazgeçilmez paydaşı konumunda yer almaktadır.

Otomotiv yan sanayi, teknolojinin çok hızlı gelişmiş olduğu sanayi kollarından biridir. Global dünyadaki değişim sürecini takip etmek için sektör kendisini sürekli yeni alanlar geliştirmek zorundadır. Türkiye, coğrafi konumu sebebiyle otomotiv ve yan sanayi sektörlerinde önemli bir altyapı oluşturmuştur. Otomotiv yedek parça üretiminde boy gösteren firmalar, yurtdışında bulunan ve otomotiv sektöründe gelişmiş olan ülkelerde bulunan OEM firmalarına yapmaktadır. Otomotiv yan sanayi, farklı alanlardaki sektörlerle etki ederek ülke ekonomisinin rekabet gücünü artırıcı özelliğe sahiptir. Otomotiv yan sanayinin geri bırakılması, diğer birçok sektörün ve dolayısı ile ekonominin geri kalmasına neden olacaktır (Tübitak, 2022).

Otomotiv yan sanayi, 20 milyon adet olarak Türkiye taşıt araçları parkına ve otomotiv sanayine yüksek kapasitesi, geniş ürün ve yüksek standartlarıyla parça sağlamaktadır. İhracat potansiyeli olarak ayrıca güçlü ve yüksek bir sektör durumundadır. Türk otomotiv ana sanayindeki firmalar, yan sanayi firmaları ile doğrudan çalışmaktadır. Türkiye’de 5000 üzerinde yan sanayi şirketi bulunmaktadır. Otomotiv yan sanayi, ürün çeşitliliği, gelişmiş standartlar ve ürün üretim kapasitesiyle, ülkemizde üretilen parçalar araçlar için gerekli olan yedek parçaların %85 oranında karşılayabilecek duruma gelmiştir. Bu parçalar: aktarma organları, fren sistemleri ve parçaları, komple motor ve motor parçaları, süspansiyon parçaları, şasi aksam ve süspansiyon parçaları, emniyet parçaları, hidrolik ve havalı parçalar, oto camları, kauçuk ve lastik parçalar, dövme ve döküm parçalar, aküler, aydınlatma sistemleri, elektrik ekipmanları ve koltuklardır. Taşıt araçları imalat sanayine doğrudan olarak uluslararası pazarlara kaliteli ürünlerle giren ve orijinal parça tedarik eden 350 civarında yan sanayi firması bulunmaktadır (Polat, 2020).

### 1.1. Süspansiyon Sistemi Nedir?

Süspansiyon sistemi, tekerlekleri araç şasisine veya gövdesine bağlayan mekanik parçalar grubunu ifade eder. Yolcu güvenliği, araç konforu, sürüş ve yol tutuşu nedeniyle süspansiyon sisteminin tasarımının arkasında büyük bir mühendislik çalışması yapılmıştır. İlk üretim otomobillerde tek parça aks tasarımı kullanılıyordu, ancak merkezde döndürülmek yerine, yol hatalarından kaynaklanan şok yüklerin tamponlanmasını sağlamak için araca yaylar aracılığıyla sabit bir şekilde monte edildi. Direksiyonu sağlamak için tekerlekler aks uçlarına döner şekilde monte edildi. İlk yaylar, elips şeklinde bir araya yığılmış ince dar şerit çelik parçalarından oluşuyordu ve yaprak yaylar olarak adlandırılıyordu. Daha sonraki kurulumlarda yaprak yayların yerini helezon yaylar aldı. Önden motorlu arkadan çekişli araçlarda, ön kiriş aksı bağımsız olarak monte edilmiş yönlendirilebilir tekerleklerle değiştirildi. Tekerlekler, önceki aks kirişi tasarımlarında olduğu gibi onları yola dik tutan kısa üst ve alt menteşeli kollarla destekleniyordu. Sönümlenme sağlamak için üst veya alt kolu desteklemek için bir helezon yay kullanıldı. Darbe yüklerini sönümlemek ve ayrıca yay salınımlarına karşı direnç sağlamak için amortisörler kullanılmaya başlandı. Daha sonra üst kol kısaltılarak öğrenildi; viraj alırken kenar yüklemeye lastiklerini önlemek için tekerlek eğimi (kamber) kontrol edilebilir. Arkadaki güç ileten tahrik aksı, amortisörlerin yanı sıra yaprak ya da helezon yaylar tarafından sağlanan sönümlenme ile kiriş tipi süspansiyon görevi gördü. Önden motorlu önden çekişli binek otomobiller piyasaya sürüldüğünde, üst kol yukarı döndürüldü ve eş merkezli olarak monte edilmiş yay ve şoku içeren "dikme" adı verilen bir parça ile değiştirildi. Bu düzenleme, enlemesine monte edilmiş motor/şanzıman modülleri ve ön tahrik mili için ek alan sağladı. Bu aynı tip süspansiyon, birçok arabanın arkasında da kullanıldı. Kamyonlar, birçoğu hem önde hem de arkada kiriş tipi dingil süspansiyon sistemleri kullanan önden motorlu, arkadan çekişli araçlar olmaya devam ediyor. Üç temel süspansiyon bileşeni türü vardır: bağlantılar, yaylar ve amortisörler. Bağlantılar, tekerlekleri, yayları ve amortisörleri destekleyen çubuklar ve braketlerdir. Yaylar, yoldaki tümseklerden ve deliklerden kaynaklanan şok yüklerini sönümleyerek aracı yastıklar. Amortisörler, aynı zamanda aracı şok yüklerinden korumak için hidrolik pistonlar ve silindirler kullanır. Ayrıca yay salınımlarını sönümlemeye de hizmet ederler, böylece bir yol engeli nedeniyle şok yüklendikten hemen sonra aracı tekrar boş konuma getirirler. Kısaca süspansiyon sistemi araçlarda hem yolcu güvenliği hem de sürüş konforunu artırtmak için geliştirilmiştir (Tata, 2012).

## 1.2. Direksiyon Sisteminin Önemi

Direksiyon sistemi, tüm sürüş koşullarında aracın sorunsuz bir şekilde kullanılmasını sağlar. Araç döndürüleceği zaman, dümenin dönme hareketi ile sürücünün amacına ulaşılır. Direksiyon sistemi sayesinde bu hareket dümendeki tekerlek kesme açısına dönüştürülür. Direksiyon sistemi, aracın çeşitli parametreleri ve bu parametrelerdeki değişiklikler hakkında sürücüye mümkün olduğunca fazla bilgi verebilmek için dayanıklı, duyarlı ve hassas olmalıdır. İnsan figürünün kullanıldığı büyük ölçekli deneyler gösteriyor ki; bilgi, çok az deneyime sahip sürücülerde bile, sürücünün dokunsal algılayıcıları tarafından çok iyi algılanır. Sonuç olarak, dümen açısı ve tekerlek açısı doğrudan ilişkilidir ve dümen ile tekerlek arasındaki kuvvet aktarma sisteminde yalnızca küçük bir miktar boşluğa izin verilir. Ayrıca sürücünün her zaman yol ve tekerlek arasındaki kuvvet etkileşimi hakkında bilgi alması da önemlidir. Bu bilgi, dümendeki tork etkileşimi ile sürücüye iletilir. Bu bilgilerin sürücüye etkin bir şekilde iletilmesini sağlamak için; direksiyon sistemindeki kuvvet aktarma elemanları mümkün olduğunca sürtünmesiz olmalıdır (Heibing ve Ersoy, 2010).

Direk sisteminde kullanılan en önemli parçalardan biri rot sistemidir. Direksiyon sisteminden aldığı hareketi tekerlere iletmede en önemli görev niteliğindedir. Direksiyon simidi direksiyon dişlisine bağlıdır. Direksiyon dişlisi rot takımında bulunan rot başı ve rot mili parçası ile tekerleklere bağlantıda kullanılır. Rot başının görevi tekerlerin aynı araç ile aynı hizada olmasını sağlamaktır. Bu sayede lastik aşınmalarının önüne geçilmiş olunur. Lastik aşınmaları bozulursa araç direksiyonunda titreşimlere neden olmuş olur. Rot takımı performansını değerlendirebilmek için parçalara gelen yüklerin referans alınması gerekir. Ayrıca süspansiyon sisteminden gelecek olan dalgalı yükler direksiyon sistemine de etki edecektir. Bu nedenle gelen yüklemelerin her aşamasında rot sistemini doğrulanması önem arz etmektedir (Mungi ve Navthar, 2015).

Direksiyon sistemlerinde kullanılan mafsallı parçalar hareketliliğin sınırlarını zorlayarak çalışan parçalardır. Bu süreçte darbe güvenliği zaten yüksek olduğu için asıl sorun aşınmadır. Bilyalı mafsalların yatağı, matematiksel olarak açıklanması zor olan, eğirme adı verilen bir işlemle yapılır. Ayrıca rulman içerisinde bulunan plastik rulman ve yağ içeren yardımcı elemanlar teknik analiz yapılmasını imkânsız hale getirmektedir. Bu nedenle, bilyeli mafsal içeren süspansiyon ve direksiyon sistemleri, aşınma için yorulma testlerine tabi tutulmalıdır. Yorulma testi sonucunda rot sisteminin önemli parçalarından olan rotbaşı ve rot mili araç üzerindeki yükleri hedeflenir.

### 1.3. Süspansiyon Sistemi Tarihçesi

Araç süspansiyonunun tarihi, 6000 yılı aşkın bir süre önce tekerleğin icadıyla başladı. Tekerlek, insanlık tarihinin en önemli icatlarından biri olarak kabul edilmektedir. MÖ 2700 gibi erken bir tarihte, Sümer arabalarının metal dış bantları olan disk şeklinde dört tekerleği vardı. Bu tekerlekler, arabaya sıkı bir şekilde bağlı olan akslar etrafında serbestçe dönebilecek şekildeydi. Metal dış kısmın amacı, tekerleklerin ömrünü uzatmaktı. Tekerleğin ve aksın temas yüzeyleri hayvansal katı veya sıvı yağ ile yağlanmıştır. İlk direksiyon sistemleri MÖ 1800 ile 800 yılları arasında ortaya çıktı ve akslardan birinin ortasındaki bir pivot mafsalları ile taşıma çerçevesine bağlanan bir ön akstan oluşuyordu. Romalılar, yolcuların konforunu artırmak için arabanın gövdesini dingillerden ayırdı. Daha sonra sepet haline gelen vagonun gövdesi, zincirler veya deri kayışlarla dingillere asılmıştı. Bu sistem, yol yüzeyindeki darbeleri sönmek için tasarlanmıştır ve bugün bilinen ilk süspansiyon sistemi olarak kabul edilir. 10. yüzyılda, Avrupa'da yaprak yaylardan oluşan bir fren sistemi, yönlendirilebilir bir köprü ve bir zincirle asılı bir fren bloğu ile donatılmış, Şekil 1.1'de direksiyonlu ve frenli ilk süspansiyonlu vagon ortaya koymaktadır. Bu yapı, arabayı yaylı ve yaysız kütlelere ayırdı; aracın hızını 30 km/s'in üzerine çıkarmak için temel gereklilik buydu (Heibing ve Ersoy, 2010).



Şekil 1.1. Tekerlek süspansiyonlu at arabası (Heibing ve Ersoy, 2010)

18. yüzyılda kendinden sönmeli eliptik yaprak yaylar piyasaya sürüldüğünde sürüş konforu daha da iyileştirildi. Bu yaprak yay tertibatlarında, sönmeme ayrı ayrı yaylar arasındaki sürtünme ile sağlanmıştır. Bu yaprak yay düzenekleri ayrıca aksları aracın uzunlamasına yönünde konumlandırabilir ve akslar arasında ağır destek kirişlerine olan ihtiyacı ortadan kaldırır. Roma İmparatorluğu'nun çöküşünden sonra, iyileştirilmiş

yollar büyük ölçüde ihmal edildi. Sonuç olarak, 1800'lerin başındaki ağır buharla çalışan araçlara ekonomik olarak güç sağlamanın tek yolu raylardı. 19. yüzyılda, İngiltere'de yüksek hızlı karayolu taşımacılığının temelini oluşturan birkaç geliştirme projesi gerçekleştirildi. MacAdam'ın mümkün kıldığı ilk asfalt yol ağları, Walter Hancock'un 1830'da yarım tekerleği ve John Boyd Dunlop'un 1888'de ilk pnömomatik lastiği tanıtması, otoyollarda düzgün ve hızlı sürüş sağladı (Heibing ve Ersoy, 2010).

18. yüzyılda ilk buharlı araçlar yollarda görüldü. Bu araçlardan bazıları gelişmiş süspansiyon sistemlerine sahip olsa da bu ilk kendinden tahrikli taşıma türü, modern arabaların bir modeli değildi. Gaz motoru 1860 yılında Etienne Lenoir tarafından icat edildi ve daha sonra 1876'da August Otto, Gottlieb Daimler ve Wilhelm Maybach tarafından dört zamanlı bir motor haline getirildi. 1883'te yakıt olarak petrolün kullanılmaya başlanması, Daimler'in hızlı benzin üretmesini sağladı. Karl Benz'in 29 Ocak 1886'da içten yanmalı motora sahip ilk kendinden tahrikli aracın patentini almasını sağlayan motordur. Bu öncü araç Şekil 1.2'de modern otomobillerin temelini oluşturdu.



Şekil 1.2. İlk otomobil (Heibing ve Ersoy, 2010)

Süspansiyonun geliştirme geçmişi, daha önce bir modül tarafından gerçekleştirilen işlevlerin ayrılmasıyla yakından ilgilidir. Kayış halkaları, helezon ve pnömomatik yaylar, hidrolik amortisörler, bilyeli mafsallar, kauçuk burçlar ve bağlantılar, kremayer ve pinyonlu hidrolik direksiyon, hidrolik dört tekerlek frenleri, disk frenler, ayırık, ilk şasi geliştirilmenin en önemli buluşlarıdır. Yüzyıl direksiyon ve yay fonksiyonları, bağımsız süspansiyonlar, çok bağlantılı süspansiyonlar, dört tekerlekten çekiş ve elektronik sistemler gibi gelişmeler yaşanmıştır.

#### 1.4. Direksiyon Sistemi Tarihi

Direksiyon sisteminin kökleri, İngiliz Walter Hancock'un 1800'lerin başında ortaya çıkan buharla çalışan arabasına dayanmaktadır. Halat direksiyonun kullanılmaya başlanmasından sonra, vitesli direksiyona sahip ilk araç, Amedee Bollee'nin 1878 buharla çalışan arabası La Mancelle idi. Kremayer ve pinyon arasındaki dişli oranı, tekerlekleri hareket ettirmek için gereken kuvveti azaltmayı mümkün kıldı. Ancak bu aynı zamanda tekerleklerin dönüş açısını aynı tutmak için direksiyon simidinin daha fazla döndürülmesi gerektiği anlamına da geliyordu. Amerikalı L. Megy, parmak eklemi işlevini, bugün en yaygın olarak kullanılan direksiyon sisteminin icat edildiği 1902'de direksiyon rafına entegre etti. Sürüklenme sisteminin zayıf performansı nedeniyle, Henry Marles (1913) sonsuz silindir veya Bishop solucan ve pim (1923 Ross kontrolü olarak da bilinir) lehine büyük ölçüde ihmal edildi. Sonsuz ve avara çarkın yüksek sürtünmesi, 1930'larda Saginaw Direksiyon Bölümü'nün sonsuz ve bilyalı somun direksiyonuyla büyük ölçüde azaltıldı. Bilyalı direksiyon sistemi 1960'lara kadar standarttı ve 1990'lara kadar Mercedes tarafından kullanıldı. Hidrolik direksiyon, 1951'de Amerika Birleşik Devletleri'nde önce Chrysler ve ardından General Motors tarafından tanıtıldı. Geliştirilmiş malzemeler, daha iyi işleme süreçleri ve büyük ölçüde azaltılmış üretim maliyetleri ile birlikte hidrolik direksiyonun piyasaya sürülmesi, binek otomobillerde döner bilyeli direksiyonun tamamen yerini alan kremayer ve pinyon şanzımanlarla sonuçlandı. Arkadan çekişli bir araç, önden çekişli bir araçtan daha manevra kabiliyetine sahip olsa da ön tekerlekler, arkadan çekişli bir aracın herhangi bir araçtan daha iyi olacağı basit gerçeği nedeniyle, yol tutuşunu birincil olarak koruduğuna hâkim olmak için yüksek hızlara test edildi.

Servo direksiyon sistemlerinin geçmişine bakıldığında, ilk servo direksiyon ünitesi 1920'lerin ortalarında Francis W. Davis tarafından icat edildi, ancak 1951'e kadar binek otomobillerde kullanılmaya başlandı. Bu sistem, top ve somun tipindeydi ve daha yüksek direksiyon kuvvetlerine sahip araçlarda, tipik olarak daha büyük kamyonlarda hala kullanılıyor. Bugün kullanılan baskın sistem, 1960'ların sonlarında orta performanslı spor arabalarda tanıtılan kremayer ve pinyon tipindedir. Bugün piyasada binek otomobiller için birkaç farklı hidrolik destekli direksiyon çözümü bulunmaktadır. Amerikalı üreticiler bu teknolojiyi 1950'lerin ortalarından beri bir seçenek veya standart donanım olarak sunsalar da artan araç ağırlığı, düşük montaj hattı üretim maliyetleri ve daha geniş lastiklerin piyasaya sürülmesi devam edildi (Rösth, 2006).

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Wu ve Cai (2008) Gelişmiş sanal cihaz geliştirme platformu LabVIEW 'in hidrolik test tezgâhı ve sensörler ile uygulanması, LabVIEW tabanlı bir hidrolik izleme sistemi geliştirdi. Sistemin donanım ve yazılım tasarımını tanıttı ve hidrolik sistemdeki basınç, akı, sıcaklık, yer değiştirme, hız ve ivme ölçümlerini ve gösterimlerini ve sistem arızalarının alarmını, ölçüm parametrelerinin depolama, yazdırma ve değerlendirme fonksiyonlarını gerçekleştirdiler. Hidrolik izleme sisteminde kullanılan sanal enstrüman teknolojisinin yalnızca izleme sisteminin donanım tasarımını basitleştirmeyeceğini, izlemenin güvenilirliğini artırmayacağını, aynı zamanda veri işleme ve sonuçların analizinde daha esnek olacağını ve etkili izleme gerçekleştirebileceğini gösterdiğine varmışlardır. Hidrolik sistem ve sistem arızalarının oluşumunu azaltmak ve sistemlerin normal çalışmasını sağlamak. LabVIEW tabanlı hidrolik izleme sistemi, hidrolik izlemede kullanılan LabVIEW' in hidrolik izleme sisteminin geliştirilmesinde çok iyi bir yön ve sanal enstrüman teknolojisi diğer mekanik izleme sistemlerine de uygulanabilirliğini, bilgisayar teknolojisi ve kontrol teknolojisinin geliştirilmesiyle, yurtiçi ve uluslararası hidrolik izleme sisteminin işlevi ve otomasyon derecesi büyük ölçüde iyileştirdiğini, ithalat izleme sistemi ve yerli üretim ve yerli hidrolik izleme cihazlarının ihtiyaçlarını tam olarak çoğu PLC tabanlı kontrol ve doğruluk sağladıklarını kanaatine varmışlardır.

Wang ve ark. (2009), bir diagnostik aracı tasarlamış ve geliştirmişlerdir. KWP2000 protokolüne göre, özel bir iletişim modülü geliştirilmiş ve geliştirilen bu modül aracılığıyla kişisel bilgisayar ile elektronik kontrol ünitesi arasındaki fiziksel bağlantı sağlanmış ve bu şekilde senkron bir çalışma gerçekleştirmiştir. Yazılım tasarımı, servis rehberlik önerileri (gss) ve temel işlev fonksiyon modüllerini içerip gss fonksiyon modülü ile sıkıştırma testi, yakıt kesme testi, çalıştırma testi, yakıt kaçağı testi, elektrik sistemi testi ve yüksek basınç testi olmak üzere altı adet planlanmış akıllı test yapılabilmektedir. Bu alınan test sonuçları ile motor ve enjeksiyon sistemi hataları araştırmışlardır. Temel fonksiyon modülü ile iletişim, diagnostik sorun kodu (dtc) yönetimi, ölçme ve veri programlama fonksiyonlarını gerçekleştirmişlerdir. Tüm bu modülleri, Visual C ve LabVIEW dilleri ile tasarlamışlardır. Bu sistemi motora uygulamışlar ve yapılan tüm testlerin sonucunda doğru ve hızlı veri iletişimi sağladığını görmüşlerdir.

Guo ve Nie (2009) yaptıkları çalışmada oransal valfin LabVIEW tabanlı otomatik test sisteminin donanım ve tasarımını incelemişlerdir. Hidrolik test sisteminin sensörler



tarafından ölçülen akış ve basınç sinyalleri, sinyal işleme devresi tarafından yönetildikten sonra veri toplama kartı aracılığıyla bilgisayar ortamına almışlardır. Bilgisayar bu sinyal verilerini analiz ederek işler ve ardından hidrolik kontrol bileşenlerini kontrol edebilen programlanabilir kontrolöre kontrol emirleri gönderir. Hidrolik sistemde doğrusal olmama, parametre değişimi, harici yük bozulması ve çapraz girişim evrensel olarak mevcut olacağından, geleneksel test teknolojisi beklenen test etkisini elde etmek için yeterli görülmemiştir. LabVIEW test platformunda oransal valf performans testleri, bu test yönteminin uygulanabilirliği ve geçerliliği nihayet deney yoluyla doğrulamıştır. LabVIEW platformunun gelişmiş tekniğe, kayda değer faydaya, çok iyi uygulama değerine ve daha fazla araştırma değerine sahip olduğunu göstermiş olup verileri analiz edebilirliği kolaylaştığını görmüşlerdir.

Chen ve Yan (2011) sanal aletler teknolojisi kullanarak hidrolik test sistemi geliştirmişlerdir. Bu test sisteminde veri toplama veri toplama, gerçek zamanlı görüntüleme, çıktı konfigürasyonu, basınç ayarı, test verilerini kaydetme ve rapor oluşturma işlevini LabVIEW tabanlı yazılımla gerçekleştirmişlerdir. LabVIEW programının donanım tasarımının gerçekleşmesinde kolaylık sağladığını, sistem güvenilirliğini artırmayacağını, aynı zamanda veri analizini ve muhakemeyi daha akıllı hale getireceğini tespit etmişlerdir.

Feng ve ark. (2011), bir motor test ünitesi için LABVIEW programında tasarlanan arayüz ile kontrolü sağlanan bir sistem geliştirmişlerdir. Sistem donanım olarak motor kontrol ünitesi (ECU), DAQ kart, bilgisayar ve bazı ilave elektronik devrelerden oluşmakta ve yapmış oldukları sistem temel olarak üç fonksiyonu test etmektedir. Bunlar; ateşleme kontrolü, step motor kontrolü ve gaz keleşi konumu kontrolüdür. Tasarlanan bu sistem sayesinde yapılan motor deneyleri sonucunda elde edilen veriler daha güvenilir ve hassas olmuştur.

Koç (2012), bir benzin motorunun bağlı olduğu motor test düzeneğinin geliştirilerek bilgisayar kontrollü hale getirilmesini amaçlamıştır. Bu amaçla veri toplama ve kontrol işlemleri LabVIEW arayüzü sayesinde bütünleştirilmiştir. Ayrıca LabVIEW, elde edilen verilerin görselleştirilmesinde ve analizinde çok büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Geliştirilen sistem ile motor performans parametreleri gerçek zamanlı olarak bilgisayar ekranında izlenebilmekte ve analiz edilebilmektedir. Bu şekilde daha kısa zamanda ve hassas bir şekilde deneylerin gerçekleştirilmesi sağlanmıştır.

Dias ve ark. (2013) servo hidrolik kontrol literatüründe bulunan tribolojik, modelleme ve kontrol tekniklerinden incelemişlerdir. Özellikle, servo hidrolik yorulma

test cihazı tasarımı ve kontrolü için bir dizi model ve araçlar sağlanmaktadır. Çalışmalarında test makineleri için dinamik modelleri ve ardından ilgili analiz tekniklerinin tartışılması ve ardından literatürde bildirilen hidrolik kontrol yöntemlerinin irdelemeyi amaçlamışlardır. Yorulma testinde kullanım için bir bilgisayar sisteminin nasıl tasarlanacağını ve uygulanacağını açıklamak veri toplama ile ilgili hesaplama sorunlarıyla yorulma testi, testte yer alan ana değişkenlerle kısaca servo hidrolik sistemlerin yorulma deneylerinde çokça kullanıldığı ve kontrol hassasiyeti ve birçok farklı programlama tekniğiyle kontrol edilebildi anlaşılmıştır.

Karthik ve ark. (2014) havacılık ve uzay endüstrisinde LabVIEW grafiksel test yazılımı platformunu kullanarak elektro hidrolik uçak aktüatörünün kalifikasyon ve sertifikalandırma testlerini gerçekleştirmek için bir dayanıklılık otomatik test sisteminin kapsamlı tasarımını ve geliştirmesini amaçlamışlardır. Bu yöntemin amacı, uçak aktüatörleri için dayanıklılık testini gerçekleştirmeye yönelik zaman alıcı geleneksel yöntemin yerini almaktır. Dayanıklılık test sisteminin test sistemi mimarisi ve çeşitli dayanıklılık testi spektrum profillerinin test ortamında nasıl test edildiği ve fizik ve mekanik tabanlı modelleri doğrulamak için ilgili test verilerinin nasıl toplandığı hakkında ayrıntılı bir çalışma yapılmıştır. Otomatik test sistemi kullanılarak yapılan dayanıklılık testlerinin test sonuçları sonucunda, dayanıklılık testinin yürütülmesini otomatikleştirmek için sanal enstrümantasyon teknolojisinin kullanılabilceğini yüksek performans ve üretkenlik için uçak elektro hidrolik aktüatörünü otomatik test sistemi, geleneksel test sisteminin kusurlarının üstesinden gelerek, test donanımı tasarım mimarisini basitleştir kalifikasyon test sisteminin doğruluğunu, tutarlılığını ve hatayı geliştirmişlerdir.

Kaya (2017), Tasarlanan dört serbestlik derecesine sahip robot kolunun kontrolü gerçek zamanlı olarak bilgisayar ile gerçekleştirilmiştir. Robot kolu üzerine yerleştirilen kamera ile robot çalışma alanı izlenmektedir. LabVIEW programında görüntü işleme ile analiz yapılmakta, daha önceden tanımlanan objeler tespit edildiği takdirde konumları belirlenmektedir. Konum verileri beş eksenli robot kolunun ters kinematik denklem ile servo motorların cisme ulaşması için gereken açıların hesaplanması amacıyla kullanılmıştır. Tüm bu hesaplama işlemleri LabVIEW grafiksel programlama ortamında hazırlanan yazılım ile bilgisayarda gerçek zamanlı olarak gerçekleştirilmektedir. Ayrıca robot kolunun manuel olarak motor açıları ile kontrol edilmesi mümkündür.

Waterkemper ve ark. (2018) geliştirdikleri hidrolik test sistemin mekanik davranışlarını kullandıkları sıcaklık ve basınç sensörleri sayesinde incelemişlerdir. Veri

toplamak için NI firmasının geliştirmiş olduğu data toplama kartları sayesinde LabVIEW programına entegre etmişlerdir. Hidrolik sistemin çalışırken karşılaştığı aşırı ısınma ve basınç kayıpları nedeniyle oluşturmuş oldukları program sayesinde bu durumun önüne geçmişlerdir. Hidrolik sistemlerde olduğu kadar otomasyon sisteminde de son derece önemli olacağını görerek ve akademisyenlerin çalışma koşullarında hidrolik pompaların davranışı hakkında daha eleştirel bir görüşe sahip olmalarını sağladığı düşünülmüşlerdir.

Xuan ve Wang (2018) yalıtkan yorulma testi için hidrolik tahrikli yorulma test makinesi geliştirilmişlerdir. Statik ve dinamik gerilim kuvveti oluşturmak için servo valf ve oransal tahliye valfi tarafından kontrol edilen özel bir kompozit silindir tasarlayarak yüksek hassasiyetli kontrol performansı elde etmek için yük hızı geri bildirimini önerilmiştir. İzolatörler için yapılan test sisteminde titreşimleri simüle etmek için hidrolik yorulma test düzeneği kurmuşlardır. Daha sonra elektro hidrolik alt sistemlerin modelleri analiz edip dinamik çekme kuvveti sisteminin gerçek ihtiyaçları için, parametre belirsizliği ve servo valf basınç dinamiğinin yüksek bant genişliği, akış tipi servo valfin bant genişliğinin mümkün olduğu kadar iyileştirilmesine ihtiyaç olduğuna varılmıştır. İzolatörün yorulma deneylerinde birden fazla yükleme kanalı, 150KN maksimum statik germe kuvveti, 20KN maksimum dinamik germe kuvveti, 0,5KN ile yüksek performans elde edilerek hassasiyet, burulma açısı, 100Hz maksimum titreşim frekansı, 72 saat tutarlı ölçüm süresi uygulamışlardır.

Zhang ve ark. (2019) araç şanzımanının yağ besleme sisteminin özelliklerini ve yasalarını incelemek için LabVIEW yazılımı ile yükü simüle etme yöntemi kullanılarak araç entegre şanzımanının yağ besleme sisteminin bir test platformu oluşturulmuşlardır. Çalışmalarında vites değiştirme alt sistemi, direksiyon alt sistemi ve yağlama alt sisteminin yağ besleme karakteristikleri analiz edilmiş ve yağ besleme sisteminin farklı çalışma koşullarındaki akış ve basınç değişimleri deneylerle doğrulanmıştır. Test sistemi, yağ besleme sisteminin özelliklerini ve yasalarını analiz etmek için kullanılmıştır. Değişken yük koşulları altında test sistemi, değişen yük akış eğrisini, p3 pompasının yağlama yüküne sağladığı akış eğrisini ve sabit basınç valfinin akış eğrisini elde ettiler. Testin süreci ve sonucu, test sisteminin kullanımının basit, çok yönlü ve ölçeklenebilir, verilerde güvenilir ve ölçüm doğruluğunda yüksek olduğunu LabVIEW tabanlı yöntemle tamamlamışlardır.

Korgin ve ark. (2019) yaptıkları çalışmada yapı testi için hidrolik test sistemi kurarak LabVIEW programının sunmuş olduğu kolaylık sayesinde bir test platformu geliştirmişlerdir. LabVIEW grafik programlama sistemi yalnızca sensör okumalarını hızlı

bir şekilde elde etmeyi değil, aynı zamanda ek işlemler gerçekleştirmeyi de sağladığını gerinim ölçerin okumalarını alan ve bunları bir dosyaya yazan bir program örneğini kullanarak excel ve visual basic'in birlikte kullanımı, RVSPA-50000 ve RVS 5000 rezervuar modellerinin statik ve dinamik testlerinde (dinamik darbe testleri) ve alüminyum alaşımlı yaya köprüsünün statik testlerinde başarıyla test edilmiştir.

Radoi ve ark. (2020) dijitalleşmeye ve akıllı hidrolik ekipman ve sistemlere geçişe odaklanan hidrolik alanındaki bazı modernizasyon yönlerinden bahsediyorlar. Endüstri 4.0 ile hidrolik ekipmanlarda yapay zekâ ve tahmin algoritmaları ile hidrolik ekipmanların daha akıllı hale olabileceğini düşünmüşlerdir. Yaptıkları çalışmada LabVIEW ortamında yazılmış olan program sayesinde yön valflerinin selenoid valflerin bir kuvvet diyagramına göre kontrol eden programlanabilir bir mantık denetleyicisi PLC kullanmışlardır. Bu nedenle hidrolik çalışmalarda ekonomiye ve dijitalleşmeye yön verecek tasarım gerçekleştirmişlerdir.

Pelin ve Tita (2020) yatay eksenli bir rüzgâr türbininin hatve kontrolü için kullanılan hidrolik sistem için bir denetleyicinin elemanlarını analiz etmek ve geliştirmişlerdir. Sistemin bazı öğeleri, LabVIEW programının sunduğu olasılık nedeniyle sanal öğeler ve araçlar olarak kullanarak bu unsurlar, deneysel model gerçekleştirilmeden önce analiz edilebilir ve geliştirilebilir ve nihai olarak oldukları gibi, deneysel ekipmanın bir parçası olarak kullanılabilir olduğunu ve gelecekteki çalışmalar, hidrolik sistem dinamiklerini simüle etmek için kullanılan matlab ortamının, izlenmesi ve kontrolü için kullanılan LabVIEW ortamı ile entegre ederek PID denetleyicisindeki integral zaman ve türev zamanının varyasyonları dikkate alınacak ve bunların eğitim kontrol sisteminin belirli durumu üzerindeki etkileri analiz etmişlerdir.

Hao ve Zhang (2020) yaptıkları çalışmada LabVIEW tabanlı akış ölçüm sistemini tasarlayarak, diferansiyel basınç sensörüne dayalı donanım temeli, veri toplama kartı, seri bağlantı noktası iletişimi kurma, akış ölçüm sistemi yazılımının tasarımı modüler konsepti içeriyor. Sensör ve veri toplama kartının donanımına dayalı olarak, akış ölçüm sistemini tasarlamak için seri iletişim programı ile birleştirilerek, toplanan veriler ve aktarılacak veri toplama kartı aracılığıyla trafik elde edilmesi programda, hidrolik dengeyi hesaplamak için akışa göre işledikten sonra trafiği dengesizlik oranı ve hidrolik denge derecesine göre boru hattı sistemi hidrolik dengeleyerek son durumda, gerçek test analizi yoluyla, pratik uygulamanın sonuçlandırılması için akış ölçüm sisteminin, yalnızca boru akışı ölçümü ve denge durumu değerlendirmesi için kullanılabilmesi ve ayrıca doğruluk konusunda belirli bir güvenliğe sahip olduğu sonucuna varılmışlardır.

Akış ölçüm sistemi için test doğrulaması, yalnızca akış sayısal gösterimini doğru yapmakla kalmadığını, aynı zamanda ölçüm doğruluğunu da karşılayabilir olduğunu, bu nedenle akış ölçüm sistemi pratik olarak uygulanabilir, özellikle gömülü boru akışı gibi bazı durumlarda ölçülmesi ve boru hattı sisteminin hidrolik dengesinin dengesizlik oranı ve hidrolik denge durumunun derecesi ile değerlendirilebilir olduğunu tespit etmişlerdir.

Fergus ve ark. (2021) havacılık ve uzay endüstrisi, kanatlar gibi kompozit yapıları yorulma testi için geleneksel hidrolik sistem geliştirmeyi hedeflemişlerdir. Gelgitsel kanatlarının sertifikasyonunda kaliteden, kontrolden veya güvenden ödün vermeden yüksek akış hızlarında yükleme döngüleri arasında enerji geri kazanımı sağlamak için bir hidrolik sistemi kullanıyor. Çalışmalarında gelgitsel kanatlarının hızlı ve sağlam yorulma testini mümkün kılmak için tasarlanmış enstrümantasyon ve tesis ekipmanı seçimi yapmışlardır. Test edilen numunelerin ölçeği nedeniyle (16 m uzunluğa kadar), tüm sensörlerin, tetiklenen sistemlerin ve veri toplama donanımının dağılımı ve senkronizasyonu dikkatli bir şekilde ele alınarak donanımı gerekli senkronizasyon, dağıtım, veri toplama, kontrol ve kalibrasyon entegrasyonunu elde etmek için, dağıtılmış DAQ modülleri kullanmışlardır. Ayrıca sistem kontrolü için LabVIEW tabanlı programlamadan yararlanarak yapısal yorulma testinde bir adım değişikliği sağlayan, ultra verimli rejeneratif hidroliğe sahip dünyanın ilk test tesisini kurmuşlardır.

Xu ve ark. (2021) çalışmalarında, hidrolik paletli pompa test tezgahını örnek olarak alarak gereksinimleri karşılayabilecek C/S çerçevesine dayalı bir dizi hidrolik otomatik ölçüm ve kontrol sistemi oluşturuldular. LabVIEW tabanlı olarak geliştirdikleri, sunucu FTP protokolü ve MYSQL veri tabanına dayalı olarak oluşturulmuştur ve test tezgâhı, yerel alan ağı aracılığıyla işletmenin dahili üretim yönetim sistemine başarılı bir şekilde bağlanarak entegrasyonu gerçekleştirmektedir. Aynı zamanda, test süresini kısaltmak ve sistem aşımını azaltmak için hızlanma ve yükleme aşamalarında PID kapalı döngü kontrol stratejisi geliştirdiler. Test verileri yönetiminin maliyetini etkili bir şekilde azaltarak ve manuel çalıştırma zorluğunu ve öğrenme maliyetini düşürdüğünü ön gördüler. Test talebinin basınç/akış hızı gibi parametreler, test süresini etkili bir şekilde kısaltan PID tarafından otomatik olarak ayarlanıp tasarlanan ve geliştirilen otomatik test sisteminin test ve yönetim verimliliğini büyük ölçüde iyileştirdiğini ve beklenen sonuçlara ulaştığını göstermek istediler.

Long ve ark. (2021) çalışmalarında, rüzgâr türbini kanatlarının üzerinde yorulma yükleme deneyleri gerçekleştirmek için hidrolik silindirin itme kuvvetini kullanan, önceki hidrolik yükleme sistemini iyileştiren ve uygulayan, hidrolik aktüatörle çalışan bir rüzgâr

türbini kanadı yorulma yükleme cihazı tasarlamışlardır. Sistem PLC tarafından kontrol edilerek ve sistemin alt bilgisayar denetleyicisi olarak Siemens S7-200 donanımı kullanmışlardır. LabVIEW tabanlı olarak geliştirilen hidrolik kontrol ve izleme sistemi, esas olarak sistemin başlatma ve durdurma işlevini, hız kontrol işlevini, çalışma durumu görüntüleme işlevini, veri toplama işlevini ve sistem izleme işlevini izlenen verilerin temel olarak sistem basıncı, sıcaklık ve hidrolik silindir mesafe kontrolünü sağladılar.

Stawiński ve ark. (2022) hidrolik sistemde bulunan yağın performansını incelemişlerdir. Hidrolik yağın farklı sıcaklıklarında, değişken hız ve basınç koşullarında pompanın hacimsel verimindeki değişimleri çalışma şartlarını belirlemektedir. Test, bir servo motor tarafından kontrol edilen bir hidrolik sabit deplasmanlı dişli pompaya sahip bir deney gerçekleştirip LabVIEW programıyla işlenen sensörlerden gelen sinyallere dayanarak, hidrolik pompanın çalışma haritaları geniş bir hız ve sıcaklık aralığındaki çalışmasına bakılmıştır. Çalışma sonunda LabVIEW ile tasarlanan veri toplama sisteminde hidrolik sistemin verimliliği belirlenmiş ve motorun en verimli olduğu sıcaklık değerleri tespit edilmiştir.

Li ve ark. (2022) biçerdöver hidrolik sisteminin çalışma prensibi analiz edilerek, biçerdöver hidrolik sisteminin matematiksel modeli oluşturulmuşlardır. Biçerdöverin hidrolik sisteminin arıza teşhisi için bir simülasyon modeli oluşturup besleme miktarını simüle etmek için yük sinyali ve simülasyon testi gerçekleştirdiler. Simülasyon analiz sonuçlarına göre her bir izleme noktasının en iyi konumu belirlenmiştir. Biçerdöver hidrolik aktüatörlerinin canlı izleme sistemi, bir biçerdöverin ana çalışma parçalarının çalışma parametrelerini gerçek zamanlı olarak toplayıp görüntüleyebilen ve kullanıcıyı hatalı çalışma koşulları konusunda uyarabilen LabVIEW kullanılarak tasarlanmıştır. Saha deneyi sonuçları, izleme sisteminin işlevinin ve hassasiyetinin, biçerdöverlerin saha çalışma durumu izleme gereksinimlerini tamamen karşıladığını ve arıza alarminin doğruluk oranı %96,5'tir ve arıza alarminin otomatik teşhis süresi 1 dakika 18 saniyeden az olup, bu da biçerdöverin çalışma verimliliğini büyük ölçüde artırdığına varmışlardır.

### 3. TEMEL BİLGİLER

Direksiyon ve süspansiyon sisteminde kullanılan rot takımları araç üzerindeki çalışma şartlarını en uygun şekilde simüle edebilecek sistemin tasarımı ve tasarım sırasında uygulanacak olan test değerlerini karşılamak için hidrolik silindir sayesinde yorulma ve ömür testi uygulanması gerekmektedir. Bu bölümde test sisteminde kullanılacak olan materyal ve yöntemler ilgili temel konular incelenecektir.

#### 3.1. Donanım

Sensörlerden toplanan ham verilerin işlenmeden önce toplandığı ve kontrolcü ile arasında arabirim görevi gören sistemlere verilen genel isimdir.

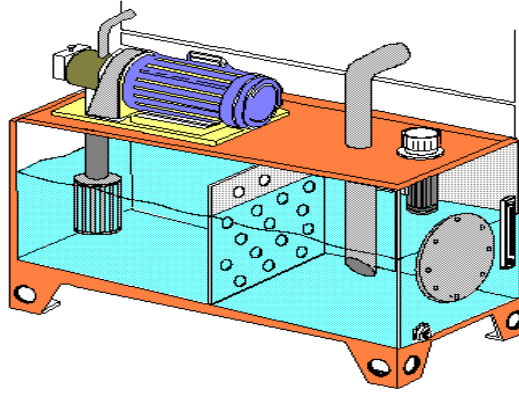
##### 3.1.1. Hidrolik Sistem ve Bileşenleri

Hidrolik basınç altındaki akışkanın, mekaniksel olarak özelliklerini, davranışlarını, kuvvet kontrolünde kullanılmasını, akışkan sıvının pozisyon ve kontrolünü inceleyen sistemlerde genellikle hidrolik sistemler kullanılır. Sıvılar sıkıştırılmaz olarak kabul görürken, hava ise sıkıştırılabilir bir akışkan olarak nitelendirilir. Hidrolikte, sıvıların sıkıştırılmama nedeniyle güçlü çalışma kuvvetleri rahatça sağlanarak büyük güç isteyen işler için ihtiyaç duyulan yüksek kuvvetler de elde edilmiş olur. Hidrolik sistemler yüksek kuvvetlere ihtiyaç duyulan bu nedenle hassas pozisyonlama gereken uygulamalar için çok kullanışlılardır. Böylece çalışan sistem için tespit edilen hız ve kuvvetler de ve daha hassas olarak düzenlenebilir (Üçüncü, 2016).

Hidrolik sistemde kullanılan sistem bileşenleri; tank, hidrolik yağ, pompa, filtre, valf, akümülatör, sızdırmazlık elemanı parçalarından oluşur.

##### **Tank**

Hidrolik yağın depolandığı malzeme olarak çelik ve dökümden yapılarak üretilen hidrolik sistemin temel parçasıdır. Tasarlanan tank hidrolik yağın ısınma problemi için çözüm üreterek tank deposunun alt tarafı hava akımının oluşturacak şekilde tasarlanmalıdır. Hidrolik yağ sistemde dolaşımını tamamladıktan sonra tank içerisinde metal parçalar, pislik gibi istenmeyen durumlarda sistemden ayırması gerekmektedir. Hidrolik tankın kapasitesi sistemin ihtiyaç duyduğu yağ miktarı ve aktarma miktarına uygun şekilde belirlenmelidir. Şekil 3,1' de hidrolik tank ve içyapısı gösterilmektedir (Üçüncü, 2016).



Şekil 3.1. Hidrolik tank ve iç yapısı (MEB, 2011)

### **Hidrolik Yağ**

Hidrolik yağın ana görevi pompa tarafından oluşturulan basıncı sistemde kullanılan bütün ekipmanlara dağılmaktır. Ayrıca sistemde kullanılan parçaları da yağlayarak devre elemanlarını korumuş olur. Hidrolik yağın oksitlenmesine, yağın viskozitesinin artmasına ve içinde oksidasyon ürünlerinin birikmesine, hidrolik sistemin çalıştırılması için enerji tüketiminin artmasına neden olur. Yağın sürekli çalışması için bir koşul, ünitelerin toza ve neme karşı güvenilir bir şekilde korunmasıdır. Yağda yol tozu bulunması, yağın aşınma önleyici özelliklerinde bir azalmaya yol açar ve bu, en etkili katkı maddeleriyle telafi edilemez. Hidrolik yağların kalitesi, hidrolik makinelerinin güvenilirliğini önemli ölçüde etkiler (MEB, 2011).

### **Pompa**

Tank içerisinde bulunan yağın istenilen basınçlarda ve debilerde sisteme ulaştıran devre elemanıdır. Pompa dönüş hareketini elektrik motorundan almaktadır bu sayede mekanik enerjiyi hidrolik harekete dönüştürür. Pompa sabit veya değişken debili olarak imal edilirler. Pompalarda en iyi verimi almak için uygun viskozitede yağ kullanmak gerekir. Pompa seçiminde çalışma basıncı, güç, montaj ve bakım kolaylığı gibi faktörler göz önünde bulundurulmalıdır (Üçüncü, 2016). Şekli 3.2’de pompa yapısı gösterilmektedir.

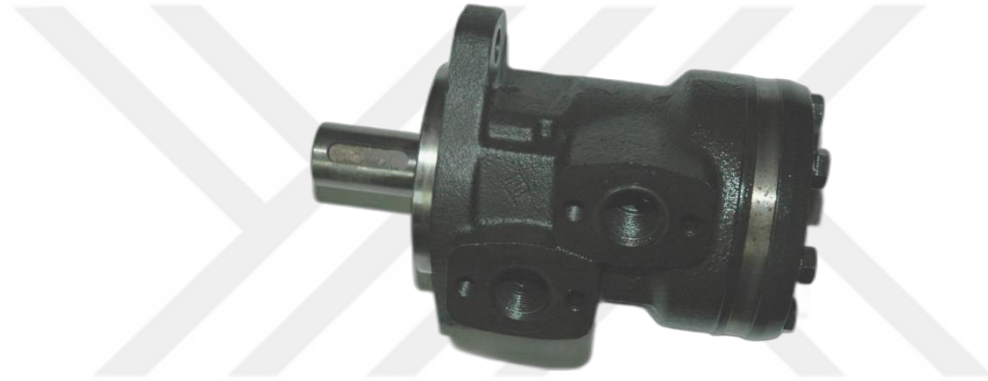


Şekil 3.2. Pompa (Üçüncü, 2016)



### **Motor**

Hidrolik sistemde basınçlı yağın hidrolik enerjisini dairesel harekete dönüştürmek için kullanılan devre elemanlarına hidrolik motorlar adı verilmektedir. Hidrolik motorlarla yüksek basınçtaki akışkanları kullanarak büyük döndürme kuvveti sağlarlar. Hidrolik motorlar; büyük iş gücü gerektiren daha çok dairesel hareketin gerektiği iş makinalarında, takım tezgahlarında gibi yerlerde kullanılır. Hidrolik motorlarla kademesiz devir ayarı yapılabilir. Hidrolik motorlarda devir ayarı, motora giren sıvının miktarına bağlıdır. Hidrolik motora ulaşan sıvı oranı ne kadar artarsa motorun devri de aynı oranda yükselir. Hidrolik motorlarda devir yönü değiştirmek istenirse devir yönü değiştirme valfleri kullanılır. Üç farklı hidrolik motor bulunur bunlar sırasıyla; dişli, paletli, pistonludur (Üçüncü, 2016). Şekil 3.3'te hidrolik motora yer verilmiştir.



Şekil 3.3. Hidrolik motor (Üçüncü, 2016)

### **Filtreler**

Hidrolik sistemde bulunan devre elemanlarını mekanik aşınmalardan dolayı ve akışkanın temiz kalmasını sağlar. Kirlilik boru, hortum gibi elemanları veya sızdırmazlık elemanlarının çalışmamasına sebebiyet verebilir. Mikron cinsinden filtre seçimi yapılır, belirli aralıklarla temizlenmesi veya değiştirilmesi gerekir (Çınar, 2013). Şekil 3.4'te kullanılan filtre tipi verilmiştir.



Şekil 3.4. Filtre (Çınar, 2013)

### **Hortumlar**

Hidrolik sistemde tank içerisinde bulunan sıvıyı devre elemanlarına taşıyan, alıcılardan sonra tekrar tank içerisine aktaran yapıdır. Ayrıca devre elemanlarını da birbirine bağlanmasın için kullanılır. Hortumların geniş esneme imkanları olduğu için sistem basıncının aralıklarla değiştiği, titreşimli ve sıcaklık farkının yüksek olduğu durumlarda görev alırlar. Şekil 3.5'te hortum farklı tipte hortumlar gösterilmektedir.



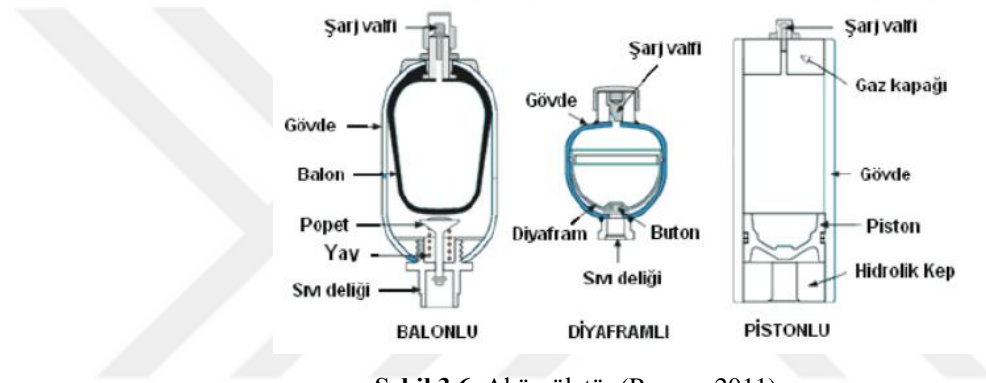
Şekil 3.5. Hortum

### **Basıncı Emniyet Valfi**

Emniyet valfleri sistem basıncını belirlenen seviyede tutmak için kullanılan devre elemanıdır. Sistemde oluşan ani basınç artışlarını ayarlanmış olan basınç değerinin üzerine çıkınca akışkanı kendi üzerinden tanka tekrar aktarır. Basınç emniyet valfleri sistemde, talep edilen maksimum basınca ayarlanır. Emniyet valfi ikiye ayrılır direkt uyarılı ve pilot uyarılı olarak. Direkt uyarılı valf, akışkanın sıvının basıncını ilk olarak belirlenen değerlerde tutmak ve aşırı basınç yükselmelerinden devre elemanlarını korumak için kullanılırlar. Genellikle basınç hattında bulunurlar. Basıncı ayarlanan akışkanın fazlasını tanka geri boşaltır. Bu valfler normalde kapalı pozisyonda olup hidrolik akışkanın basıncına göre açılırlar. Pilot uyarılı valf ise emniyet valfi ve uyarı valfi olmak üzere iki parçadan oluşur. Pilot valfi yüksek basınçta sıvının geçmesine izin verir. Ana emniyet valfi ise düşük basınçta yüksek debili akışkanın geçmesine izin verir. Böylece bu iki valf birleştirilerek yüksek basınçta yüksek debili akışkanın erken açma yapmadan ve ayarlanan basıncın üzerine çıkmadan geçmesini sağlar. Hidrolik istemin en önemli parçalarından biri olan basınç emniyet valfleri kontrol açısından ve risk olarak da kullanılması gerekir. Emniyetinin yanında ani yüklenmelerde devre elemanlarını da korumuş olur (Çınar, 2013).

## Akümülatör

Akümülatör, pompadan tarafından gelen yağı depolayarak sistemde oluşan basınç kayıplarını dengede tutar. Olası pompanın arızası veya çalışmaması durumunda sisteme belirli bir süre basınç sağlarlar. Sistemde oluşan sıvı kaçaqları sebebiyle oluşan basınç düşmesi ve sıvı eksilmelerini dengeler. Ayrıca akümülatörler yüksek oranda debi ihtiyacı olan durumlarda da kullanılabilirler. Şekil 3.6'da piyasada kullanılan üç tipte akümülatörler gösterilmiştir. Akümülatörlerin başka bir kullanım amacı da acil durum uygulamalarıdır, sistemde ortaya çıkabilecek güvenlik durumlarda akümülatör yardımı ile yapılacak olan işlem çok hızlı durdurularak hasar önlenir ya da güç kesintisi durumlarında hidrolik akümülatör devreye girerek yüklerin sıfır konumuna indirilmesine yardımcı olabilir. (Çınar, 2013).



Şekil 3.6. Akümülatör (Pancar, 2011)

## Soğutucu

Hidrolik sistemde akışkanın dolaşımı sırasında yüksek güç nedeniyle ısılar meydana gelebilir. Meydana çıkan yüksek ısı devre elemanlarının zamanla işlevlerinin kaybolmasına neden olabilir bu sebeple kullanılan yağı soğutmak için soğutucular kullanılır. Genellikle iki farklı soğutucu tipi kullanılır bunlardan ilki fanlı tip soğutucu ikinci ise sulu tip soğutucu olarak kullanılır. Şekil 3.7'de soğutucu tipleri görünmektedir (Üçüncü, 2016).



Fanlı

Sulu

Şekil 3.7. Soğutucu

## **Valfler**

Hidrolik akışkanın yönünü ve akışkanın debisini belirleyen hidrolik devre elamanına denir. Endüstriyel hidrolik çalışmalarında valfler birbirlerine direkt olarak bağlanmazlar bunun yerine valf adaları, metal takozlar yardımıyla oluşturulmaktadır. Hidrolik valfler çeşitli boyutlarda ve birden çok uluslararası standarda göre mevcuttur. Hidrolik valfler birçok farklı montaj stiliyle mevcuttur, örneğin boru hatlarına montaj, kartuş valfler gibi dişli bağlantı, alt plaka montajı veya flanşlı montaj çeşitleri gibi. Hidrolik valfler üç ana kategoriye ayrılır: yön kontrol valfleri, basınç kontrol valfleri ve akış kontrol valfleri. Yön kontrol valfleri, bir devre veya sistemdeki hidrolik sıvıyı gerektiğinde çeşitli cihazlara yönlendirmek için kullanılır. Örneğin, bir hidrolik silindiri kontrol etmek için ileri, geri çekme veya boş konum gibi farklı konumlar arasında geçiş yaptırır. Ayrıca, bir silindirin hızını, yönünü veya ivmesini kontrol etmek için kullanılacakları ara durumlara geçebilirler. Birçok hidrolik yön kontrol valfinden, valf gövdesindeki makaranın konumuna bağlı olarak sıvının açık portlardan akmasına izin veren geçişler arasında kayan makaralar kullanılır. Valften, istenen port kontrolünü gerçekleştirmek için tekli veya çoklu makaralar kullanılabilir. Bu valflerdeki diğer akış kontrol elemanları, pistonlar veya popetler olabilir. Daha karmaşık hidrolik yön kontrol valfleri, yapıları gereği sıvıyı hidrolik cihazları beslemek için bu farklı valf portları arasında kaydardıkları için birden fazla porta sahip olabilir. Sonuç olarak, 2/2 veya 4/3 gibi iki sayısal değerden oluşan standart bir numaralandırma sistemi ile karakterize edilirler. Bu sistemdeki ilk sayı, valfin içerdiği sıvı portlarının sayısını tanımlar ve ikinci sayı, valfin ulaşabileceği valf durumlarının veya konumlarının sayısını gösterir. Yani bu kurala göre 2/2, iki konumu olan iki yönlü bir valfi ve 4/3 dört yönlü bir valfi temsil eder. Basınç kontrol valfleri ise hidrolik sistemlerden geçen sıvı basıncını sistem operatörü tarafından belirlenen istenen seviyelerde tutmak için düzenlemek için kullanılır. Akışkan sistemleri tipik olarak belirli bir basınç aralığında çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Bu tür valfler, hidrolik sıvı sızıntılarına veya boruların ve tüplerin patlamasına neden olabilecek basınç artışlarını önlemede önemli bir rol oynar. Ayrıca hidrolik devrenin bir bölümünde ayarlanan basıncı korumak için de kullanılırlar. Hidrolik sistemlerde kullanılan çeşitli basınç kontrol valfleri arasında tahliye valfleri, indirgeme valfleri, dizi valfleri, dengeleme valfleri ve boşaltma valfleri de bulunur. Akış kontrol valfleri hidrolik sistemdeki hidrolik sıvının akış hızını ayarlamak için kullanılır. Bu valfler, valf boyunca akış hızında bir değişiklik sağlamak üzere akış alanının değiştirilebilmesi için ayarlanabilen bir porta sahiptir. Bu tip hidrolik valfin nasıl kullanılacağına bir örnek,

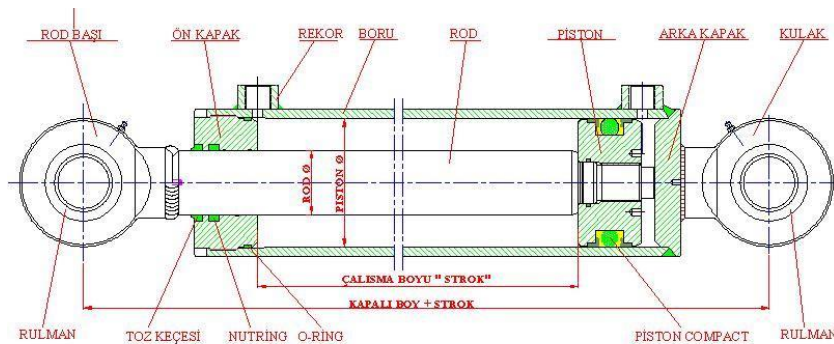
silindirler, motorlar veya aktüatörler gibi cihazların kontrol devrelerindedir. Bu cihazların hareket hızı, akış hızının doğrudan akış hızını azaltmak, çalışma hızlarını azaltır ve bunun tersi de geçerlidir. Farklı hidrolik akış kontrol valfleri türleri arasında sabit akış kontrol valfleri, ayarlanabilir akış kontrol valfleri, kısma akış kontrol valfleri ve basınç dengelemeli akış kontrol valfleri bulunur. Bu valfler içindeki akış kontrol mekanizması, genellikle diğer valflerde ortak olan bilinen valf stillerinden biri olan valfin mekanik tasarımına bağlı olarak değişecektir. Şekil 3.8’de farklı valf tipleri gösterilmektedir.



Şekil 3.8. Valf

### 3.1.2. Hidrolik Silindir Yapısı

Sıvı basıncını piston mekanizması ile hareket enerjisine dönüştüren yapılar hidrolik silindir olarak adlandırılmaktadır. Kullanım alanlarına göre doğrusal, açısız olarak, aynı zamanda farklı çaplarda üretilebilmektedir. İki ana parça hidrolik silindiri oluşturmaktadır. Bu iki ana parça gövde ve piston olarak adlandırılır. Bunlara ek olarak bağlantı elemanları ve sızdırmazlık elemanları da silindir üzerinde çokça bulunmaktadır. Hidrolik sistemlerde sıklıkla yüksek basınçlar kullanıldığı için, gömlek et kalınlığı kaldırabileceği basınca göre hesaplanmaktadır. Şekil 3.9’da silindirin yapısı görülmektedir (MEB, 2011).



Şekil 3.9. Hidrolik silindir yapısı

Hidrolik silindirler basınçlı sıvının piston alanı üzerine gelerek silindiri ileri geri hareket ettirmiş olur. Yapılan hareketin hızı birim zamanda almış olduğu yoldur. Denklem 3.1 ile hesaplanır.

$$V = \frac{Q}{A} \quad (3.1)$$

Q = Pompanın debisi [cm<sup>3</sup>/dak]

A = Silindirin kesit alanı [cm<sup>2</sup>]

V = Piston hızı [cm/dak]

### **Silindir Borusu**

Silindir borusu kovan olarak da adlandırılmaktadır. Kovanlar çoğunlukla dahili olarak işlenmesi gereken dikişsiz kalın duvarlı bir dövme borudur. Özel bir talep olmadığı zaman St52-3 olarak üretilmektedirler. Bu çelik Almanya'da Yapısal olmayan mühendislik alaşımıdır. Yüzey kalitesini artırmak için kovan içerisine honlama işlemi yapılmaktadır. Silindir bir takıma aşındırıcı taşlar monte edilerek dönme hareketi gerçekleştirir ve periyodik değişen strok hareketi yapar Şekil 3.10'da olduğu gibi. Bu işleme honlama denilmektedir (MEB, 2011).



Şekil 3.10. Silindir borusu

### **Mil**

Mil genellikle rot olarak adlandırılmaktadır. Silindir içerisinde hareketin aktarılmasını sağlayan kısımdır. Çalışma ortamında hava ile maruz kalabileceği için korozyona dayanıklı üretilmeleri gerekmektedir. Genellikle Ck45 ve St52 den üretilmektedirler. Şekil 3.11'de mil verilmiştir. Kovan içerisinde hareketli olarak çalışan silindir mili, aynı anda dış ortam ile de temas halinde olduğu için korozyona dayanıklı kaplamaya sahiptir. Mil yataklanmış durumda iken yatakla mil arasında talaş girmemesi gerekir (Çınar,2013).



Şekil 3.11. Mil

### **Piston**

Piston, Şekil 3.12’de gösterildiği gibi silindir namlusunun iki tarafını içten ayıran, kısa, silindir şeklinde bir metal bileşendir. Oluklu bir yapısının olma sebebi, elastomer veya metal contalar ile uyumlu olabilmesi içindir. Bu contalar genellikle O-ring veya dökme demir halkalardır. Hidrolik yağın piston tarafından karşı taraftaki hazneye geçmesini engellerler. Pistonun iki tarafı arasındaki bu basınç farkı, silindirin uzamasına ve geri çekilmesine neden olur. Piston contaları, kullanılan hidrolik silindirin basınç ve sıcaklık gereksinimlerine uyacak şekilde tasarım ve malzeme bakımından farklılık gösterir. İç kaçağı önleyen sızdırmazlık elemanını üzerinde taşır. Aynı zamanda yataklama görevi de yapar. Genellikle Ck45 malzemeden üretilmektedir. Üstünde yastıklama bandı ve sızdırmazlık elemanları vardır. Yastıklama bantlarının sayısı yapılacak işin ağırlığına göre seçilir. Sızdırmazlık elemanlarının seçimi ise piston basıncı ve çapına göre seçilir. Ayrıca piston ile silindir borusu arasındaki boşluk sızdırmazlık elemanları uygun kriterlere göre belirlenir (Çınar,2013).



Şekil 3.12. Piston

### **Silindir Kafası**

Silindir kapağı bazen bir tür basit kilitle (basit silindirler için) uç tarafa bağlanır. Şekil 3.13'te silindir kafasının bağlantı şekli ve bağlantı tipi verilmektedir. Bağlantı tipi vidalı veya flanşlıdır. Flanş bağlantıları en iyisidir, ancak aynı zamanda en pahalıdır. İşlemeden önce boruya bir flanş kaynaklanır. Avantajı, bağlantının cıvatalı olması ve çıkarılmasının her zaman kolay olmasıdır (Çınar,2013).



**Şekil 3.13.** Silindir kafası

### **Arka Kapak**

Çoğu hidrolik silindirde namlu ve alt kısım birbirine kaynaklanmıştır. Bu, kötü yapılırsa namlunun iç kısmına zarar verebilir. Bu nedenle, bazı hidrolik silindir tasarımları, silindir uç kapağından namluya vidalı veya flanşlı bir bağlantıya sahiptir. Bu tipte silindir namlusu gelecekte demonte edilebilir ve onarılabilir. Malzemesi kovanla uyum sağlaması açısından St 52- 3 kalitesinde seçilmelidir. Şayet bulunamazsa karbon oranı düşük alaşımsız çelikler tercih edilmelidir. Görevi kovan arka kısmını kapatır ve bağlantı elemanını üzerinde taşır. Şekil 3.14'te verilen kapak, silindire devre aksel ve bu yüzeylerin çapına göre diklik toleransları hatırı sayılır bir öneme sahiptir. Bu bölgelerde oluşabilecek tolerans dışı olumsuzluklar, silindir bağlantı eksenini bozacağından silindir ve konstrüksiyonda istenmeyen yükler meydana getirecek, hatta silindirin yerine montajına izin vermeyecektir.



**Şekil 3.14.** Arka kapak



### **Sızdırmazlık Elemanları**

Silindiri kendi içinde kapalı devre haline sokan, sistem içinde ve dışında yağ silintisini önleyen ve bu sayede basınç oluşumunu sağlayan hidrolik silindir elemanlarıdır. Sızdırmazlık elemanları seçimi, tasarım aşamasında planlaması yapılacak bir prosestir. Yanlış seçim bir makinenin veya büyük bir tesisin komple durması anlamına gelir ki bu da önemiyetlerini açıkça ortaya koymaktadır.

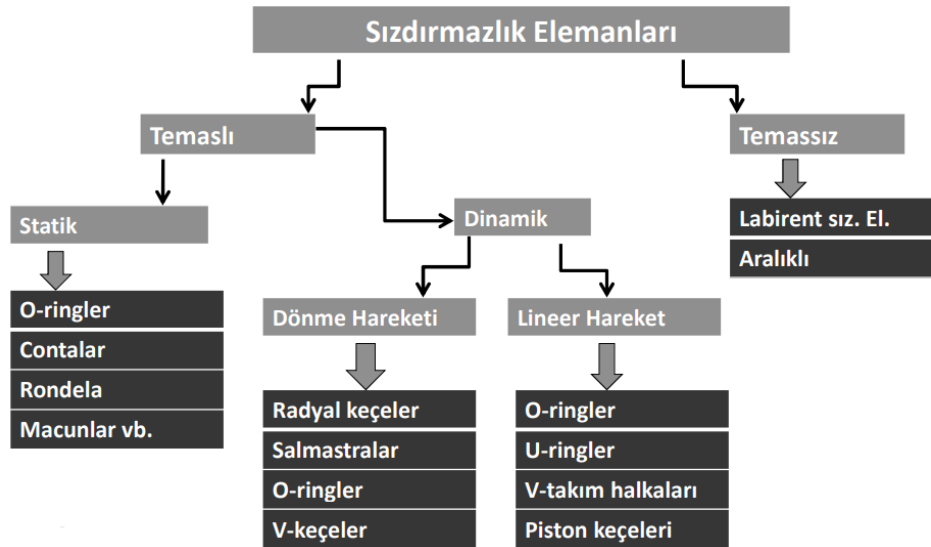
Silindir sızdırmazlık elemanları seçimi, aşağıdaki şartlar göz önünde bulundurularak yapılmalıdır.

Çalışma basıncı, çalışma sıcaklığı, kayma hızı, çalışma akışkanı, çalışma periyodu, çalışma ortamı ve tasarım gereklilikleri göze alınarak yapılacak keçe seçimi sonrasında kullanılacak sızdırmazlık ve yataklama elemanlarında muhakkak imalatçı firmanın ön gördüğü tolerans ve yüzey kaliteleri dikkate alınmalıdır. Sızdırmazlık elemanları üretimi ülkemizde başarıyla gerçekleştirilmektedir. Şekil 3.15'te bazı sızdırmazlık elemanları gösterilmektedir (Üçüncü, 2016).



**Şekil 3.15.** Sızdırmazlık elemanları

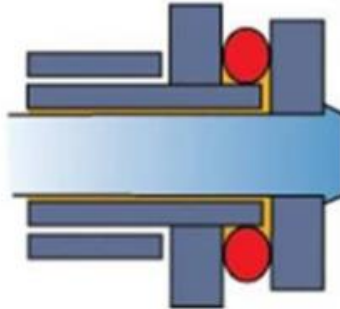
Sızdırmazlık elemanları makinaların veya sistemlerin içinde bulunan yağın, sıvının dışarıya çıkmasını ve dışarıda bulunan sıvının, tozun içeriye girmesini önlemek amacıyla kullanılan makina elemanları olup makinanın sağlıklı çalışabilmesi için gereklidirler. Sızdırmazlık elemanları döner mil keçesi, O-Ring, takım halka, körüklü keçe gibi değişik isimlerle bilinir. Genelde hareketli veya hareketsiz makine parçaları arasında her türlü maddenin sızmasını önleyici elemanlardır. Yağ keçesi, dönme hareketi veya bazı özel durumlarda doğrusal (gel-git) hareketi olan, iki ayrı ortamdaki akışkanın birbirlerine karışmasını önlemek, diğer bir deyişle yağ olan ortamdaki yağın o ortamda kalmasını sağlamak amacıyla kullanılan bir makine elemanıdır. Şekil 3.16'da sızdırmazlık elemanlarının dağılımını göstermektedir. Buradaki üç ana başlıkta kullanılması gereken sızdırmazlık elemanlarının nerelerde kullanıldığını açıklamaktadır.



Şekil 3.16. Sızdırmazlık elemanları dağılımı

### O-ring

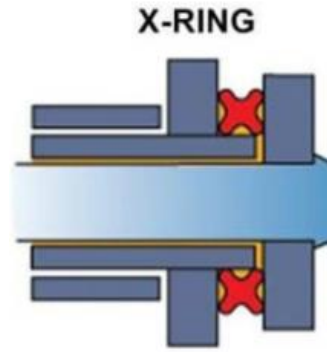
O-ringler ucuz ve basit sızdırmazlık elemanlarıdır. Bu özelliğinden dolayı hidrolik ve pnömatik sistemlerde geniş bir uygulama alanına sahiptirler. Uygun çalışma ortamı ve malzeme sağlandığı takdirde hem statik hem de dinamik uygulamalarda kullanılabilirler. Diğer sızdırmazlık elemanlarına göre daha az yer kapladıklarından ve her iki yönlüde sızdırmazlık sağladıklarından tasarımı kolaylaştırırlar. Şekil 3.17’de o-ring gösterilmektedir (Üçüncü, 2016).



Şekil 3.17. O-ring

### X-ring

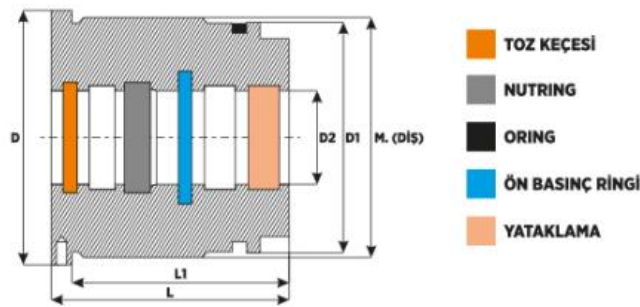
X-ringler özel sızdırmazlık tasarımları ile o-ringlerin kullanılabildikleri her alanda kullanılırlar. X-ring hem çubuk hem de piston uygulamaları için kullanılmak üzere özel olarak tasarlanmış bir dudağa sahip çift etkili bir contadır. Hidrolik ve pnömatik silindirlere kullanılan sızdırmazlık elemanları piston ve boğaz sızdırmazlık elemanları olarak anılmaktadırlar. Şekil 3.18’de o-ring gösterilmektedir (Üçüncü, 2016).



Şekil 3.18. X-ring

### Toz Keçesi

Hidrolik silindir kafası, basınçlı hidrolik yağın çubuk ve kafa arasındaki ara yüzden sızmasını önlemek için contalarla donatılmıştır. Genellikle, uzatılmış çubuk silindirin içine geri çekildiğinde kirletici maddelerin hidrolik silindire girmesini önleyen çubuk sıyrıcı adı verilen başka bir contaya sahiptir. Çubuk kovanında ayrıca bir çubuk yatağı vardır. Hidrolik boğaz keçeleri silindir içerisinden sistem dışına sızıntıyı engellerken hidrolik piston keçeleri piston çevresinden akışkan geçişini engeller. Bu, pistonun tek tarafında basınç oluşmasını sağlayarak silindirin ileri veya geri hareketine olanak tanır. Şekil 3.19’de toz keçesi bileşenleri verilmiştir (Çınar, 2013).



Şekil 3.19. Toz keçesi

### Yastıklama Burcu

Devre elemanın görevi, silindir pozisyonunun en sonuna geldiği zaman uygulana hızından daha yavaş olarak pozisyonunu tamamlaması şeklinde tanımlanmaktadır. Yastıklama burcu alan farkı yaratarak hidrolik silindirin normalden daha yavaş hareket etmesini sağlar ve böylelikle pozisyonun sonunda oluşan rahatsız edici ses engellenmiş olur (Çınar, 2013).

### 3.1.3. Yük Hücresi

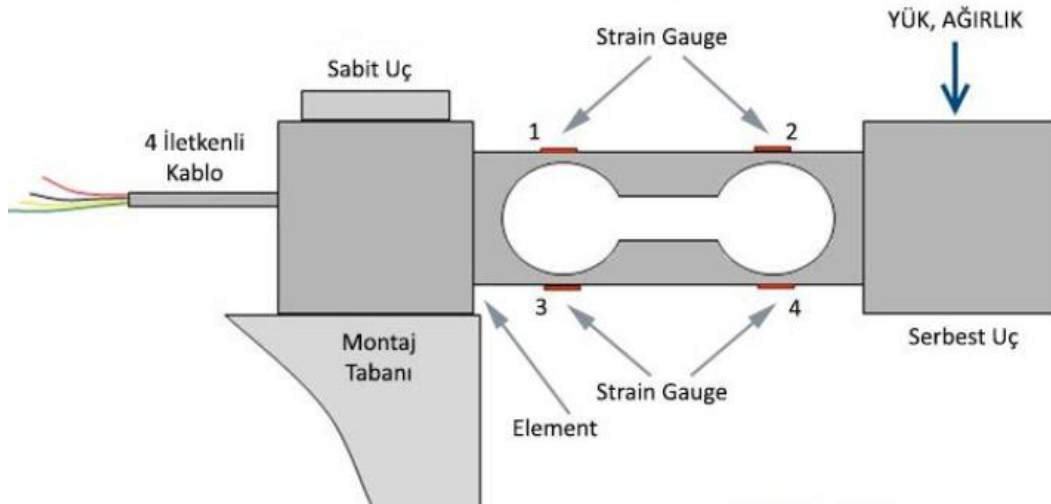
Sensörler genelde; sıcaklık, baskı, güç ve hız gibi fiziksel durumları ölçmemize sağlayan, elektronik sinyal üreterek o sinyalden gelen bilgiye göre çalışan mekanik sistemleridir. Birçok sensör bir durumu algılayabilmek için ilk olarak enerjiye ihtiyaç duyar daha sonra buna bağlı olarak elektriksel sinyal üretirler. Yük hücresi, üzerine uygulanan herhangi bir cisim veya kuvveti elektronik bir sinyale çevirerek dönüştürücüdür. Bu elektronik sinyal, yük hücresi ve devrenin türüne bağlı olarak voltaj değişikliği, akım değişimi veya frekans değişimi olabilir.

Yük hücresi tasarımlarının çoğu, algılama elemanı olarak gerinim ölçerleri kullanır. Uygulamaya bağlı olarak gerinim ölçerler, metal veya yarı iletken gerinim ölçerler olabilir. İkincisi, yarı iletken malzemelerden, özellikle silikondan yapılıdır, ancak avantaj ve dezavantajları vardır. Bir yandan, yarı iletken gerinim göstergeleri çok küçüktür ve büyük gösterge faktörlerine sahiptir. Aslında, buradaki direnç değişiklikleri, metal gerinim ölçerlerle elde edilenlerden çok daha büyüktür. Minyatür yük hücrelerinin tasarımında sıklıkla kullanılırlar. Öte yandan, bu cihazların dirence karşı gerinim eğrisi oldukça doğrusal değildir. Bu nedenle, yarı iletken gerinim ölçerleri kullanırken, gösterge faktörüne karşı dirence ilişkin bir eğriye veya değerler tablosuna sahip olmamız gerekir. Ayrıca sinyal koşullandırma devresi, çıkış voltajının doğrusallaştırılmasını gerçekleştirmek için doğrusallaştırma aşamaları içermelidir. Genel olarak konuşursak, gerinim ölçerlerdeki direnç değişikliklerini ölçmek için genellikle bir Wheatstone köprü devresine yerleştirilirler. Ayrıca, köprü konfigürasyonunda kullanılan aktif gerinim ölçerlerin sayısına bağlı olarak, böyle bir konfigürasyona tek kollu köprü, iki kollu köprü veya dört kollu köprü denir (Hernandes, 2006). Şekil 3.20’de genel yük hücresine yer verilmiştir.



Şekil 3.20. Yük hücresi (GTM, 2022)

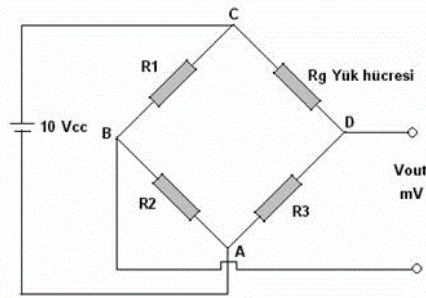
Yük hücresinin asıl çalışma prensibi gerinim ölçer gibidir. Şekil 3.21’de 4 noktadan ölçme yapan bir yük hücresi görülmektedir. Tek noktadan veya farklı noktadan ölçüm yapanları da mevcuttur. 1, 2, 3, 4 noktalarındaki gerinim ölçer dirençleri yüke bağlı olarak değişir. Bu değişim ile orantılı olarak da basınç miktarı ölçülebilir (Ünal, 2014).



Şekil 3.21. Yük hücresi iç yapısı

Gerinim ölçüm sensörleri sayesinde yük hücrelerindeki kuvvet ölçümü yapılır. Temel olarak gerinim ölçerler esneyebilen bir plaka üzerine ince bir telin veya şeridin çok kuvvetli bir yapıştırıcı ile yapıştırılmasından oluşmuştur. Üzerine uygulanan kuvvetin etkisiyle tabakanın esnemesi, iletken şeridin de gerilerek uzamasına sebep olmaktadır. Uzama esnasında telin boyu uzayarak kesiti azalacaktır. Bilindiği gibi iletkenlerin kesiti azaldıkça dirençleri artacağından uygulanan kuvvete bağlı olarak iletkenin direncinde de değişim olacaktır. Bu direnç değişimine bağlı olarak uygulanan kuvvetin miktarını tespit edilebilir.

Gerinimi ölçmek işlemi Wheatstone köprüsü kullanılarak gerçekleştirilir. Şekil 3.22’de Wheatstone köprüsü, Denklem 3.2’de ise gerinim hesabı formülü verilmiştir.



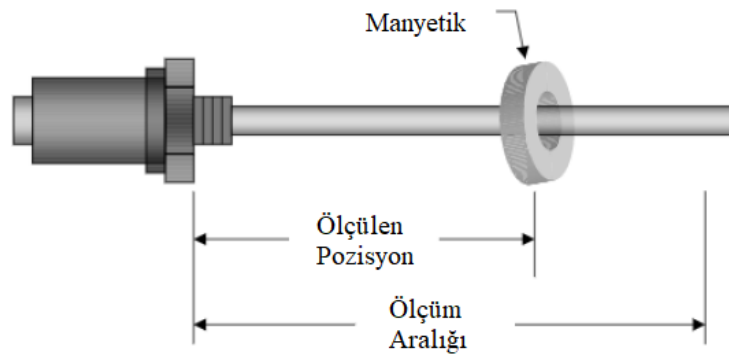
Şekil 3.22. Wheatstone köprüsü (Ünal, 2014)

$$V_{out} = V_{cc} \left( \frac{R3}{R3+Rg} - \frac{R2}{R1+R2} \right) \quad (3.2)$$

### 3.1.4. Lineer Pozisyon Sensörü

Pozisyon sensörleri, bir nesne ile bir referans noktası arasındaki mesafeyi ve ayrıca konumdaki değişiklikleri ölçer. Bunu, yer değiştirmeye göre ver bir elektrik çıkışına dönüştürerek yaparlar. Çok çeşitli uygulamalar için hassas ve güvenilir ölçümler yapmanızı sağlamak için çok çeşitli ölçüm teknikleri ile kullanılabilir. Pozisyon sensörleri ve ölçüm sistemleri, bilimsel laboratuvarların yanı sıra endüstriyel uygulamalarda da kullanılmaktadır.

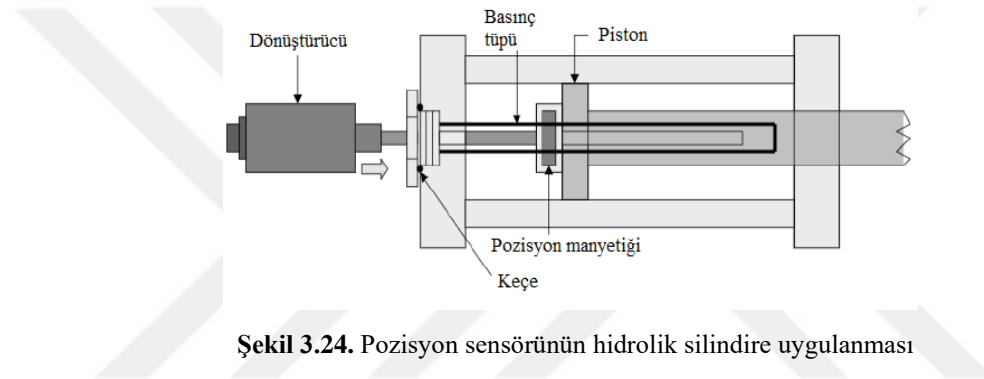
Manyetik pozisyon sensörleri temassızdır, mutlak okunmalıdır ve temelde sonsuz çözünürlüğe sahiptir. Popüler uygulamalar, enjeksiyon kalıplama makineleri ve hidrolik silindirler gibi endüstriyel makinelerin yanı sıra otomotiv ve ticari ürünlerinde de kullanılır. Dönüştürücünün hareketli ve sabit parçaları arasındaki bağlantı, bir manyetik alan aracılığıyla sağlanır. Bu nedenle, dönüştürücü parçalarında aşınmaya neden olmadan herhangi bir sayıda konum değişikliği yapılabilir. Örneğin, bir takım tezgahının hareketini izlemek için manyetik pozisyon sensörü kullanıldığında, tutucuya kalıcı bir mıknatıs takılır. Konum mıknatısı olarak adlandırılan kalıcı mıknatıs, mekanizmanın hareket eksenini boyunca ve buna paralel monte edilmiş bir algılama elemanı tarafından okunur. Pozisyon mıknatısı, algılama elemanına temas etmez. Konum mıknatısı algılama elemanına paralel hareket ederken, konum mıknatısı ile sensörün sensör elektroniği (kafa) ucu arasındaki mesafe elektronik olarak okunur Şekil 3.23'teki gibi (Nyce, 2004).



Şekil 3.23. Manyetik pozisyon sensörü

Manyetik sensörler, çok çeşitli uygulamalarda kullanılmak üzere birçok konfigürasyonda yapılır. Genellikle, konum mıknatısı sensör elemanından ayrıdır ve ölçülecek elemana takılır. Bu yapılandırma, genel makine uygulamalarında, birincil ve ikincil ağaç işleme ekipmanlarında, hidrolik silindirlerde, amortisörlerde ve diğer pek çok

alandaki kullanılır. Şekil 3.24'te hidrolik silindirlerdeki kullanım konfigürasyon örneğini göstermektedir. Manyetik pozisyon sensörleri ek bir avantajı, çoklu konum mıknatıslarıyla kullanılabilir. Bazı standart modellerde aynı anda 32 konumlu mıknatıs kullanılabilir. Özel uygulamalarda daha fazla mıknatıs kullanılabilir. Çok konumlu mıknatıslara sahip bir manyetik dalga kılavuzuna bir sorgulama darbesi uygulandığında, her mıknatısın konumunda bir ultrasonik darbe başlatılır. Başlatma her dönüş darbesini sırayla algılar. İlgili geri dönüş darbesiyle ilgili her bir zamanlama verisi seti, uygun bir hafıza konumunda saklanır. Daha sonra bir mikroişlemci, gerektiğinde her bir mıknatısı temsil eden ayrı ayrı konum verilerini alabilir. Son zamanlarda, otomotiv uygulamalarında kullanılmak üzere manyetik dönüştürücülerin büyük hacimli sensörler kullanılmaya başlamıştır.



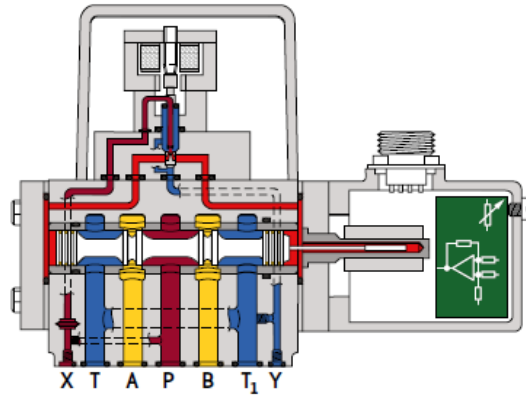
Şekil 3.24. Pozisyon sensörünün hidrolik silindire uygulanması

### 3.1.5. Servo Valf

Servo valf, temel olarak sonsuz konumlandırma hassasiyetine sahip bir yön denetim valfidir. Servo valf sadece yön denetiminin yanı sıra aynı zamanda akışkanın miktarını da kontrol ederek kolaylık sağlar. Servo valfler kapalı döngü geri bildirim sayesinde yükseltici sayesinde kontrol edilirler. Servo valfler hassas şekilde kontrol sağladıkları için hidrolik silindirlerde pozisyon, hızlanma kontrollerinde üst düzey yetkinliktedirler. En büyük avantajlarından biri düşük elektriksel sinyaller sayesinde kontrol edilebilmeleridir. Dezavantaj olarak hassas çalıştıkları için üretim kaynaklı maliyetlerinin yüksek olması söylenebilir (Samtaş ve Korucu, 2013).

Servo Valflerde farklı karakteristik durumlar mevcuttur. Bu durumlar servo valfin çalışma şartlarındaki verimini belirler. Yapılacak çalışmalarda bu durumun bilinmemesi servo valfin performansı konusunda eksik kalacağı gibi aynı zamanda bozulmalarına ve hatalı sonuçlar almamıza neden olacaktır. Servo valfler temelde üç tip olarak ayrılırlar; nozul yapraklı, jet ve direk tahrikli olarak bulunurlar (Yazıcı, 2003).

Servo valf ile oransal valf arasındaki farkı ise, servo valfler genellikle makinenizden maksimum performansı elde etmek için kullanılan üst düzey valfler olarak algılanırken oransal valfler, temel uygulamalar için kullanılan çok yönlü valfler olarak görülür. Servo ve oransal valf arasındaki temel fark, merkez konumdaki makaranın üst üste binmesidir. Bir servo valf, makara boyunun yüzde 3'lük makara örtüşmesine sahipken, oransal bir valf yüzde 3 veya daha fazla bir örtüşmeye sahiptir. Bu genellekle, servo valflerin sertleştirilmiş çelik burç içinde kayan bir makara ile tasarlanmasına yol açarken, oransal valflerde makara doğrudan dökme demir valf muhafazasının içinde kayar. Servo valfin iç yapısı Şekil 3.25'te gösterilmiştir.

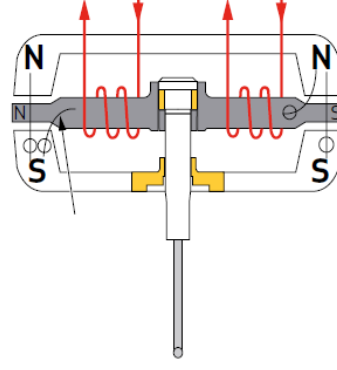


Şekil 3.25. Servo valf iç yapısı (Moog, 2018)

Servo valfler, kapalı döngü konum kontrolü ile donatılmıştır ve bu nedenle makara konum geri bildirimini gerektirir. Burada iki farklı geri bildirim türü kullanılır: Mekanik ve elektriksel geri bildirim. Mekanik geri besleme valfleri, makara sapması tarafından gerilen ve tork motoruna mekanik bir geri bildirim sağlayan bir geri besleme yayı içerir. Bu valflerin çalışması için yerleşik elektroniğe ihtiyacı yoktur. Elektrikli geri besleme valfler ise, makara konumunu ölçmek için bir elektronik konum dönüştürücü kullanır. Bu sinyal elektriksel olarak geri beslenir ve bu nedenle tüm valflerinin çalışması için kontrol elektroniğine ihtiyacı vardır.

Servo valflerin ilk çalışırken tork motoru ve nozullar kontrol edilir. Temel prensip, armatürü sabit noktası etrafında döndüren bir tork yaratmaktır. Yüklü kalıcı mıknatıslar kutup parçalarını polarize eder. Bobinlere uygulanan bir DC akımı, çapraz olarak zıt hava boşluklarında artan bir kuvvete neden olur. Kuvvetin büyüklüğü akımla orantılıdır. Kuvvetin yönü akımın yönüne bağlıdır. Şekil 3.26'de tork motorunun çalışma prensibi verilmiştir (Moog, 2018).





Şekil 3.26. Servo valf tork motoru (Moog, 2018)

Bobinlere uygulanan elektrik sinyali tork motoru üzerinde manyetik alan oluşmasına sebebiyet verir. Nüve içerisinde bulunan motor dönmeye başlar bu sayede valfin alt tarafında bulunan sağa ya da sola doğru hareket etmesini sağlar. Hareket sonucunda valf kontrolü sağlanmış olur. Valften geçen debi miktarı ve basınç değişimi verilen sinyali oranı ile değişir.

### 3.1.6. Servo Motor

Servo motor, kontrol elektroniği aracılığıyla hassas konumların, hızların ve torkun sürekli olarak belirlenmesini sağlayan bir elektrik motordur. Kontrol elektroniğine sahip bir yazılım arayüzü ayrıca, yüksek derecede dinamizm ve bireysellik sağlayan motorun çalıştırılması için hassas parametre belirleme ve programlamaya olanak tanır. Servo motorlar yüksek devirlerde hız, tork ve konum kontrollerini çok hassas şekilde tasarlanmışlardır. Bu sayede kullanıcının belirlemiş olduğu komutlar ile kontrol edilirler. Servo motorlar, ince ve dinamik hareketlerin yapılabilmesi gibi bir özelliğe sahiptir. Her zaman, günümüzde çoğunlukla dijital olan bir kontrol ünitesinin sinyallerini dönüştüren ve bu nedenle hassas programlamaya izin veren bir servo denetleyiciye bağlıdır. Üretim endüstrisinde servo motorlar, örneğin baskı makinesi rulo kontrolü, plastik teknolojisinde katkılı üretim yöntemleri veya herhangi bir robotik türü gibi her türlü otomasyon çözümünde kullanılır. Servo motorda kontroller, kontrol ünitesi ile motor arasında aracı olarak bir servo denetleyici kullanılır. Bileşen, çalışma şekli nedeniyle servo dönüştürücü veya servo yükseltici olarak da bilinir ve motorun torkunu, hızını ve konumunu yüksek hassasiyetle kontrol eder. Yazılım kullanıcı arayüzü ile motor arasındaki bağlantıyı oluşturur ve buna göre sinyalleri dönüştürür. Servo motoru uygun yüksek hızlarda döndürmek için daha yüksek voltaj seviyeleri ve daha ağır yükleri hareket ettirmek için tork sağlamak için daha yüksek akım seviyeleri gerekir (MEB, 2011).

Servo motorlar endüstride genellikle tek faz veya üç faz olarak kullanılabilirler. Şekil 3.27’de servo motora yer verilmiştir.



Şekil 3.27. Servo motor

### 3.1.7. Veri Toplama

Veri toplama genellikle fiziksel büyüklüklerin değişken olayların ölçen ve bu ölçüm sonucunda verileri değerlendiren ve gerekirse kaydeden sistemlerdir. Veri toplama sistemleri genellikle farklı yapılarda bulunan elektriksel sinyalleri analog veya dijital sinyallerini bir dönüştürücü sayesinde toplayarak bilgisayar ve buna benzer sistemlere aktarır. Ölçülmek istenen fiziksel büyüklüklere örnek vermek gerekirse sıcaklık, basınç, mesafe, voltaj, ağırlık, açı gibi sinyaller veri toplamak için yeterli kaynaklardır.

Veri toplama sistemlerinin amacı, verileri toplarken bu verileri aynı zamanda görselleştirmek de gerekir. Veri analizi aynı zamanda raporlamayı birlikte getirir toplanan ilenmiş olan verilerin kullanıcılara daha iyi aktarılması için kullanılır.

### Veri Toplama Kartı (Daq)

Daq kartları olarak da bilinen veri toplama bilgisayar kartları, arka panellere, ana kartlara veya doğrudan bir bilgisayarla arabirime takılan bağımsız baskılı devre kartlarıdır. Doğrudan girişleri ve çıkış birimleri vardır veya sinyal denetleyici, modüllerden, rölelerden veya sensörlerden analog ve dijital girişler alırlar. Çıkışları analog voltaj, akım, frekans veya anahtarlamalı çıkış şeklinde sağlayabilirler. Sinyal ve sensör verilerini bilgisayarların işleyebileceği dijital bir formata çevirmek için kullanılırlar. Veri toplama bilgisayar kartları, sistemleri ve süreçleri izlemek, analiz etmek veya kontrol etmek için veri toplama sistemlerinin ayrılmaz bir parçasıdır. Daq kartları, bir bilgisayar veri yolu kullanılarak bilgisayarlar, ana kartlar veya arka paneller ile arabirim oluşturur. Bilgisayar veri yolu, arabirim gereksinimlerini ve cihazın bant

genişliğini tanımladığı için genellikle veri toplama bilgisayar kartlarını tanımlamak için kullanılır. Bant genişliği, bilgisayar veri yolunun özellikleri olan dijital çözünürlük ve aktarım hızı tarafından kontrol edilir. Pek çok farklı veri yolu türü vardır ve her veri yolu, karttan karta bağlantı oluşturan bir soketle eşleşecek benzersiz bir yapıya sahiptir. Bir Daq kartı seçerken, Daq kartının gerekli performans ve arayüz ihtiyaçlarını karşılaması için mevcut seçeneklerin değerlendirilmesi önemlidir. Veri toplama bilgisayar kartları, çeşitli işlevleri destekleyen bütünleşmiş, çok kutuplu, analog ve dijital filtreler içerir. Bazı cihazlar, düşük geçiş kesme frekansı ve yüksek geçiş kesme frekansı içeren programlanabilir, kenar yumuşatma filtreleri sağlar. Filtrenin işlevi iletilen frekans ile tanımlanır. Alçak geçiren, yüksek geçiren, bant geçiren, bant durduran ve tüm geçiren filtreler mevcuttur. Ek olarak, bazı veri toplama bilgisayar kartları, programlanabilir kazanç ve değişken bant genişliğine sahip bütünleşmiş karmaşık amplifikatör yapıdan oluşur. Şekil 3.28’de veri toplama kartı verilmiştir.



Şekil 3.28. Veri toplama kartı (daq)

### **Programlanabilir Mantıksal Denetleyici (PLC)**

PLC endüstriyel makinelerin kontrolünü yapan ve makinaların giriş, çıkışlarını mantıksal olarak denetleyen ve işletim sistemine sahip cihazlardır. Endüstride otomasyon sistemlerinde röleler, sayıcıların yerine kullanılan cihazlardır. PLC’ler karmaşık halde bulunan otomasyon sorunlarına basit ve hızlı çözümler üretirler. Kötü çevre koşullarında çalışabilmeleri, kompakt yapıları, kolay kolay arıza yapmamaları nedeniyle endüstride çok sık kullanılmaktadırlar. PLC yapısı itibariyle dört ana yapıdan oluşur bunlar sırasıyla CPU, bellek, giriş ve çıkışlardır. CPU PLC’nin çalışmasını sağlayan bütün aritmetik ve mantıksal işlemleri kontrol eden, aynı zamanda haberleşmeyi de sağlayan birimdir. Bellek bölgesi ise, yazılan programı hafızada tutmaya yardımcı olur. Bellek sayesinde program silinip tekrar yazılabilir, herhangi bir güç kesintisinde programın yeniden

yüklenmesine gerek kalmadan tekrar çalıştırır. Giriş ve çıkış birimleri ise fiziksel elemanlarının bağlandığı ve tanımlandığı yerdir. Burada giriş olarak buton, sınır anahtarı, endüktif ve kapasitif sensörler olarak tanımlanırken, motor, valf, lamba, röle, gibi elemanlar ise çıkış biriminin birer parçasıdır. Şekil 3.29’da bazı PLC modellerine yer verilmiştir (MEB, 2011).



Şekil 3.29. PLC

### 3.2. Yazılım

Yazılım, temel olarak bir işletim sisteminin veya bir bilgisayarın nasıl çalışacağını belirten bir uygulama türüdür. Yazılım, veri alınması gereken noktada donanım ile arasında haberleşme kurarak yapılacak olan tasarımın oluşmasını sağlar.

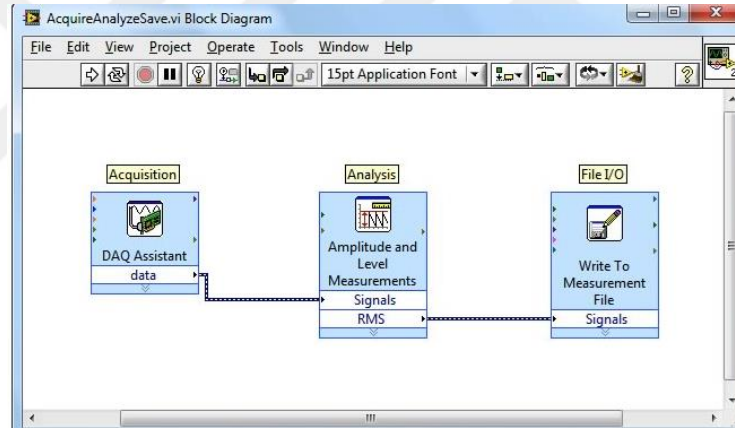
Yazılım türleri ikiye ayırmak mümkündür, uygulama yazılımı ve sistem yazılımı olmak üzer. Uygulama yazılımı, belirli bir görevi icra ederek ya da belirlenen bir ihtiyacı karşılayan bütün yazılımları içerir. Uygulama yazılımı ürünleri, esas olarak belirli bir ortamdaki belirli bir ihtiyacı karşılamak için oluşturulur. Bu, bir bilgisayar laboratuvarında hazırlanan tüm yazılım uygulamalarının uygulama yazılımı kategorisine girdiği anlamına gelir. Uygulama yazılımı tek bir programdan oluşabilir. Örneğin, Microsoft not defteri, basit metinlerden oluşan çeşitli belgeleri yazmak ve düzenlemek için kullanılabilir. Uygulama yazılımı ayrıca bir program koleksiyonu içerebilir. Bu durumda, planlar bir yazılım paketi olarak bilinir. Sistem yazılımı ise, donanımın kullanılabileceği uygulamaları ve talimatları içeren yazılımdır. Örnek olarak, bilgisayar ortamında bir uygulama çalıştırmamız veya belirli bir görevi yerine getirmemiz gerekiyor ise, o zaman bilgisayarın donanımını çalıştırdığı için sistem yazılımına ihtiyacımız olacak, böylece uygulamaların bilgisayarda çalışması için bir ortam sağlanmış olur.

#### 3.2.1. LabVIEW Nedir?

LabVIEW, donanım ve veri arasında hızlı ve kolay ulaşımı ile test, ölçüm ve kontrol ihtiyacı olan yapılar için sistem ve tasarım mühendisleri için yapılmış bir yazılımdır. LabVIEW programlama, mühendislik çalışmaları için tasarım donanım ve

yazılım sade bir şekilde sunar. LabVIEW, programı metinsel tabanlı programlamaya göre kod karmaşıklığını azaltarak, takip edilebilirliği ve hata bulma oranını en aza düşürür. LabVIEW, görsel tabanlı bir programlama olduğundan tut sürükle bırak mantığıyla çalışmaktadır. Kullanmış olduğunuz verileri analiz, matematiksel modelleme, grafik, gibi veriler çerçevesinde çalışma fırsatı sunarak aynı zamanda toplanan verilerden kütüphane oluşturup daha sonra da kullanma fırsatı sunar. LabVIEW farklı birçok haberleşme protokolü sayesinde diğer programlama dilleri ile uyumlu bir şekilde iletişim kurar.

LabVIEW, grafiksel programlamada grafik simgelerini bir panel üzerinde birbirine ekleyerek yapar ve daha sonra bilgisayar işlemcilerinin çalıştırabilmesi için doğrudan makine koduna derlenir. Metinsel programlama yerine grafiksel programlama olarak temsil edilse de birçok farklı dilde bulunan aynı programlama yapılarını içerir. Örnek olarak, veri türleri, döngüler, olaylar, değişkenler ve nesne yönelimli programlama gibi tüm standart yapıları içermektedir. Şekil 3.30'da LabVIEW programına örnek grafiksel yapıya yer verilmiştir.



Şekil 3.30. LabVIEW blok diyagramı

LabVIEW programlama veri depolama ve raporlama için üstün yeteneklere sahiptir. Birçok farklı yapıda bulunan ascii, zip, xml, pdf, formatında dosyayı okuyup kullanıcılara sunabilir. SQL gibi veri tabanlarına entegre olarak veri depolamayabilir. Kısaca bahsetmek gerekirse LabVIEW mühendisler için test ve veri analizi yapmak için üstün çözümler sunabilmektedir.

### 3.2.2. PID Kontrol

PID kontrol, diğer cihazların veya sistemlerin davranışını yöneten, yönlendiren veya düzenleyen bir cihaz veya cihazlar grubudur. Endüstriyel kontrol sistemleri, endüstriyel üretimde ekipman veya makineleri kontrol etmek için kullanılır. Genelde iki tip kontrol yöntemi vardır. Açık çevrim kontrol ve kapalı çevrim kontrol olmak üzere.

Bir PID Denetleyici endüstriyel kontrol sistemlerinde yaygın olarak kullanılan bir kontrol döngüsü geri bildirim mekanizmasıdır. PID kontrolü, endüstride kullanılan en yaygın kontrol algoritmasıdır ve endüstriyel kontrolde evrensel olarak kabul edilmiştir. PID kontrolörlerin popülaritesi, kısmen çok çeşitli çalışma koşullarındaki sağlam performanslarına ve kısmen de mühendislerin onları basit ve anlaşılır bir şekilde çalıştırmalarına olanak tanıyan işlevsel basitliklerine bağlanabilir. Bir PID denetleyicisi, ölçülen bir proses değişkeni ile istenen bir ayar noktası arasındaki fark olarak bir hata değeri hesaplar. Denetleyici, manipüle edilmiş bir değişken kullanarak süreci ayarlayarak hatayı en aza indirmeye çalışır. PID denetleyici algoritması, üç ayrı sabit parametre içerir ve buna göre bazen üç terimli kontrol olarak adlandırılır; oransal, integral, türevidir. Bu değerler zaman açısından yorumlanabilir, P mevcut hataya bağlıdır, I geçmiş hataların birikimine bağlıdır ve D mevcut değişim oranına bağlı olarak gelecekteki hataların bir tahminidir. Bu üç eylemin ağırlıklı toplamı, bir kontrol elemanı vasıtasıyla süreci ayarlamak için kullanılır.

Hata ölçümü, hatayı ayarlanan konumdan yani merkezden ölçmek için ağırlıklı değerler yöntemini kullanabilir. Elde edilen girdi, olası girdi kombinasyonlarına bağlı olarak ağırlıklandırılabilir. Atanan ağırlık değerleri, hatanın hem tam hem de göreceli olarak tanımlanacağı şekilde olacaktır.

Oransal terim, mevcut hata değeriyle orantılı bir çıkış değeri üretir. Basit bir ifadeyle, hata ne kadar fazlaysa, çıkış değeri o kadar fazla olur ve böylece ayar noktasına o kadar fazla ulaşmış olur. Oransa tepki, hatayı orantılı kazanç olarak adlandırılan sabit bir  $K_p$  ile çarpılarak ayarlanabilir Denklem 3.3' deki gibi.

$$P_{out} = K_p \times e(t) \quad (3.3)$$

İntegral teriminden gelen katkı hem hatanın büyüklüğü hem de hatanın süresi ile orantılıdır. Bir PID denetleyicisindeki integral, zaman içindeki anlık hatanın toplamıdır ve önceden düzeltilmesi gereken birikmiş ofseti verir. Birikmiş hata daha sonra integral kazanç ( $K_i$ ) ile çarpılır ve kontrolör çıkışına eklenir. Denklem 3.4'te integral hesabı verilmiştir.

$$I_{out} = P_i \int_0^t e(\tau) d\tau \quad (3.4)$$

Proses hatasının türevi, hatanın zaman içindeki eğiminin belirlenmesi ve bu değişim oranının türev kazancı  $K_d$  ile çarpılmasıyla hesaplanır. Türev teriminin genel kontrol eylemine katkısının büyüklüğü, türev kazancı  $K_d$  olarak adlandırılır. Türev terimi Denklem 3.5' teki gibi verilir.

$$D_{out} = K_d \frac{d}{dt} e(t) \quad (3.5)$$

PID kontrol şeması, toplamı etkilen değişkeni oluşturan üç düzeltme teriminden sonra adlandırılır. PID denetleyicisinin çıkışını hesaplamak için oransal, integral ve türev terimleri toplanır. Kontrolör çıkışı olarak tanımlayarak, PID algoritmasının son hali Denklem 3.6'da verilmiştir.

$$u(t) = MV(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{d}{dt} e(t) \quad (3.6)$$

K<sub>p</sub>: Oransal kazanç

K<sub>i</sub>: İntegral kazanç

K<sub>d</sub>: Türev kazanç

e: Hata = SP — PV

t: Zaman veya anlık zaman

$\tau$ : İntegrasyon değişkeni

### 3.3. Hidrolik Silindir ile Yapılan Test Yöntemleri

Test yöntemleri, bir ürünün veya bileşenlerinin dayanıklılığını ve performansını ölçmek için geliştirilmiş sistemlerdir. Testi Ürüne etki eden yükler veya kullanım sırasında maruz kalabileceği maksimum yükler dikkate alınarak oluşturulan profilleri test sistemleri ile ürüne uygulanır. Hidrolik aktüatörler genellikle yüksek yük gereksinimlerini karşılamak için kullanılır. Hidrolik test sistemlerinin bir ürüne uyguladığı test profilleri genellikle konum ve kuvvet sırasına göre sıralanırken, özellikle operasyonel simülasyon uygulamalarında hızlanma kontrolü de gerçekleştirilir. Hidrolik aktüatörün ve test numunesinin doğrusal olmayan dinamikleri ve bilinmeyen sistem modeli gibi etkilerin üstesinden gelmek için çeşitli kontrol algoritmaları sunulmuştur. Test sisteminin kontrol etkinliği, test sonuçlarını doğrudan etkiler. Konum, kuvvet ve ivme için oluşturulan test profilleri ürünün ömrünü temsil ettiğinden, test profilinin numuneye doğru şekilde uygulanması önemlidir. İstenen yükleri numuneye yüksek doğrulukla uygulamak için çeşitli test yöntemleri tartışılmıştır. Bu yöntemler genellikle test sisteminin uygunluk değerlerinin test ihtiyaçlarını karşıladığını varsayar. Öte yandan, test sistemi kontrol uygulamalarında uygunluk değerlerinden kaynaklanan performans sınırlamalarına sıklıkla rastlanır (Dursun ve ark., 2018).

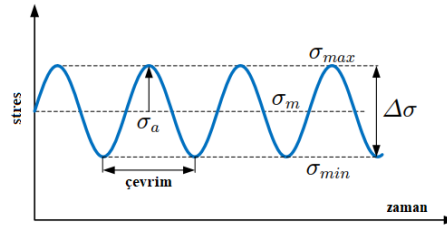
Hidrolik sistemler, endüstriyel uygulamalar için mükemmel bir seçim aracıdır. Enjeksiyon kalıplama makinelerinde, metal işleme preslerinde, montaj makinelerinde ve test makinelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Günümüzde yüksek güç gerektiren alanlarda hidrolik sistemlere rastlanmaktadır. Özellikle sıkıştırma sistemlerinde ve test

makinelerinde aktif olarak kullanılırlar. Test makineleri günümüzde üretimde önemli bir rol oynamaya başlamıştır. Araştırma ve geliştirme aşamasında tüm ürünlerin denenmesi ve deneylerle uygun ürünlerin oluşturulması için aktif olarak kullanılırlar. Hidrolik sistemler de test makinelerinin önemli bir parçasıdır. Özellikle test makinelerinde hidrolik sistemler için mesafe yük kontrollü sistemler en yaygın kullanılan sistemlerdir. Otomotiv yedek parça üretiminde parçalara uygulanan yorulma, ömür testlerinde hidrolik sistemler ve silindirler sıklıkla kullanılır (Anlak, 2021).

### 3.3.1. Yorulma Testi Nedir?

Yorulma, belirli bir nokta veya noktalarda farklı gerilmeler ve gerinimler üreten ve yeterli sayıda varyasyondan sonra çatlaklara neden olabilecek koşullara maruz kalan bir malzemede meydana gelen kademeli, lokalize, kalıcı bir yapısal değişim süreci olarak tanımlanır. Yorulma, akma noktasının altındaki gerilim genliklerinde, malzemede yalnızca tek parçacıkların bulunduğu, döngüsel kayma olarak adlandırılan mikroskobik seviyede meydana gelebilir. Bu, yüzeyde olur çünkü malzeme burada içeride olduğundan daha az kısıtlıdır. Yorulmaya döngüsel veya değişken yükler neden olur (Pedersen, 2018).

Yorulma gerinimi, maksimum stresle değil, stres dalgalanmalarıyla kontrol edilir; bu nedenle, gerilim genliği  $\sigma_a$  (veya  $\Delta\sigma$  aralığı) ve ortalama gerilim  $\sigma_m$ , yorulma değerlendirmesi için en önemli parametrelerdir. Şekil 3.31'de yorulma tahribatına yol açan gerilme zaman grafiği verilmiştir (Pedersen, 2018).



Şekil 3.31. Yorulma gerilme zaman grafiği (Pedersen,2018)

$\sigma_a$ : gerilme genliği

$\sigma_{max}$ : maksimum gerilme

$\sigma_{min}$ : minimum gerilme

$\sigma_m$ : ortalama gerilme

$\Delta\sigma$ : gerilme aralığı

Gerilim aralığı, bir çevrimdeki minimum ve maksimum gerilim arasındaki Denklemler 3.7 ile hesaplanır.

$$\Delta\sigma = \sigma_{max} - \sigma_{min} \quad (3.7)$$



Gerilme genliğinin etrafında değişen ortalama çevrimdeki maksimum ve minimum gerilmelerin ortalaması Denklem 3.8'deki gibi hesaplanır.

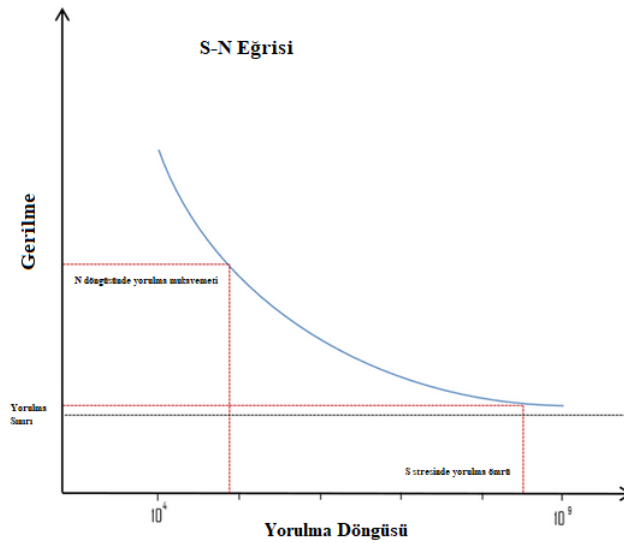
$$\sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2} \quad (3.8)$$

Uygulamada, ortalama gerilim genellikle gerilim genliği ile ilişkilidir, öyle ki genlik artarsa ortalama gerilim de artar. Bu durum, sabit bir gerilim oranı Denklem 3.9 ile ifade edilebilir.

$$R = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}} \quad (3.9)$$

### **Wöhler (SN) Eğrisi**

Mühendislikte, malzeme yorgunluğunu belirlemek için çeşitli yöntemler kullanılır. En kullanışlı yöntemlerden biri, genellikle Wöhler eğrisi olarak da bilinen SN eğrisi ile karakterize edilen stres ömrü yöntemidir. Bu yöntem, Şekil 3.32 ile belirtilen gerilim, bileşenin kullanım ömrünün veya arızaya kadar olan döngü sayısının bir fonksiyonu olarak çizer. Gerilme birkaç yüksek değerden düşüğe, bileşenlerin ömrü önce yavaş sonra oldukça hızlı bir şekilde artar. Yorgunluk, kırılma kırığı gibi oldukça değişken olduğundan, eğriyi çizmek için kullanılan veriler istatistiksel olarak dikkate alınır. Sonuçlardaki dağılım, kesin olarak kontrol edilmesi imkânsız olan bazı test ve malzeme parametrelerine karşı yorulma hassasiyetinden kaynaklanmaktadır. Yorulma sınırı veya dayanıklılık sınırı, yorulma altında yorulma arızasının meydana gelmediği stres seviyesidir. Yorulma ömrü, bir malzemenin yorulma davranışını ifade eder. Bu, S-N diyagramından alınan, belirli bir gerilme seviyesinde arızaya neden olacak döngü sayısıdır.

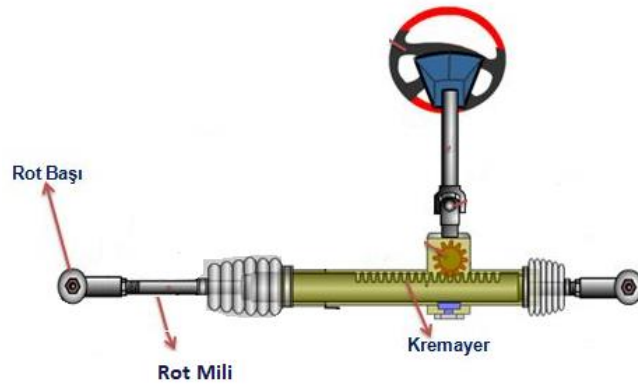


Şekil 3.32. Wöhler eğrisi

Hidrolik silindir sayesinde yapılan çalışmalar Wöhler eğrisi ile üzerinde malzemeler üzerinde deneyimlenebilir. Silindirlerin sağlamış olduğu büyük kuvvet ve yüksek frekanslar hidrolik sistemlerin kullanılmasındaki başlıca nedenlerdir. Otomotiv sektöründe bulunan parçalar üzerinde yapılan testler genellikle dinamik çalışmalarını öngörmek için yorulma testlerine tabi tutulurlar. Bu sayede malzeme üzerinde yorumlama kabiliyeti artırılır.

### 3.4. Rot Sistemi ve Bileşenleri

Direksiyon sisteminde bulunan rot takımı parçaları (rot başı ve rot mili), sürücü tarafından verilen direksiyon komutlarının tekerleklere iletilebilmesi için direksiyon kremayerini tekerlek taşıyıcılarına bağlar. Kinematik olarak, kremayer ve bağlantı çubukları, kayma elemanın kremayer olduğu ve dönen elemanların tekerlek taşıyıcıları olduğu bir uzay krank ve kaydırma sistemi oluşturur. Direksiyon sisteminin parçaları birleştirici elemanlardır. Bu sistemi de üçüncü boyutta harekete tabidir çünkü tekerlekler de direksiyon eksenine paralel olarak yukarı ve aşağı hareket etmektedir. Bu nedenle, rot başları ve rot milleri, basit pivot yataklar yerine bilyeli mafsallarla donatılmalıdır. Bu bilyeli mafsallar, bilyalı pim eksenini etrafında maksimum dönme hareketi meydana gelecek şekilde tasarlanmıştır (Heibing ve Ersoy, 2010). Şekil 3.33'te temel olarak Rot başı ve Rot mili parçasının direksiyon sistemindeki yeri gösterilmiştir.



Şekil 3.33. Direksiyon sistemi

#### 3.4.1. Rot Başı

Rot sisteminin en dış ucunda bulunan mafsallı bir parçadır. Tekerlek bilyeleri arasında bulunur ve güvenlik açısından çok önemlidir. Plastik yatak ve gres bileşenlerinden oluşur. Maksimum eğim açısı 30 dereceye kadar olabilir. Tork ve boşluk değerleri sıvama kriterlerine bağlıdır. Şekil 3.34'te Rot başı gösterilmiştir.



Şekil 3.34. Rot başı

### 3.4.2. Rot Mili

Eklemlili bir parçadan oluşur. Dişli bir gövdeye sahiptir ve gresle yağlanan plastik bir yataktan oluşur. Direksiyondan aldığı hareketi tekerleklere iletir. Eğim açısı araçtan araca farklılık gösterir. 40 kN'a kadar olan kuvvetlerde sorunsuz çalışmalıdır ve dönüş torku 3,5 nm'dir. Bileşenleri Şekil 3.35'te Rot mili verilmiştir.



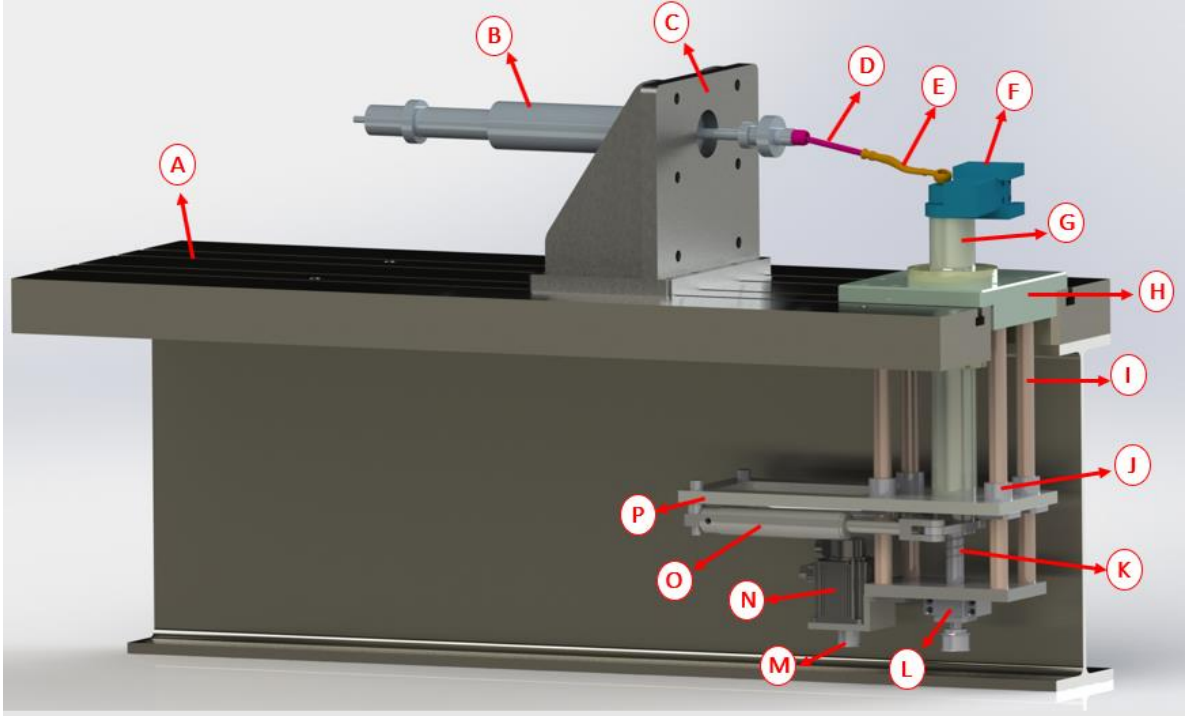
Şekil 3.35. Rot mili

#### 4. HİDROLİK TEST SİSTEMİNİN TASARIMI VE UYGULANMASI

Yapılan çalışmada kurulan test düzeneği, tasarımı yapılan test platformu, yazılım ve diğer çalışmalar AYD Otomotiv Endüstri A.Ş. AR-GE laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneysel çalışmalar da yine aynı laboratuvarda yapılmıştır.

##### 4.1. Mekanik Tasarım

Çalışmada direksiyon sisteminde kullanılan rot parçalarına (rot başı ve rot mili) uygulanacak olan dinamik testi için Solidworks programı ile oluşturulan katı modeli oluşturulmuş ve tasarlanmış olan aparatların kullanım amacı Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1. Test sistemi tasarımı

A: Test sisteminin ana platformunu oluşturur. Kullanılan diğer aparatlandırma ve parçaların entegre edilebilmesi için 225x86,5x91,5 cm ölçülerinde tasarlanmıştır.

B: 3 ton kapasiteli hidrolik silindir, rot parçalarına uygulanacak olan yükün karşılanacağı kısımdır.

C: Hidrolik silindirin monte edildiği fikstürdür. Silindirin uygulayacağı yükü karşılayabilmesi için 1040 çelik malzemedan yapılmıştır. Boyutları ise 52x48 cm’dir.

D: Rot mili parçası bağlantısını göstermektedir.

E: Rot başı parçasının bağlantısını göstermektedir.

F: Parçaların silindir ile gövde arasında bulunan aparattır. Rot başı parçasının mafsallını tutarak dönme hareketini sağlayacaktır. 1040 çelik malzemedan yapılmıştır.

G: Z ekseninden gelecek olan aşağı yukarı hareketi ve sonsuz vidalı mili koruyan orta göbektir. 1040 çelik malzemedan yapılmıştır.

H: Alt sistemde bulunan aparatları test platformu üzerine monte edilmesi için kullanılan aparat tasarımıdır. 1040 çelik malzemeden yapılmıştır.

I: Vidalı mil kullanılarak z eksenini yönünde uygulanacak olan hareketlerin doğrusal yapabilmesi için 4 adet mil kullanılmıştır. CK 45 çelik malzemeden ve 40 mm çapında yapılmıştır.

J: 4 adet LMEF 40 UU kodunda lineer rulman kullanılmıştır. Kullanım amacı mil boyunda rahat hareket sağlanması içindir.

K: Sonsuz vidalı mili göstermektedir. 40 mm çapında 68 cm boyunda imal edilmiştir. 1055 çelik malzemeden yapılmıştır. Hareketin hızlı iletilmesi için mil hatve adımı 20 mm seçilmiştir.

L: BK 30 kodunda vidalı mil yataklama için kullanılmıştır. Vidalı milleri motor kısmına monte edilmesi ve gelecek yüklerin gövdeye aktarılmasını amaçlar.

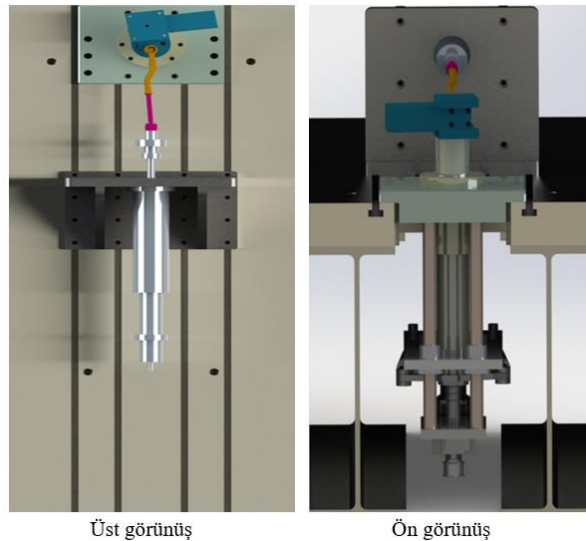
M: Motor milinden gelen dönme hareketini ara kayış bağlantısı ile vidalı mile aktarılması için kullanılmıştır. 7075 malzemeden imal edilmiştir. 25 ve 30 mm olmak üzere 2 adet kullanılmıştır.

N: 2 kW servo motor kullanılmıştır. Kullanım amacı z yönünde uygulanacak olan hareketin sağlanması içindir.

O: Mafsal dönme hareketinin, uygulanacak olan yüke karşı zorlanmasını sağlamak için 2 adet hidrolik boru kullanılmıştır. Kısma valfi sayesinde zorlanma yükü istenildiği gibi ayarlanabilecektir.

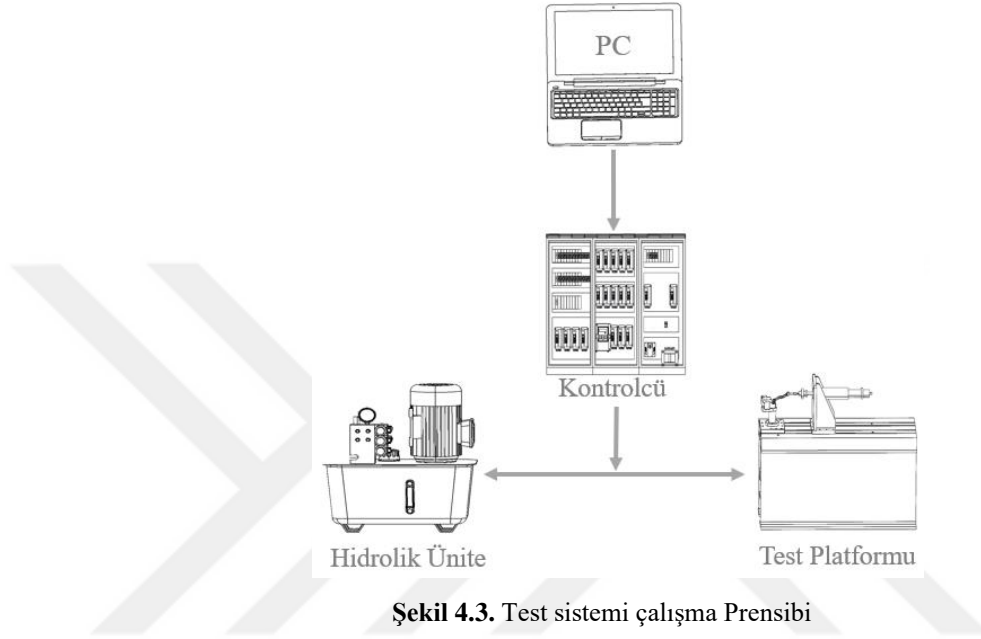
P: Hidrolik boruların montajının sağlanması için oluşturulan aparattır.

Ayrıca tasarlanmış olan sistemin ön ve üstten görünüşleri Şekil 4.2' de gösterilmektedir.

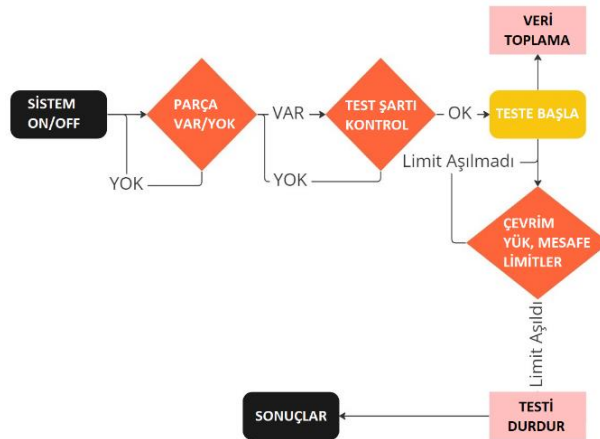


Şekil 4.2. Üst ve ön görünüşler

Tasarlanan hidrolik test sisteminin çalışma prensibi Şekil 4.3'te görülmektedir. Sistem bilgisayar tabanlı kontrol edilebilir ve izlenebilir şekilde modüler olarak tasarlanmıştır. Hidrolik ünite ve kontrolcü sayesinde test platformuna test şartlarına uygun yük, mesafe ve/veya tork bilgileri gönderilir. Aynı zamanda test sistemi üzerinden yük, mesafe, tork, gerinim çevrim süresi gibi çeşitli bilgiler anlık olarak takip edilebilmektedir.



Test sistemi karar mekanizmasında ilk olarak bağlanacak olan parçalar denetlenir eğer parça yok ise parça bağlantısı beklenir, parça var ise test şartlarının programa girişi kontrol edilir eğer girilmiş ise teste başlanır. Girilen çevrim sayısı ve limitlere bağlı olarak program bu değerleri denetler bu sırada ise veri toplama işlemi devam eder. Eğer test sistemi limitleri aşarsa program testi durdur sonuçları gösterir eğer çevrim süresi de bitmiş ise test durur ve sonuçlar elde edilir. Sistem akış şeması Şekil 4.4' de verilmiştir.



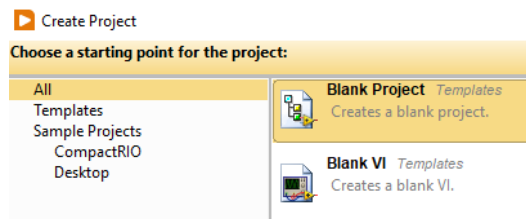
**Şekil 4.4.** Akış şeması

## 4.2. LabVIEW Tasarımı

LabVIEW, uygulamaları yapılandırmak için metinsel satırlar yerine simgeler kullanan bir grafik programlama dilidir. Komutların programın yürütülmesini belirlediği metin tabanlı programlama dillerinden farklı olarak LabVIEW, verilerin ilerletilmesini belirlediği veri akışı programlamasını kullanır. LabVIEW 'de araçlar ve nesnelere kullanarak bir kullanıcı arabirimi oluşturulur. Kullanıcı arayüzüne ön panel denir. Ardından, fonksiyon bloklarıyla ön paneldeki nesnelere kontrol etmek için kod eklersiniz. Blok şeması bu kodu içerir. Doğru bir şekilde düzenlendiğinde, bir blok diyagram bir akış şemasına benzer. Ayrıca LabVIEW, GPIB, VXI, PXI, RS-232, RS-85 gibi donanımlar ve ek veri toplama cihazları ile haberleşme sistemi kurmak için tamamen entegredir. LabVIEW, uygulamanızı LabVIEW Web Sunucusunu ve TCP/IP ağı ve ActiveX gibi programlama standartlarını kullanarak İnternete bağlamanıza da izin veren bir arayüze ve kabiliyete sahiptir.

LabVIEW programları, osiloskoplar ve multimetreler gibi fiziksel araçların görünümünü ve davranışını taklit ettikleri için sanal araçlar veya VI'lar olarak adlandırılır. Her VI, kullanıcı arabiriminden veya diğer kaynaklardan gelen girdileri işleyen ve bu bilgileri görüntüleyen veya diğer dosyalara veya diğer bilgisayarlara ileten işlevleri kullanır. Bir VI üç ana bileşenden oluşur, ön panel, blok diyagramı ve simgeler bölmesi olarak.

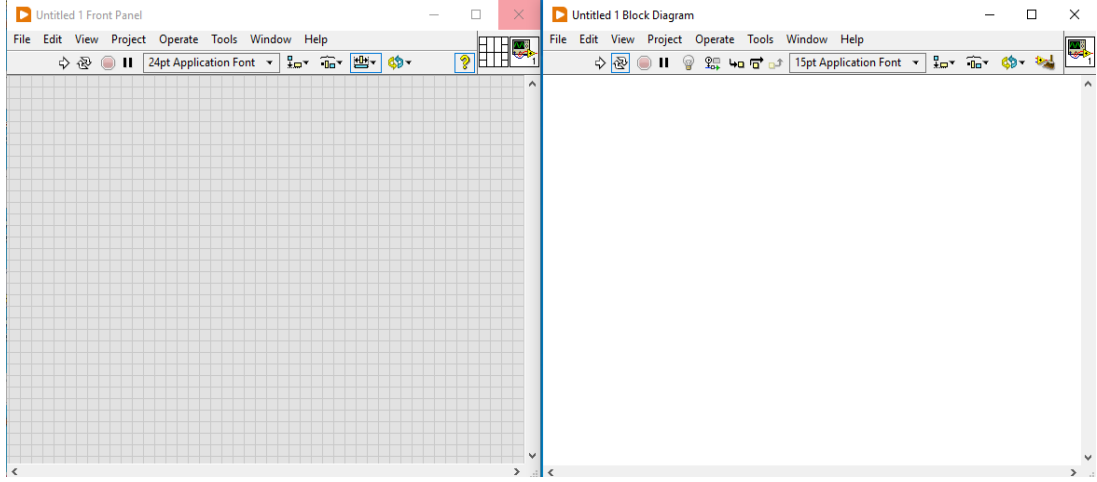
LabVIEW programı ilk açıldığında boş bir proje veya boş VI tercihi ile karşılaşılır Şekil 4.5'te görüldüğü gibi. Boş VI seçildikten sonra ön panel ve blok diyagram karşımıza çıkmaktadır.



Şekil 4.5. LabVIEW ilk açılış

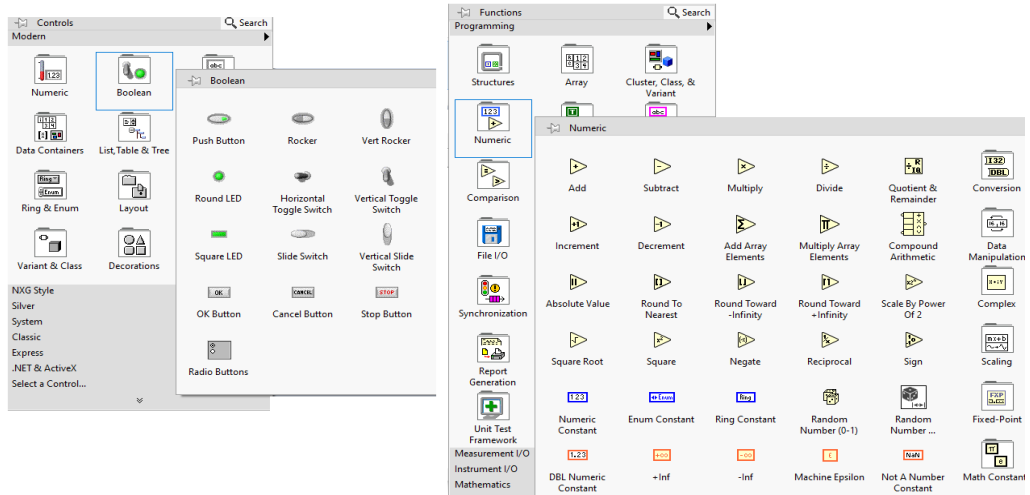
Şekil 4.6'da görüldüğü gibi LabVIEW de ilk olarak iki gösterim görülmektedir. Ön panel, programlamanın tamamlandıktan sonra kullanıcılar tarafından görüleceği bölümdür. Bu panel çalışma sırasında kullanıcılardan veri girişi, seçimler yapması, grafik veya göstergeleri takip etmesi gibi işlemleri kontrol edebilmesine olanak sağlar. Kısaca ön panel giriş çakışlarının kontrol edildiği bölümdür. Blok diyagram ise, programlamanın hazırlandığı bölümdür. Tüm mantıksal, matematiksel, fonksiyonlar, döngüler blok diyagramında yazılır. Ön panele yerleştirilen göstergelerin tümü blok diyagramında

bağlanır ve program akışı buna göre düzenlenir. DAQ sitelerine erişimin ve haberleşme ayarlarının hepsi blok diyagramı üzerinden kontrol edilir.



Şekil 4.6. Ön panel ve Blok diyagram

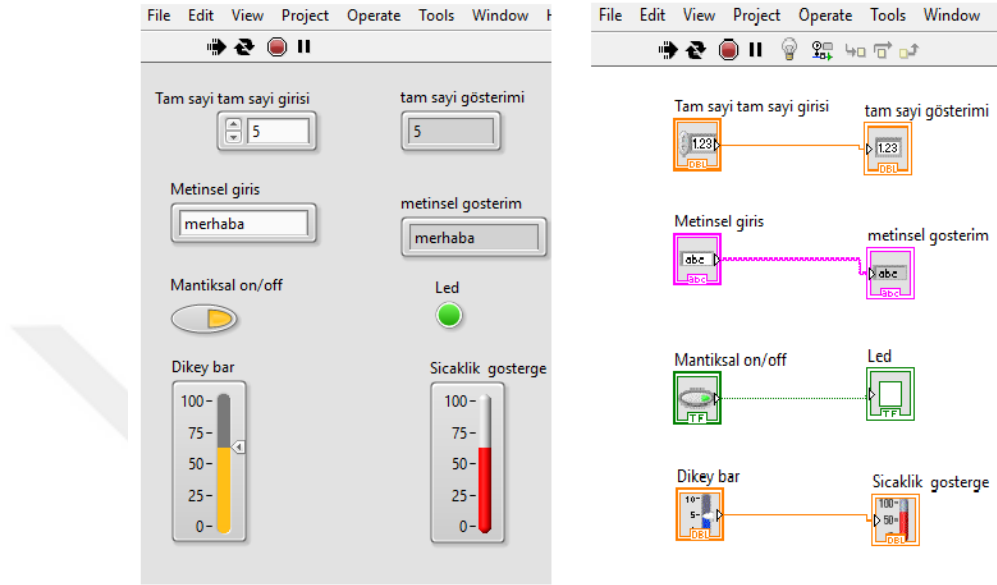
LabVIEW programı nesne tabanlı bir programlama olduğu için nesne eklemek istenildiğinde her iki panel üzerinde sağ tıklanarak nesnelere seçilir. Programda üç tip nesne yapısı bulunmaktadır ve bu nesne yapıları Şekil 4.7 ile verilmiştir. İlk olarak kontrol paleti bulunur. Kontrol paleti, ön paneli oluşturmak için kullandığımız kontrolleri ve göstergeleri içerir. Kısaca kullanıcı tarafından bilgi girilmesi için oluşturulur. İkinci olarak göstergeler, çıkış cihazlarını simüle eder ve blok diyagramın aldığı veya ürettiği verileri görüntüler. Bunlar genellikle grafikler, çizelgeler, ledler ve durum dizileridir. Göstergeler programa görsellik katar. Son olarak fonksiyonlar, LabVIEW' in temel fonksiyonlarıdır. Fonksiyonların ön panel pencereleri veya blok şema pencereleri yoktur, ancak kontroller ve göstergeler gibi veri girişi ve çıkışı için giriş ve çıkış konektörleri vardır. Bir blok diyagram nesnesinin bir işlev olup olmadığını, simgesinin açık sarı arka planından anlaşılabilir.



Şekil 4.7. Nesne yapıları















Ön panele konulan göstergeler, sayısal veri giriş çıkışları, mantıksal ifadeler gibi terimler blok diyagramında da oluşur ve ön panelde bulunan değerlerin çalışması için blok diyagramda bağlantı oluşturulması gerekir. Verileri kablolar aracılığıyla blok diyagram nesneları arasında bağlanmalıdır. LabVIEW’ de bir programın çalışması için oluşturulacak akış diyagramı Şekil 4.8’de gösterilmektedir.



Şekil 4.8. Program Çalışma diyagramı

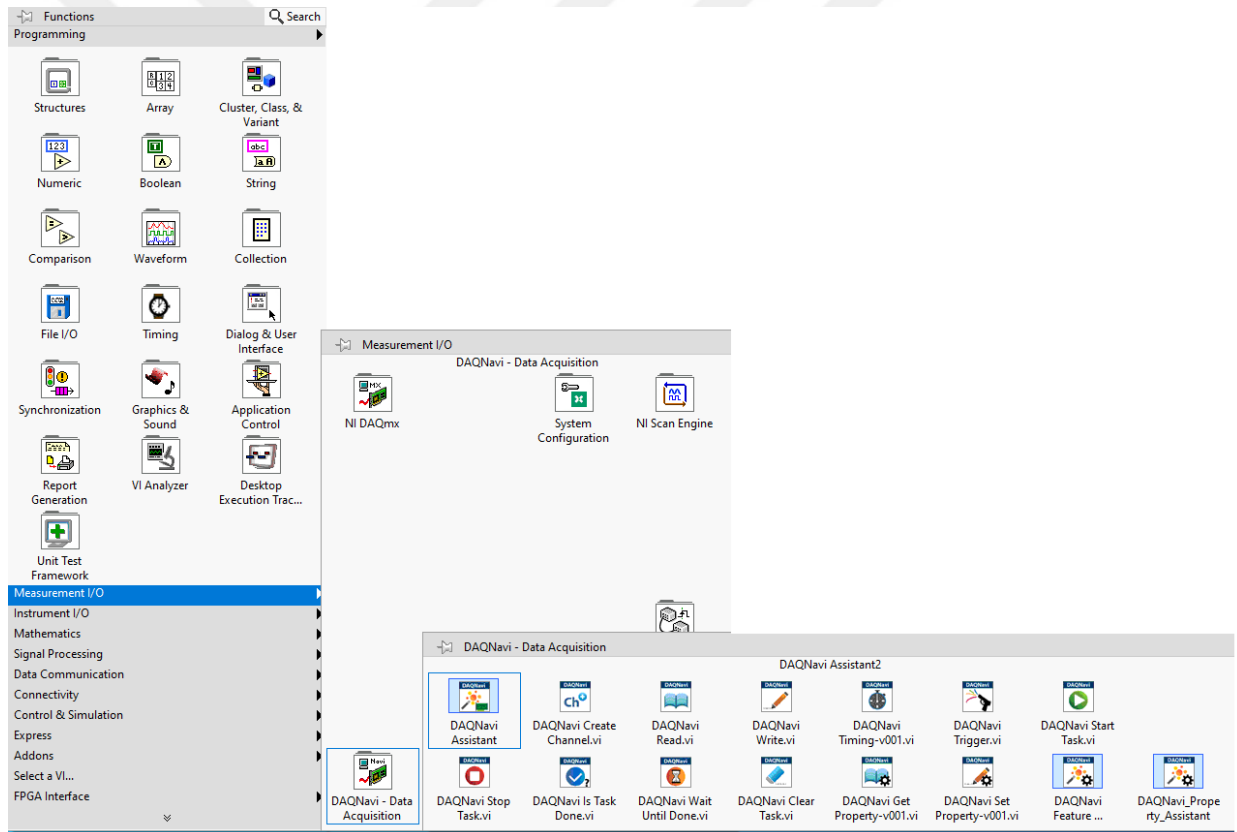
LabVIEW’ de her bağlantını tek bir veri kaynağı vardır, ancak bunu verileri okuyan birçok VI’ ya ve işleve bağlayabilirsiniz. Bağlantı kabloları diye ifade edeceğimiz yapıda, veri türlerine bağlı olarak farklı renk, stil ve kalınlıklara sahiptir. Veri tiplerinin neler olduğu ve bağlantı renkleri Şekil 4.9’da gösterilmektedir. Bağlantı aracını bir terminalin üzerinden geçirdiğinizde, terminalin adıyla bir uç şeridi görünür. Ek olarak, doğru terminale bağladığınızı doğrulamanıza yardımcı olmak için Bağlam Yardımı penceresinde ve simgesinde terminal yanıp sönmektedir.

Bağlantı Tipi	Skaler	1D dizi	2D dizi	Renk
Sayısal				Mavi Turuncu
				
Mantıksal				Yeşil
Metinsel				Pembe

Şekil 4.9. Bağlantı veri tipleri

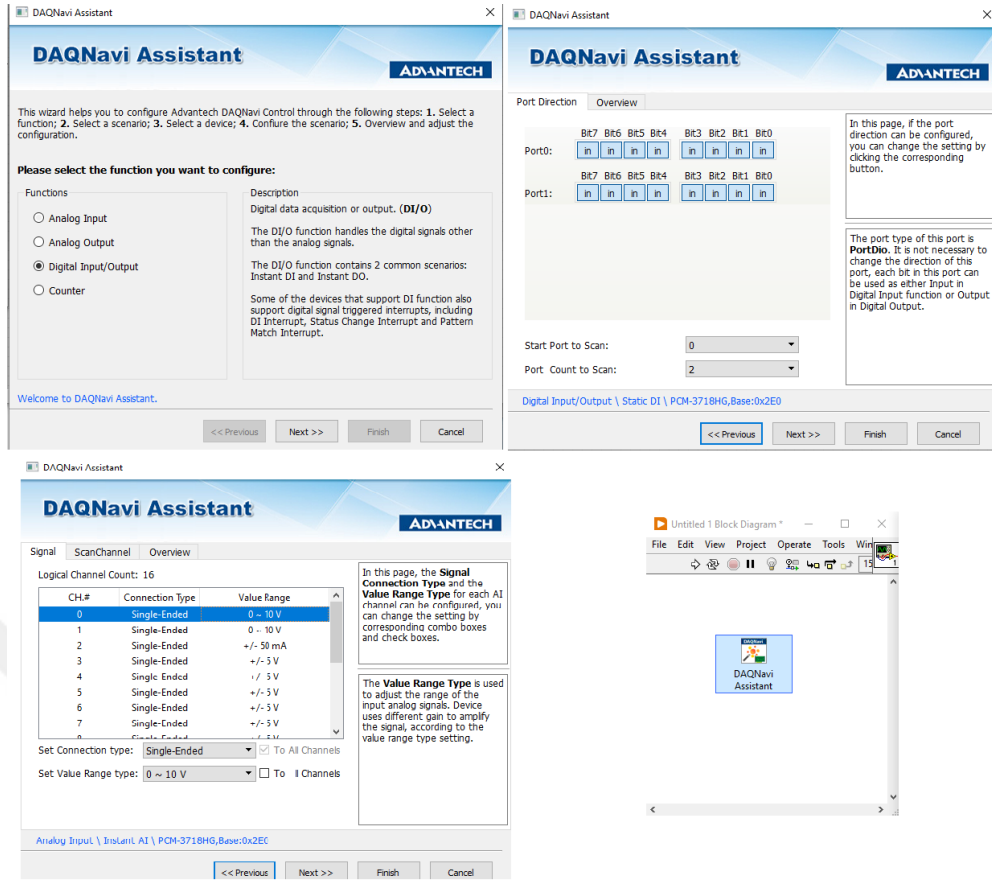
LabVIEW yazılan programın derlenmesi, çalıştırılması, hata ayıklama, programı durdurma gibi fonksiyonlar için ön panel ve blok diyagramında bulunan araç çubukları kullanılır. Ayrıca göstergelerin hizalanması aynı boyuta getirilmesi gibi durumları da aynı şekilde araç çubukları kısımandan ayarlanır.

Hidrolik dinamik test sistemi yazılımında kullanılan Advantech firmasına ait PCI-1716/L veri toplama kartının LabVIEW programının algılayabilmesi için bir dizi konfigürasyon ayarı yapılması gerekmektedir. İlk olarak Advantech firmasının sunmuş olduğu DAQnavi SDK kurulumu yapılır ve daha sonra dijital giriş çıkış birimleri ayarlanmıştır. Yapılan ayarlamalar blok diyagramı üzerinden yapılır. Blok diyagramı üzerinden yapılan ayarlar programın ana yapısını oluşturmaktadır. Analog ve dijital giriş çıkışların hepsi veri toplama ve işleme kartı üzerinden yapılmıştır. Şekil 4.10' da konfigürasyon ayarları gösterilmektedir.



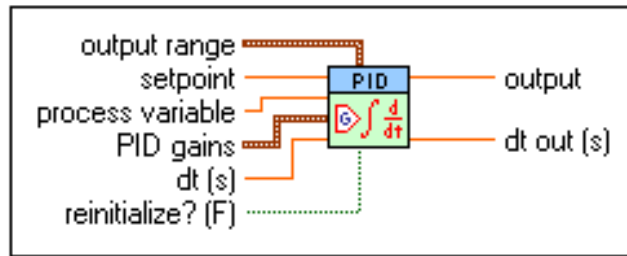
Şekil 4.10. DAQ ayarları

Daha sonra giriş, çıkış, analog sinyallerin tümü ve hangi kanalların kullanılmak isteniyorsa ayarlar buna göre yapılır. Çalışmada analog girişler, pozisyon sensörü için 0-10 Volt, yük hücresi çıkışı 0-10 Volt seçilmiştir. Servo valf için analog çıkış birimi  $\pm 50$  mA olarak belirlenmiştir. Yapılan konfigürasyon ayarları ayrıca Şekil 4.11'de verilmiştir.



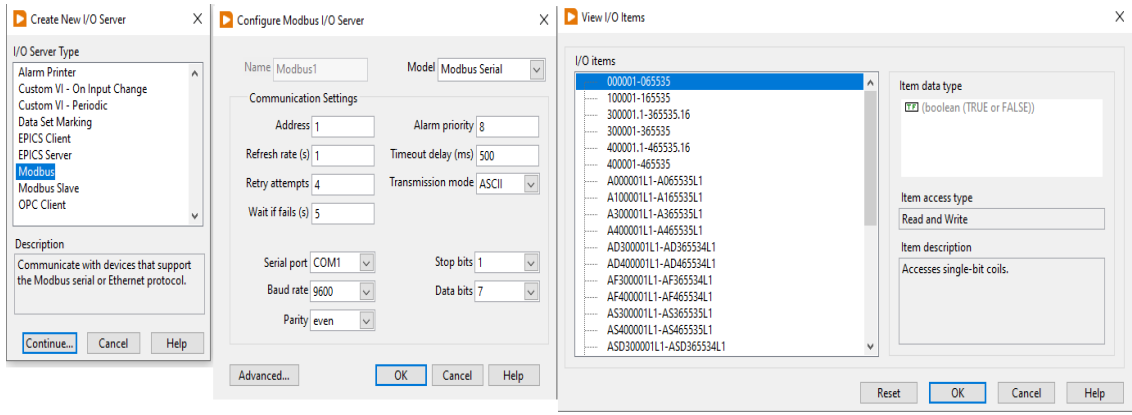
Şekil 4.11. Bağlantı veri tipleri

Çalışmada hidrolik silindirin çalışma sırasında girilmiş olan set değerlerini gerçekte silindire uygulayabilmesi ve daha kararlı yapıda çalışabilmesi için PID kontrol yapılmıştır. PID kontrolü amacı servo valf kontrolü sırasında pozisyon ve yük hücresi sensörlerinden geri bildirim sağlayarak servo valfin kontrolü sağlanmıştır. LabVIEW programında kullanılan PID bloğu Şekil 4.12’de verilmiştir.



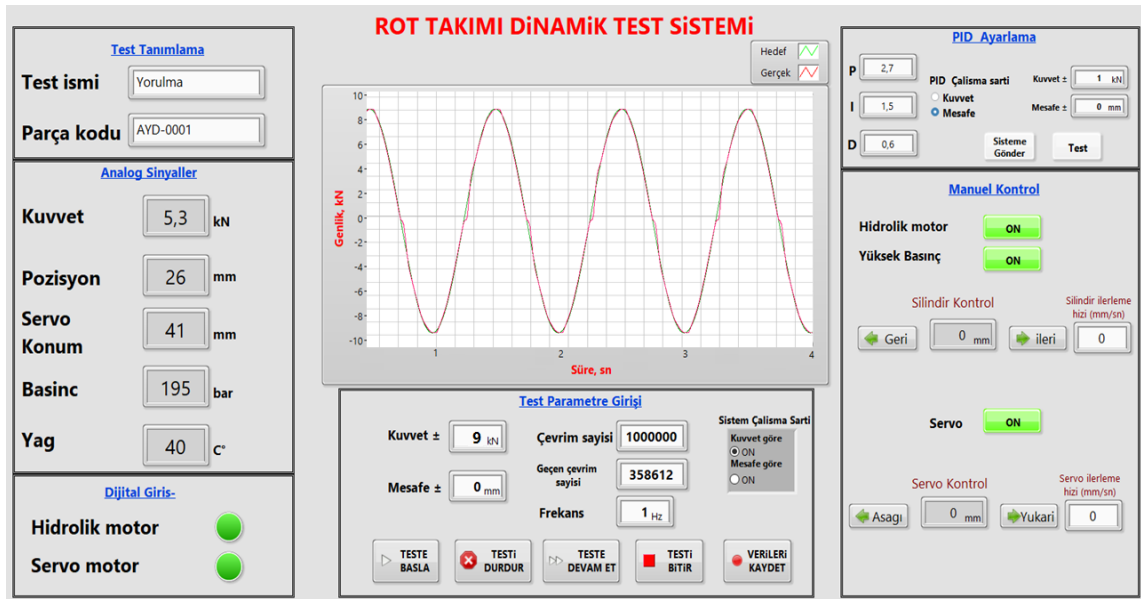
Şekil 4.12. PID bloğu

Çalışmada, hidrolik sistemin açılıp kapatılması, yüksek basınca alma, yağ sıcaklığı, hidrolik basınç gibi veriler Delta marka DVP-14SS2T PLC ile kontrol edilmiştir. PLC ile kontrol edilen bu verilerin LabVIEW ortamına aktarılmıştır. Aktarılan veriler Modbus ASCII protokolü üzerinden alınmıştır. Şekil 4.13’te yeni giriş çıkış server kurulumu yapıлып, Modbus protokolü ve işlem yapılacak PLC adresleri belirlenmiştir.



Şekil 4.13. PLC haberleşme ayarları

Yapılandırma ayarlarından sonra ana program oluşturulmuştur. Şekil 4.14'te program arayüzü verilmiştir. Program çalışma mantığı, test tanımlama bölgesinde test ismi ve test edilecek parça kodu belirlenmiştir. Analog sinyallerin olduğu kısımda, yük hücresi, pozisyon sensörü, servo motorun bağlı olduğu milin konumu, hidrolik sistemin basıncı, hidrolik yağın sıcaklığının anlık olarak gösterildiği bölümdür. Dijital giriş çıkış biriminde ise hidrolik ve servo motorun aktif veya de aktif durumlarını led indikatörler göstermektedir. PID, sistemin ilk olarak hesaplanmış olduğu katsayılarla bağlı olarak mesafe veya kuvvet sensörlerinden yola çıkarak silindirin kararlılığının/doğruluğunun kontrol edildiği bölümdür. Manuel kontrol bölümü, motorların aktif edildiği ve ayrıca hem silindirin hem de servonun teste başlanılmadan önce pozisyonlarının ayarlandığı bölümdür. Son olarak test parametre ve grafik bölümünde sistemin çalışması için veri girişi istenmektedir. Sistem iki şekilde çalışacak biçimde ayarlanmıştır. İlk olarak kuvvet kontrolü ikinci ise mesafedir. Çevrim sayısı, frekans bilgisi ve test kriterleri verilmiştir.



Şekil 4.14. Program arayüzü

### 4.3. Ekipmanlar

Çalışmada yapılan hidrolik dinamik test sistemine ait kullanılmış olan ekipmanlarla ilgili bilgiler bu bölümde incelenecektir.

Hidrolik silindir rot sisteminin bağlı olduğu test düzeneğine dinamik hareketleri sağlaması için kullanılmıştır. Hidrolik silindirin kapasitesi direksiyon sisteminde çalışan rot takımına gelen yükler sonucunda belirlenmiştir. Şekil 4.15'te hidrolik silindire yer verilmiştir.



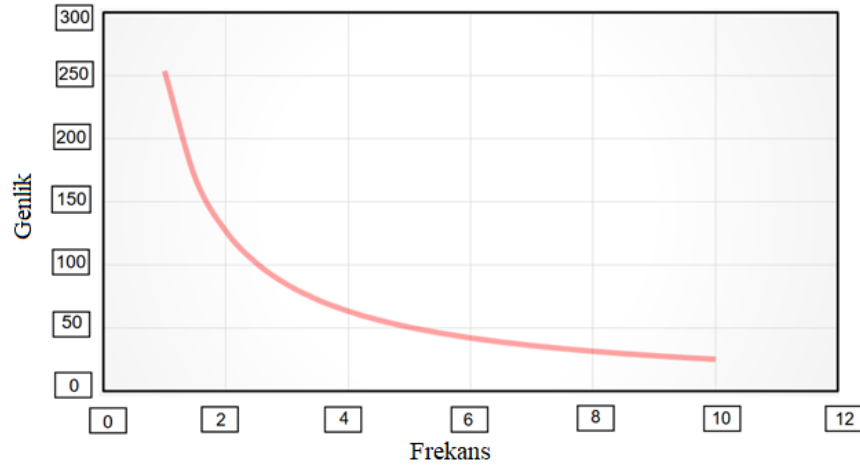
Şekil 4.15. Hidrolik silindir

Hidrolik silindire ait kapasite özellikleri Tablo 4.1'de gösterilmektedir.

Tablo 4.1. Hidrolik silindir

Silindir Kapasitesi ve Özellikler	
Silindir Kuvvet Kapasitesi	30 kN (Dinamik)
Silindir maksimum çalışma basıncı	280 bar
Silindir çalışma basıncı	250 bar
Maksimum çalışma debisi	120 lt/dk

Hidrolik silindirler servo valfin sağlayacağı maksimum debisine bağlı olarak frekans genlik hesabı yapılır. Bu sonuç silindirin yüksek frekanslardaki dinamik hareket sonucu yapmış olduğu  $\pm$  mesafesini belirler. Buna bağlı olarak Şekil 4.16'da hidrolik silindir frekans genlik eğrisi verilmiştir.



Şekil 4.16. Frekans genlik eğrisi

Şekil 4.16’da bulunan frekans genlik hesabı için silindirin piston çapı ile hesaplanır. Hesaplanan değerler Tablo 4.2’de gösterilmektedir.

**Tablo 4.2.** Frekans genlik hesapları

Piston Alanı	12,57 cm <sup>2</sup>
Frekans (Hz)	Genlik (± mm)
1	253
2	126,5
3	84,33
4	63,25
5	50,6
10	25,3

Servo valf, hidrolik sıvının bir aktüatöre nasıl gönderildiğini kontrol eden elektrikle çalışan bir valftir. Servo valfler genellikle çok küçük bir elektrik sinyali ile güçlü hidrolik silindirleri kontrol etmek için kullanılır. Nominal akış değeri  $\pm$  %10, basınç dayanımı 400 bara kadar, 120 lt/dk debi tepki süresi 13 ms çalışma sıcaklığı -30 ila 135 °C Şekil 4.17’de kullanılan servo valf görülmektedir.



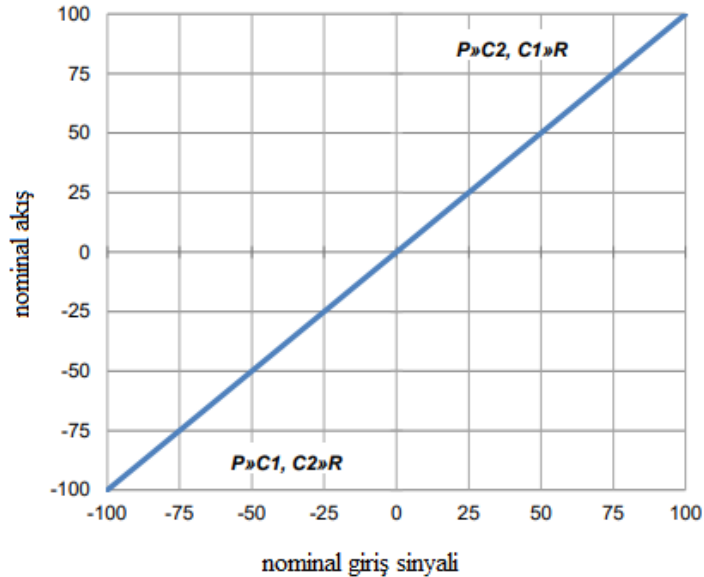
Şekil 4.17. Servo valf

Servo valf ile ilgili elektriksel, güç tüketimi, nominal sinyal girişi gibi teknik bilgiler Tablo 4.3' deki gibidir.

**Tablo 4.3.**

Nominal giriş $\pm$ (mA)	Tek (Diferansiyel)	40
Diğer bobin oranları mevcuttur	Seri	20
	Paralel	40
Bobin direnci	Bobin başına	80
	Tek (Diferansiyel)	0,128
Güç (W)	Seri	0,064
	Paralel	0,064
Konektör pimi çıkışı Tanılama		A
		B
		C
		D
Polarite $P_C > 2, C_1 > R$	Tek	A+, B- veya C+, D
	Seri	A+, D-, B & C bağlantı
	Paralel	A & C bağlantı +, B & D bağlantı

Kullanılan servo valf için akış toleransı, akış toleransının  $\pm\%10$ 'udur. %100 nominal giriş sinyalinde nominal akış uygulanır. Nominal sinyal, nominal akışı üretmek için herhangi bir polaritenin belirtilen giriş voltajı veya akımıdır. Nominal giriş, boş öngorelim değerlerini içermez. Şekilde 4.18'de valfe ait yüzdelik cinsinden nominal akış ve sinyal oranı verilmiştir.



**Şekil 4.18.** Servo valf akış sinyal oranı

Bir yük hücresi, gerilim, sıkıştırma, basınç veya tork gibi bir kuvveti ölçülebilen ve standartlaştırılabilen bir elektrik sinyaline dönüştürür. Bir kuvvet dönüştürücüsüdür.

Yük hücresine uygulanan kuvvet arttıkça, elektrik sinyali orantılı olarak değişir. Çalışmada GTM K-3T Yük hücresi tercih edilmiştir. Şekil 4.19’da yük hücresi görseli verilmiştir.



Şekil 4.19. GTM yük hücresi 3 ton

K serisini yük hücreleri, kuvvet ölçümü için tek bir entegre ölçüm işlemi olarak bükme halkası prensibini kullanır. Bu yük hücreleri bu nedenle doğruluk, güvenilirlik ve kalite için standartları belirler. Özellikle parazitlik etkilere (kesme kuvvetleri, eğilme momentleri, burulma momentleri ve sıcaklık dalgalanmaları) karşı düşük hassasiyetleridir. Nominal kapasitenin %300'üne kadar kırılma olmadan ve %150'sine kadar sıfır noktası kayması olmaksızın kuvvetlere dayanabilirler. K serisi, çok küçük yüklerden nominal kuvvete kadar tüm ölçüm aralığında yüksek hassasiyetli ölçümler sağlayan bir yük hücresidir. Genişletilmiş sıcaklık aralığı ile -40 °C ila +180 °C arasında ölçüm yapabilir. Tablo 4.4’te yük hücresi bağlantıları ve pin bağlantı numaraları verilmiştir.

Tablo 4.4. Yük hücresi kablo bağlantıları



Bağlantı		Kablo Rengi	Pin
Besleme V+	Uin+	Mavi	3
Besleme V-	Uin-	Siyah	2
Ölçüm sinyali +	Uout+	Beyaz	1
Ölçüm sinyali-	Uout-	Kırmızı	4
Sense +	Sense+	Yeşil	5
Sense-	Sense-	Gri	6
Topraklama		Sarı	Yuvada



Çalışmada pozisyon sensörü olarak MTS Temposonics R serisi pozisyon sensörü tercih edilmiştir. Şekil 4.20’de pozisyon sensörü görülmektedir. R-Series, güçlü sensör performansı sunar. R-Serisi, yüksek şok ve titreşim seviyelerine sahip zorlu ortamlar için uzun vadeli bir yapıya sahiptir. Analog çıkışlı (gerilim/akım) sensör modelleri, bir veya iki konumlu mıknatıs ve tek veya çift çıkış kanalı seçeneklerine sahiptir. R-Serisi Analog sensör, bir konum mıknatısı için tek bir çıkış kanalıyla çıkış, voltaj veya akım olarak sunulan ölçülen konum değeri vermektedir. Sensör ölçüm aralığı 120 mm olarak belirlenmiştir. Kullanılan donanıma uygunluğu açısından 0-10 volt analog çıkışlı tipi tercih edilmiştir.



Şekil 4.20. Pozisyon sensörü

Pozisyon sensörüne ait sinyal giriş bilgileri, çözünürlük, konum gibi teknik bilgiler Tablo 4.5’te verilmiştir.

Tablo 4.5. Pozisyon sensörü teknik bilgiler

Çıkış ve Ölçüm Parametreleri	
Analog	Voltaj: 0...10 VDC
Span ayarı	%100 elektrik darbesi
Çözünürlük	16 bit (dahili çözünürlük 0,1 pm)
Doğrusallık sapması	<±0,01 % FS (minimum ±50 pm)
Tekrarlanabilirlik	<±0,001 % FS (minimum ±1 pm)
Histerezis	<4 µm
Güncelleme zamanı	Strok uzunluğu   <1200 mm   <2400 mm   <4800mm   <7620 mm
	Güncelleme zamanı   0,5ms   1,0ms   2.0ms   15,0 ms
	Hız ölçümü
Aralık	0,01...10m/sor1...400inJs
Sapma	<%0,05
Çözünürlük	16 bit (en az 0,01 mm/sn)

Çalışmada hidrolik sistemin en önemli bileşeni olan hidrolik tank, Şekil 4.21’de verilmiştir. Hidrolik sistem basıncı silindirin kapasitesinden dolayı 200 bar olarak, tank yağ seviye kapasitesi 400 litre olarak belirlenmiştir. Pompanın sağladığı debi dakikada 150 litre verecek seviyede tasarlandı. Sistem 3 faz 380 Volt enerji ile beslenmektedir. Pompa motorunun kapasite 15 kW, selenoid uyarılı yön kontrol valfi ise 24VDC

tetiklemeli maksimum çalışma basıncı 210 bardır. Ayrıca yağın soğutulması için sulu soğutucu ve geri dönüş hattına filtre takılmıştır.



Şekil 4.21. Hidrolik ünite

Programlanabilir mantık denetleyicisi veya programlanabilir denetleyici, montaj hatları, makineler, robotik cihazlar veya yüksek güvenilirlik, programlama kolaylığı ve süreç hatası teşhisi gerektiren herhangi bir faaliyet gibi üretim süreçlerinin kontrolü için sağlamlaştırılmış ve uyarlanmış bir endüstriyel bilgisayardır. Çalışma için Şekil 4.22’de görülen Delta DVP-14SS2T PLC tercih edilmiştir 8 Dijital giriş / 6 Dijital Çıkış ve 8K program kapasitesi bulunmaktadır. Hem servo motor hem de hidrolik kontrolü için tercih edilmiştir.



Şekil 4.22. Programlanabilir Mantıksal Denetleyici

DVP-SS serisi Ana işlemci Ünitesinde (MPU) 14-nokta, ilave ünite olarak 8~16 nokta sağlar ve maksimum 128 giriş ve 128 çıkış’a kadar genişleyebilir. Program yazma-okuma

haberleşme portu: RS-232C. Genel fonksiyonlu haberleşme portu: RS-485. Ayrıca program kapasitesi 3792 adımdır. PLC' ye ait diğer özellikler Tablo 4.6 verilmiştir.

**Tablo 4.6.** PLC özellikleri

Özellikler	Çıkış Noktası Transistor	
Çıkış No	Y0-Y3	Y4, Y5
Max. Frekans	10kHz	1kHz
Çalışma voltajı	5 ~ 30VDC	
Direnç	0.5A/1 nokta (3A/COM)	
Max. Yük	Endüktif 15W (30VDC)	
	Lamba 2.5W (30VDC)	
Tepki süresi	Of-On	20µs
	On-Off	100µs
		100µs

Çalışmada kullanılacak olan analog sinyallerinin dönüştürülmesi için Advantech firmasına ait PCI-1716/L veri toplama kartı kullanılmıştır. 16 tek uçlu veya 8 diferansiyel veya analog giriş kombinasyonlu, 250 kHz örnekleme hızına kadar 16 bit A/D dönüştürücü, PCI-Bus mastering veri aktarımı, 2 analog çıkış kanalı 16 kanallı dijital giriş ve 16 kanallı dijital çıkışlı bir yapıya sahiptir. Şekil 4.23'te kullanılan veri toplama kartı verilmiştir.



**Şekil 4.23.** Veri toplama kartı

Karta ait giriş çıkış ve analog sinyaller için veri kapasitesi Tablo 4.7'de verilmiştir. Veri toplama kartı bütün PC tabanlı sistemlere tak çalıştır mantığında kullanılabilir.

**Tablo 4.7.** Veri toplama kartı analog giriş çıkışlar

Analog Girişler	
Kanal	16 tek uçlu/ 8 diferansiyel
Çözünürlük	16 bits
Max Örnekleme Hızı	250 kS/s
Analog Çıkışlar	
Kanal sayısı	2
Çözünürlük	16 bits
Çıkış oranı	Çıkış Hızı Statik güncelleme
Çıkış Aralığı	Çıkış Aralığı (Yazılımla programlanabilir)

Çalışmada hidrolik silindirin uygulamış olduğu yük hücresinden gelen kuvveti veri toplama kartına aktarabilmek için Advantech firmasına ait ADAM-3016 gerinim ölçer giriş modülü kullanılmıştır. ADAM-3016'nın gerçek kanaldan kanala yalıtım sunar. ADAM-3016'nın giriş bant genişliği tipik olarak 2,4 kHz'dir ve tek bir +24VDC girişi ile çalışır. Dönüştürücü durumu ve giriş/çıkış aralığını ve uyarım voltajını kalibre etmek için 3 nokta kalibrasyon ile üretilmiştir. Şekil 4.24'te dönüştürücü gösterilmektedir.



Şekil 4.24. Kuvvet dönüştürücü

Dönüştürücüye ait akım, voltaj ve diğer elektriksel özellikler Tablo 4.8'de yer verilmiştir.

Tablo 4.8. Dönüştürücü özellikleri

Voltaj özellikleri	
Elektrik girişi	$\pm 10 \text{ mV}, \pm 20 \text{ mV}, \pm 30 \text{ mV}, \pm 50 \text{ mV}, \pm 100 \text{ mV}$
Uyarma gerilimi	1 ~ 10 VDC (maks. 60 mA)
Voltaj çıkışı	
Bipolar	$\pm 5 \text{ V}, \pm 10 \text{ V}$
Tek kutuplu	0 ~ 10 V
Empedans	<50 W
Akım çıkışı	
Akım	0 ~ 20 mA
Mevcut yük direnci	0 ~ 500 W (kaynak)

Çalışmada rot takımına uygulanacak olan salınım hareketinin sağlanabilmesi için Delta markasının ECMA-K11320ES servo motoru kullanılmıştır. En büyük tercih nedenleri, düşük hızda kararsız komutları ortadan kaldırabilen, düzgün motor çalışmasını ve konumlandırma doğruluğunu artırabilen 20 bit çözünürlüğe sahip artımlı enkoder kodlayıcılara sahiptir. Sistemden gelen boşluk ve esnekliğin etkilerini azaltır ve konumlandırma doğruluğunu sağlar. Ayrıca 2 kW güç, 2000 devir ve 9,95 Nm tork değerlerine sahiptir. Şekil 4.25'te kullanılan servo motor gösterilmiştir.



Şekil 4.25. Servo motor

Servo motor, pozisyon ve hıza dair komutları yerine getiren bir son kontrol elemanıdır. Servo motorun bu komutları yerine getirebilmesi için ise servo motor sürücüsüne ihtiyacı vardır. Çalışmada servo motoru kontrol edilebilmesi için Delta marka ASDA-A2-2043-M servo sürücü modeli seçilmiştir. Şekil 4.26’da servo sürücü gösterilmektedir.



Şekil 4.26. Servo sürücü

Servo sürücü 400 volt gerilimine sahip olup, 2000W gücündedir. ASDA-A2 serisi Servo motor tam tur çözünürlüğü 1280000 pulse/tur ’dur. Servo sürücüsüne ait diğer teknik bilgiler Tablo 4.9’da verilmiştir.

**Tablo 4.9.** Servo sürücü özellikleri

ASDA-A2 Serisi	2kW
Giriş gerilimi	24VDC, $\pm$ %10
Giriş Akımı	1.18A
Giriş gücü	28,2 W
İzin Verilen Voltaj Aralığı	3 fazlı 380- 480 VAC $\pm$ %10
Giriş Akımı (Birim: Arms)	5.65
Sürekli Çıkış Akımı (Birimler: Arms)	6.66
Soğutma sistemi	Fan soğutma
Kodlayıcı Çözünürlüğü	17 bit
Analog Giriş Komutu	0 ~ $\pm$ 10 VDC

## 5. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Otomotiv yan sanayide direksiyon ve süspansiyon parçaları üretilirken, orijinal parçalar yakın mekanik özellikleri karşılamaları gerekir. Orijinal parça ile yedek parça sanayisinde üretilen parçaların kıyası ancak üretim yöntemleri, malzeme ve buna bağlı olarak statik ve dinamik testler sonucunda belirlenir. Çalışmada direksiyon sisteminde kullanılan Rot takımı (Rot başı ve Rot mili) için hidrolik dinamik test sistemi geliştirilmiştir. Rot takımı parçalarının araç üzerindeki salınım ve dönme hareketleri tasarlanan test sisteminde simüle edilmiştir. Testin yapılma amacı, parça üzerindeki yorulma, deformasyon etkilerine bağlı olarak ömür tayin etmektir. Sistem tasarımı ve kontrolü LabVIEW programı ile sağlanmıştır. Binek otomobillerde en çok kullanılan orijinal parça ve yedek parça ile kıyaslanıp sonuçlar kıyaslanmıştır.

Deneysel çalışmalar için aynı nitelikte orijinal parça Rot takımı ve AYD otomotiv Rot takımı parçası seçilmiştir. Burada hedef test öncesi ve sonrasında yedek parça Rot sisteminin, orijinal Rot takımı parçasını %95 oranında yakalaması hedeflenir. Şekil 5.1’de testi yapılmış olan Rot sistemine ait orijinal ve AYD parçaları verilmiştir.



Şekil 5.1. Rot takımı

İlk olarak her iki ürün için de yorulma testine tabii tutulmadan önce boşluk daha sonra ise tork değerlerine bakılarak aynı olması veya birbirlerine yakın olması gerekmektedir. Boşluk testi için parçalara uygulanacak olan test spesifikasyonu, direksiyon ve süspansiyon parçaları için teknik şartnamesi kullanılmaktadır. Kullanılmakta olan değerler Tablo 5.1’de verilmiştir.

**Tablo 5.1.** Boşluk testi spektleri

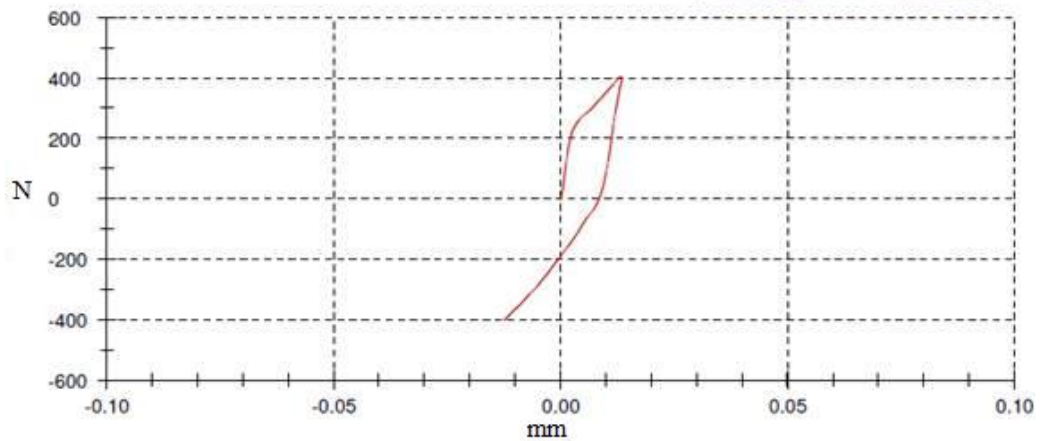
Eksenel Esneklik		
Mafsal Çapı	Rotbaşı	Rot Mili
Ø16-23mm Test yükü	≤0,12 400N	≤0,10 2500N
Ø24-29mm Test yükü	≤0,15 800N	≤0,12 2800N
Ø30-34mm Test yükü	≤0,18 1100N	≤0,12 3000N
Ø≥35mm Test yükü	≤0,12 1500N	≤0,15 3000N

Çalışmada seçilen orijinal parça için Rot başı parçasının mafsal çapı 16-23mm olan test değerlerine göre boşluk değerlerine statik çekme basma test cihazında bakılmıştır. Şekil 5.2' orijinal parça Rot başı boşluk sonuçları verilmiştir. Uygulanan toplam yük  $\pm 403,87N$ , toplam boşluk değeri ise  $\pm 0,01mm$  olarak sonuçlanmıştır. Ayrıca basma ve çekme hızı 0,5mm/dk olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre orijinal Rot başı parçası test spektleri arasında gelmiştir.

Test Hızı : 0,5 mm/dak

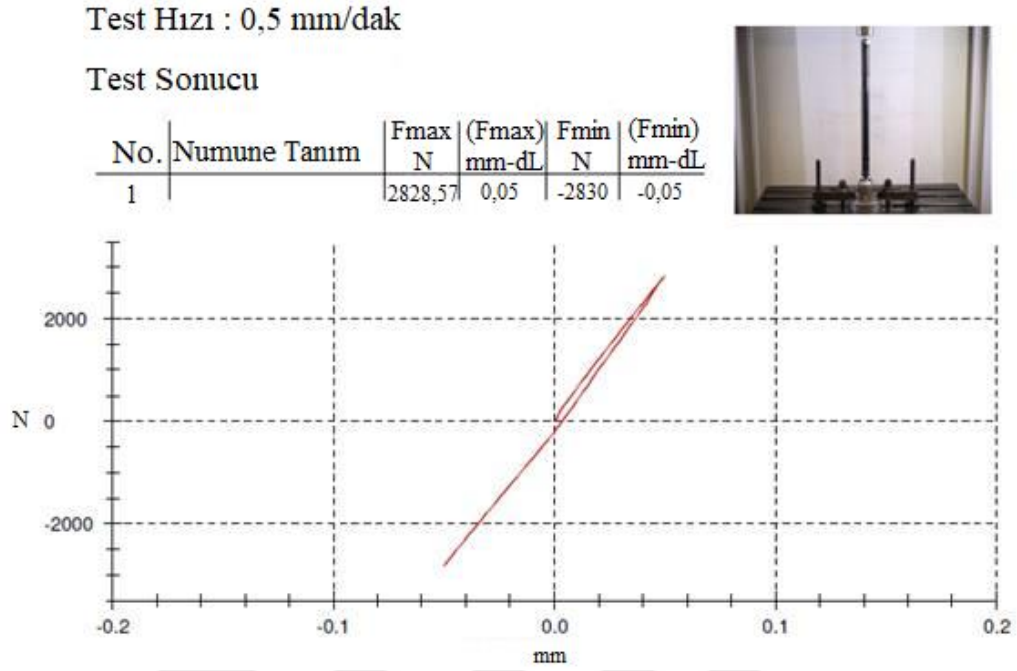
Test Sonucu

No.	Numune Tanım	Fmax N	(Fmax) mm-dL	Fmin N	(Fmin) mm-dL
1		403,87	0,01	-402	-0,01

**Şekil 5.2.** Orijinal parça Rot başı boşluk sonuçları

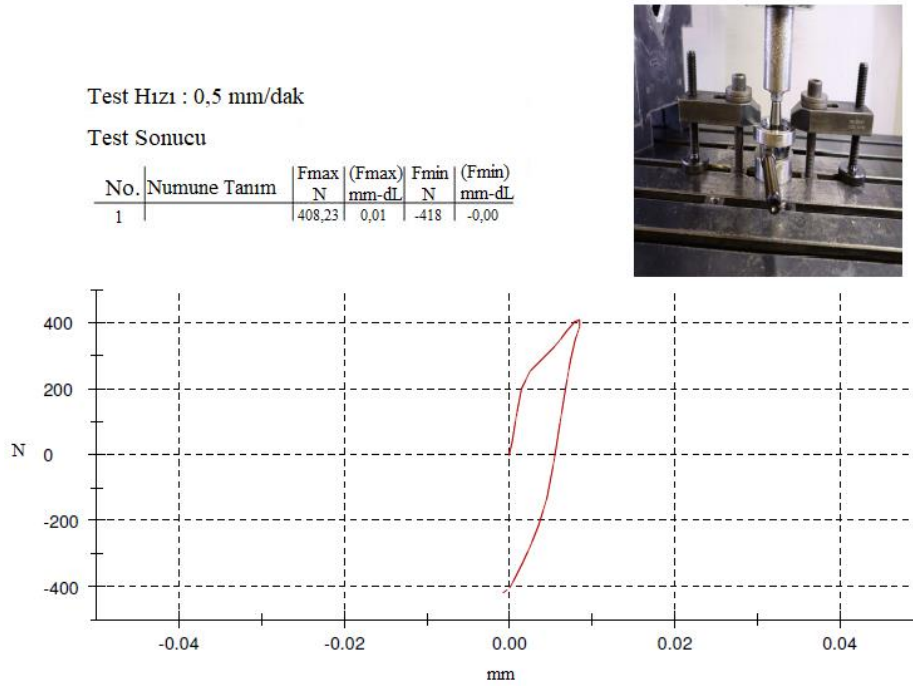
Orijinal parça Rot sisteminde bulunan Rot mili parçasının da boşluk değerlerine bakılmıştır. Rot mili parçasının mafsal küre çapı 24-29mm arağındaki test spektlerine göre  $\pm 2800N$  olarak uygulanmıştır. Rot mili boşluk değeri ise  $\pm 0,05mm$  olarak

sonuçlanmıştır. Bu sonuçlara göre orijinal Rot mili parçası test spektleri arasında gelmiştir. Şekil 5.3'te sonuçlar verilmiştir.



Şekil 5.3. Orijinal parça Rot mili boşluk sonuçları

Dinamik testten önce seçilmiş olan AYD menşeli Rot takımı için boşluk değerlerinin verilmiş olan boşluk testi spektleri arasında olması gerekmektedir. Burada hem Rot başı hem Rot mili parçalarının boşluk değerleri basma çekme test cihazında ölçülmüştür. Rot başına yapılan boşluk testi sonuçları Şekil 5.4'te verilmiştir.



Şekil 5.4. Yedek parça Rot başı boşluk sonuçları

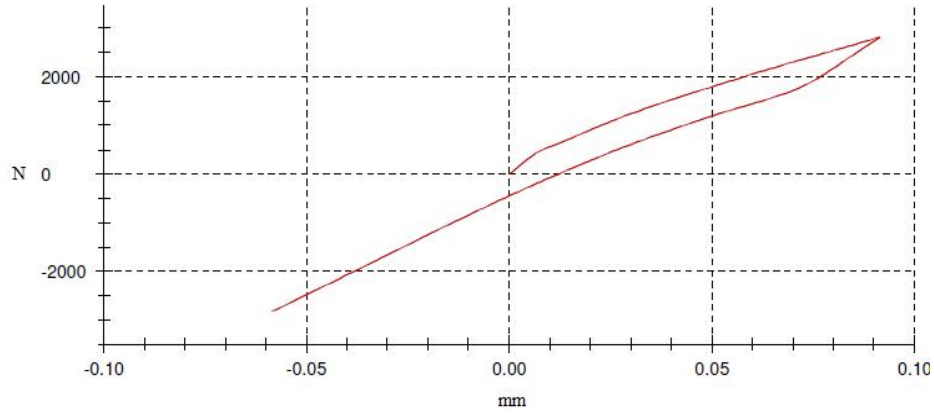


AYD menşeli Rot takımının diğer bileşeni olan Rot miline ait boşluk test sonuçları Şekil 5.5'te verilmiştir. Boşluk testi spektlerine göre yaklaşık mafsal çapı 24-29mm olan yüke bağlı olarak istenilen boşluk değerlerini sağlamıştır.

Test Hızı : 0,5 mm/dak

Test Sonucu

No.	Numune Tanım	Fmax		Fmin	
		N	mm-dL	N	mm-dL
1		2808,97	0,09	-2810	-0,06



Şekil 5.5. Yedek parça Rot mili boşluk sonuçları

Yorulma testi öncesinde yapılan boşluk testleri hem orijinal parçalar için hem de yedek parçalar için istenilen değer aralıklarında çıkmıştır.

Rot takımları için araç altı şartları simüle edilirken en önemli çalışma şartlarından biri ise çalış torklarıdır. Rot başı parçası araç altındaki hareketlerinde kırılma ve dönme torkuna maruz kalırlar, Rot milleri ise kırılma ve salınım açısından önemlidir. Bu nedenden dolayı dinamik, yorulma testinden önce tork değerine bakılmıştır. Tablo 5.2'de tork spekt aralıkları verilmiştir.

Tablo 5.2. Tork spekt aralığı

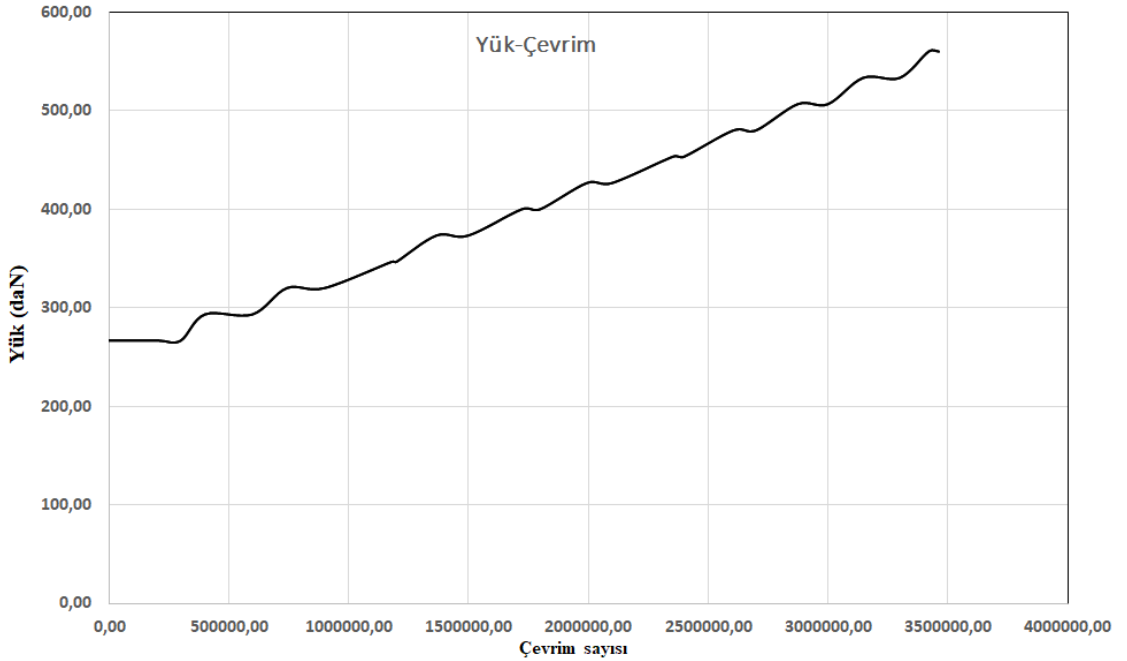
Mafsal çapı	Kırılma torku (Nm)		Çalışma torku (Nm)	
	Rot Başı	Rot mili	Rot Başı	Rot mili
16-18mm	≤8	≤10	1.0-4.0	1.5-5.0
19mm	≤8	≤10	1.0-4.0	1.5-5.0
20-21mm	≤8	≤10	1.0-4.0	1.5-5.0
22-23mm	≤8	≤10	1.0-6.0	1.5-5.0
24mm	≤11	≤11	1.5-6.0	1.5-5.0
25-27mm	≤11	≤11	1.5-6.0	1.5-5.0
28-29mm	≤11	≤14	1.5-6.0	1.5-6.0
30-34mm	≤14	≤14	2.0-7.0	1.5-6.0
>34mm	≤16	≤15	2.0-8.0	1.5-6.0

Test öncesi tork değerleri orijinal parçalar ve yedek parçalar için ölçülmüş ve her iki Rot takımı için uygun olduğu Tablo 5.3'te verilmiştir.

**Tablo 5.3.** Tork spekt aralığı

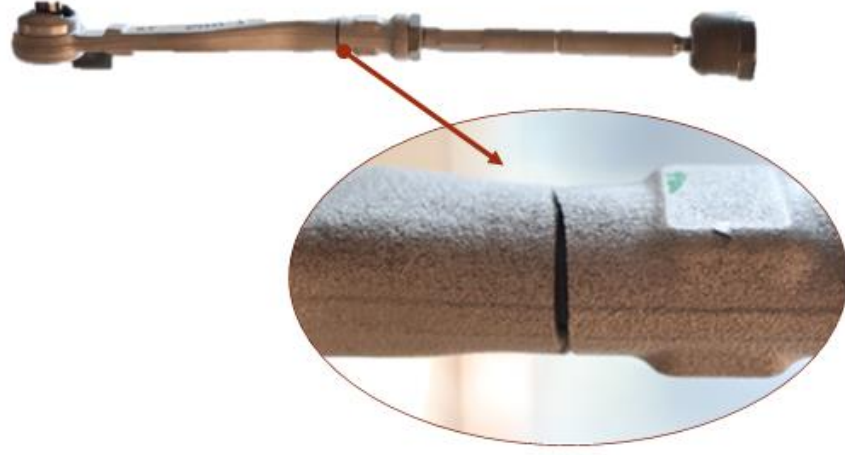
Orijinal		
Parça	Kırılma Torku (Nm)	Çalışma Torku (Nm)
Rot Başı	3,88	2,12
Rot Mili	6	2
AYD		
Parça	Kırılma Torku (Nm)	Çalışma Torku (Nm)
Rot Başı	4,76	2,31
Rot Mili	10,5	4

Yapılan statik boşluk testleri ve tork ölçümleri sonrasında her iki üründe de üretim kaynaklı herhangi bir probleme rastlanılmamıştır. Bu veriler çerçevesinde Rot takımları için test öncesi değerlerin uygun olduğu anlaşılmaktadır. Bu sebeple dinamik test kriterleri araç yükü, aracın frenleme ve hızlanma esnasında oluşan ağırlık merkezi değişim oranına bağlı olarak belirlenmiştir. Rot parçaları deforme, kırılma olana kadar test devam etmiştir. İlk olarak orijinal Rot takımı test edilmiştir. Test yükü 2665N(2,66kN) olarak belirlenmiştir. Test yükü ilk hesaplanan yükten %10 oranında her 300.000 çevrimde arttırılmıştır. Test frekansı 5Hz uygulanmıştır. Toplam 3.462.745 çevrim sonunda test parçası Rot başı gövdesinden kırılmıştır. Şekil 5.6'da yük çevrim grafiği verilmiştir.



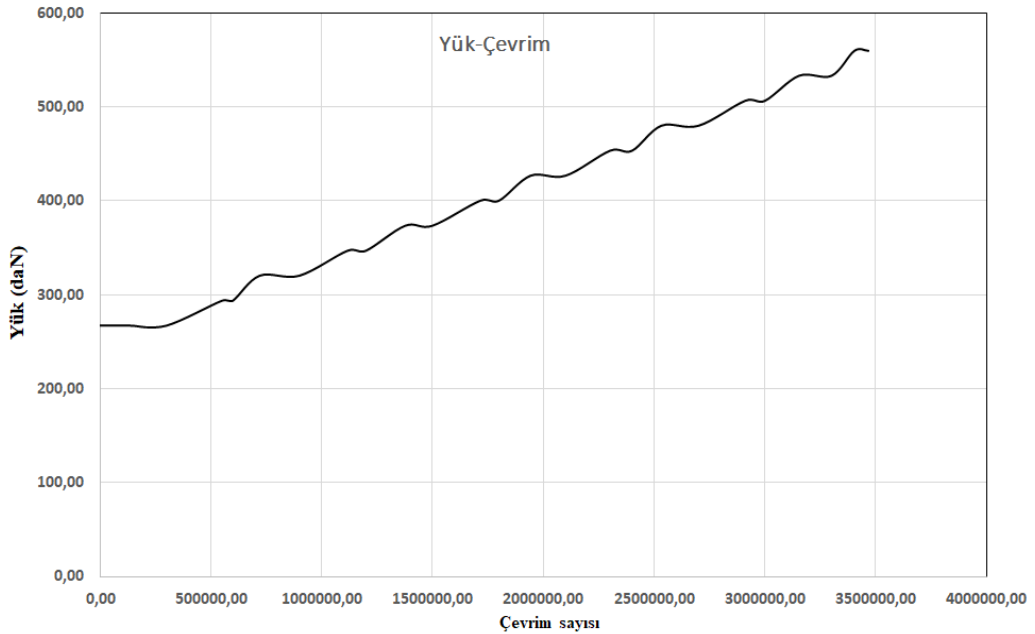
**Şekil 5.6.** Yük çevrim oranı (Orijinal Rot takımı)

Yapılan test sonucunda Orijinal Rot takımında bulunan Rot başı gövdeden kırılmıştır. Bu sonuca bağlı olarak yedek parça Rot takımında da aynı çevrim sayısının yakalanması beklenir. Şekil 5.7’de kırılmış olan parça verilmiştir.



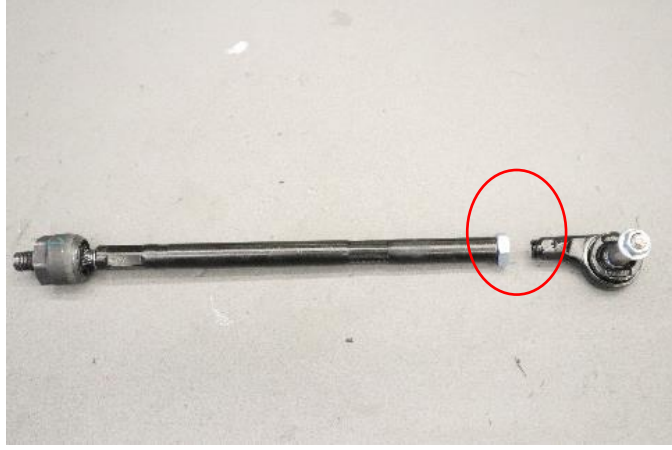
Şekil 5.7. Kırık Rot başı (orijinal)

İkinci olarak AYD yedek parça numunesi dinamik, yorulma testi yapılmıştır. Test yükü 2665N(2,66kN) olarak belirlenmiştir. Test frekansı 5Hz uygulanmıştır. Toplam 3.465.900 çevrim sonunda Rot başı gövdesinden kırılmıştır. Şekil 5.8’de yük çevrim grafiği verilmiştir.



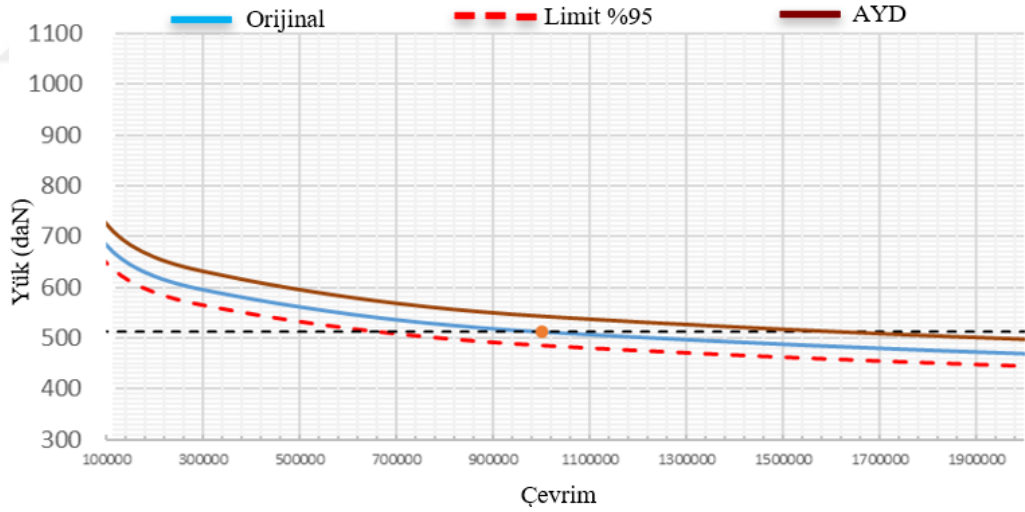
Şekil 5.8. Yük çevrim oranı (Yedek parça Rot takımı)

Test sonucunda Rot başı parçası gövdeden kırılmıştır. Şekil 5.9’da kırılmış olan parça verilmiştir.



Şekil 5.9. Kırık Rot başı (yedek parça)

Çalışmada yapılmış olan dinamik, yorulma testi sonrasında farklı iki Rot takımı parçasında da uygulanmıştır. Test sonuçlarına göre orijinal parça, 3.462.745 çevrim sonunda gövdeden kırılmış aynı şekilde AYD menşeli yedek parça da 3.465.900 çevrim sonunda gövdeden kırılmıştır. Bu sonuçlar ışığında yedek parça olarak üretilen Rot takımı parçaları %95 ve üzerinde orijinal parçayla aynı değerlerde çıkmıştır. Çalışmada yapılan hidrolik dinamik test sistemi Rot takımları için araç altı başarıyla simüle edilmiştir. Şekil 5.10'da Orijinal ve yedek parça karşılaştırma grafiği verilmiştir.



Şekil 5.10. Karşılaştırma grafiği

## 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

### 6.1. Sonuçlar

Süspansiyon ve direksiyon sistemi için üretilen parçalar araçlarda güvenlik açısından büyük önem taşımaktadır. Üretilen parçaların araç üzerindeki çalışma şartlarına uygun test platformlarında dinamik test sonucu ömür tayini yapılması gerekmektedir. Bu tez çalışmasında hidrolik dinamik test sistemi geliştirilmiştir. Çalışmada grafiksel programlama olan LabVIEW ile geliştirilmiştir. Sensörlerden alınan bilgiler veri toplama kartı sayesinde bilgisayar ortamına alınarak test sonuçları takip ve kontrol edilmiştir.

Geliştirilen test sisteminde direksiyon sisteminin son bileşenleri olan Rot takımlarının (Rot Başı ve Rot Mili) araç altında yapmış oldukları salınım ve dönme açıları parçalar üzerine başarıyla simüle edilmiştir.

Yapılan deneysel çalışmada orijinal ve yedek parça olacak şekilde iki adet Rot takımı dinamik, yorulma testleri yapılmıştır. Her iki Rot takımı için de test öncesi boşluk değerleri statik çekme basma test cihazında kontrol edilmiş ve ayrıca tork değerlerine de bakıldıktan sonra teste uygun oldukları belirlenmiştir. Her iki ürün de geliştirilen test sisteminde 5Hz frekansta,  $\pm 2,66\text{kN}$  yükünde teste başlamış orijinal parça 3.462.745 çevrim sonrasında Rot başı gövdesin kırılmış, yedek parça olarak üretilen Rot takımı ise 3.465.900 çevrim sonrasında yine rot başı gövdesinden kırılmıştır. Orijinal parçaya %95 ve üzeri oranda yakınlık sağlanmıştır.

### 6.2. Öneriler

Araç altı çalışma şartlarının simüle edildiği sistemde başarılı bir şekilde sonuçlar elde edilmiştir. Araç üzerinde çalışan parçaların, araç yol şartlarında ilerlerken veri toplanması ve toplanan verilerin test sistemindeki verilerle karşılaştırılması daha kesin sonuçlar verecektir. Ayrıca hidrolik sistemin kapasitesinin artırılması farklı tip süspansiyon ve direksiyon parçalarının da dinamik testlere tabi tutulmasına imkân verecektir.

## KAYNAKLAR

- Akkaya, A. V., Sevilgen, S. H., Erdem, H. H. ve Çetin, B., 2005, Simulink kullanarak bir pnömatik sistemin simülasyonu, *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 6 (2) 155-162.
- Akyazı, Ö. ve Çokrak, D. 2011, Pnömatik ve hidrolik sistem uygulamaları, *Elektrik – Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu, Bildiriler Kitabı*, 142-147.
- Anlık, S., 2021, Hidrolik test makinalarının performansının bulanık mantık temelli bir yaklaşımla incelenmesi (Master's thesis, BTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü).
- Agarwal, S., ve Desai, V., 2013, Endurance Testing of Aircraft ElectroHydraulic Actuator Using LabVIEW. *Int. J. Robot. Autom.*, 4(2), 44-59.
- Bakanlığı, S. T., 2022. Otomotiv Sektörü Raporu.
- Cuthill, F., Steynor, J., Dubon, S. L., McCarthy, E., ve Brádaigh, C. M. Ó., 2021, Development of the world's first regenerative hydraulic tidal blade test centre: FASTBLADE. In 14th European Wave and Tidal Energy Conference, EWTEC 2021. EWTEC.
- Chen, F., ve Yan, G., 2011, Design of automatic hydraulic test bench based on LabVIEW. In 2011 Second International Conference on Mechanic Automation and Control Engineering (pp. 1183-1186). IEEE.
- Çınar, E., Ulaş, H. B., ve Bilgin, M., 2013, Hidrolik silindirin bulanık mantık yöntemi ile konum kontrolü. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 30(3), 214-219.
- Dursun, U., Üstoğlu, İ., ve Taşçıkaraoğlu, F. Y., 2018, Hidrolik test sisteminin model öngörülmesi kontrolü. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 24(8), 1443-1449.
- Feng, H., Liu, F., ve Xu, Y., 2011, Functional testing system based on LabVIEW for gas-fueled automobile engine ECU. In 2011 3rd International Conference on Advanced Computer Control (pp. 357-361). IEEE.
- Guo, B., Zhang, J., ve Nie, X., 2009, Notice of Retraction: Application of LabVIEW for Hydraulic Automatic Test System. In 2009 International Conference on Industrial and Information Systems (pp. 348-351). IEEE.
- Hernandez, W., 2006, Improving the response of a load cell by using optimal filtering. *Sensors*, 6(7), 697-711.
- Hao, H., ve Zhang, H. L., 2020, Design of flow measurement system based on LabVIEW. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 789, No. 1, p. 012027). IOP Publishing.

- Heiβing, B., Ersoy, M., 2010, Chassis Handbook: Fundamentals, Driving Dynamics, Components, Mechatronics, Perspectives, Springer Science & Business Media, 2010
- Karacan, İ., 2003, Hidrolik ve pnömatik. Birsen Yayınevi.
- Korgin, A., Ermakov, V., ve Kilani, L. Z., 2019, Automation and Processing Test Data with LabVIEW Software. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 661, No. 1, p. 012073). IOP Publishing.
- Kaya, S., 2017, Beş eksenli bir robot kolu gerçeeklemesi ve labview ortamında görüntü işleme temelli kontrolü (Master's thesis, Sakarya Üniversitesi).
- Koç, T., 2012, Bir motor test ünitesinin kontrol sisteminin tasarımı.
- MEB. 2011, Elektrik – Elektronik Teknolojisi: Hidrolik Sistemler, Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara.
- MEB. 2011, Elektrik – Elektronik Teknolojisi: Servo Motor Ve Sürücüler, Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara.
- MEGEP, 2011, Endüstriyel otomasyon teknolojileri: Temel pnömatik, Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara.
- Merkle, D., Schader, B., ve Thomes, M., 1991, Hidrolik. Festo, Essingen
- Merkle, D., Schrader, B., ve Thomes, M., 2004, Hydraulik. Springer Berlin Heidelberg.
- Nyce, D. S., 2004, Linear position sensors: theory and application. John Wiley & Sons.
- Özcan, M. T., 2012, Endüstriyel Hidrolik: Hidrolik ve Pnömatik Sistemler Ders Notları, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Adana.
- Öztürk, F., ve Öztürk, N., 2005, Otomotiv Yan Sanayii Tasarım Yeteneđi Değerlendirmesi.
- Polat, E. Y. Tüketicilerin otomotiv yedek parça tercihlerini etkileyen faktörler: Orijinal ve yan sanayi karşılaştırması üzerine bir çalışma (Master's thesis, Sosyal Bilimler Enstitüsü).
- Pancar, Y., ve Ergür, H. S., 2011, Hidrolik Akümülatörler, Kullanım Amaçları ve Yöntemleri İle Seçim Kriterleri.
- Papoutsidakis, M., Chatzopoulos, A., ve Drosos, C., 2018, Linear Position Sensors–A Brief Guide of Use of the Most Common Types. International Journal of Computer Applications, 975, 8887.
- Pedersen, M. M., 2018, Introduction to metal fatigue. and no, Technical report ME-TR-11, 91.

- Pelin, R. I., ve Tița, I., 2020, Hydraulic pitch control including virtual instruments. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 997, No. 1, p. 012053). IOP Publishing.
- Pereira-Dias, D., Costa, R. R., ve Jacoud, A., 2013, Control of hydraulic actuated fatigue testing machines—a review. In 22nd International Congress of Mechanical Engineering (COBEM 2013), Nov (pp. 3-7).
- Radoi, R., Blejan, M., Hristea, A., ve Tudor, B., 2020, Contributions to the modernization of fluid power field by integration of intelligent equipment. Mining Machines.
- Rösth, M., 2007, Hydraulic power steering system design in road vehicles: analysis, testing and enhanced functionality (Doctoral dissertation, Institutionen för ekonomisk och industriell utveckling).
- Stawiński, Ł., Kosucki, A., Cebulak, M., Górnjak vel Górski, A., ve Grala, M., 2022, Investigation of the influence of hydraulic oil temperature on the variable-speed pump performance. *Eksplotacja i Niezawodność*, 24(2).
- Wang, J., Mao, X., Zhu, K., Song, J., ve Zhuo, B., 2009, An intelligent diagnostic tool for electronically controlled diesel engine. *Mechatronics*, 19(6), 859-867.
- Waterkemper, L., de Medeiros Castro, R., Lopes, L. M., Inacio, L. F. F., Curi, E. I. M., ve de Campos Correa, L., 2018, Didactic system of supervision and data acquisition to evaluate the performance of hydraulic pumps. *IEEE Latin America Transactions*, 16(4), 1113-1120.
- Wu, B., ve Cai, C., 2008, Hydraulic monitoring system based on LabVIEW. In 2008 Second International Symposium on Intelligent Information Technology Application (Vol. 2, pp. 254-258). IEEE.
- Xuan, J., ve Wang, S., 2017, Development of hydraulically driven fatigue testing machine for insulators. *IEEE Access*, 6, 980-988.
- Xu, L., Jin, X., ve Xing, K., 2021, Hydraulic pump automatic test system based on C/S structure. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 2005, No. 1, p. 012238). IOP Publishing.
- Ya-Long, A., Han-Bin, X., ve Jin-Guang, Z., 2021, Research on the Control of Fatigue Loading System of Wind Turbine Blade Biaxial Hydraulic Actuator. In 2021 7th International Conference on Condition Monitoring of Machinery in Non-Stationary Operations (CMMNO) (pp. 154-161). IEEE.
- Zhang, Q., Li, M., ve Cai, G., 2019, Research on the Oil Supply System of a Vehicle Integrated Transmission Based on LabVIEW. In 2019 IEEE 3rd Information Technology, Networking, Electronic and Automation Control Conference (ITNEC) (pp. 448-451). IEEE.
- Zhou, X., Xing, K., ve Yin, L., 2020, Design of Remote Hydraulic Teaching System. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 768, No. 5, p. 052093). IOP Publishing.