T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ARAÇLARDA MAKAS SİSTEMLERİNİN UZUN ÖMÜR TESTİNE YÖNELİK STANT TASARIMI VE PROTOTİP UYGULAMASI

Hazırlayan
CİHAN TOPAÇ

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi MEHMET BAHADIR ÇETİNKAYA

Yüksek Lisans Tezi

Kasım 2019
KAYSERİ

T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ARAÇLARDA MAKAS SİSTEMLERİNİN UZUN ÖMÜR TESTİNE YÖNELİK STANT TASARIMI VE PROTOTİP UYGULAMASI

(Yüksek Lisans Tezi)

Hazırlayan
CİHAN TOPAÇ

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi MEHMET BAHADIR ÇETİNKAYA

Bu çalışma, Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından FYL-2018-8602 kodlu proje ile desteklenmiştir.

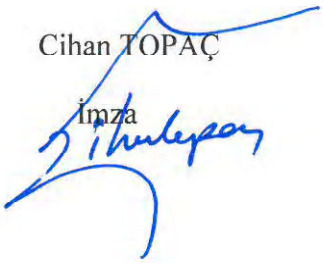
Kasım 2019
KAYSERİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Cihan TOPAÇ

İmza



YÖNERGEYE UYGUNLUK

"Araçlarda Makas Sistemlerinin Uzun Ömür Testine Yönelik Stant Tasarımı ve Prototip Uygulaması" adlı Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi' ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Hazırlayan
Cihan TOPAÇ
İmza

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi M. Bahadır ÇETİNKAYA
İmza

Mekatronik Mühendisliği ABD Başkanı

Prof. Dr. Şahin YILDIRIM
İmza

KABUL VE ONAY

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Bahadır ÇETİNKAYA danışmanlığında **Cihan TOPAÇ** tarafından hazırlanan "**Araçlarda Makas Sistemlerinin Uzun Ömür Testine Yönelik Stant Tasarımı ve Prototip Uygulaması**" adlı bu çalışma jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Mekatronik Mühendisliği** Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

02 / 11 / 2019

JÜRİ:

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi M. Bahadır ÇETİNKAYA .....

Üye : Prof. Dr. Şahin YILDIRIM .....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Mehmet BİLİM .....

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 05/11/2019 tarih ve 2019/61-05 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

.....05/11/2019.....

Prof. Dr. Mehmet AKKURT

Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Bana çalışmalarım süresince her türlü yardımı ve fedakârlığı sağlayan, yüksek tecrübe ve deneyimiyle beni yönlendiren aynı zamanda en büyük yardımı sağlayan saygıdeğer danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Bahadır ÇETİNKAYA teşekkürü borç bilirim.

Gerek deneysel çalışmalarda gerekse teori kısımda yine bilgi ve tecrübesiyle her zaman yanımda olan beni yönlendiren ve projemim gelişmesinde katkı sağlayan saygıdeğer hocam Prof. Dr. Şahin YILDIRIM'a çok teşekkür ederim.

Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne (Proje No: FYL-2018-8602) ve tedarikçi firma olan "ERC Hidrolik" firmasına ve değerli çalışanlarına göstermiş oldukları ilgi, iş birliği ve yardımseverlikten ötürü ayrıca teşekkür ederim.

Cihan TOPAÇ

Kasım 2019, KAYSERİ

ARAÇLARDA MAKAS SİSTEMLERİNİN UZUN ÖMÜR TESTİNE YÖNELİK STANT TASARIMI VE PROTOTİP UYGULAMASI

Cihan TOPAÇ

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Kasım 2019
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Bahadır ÇETİNKAYA

ÖZET

Makas sistemleri, otomotiv sektöründe özellikle ağır vasıta araçlar için kullanılan süspansiyon donanımlarıdır. Araçların maruz kaldığı çok farklı tür ve şiddetteki harici kuvvetleri zayıflatmak için kullanılırlar. Makas sistemlerinin seri üretimden önce yüksek hassasiyetli test stantları kullanılarak uzun ömür testlerine tabi tutulmaları gerekmektedir. Bu test stantları hassas ölçüm yapabilmelerinin yanı sıra değişik boyutta, değişik tipte, değişik malzemede ve değişik yüklerdeki makasların bağlanabileceği şekilde esnek bir yapıya da sahip olmalıdır.

Bu tez çalışmasında, hidrolik bir sistem tarafından üretilen farklı tür ve şiddetteki harici kuvvetleri makas sistemine uygulayan hassas bir test standı tasarlanmıştır. Bu test standı hidrolik sistemin yanı sıra bu hidrolik sistemi kontrol eden bir elektrik ünitesini de içermektedir. Tasarlanmış olan bu elektrik ünitesi sayesinde hidrolik sistem ürettiği farklı kuvvetleri istenilen periyotlarda uygulayabilecek şekilde kontrol edilebilmektedir. Ayrıca, her türlü makas tipine yönelik esnek bir test sistemi geliştirebilmek amacıyla sistemin ana gövdesi çok sayıda delik içerecek şekilde tasarlanmıştır.

Bu tez çalışması kapsamında tasarlanmış olan test standı ile makas sistemlerinin dayanımları, kullanım ömürleri, gerinimleri ve sehim hesaplamaları yüksek hassasiyetli bir şekilde test edilebilecektir.

Anahtar Kelimeler: Makas sistemi, Makas sistemi test standı, Gerinim, Sehim

DESIGN AND PROTOTYPE APPLICATION OF A TEST STAND FOR LONG LIFE TESTING OF VEHİCLE LEAF SPRING SYSTEMS

Cihan TOPAÇ

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences
Master Thesis, November, 2019
Supervisor: Asst. Prof. Dr. Mehmet Bahadır ÇETİNKAYA

ABSTRACT

Leaf spring systems are the suspension equipments especially used for heavy vehicles in automotive sector. They are used to attenuate external forces of very different types and intensity to which vehicles are exposed. Leaf spring systems have to be subjected to long life tests using high precision test stands before mass production. In addition to the ability of precise measurement, these test stands should also have a flexible structure that allows the leaf springs of different sizes, different types, different materials and different loads to be connected.

In this thesis a precision test stand is designed in order to apply external forces of different types and strengths produced by a hydraulic system to the leaf spring system. In addition to a hydraulic unit this test stand also includes an electrical unit that controls this hydraulic unit. By means of this electrical unit, the hydraulic system can be controlled so as to produce and apply different forces in desired periods. In addition, the main body of the system is designed so as to contain a plurality of holes in order to develop a flexible test system for all types of leaf springs.

By means of the test stand designed in this thesis, the strength, service life, strain and deflection calculations of the leaf spring systems will able to be tested with high precision.

Keywords: Leaf spring system, Leaf spring system test stand, Strain, Deflection.

İÇİNDEKİLER

ARAÇLARDA MAKAS SİSTEMLERİNİN UZUN ÖMÜR TESTİNE YÖNELİK STANT TASARIMI VE PROTOTİP UYGULAMASI

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK ii

YÖNERGEYE UYGUNLUK iii

KABUL VE ONAY iv

TEŞEKKÜR v

ÖZET vi

ABSTRACT vii

İÇİNDEKİLER viii

KISALTMALAR xi

TABLOLAR LİSTESİ xii

ŞEKİLLER LİSTESİ xiii

GİRİŞ 1

1. BÖLÜM

ARAÇLARDA MAKAS SİSTEMLERİ VE AVANTAJLARI

1.1. Makas Sistemleri 3

1.2. Araç Süspansiyon Sistemi Olarak Makas Sistemi Kullanmanın Avantajları 5

2. BÖLÜM

HİDROLİK SİSTEM VE DEVRE ELEMANLARI

2.1.Hidrolik Sistemler 7

2.1.1 Hidrolik Sistemlerin Avantaj ve Dezavantajları 7

2.2. Hidrolik Sistem Devre Elemanları 9

2.2.1 Elektrik Motoru 9

2.2.2 Hidrolik Pompa 12

2.2.3 Hidrolik Silindir 13

2.2.4 Hidrolik Valfler 14

2.2.4.1 Hidrolik Yön Kontrol Valfleri 15

2.2.4.2 Hidrolik Basınç Kontrol Valfleri 15

2.2.5 Hidrolik Tank 16

2.2.6 Kampana 17

2.2.7 Kaplin 17

2.2.8 Hidrolik Tank Seviye Göstergesi 17

2.2.9 Hidrolik Emiş ve Dönüş Filtresi 18

2.2.10 Hidrolik Hortumlar ve Rekorlar 19

3. BÖLÜM

MAKAS TEST STANTI ELEKTRONİK ÜNİTESİ

3.1 Elektronik Güç Panosu 21

3.2 Zaman Rölesi 23

3.3 Kontaktörler 24

3.4 Anahtarlı Otomatik Sigorta 25

3.5 ON-OFF Butonlar 25

3.6 Acil Stop Şalteri 26

4. BÖLÜM

MAKAS TEST STANTI MEKANİK KISIMLARI VE TASARLANAN SİSTEM

4.1 Makas Test Stant Gövdesi 28

4.2 Delikli ve Burçlu Makas Bağlantı Tertibatı 32

4.2.1 Delikli Makas Bağlantı Tertibatı 32

4.2.2 Burçlu Makas Bağlantı Tertibatı 34

4.3 Sağ-Sol ve Yukarı-Aşağı Slotlu Silindir Bağlantı Yapısı.....36

4.4 Sistem Genel Çalışma Prensibi.....39

4.4.1 Makas Montaj Ayarı.....39

4.4.2 Hidrolik Silindir Güç Ayarı 40

4.4.3 Hidrolik Silindir Periyot Ayarı.....41

5. BÖLÜM
SONUÇ ve ÖNERİLER

Sonuç ve Öneriler 43

KAYNAKÇA 45

ÖZGEÇMİŞ.....46

KISALTMALAR

V : Volt

Sn : Saniye

Cm : Santimetre

Mm : Milimetre

°C : Santigrat

A : Amper

AC : Alternatif Akım

Hz : Hertz

kW : Kilowatt

kA : Kiloamper

St52 : Çelik türü

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1. Makas Kulak Tipine Göre Makas Bağlama Yolları 40
Tablo 2. Değişen Basınç Değerlerine Göre Oluşan Kuvvet Değerleri 41

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1 Örnek bir makas sistemi....4
Şekil 1.2 Makas sisteminin Şasi ve Dingil'e montajı....5
Şekil 1.3 Tasarlanan sistemde kullanılan makas sistemi....6
Şekil 2.1. Sistemde kullanılan elektrik motor genel görünümü ve üretici firma etiketi .10
Şekil 2.2. Sistemde kullanılan elektrik motor güç ünitesi içyapısı ve motor güç ünitesi 11
Şekil 2.3. Tez çalışmasında kullanılan dişli hidrolik pompaya ait örnek bir görüntü.... 12
Şekil 2.4. Tek etkili hidrolik silindir devre sembolü....13
Şekil 2.5. Çift etkili silindirin hidrolik devre sembolü....13
Şekil 2.6. Tasarlanan sistemde kullanılan çift etkili hidrolik silindir....14
Şekil 2.7. YUTECH marka 4/2 elektro-hidrolik valf....15
Şekil 2.8. 0-10 ton arası ayar yapabilen hidrolik basınç kontrol valfi....16
Şekil 2.9. Tasarlanmış olan sistemde kullanılan hidrolik tank....17
Şekil 2.10. Hidrolik tank seviye göstergesi....18
Şekil 2.11. Tasarlanan sistemde kullanılan Hidrolik Emiş ve Hidrolik Dönüş filtreleri 19
Şekil 2.12. Tasarlanan sistemde kullanılmış olan hidrolik hortum ve rekorlar....20
Şekil 3.1. Elektronik güç panosu iç ve dış detaylı görünüşü....22
Şekil 3.2. Tasarlanan sistemde kullanılan zaman röleleri....23
Şekil 3.3. Tasarlanan sistemde kullanılan *Normalde Kapalı* tip kontaktör....24
Şekil 3.4. Tasarlanan sistemde kullanılan anahtarlı otomatik sigorta....25
Şekil 3.5. Tasarlanan Sistemde kullanılan 2 adet hard ON-OFF Buton....26
Şekil 3.6. Tasarlanan sistemde kullanılan acil stop şalteri....27
Şekil 4.1. Makas test stant gövdesi 3 boyutlu katı resmi....29
Şekil 4.2. Tasarlanmış olan makas test stant gövdesi....30
Şekil 4.3. Sistemde kullanılan pimli mil....31
Şekil 4.4. Tasarlanan sistemde kullanılan 5mm kalınlığında lastik kauçuk....31
Şekil 4.5. Delikli makas bağlantı tertibatı 3 boyutlu katı resmi....33
Şekil 4.6. Delikli makas bağlantı tertibatı....33
Şekil 4.7. Burçlu makas bağlantı tertibatı....34
Şekil 4.8. Sistemde kullanılan tek delikli makas kulağı....35

Şekil 4.9. Burçlu makas bağlantı tertibatına makas bağlamak için kullanılan mil 36
Şekil 4.10. Sağ-sol hareket sağlayan slot deliklerin 3 boyutlu katı resmi 37
Şekil 4.11. Sağ-sol hareket sağlayan slot delikler 37
Şekil 4.12. Yukarı-aşağı hareketi sağlayan slot deliklerin 3 boyutlu katı resmi 38
Şekil 4.13. Yukarı-aşağı hareketi sağlayan slot delikler 38
Şekil 4.14. Tasarlanmış olan makas test standı için toplam sistemin genel görünümü .. 42

GİRİŞ

Makas sistemleri, çoğunlukla ağır vasıta araçların arka süspansiyonlarında kullanılan güvenlik donanımlarıdır ve literatürde yaprak yaylar olarak da adlandırılmaktadırlar [1]. Makas sistemlerinde meydana gelebilecek kırılmalar can ve mal kaybına neden olabileceği için bu sistemlerinin ağır vasıta araçlarda kullanılmadan önce uzun ömür testine tabi tutulmaları gerekmektedir. Bu test ile birlikte makas sistemlerinin araçlarda kullanılmadan önce dayanımları, kullanım ömürleri, gerinimleri ve sehim hesaplamaları elde edilebilmektedir. Bu hesaplamalar bazı özel stantlar kullanılarak yapılmaktadır ve bu tez çalışması kapsamında bu hesaplamalara yönelik yüksek hassasiyetli bir stant tasarımı gerçekleştirilmiştir. Tasarlanmış olan bu stant ile birlikte makaslar daha araçlarda kullanılmadan test edilebilecek, yaklaşık kullanım ömürleri tahmin edilebilecek ve aynı zamanda olası makas kırılmaları da ön görülmüş olacaktır. Ayrıca, tasarlanan standın esnek yapısı sayesinde her türlü makas sisteminin farklı kuvvetler altındaki dayanımları ayrı ayrı hesaplanabilecek ve böylece farklı koşullara yönelik iyileştirme çalışmaları da kolaylaşacaktır.

Bu tez çalışmasının birinci bölümünde, otomotiv sektöründe sıklıkla kullanılan makas sistemleri ve detaylı yapısı anlatılarak makas sistemlerinin diğer süspansiyon sistemlerine göre avantajlarından bahsedilmiştir.

Tez çalışmasının ikinci bölümünde, hidrolik sistemler hakkında detaylı bilgiler verilerek stant tasarımında kullanılan motor, hidrolik pompa, hidrolik silindir, hidrolik valf, emniyet pleyti, hidrolik tank, kampana, kaplin, yağ seviye göstergesi, emiş ve dönüş filtreleri ve bağlantı elemanları olarak hidrolik hortumlar ve rekorlar tanıtılmıştır. Aynı zamanda stantta güç elde etmek ve kuvvet uygulamak için hidrolik elemanların stant tasarımında ki önemi ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır.

Üçüncü bölümde, stant tasarımında kullanılan elektronik ünite detaylı bir şekilde tanıtılmıştır. Elektronik ünitede kullanılan elektronik güç panosu, zaman röleleri,

kontaktörler, anahtarlı otomatik sigorta, on-off anahtarları, acil stop şalterleri anlatıldıktan sonra stant hidrolik silindirinin 1 periyot döngüsünün zaman röleleri ile nasıl ayarlandığı ve çalışma prensipleri açıklanmıştır.

Dördüncü bölümde bu tez çalışması kapsamında geliştirilen stant detaylı bir şekilde anlatılarak, sisteme ait her bir bölüm ve parça ayrı ayrı analiz edilmiştir. Sistemde kullanılan tüm mekanik tasarımlar, üç boyutlu katı resimleriyle ayrıntılı bir şekilde gösterildikten sonra tasarlanan stanttın temel ayarları ve hangi ayarlar ile hangi makas tiplerinin bağlanabileceği de bu bölümde detaylandırılmıştır. Stantta bulunan 10 tonluk silindirin, makas tipine göre makasın ortasına gelmesi için slot deliklerle hem sağa-sola hem de yukarı-aşağı hareketi sağlanmıştır. Silindirin makasın tam orta miline gelmesine yönelik tararım da bu bölümde anlatılmıştır.

Son bölümde ise bu tez çalışması kapsamında geliştirilen sistemin performans ve maliyet açısından sağladığı kazanımlar ile bu sistemin otomotiv sektörü açısından önemi detaylı bir şekilde analiz edilmiştir.

1. BÖLÜM

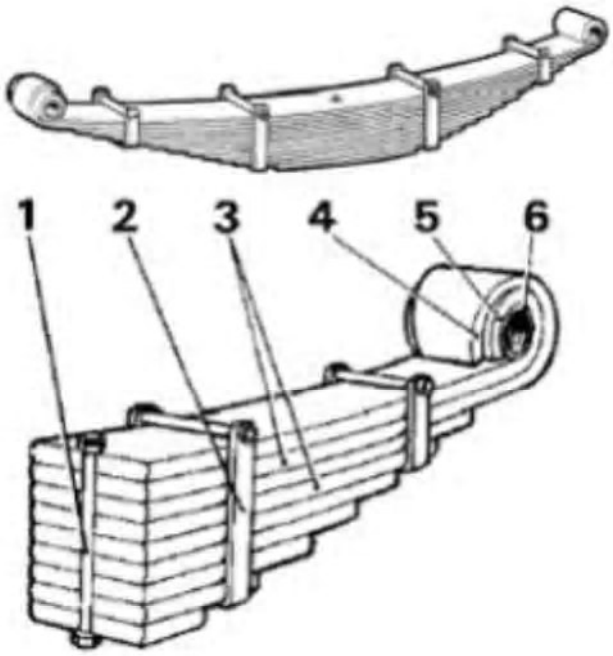
ARAÇLARDA MAKAS SİSTEMLERİ VE AVANTAJLARI

1.1. Makas Sistemleri

Makas sistemleri yassı çelikten bant şeklinde kıvrılmış yaprak yaylardan yapılırlar. Birkaç ince yaprağın kısadan uzuna doğru üst üste demetlenmesiyle tasarlanan makas sistemleri esneme durumunda dahi kırılmazlar, eğilmeğe zorlanırlar. Makas yaprağının her bir kıvrımı büküm olarak adlandırılır ve uzun yapraktan kısa yaprağa doğru gittikçe büküm artar [1]. Yay çeliğinden üretilen bu yapraklar üst üste konularak kelepçelerle sabitlenirler. Boyları birbirinden farklı yaprakların üst üste dizilmesiyle oluşturulan bu makas sistemi genellikle ağır vasıta araçlarda tercih edilmektedir [2]. Parçaların tümü bir merkez ana cıvatasıyla birbirine sabitlenmiştir ve ana yaprağın her iki ucu da kıvrılarak ön dingile ve askı sistemlerine bağlanır. Makas sistemi üzerine bir kuvvet uygulandığında yapraklar birbiri üzerine sürtünerek kayma hareketi yaparlar ve bu kayma hareketi ile birlikte ortaya çıkan yaylanma etkisinin dikey ivmelenmeden oluşan enerjiyi mümkün olduğunca absorbe etmesi istenir [3].

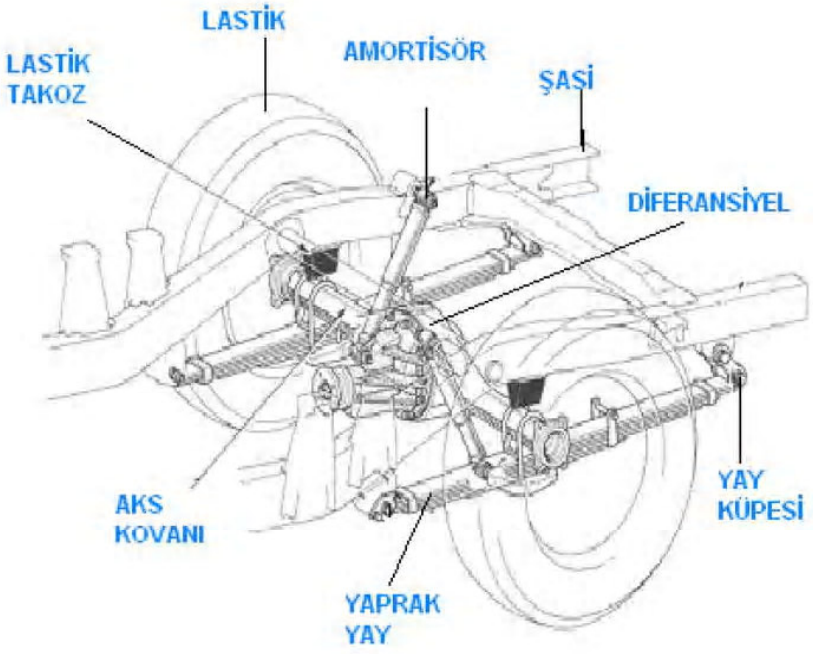
Bir makas sisteminin parçaları ve bu parçaların araca bağlantı noktaları, sırasıyla, Şekil 1.1 ve Şekil 1.2'de gösterilmiştir [4,5].

Süspansiyon donanımı olan makas sistemleri, aracın çalıştığı süre boyunca yolun ve aracın yüküne bağlı olarak çok çeşitli kuvvetlere maruz kalırlar. Zamana bağlı olarak sürekli değişim gösteren bu kuvveteler makas sisteminin performansını olumsuz yönde etkiler [6]. Örneğin makine elemanları, piston kolları, yaylı sistemler, perçin ve cıvatalar ve kaynak dikişleri gibi malzemelerde bu olumsuz etkilere çok fazla rastlanır [7].

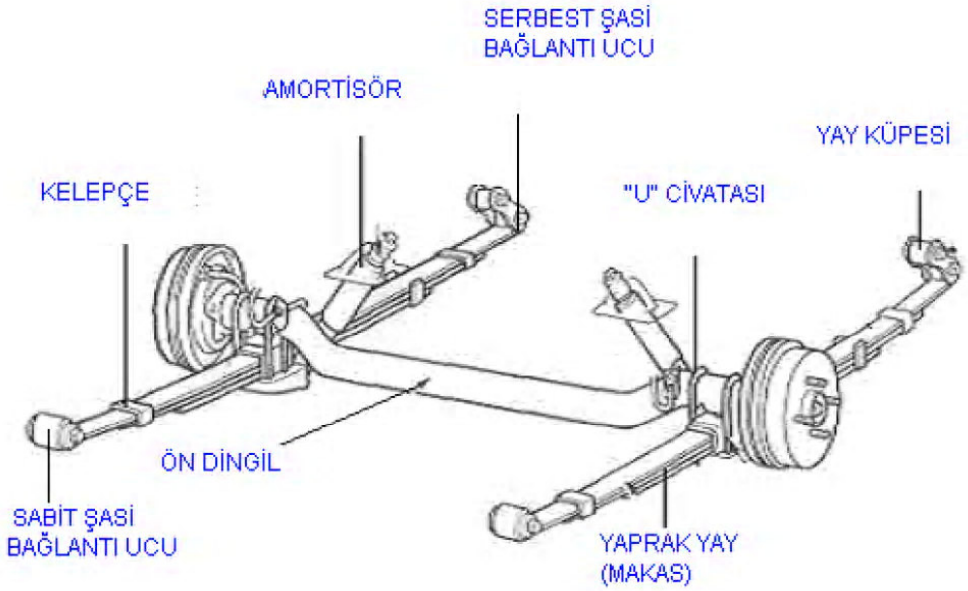


Şekil 1.1. Örnek bir makas sistemi

Yukarıda gösterilmiş olan makas sisteminin parçaları; *1.* Merkez cıvata, *2.* Kelepçe, *3.* Yaprak yaylar, *4.* Bağlantı küpesi, *5.* Yay gözü ve *6.* Lastik burç, şeklinde isimlendirilmektedir.



a.) Makas sisteminin Şasi'ye montajı



b.) Makas sisteminin Dingil'e montajı

Şekil 1.2. Makas sisteminin Şasi ve Dingil'e montajı

1.2. Araç Süspansiyon Sistemi Olarak Makas Sistemi Kullanmanın Avantajları

Makas sistemleri, diğer tüm süspansiyon sistemlerine göre daha dayanıklıdır. Yüksek seviyeli harici kuvvetleri çok iyi absorbe edebildikleri için özellikle ağır vasıta araçlarda kullanımları tercih edilmektedir. Makas sistemleri araçlara sabit bir şekilde monte edilebildikleri ve bu sayede istenilen durumlarda aks donanımını da içerisine alabildikleri için ekstra bağlantı parçalarına gereksinim duymazlar. Bu sistemler çalışma esnasında oluşan harici kuvvetlerin yanı sıra kalkış ve duruş esnasında ki sarsıntıları da oldukça iyi bir şekilde zayıflatabilmektedirler [8]. 3 ton'dan 25 ton'a kadar çok farklı tonajlarda çeşitleri bulunan makas sistemleri ayrıca kullanılacak araca uygun bir şekilde tasarlandıklarında bakım sıklıkları ve bakım maliyetleri oldukça düşmektedir.

Bu tez çalışması kapsamında geliştirilen test standı için tasarlanmış olan makas sisteminin ana gövdesi 10 adet çelik yaprak yay içermektedir. Ayrıca, bu 10 adet çelik yaprak yaya ilave olarak literatürde *Adamlık* olarak tanımlanan 7 adetlik ek bir çelik yaprak yay sistemi de ana gövdeye ilave edilmiştir. *Adamlık* olarak tanımlanan bu ek

sistem sayesinde tasarlanan makas sistemi daha rijit bir sistem olmakta ve daha fazla kuvvete dayanabilmektedir. İlave edilen bu ek sistem ayrıca yay yapısını da sağlamlaştırdığı için daha kararlı bir makas sistemi ortaya çıkmaktadır. Tasarlanmış olan makas sistemi 2 adet yay gözü, 1 adet merkez cıvata, 6 adet kelepçe ve 2 adet lastik burç içermektedir ve sistem yaklaşık olarak 3 ton kuvvete dayanacak şekilde tasarlanmıştır.

Tasarlanan sistemde kullanılan makas sistemi aşağıda Şekil 1.3'de gösterilmiştir.



Şekil 1.3. Tasarlanan sistemde kullanılan makas sistemi

2. BÖLÜM

HİDROLİK SİSTEMLER VE DEVRE ELEMANLARI

2.1. Hidrolik Sistemler

Hidrolik kelimesi Yunanca'da su anlamına gelen *hydro* ile boru anlamına gelen *aulos* kelimelerinden oluşmuştur. Günümüzde ise hidrolik kavramı akışkanlar aracılığıyla kuvvetin ve hareketin iletimini ve kontrol edilmesini tanımlamaktadır. Hidrolik, akışkanların mekanik özelliklerini inceleyen bilim dalıdır. Hidrolik sistemler ise hidrolik akışkana debi uygulayarak bu debiyi engelle basınca çevirip mekanik güç olarak kullanan yapılardır.

Bir elektrik motorunun tahrik gücüyle hidrolik pompanın akışkanı belirli bir basınçta ve debide basmasıyla hidrolik enerji oluşur. Oluşan bu hidrolik enerji ile doğrusal, dairesel ve açısal hareketin üretildiği sistemlere hidrolik sistemler denir. Günümüzde elektrik enerjisinin hidrolik enerjiye dönüştürülmesi ile oluşturulan hidrolik sistemler en önemli enerji dönüştürme yöntemlerinden birisidir [9].

2.1.1. Hidrolik Sistemlerin Avantaj ve Dezavantajları

Günümüzde tahrik güç olarak fabrikaların veya endüstriyel işletmelerin en çok kullandığı sistemlerin başında hidrolik sistemler gelmektedir. Hidrolik sistemlerin yaygın olarak tercih edilmesini sağlayan önemli avantajları aşağıda sıralanmıştır,

- Hidrolik sistemler, alternatif sistemlerine göre daha yüksek basınçlar üretebilmektedir.
- Gürültü üretmeden oldukça sessiz bir şekilde çalışırlar.
- Çok sayıda emniyet valfi ve emniyet pleyti içerdiklerinden oldukça güvenli sistemlerdir.

- Hız ayarları oldukça hassas bir şekilde ve aynı zamanda hareket devam ederken de yapılabilmektedir.
- Hidrolik devre elemanları diğer sistemlere kıyasla uzun ömürlü ve dayanaklıdır.
- Hidrolik sistemler çalışma süresince oluşturdukları ısıyı kendi bünyelerinde saklamayarak çevreye yayarlar.
- Hidrolik akışkan olarak hidrolik yağ kullanıldığından sistemin çalışması için ayrıca bir yağlamaya gerek duyulmaz.
- Hidrolik yağlar hem teorik hem de pratik olarak sıkıştırılamaz kabul edildiğinden hidrolik sistemler çok düşük titreşimle veya titreşimsiz olarak çalışırlar.

Yukarıda verilmiş olan avantajlarının yanı sıra hidrolik sistemlerin bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Bunlar,

- Çok yüksek basınçlar elde edildiği için, diğer sistemlere göre göreceli hızı düşük olabilmektedir.
- Hidrolik devre elemanları diğer sistemlere göre daha yüksek maliyetlidir.
- Hidrolik sistemler yüksek basınç ve kuvvet sağlayabilecek şekilde büyük boyutlu sistemlerdir ve daha fazla yer kaplarlar.
- Hidrolik yağlar çalıştıkça ısındığı için çok yüksek sıcaklıklara karşı hassastır. Çalışma sıcaklığının prensip olarak 50 °C'yi geçmesi istenmez.
- Hidrolik devre elemanları çok yüksek basınçlarda çalıştıkları için bağlandıkları sistem son derece sağlam olmalıdır ve ayrıca bağlandıkları zemine zarar vermemek için plastik takoz gibi sönümleyici elemanlar kullanılmalıdır.
- Hidrolik enerji dolayısıyla yağlar hortum ve rekor gibi bağlantı elemanları kullanılarak birbirlerine bağlanır. Yüksek basınçtan etkilenmemek için bu bağlantı elemanları sağlam ve sızdırmaz olmalıdır.
- Hidrolik yağların hortum içerisinde sürtünme katsayısı yüksek olduğundan çok uzun mesafelere taşınmaları oldukça zordur.

2.2. Hidrolik Sistem Devre Elemanları

Bu tez çalışması kapsamında tasarlanmış olan hidrolik sistemde kullanılan hidrolik devre elemanları elektrik motoru, hidrolik pompa, hidrolik silindir, hidrolik valf, emniyet pleyti, hidrolik tank, kampana, kaplin, hidrolik tank seviye göstergesi, emiş ve dönüş filtresi, bağlantı elemanları olarak hidrolik hortumlar ve rekorlardır. Bu elemanlar sırasıyla aşağıda detaylı bir şekilde anlatılmıştır.

2.2.1 Elektrik Motoru

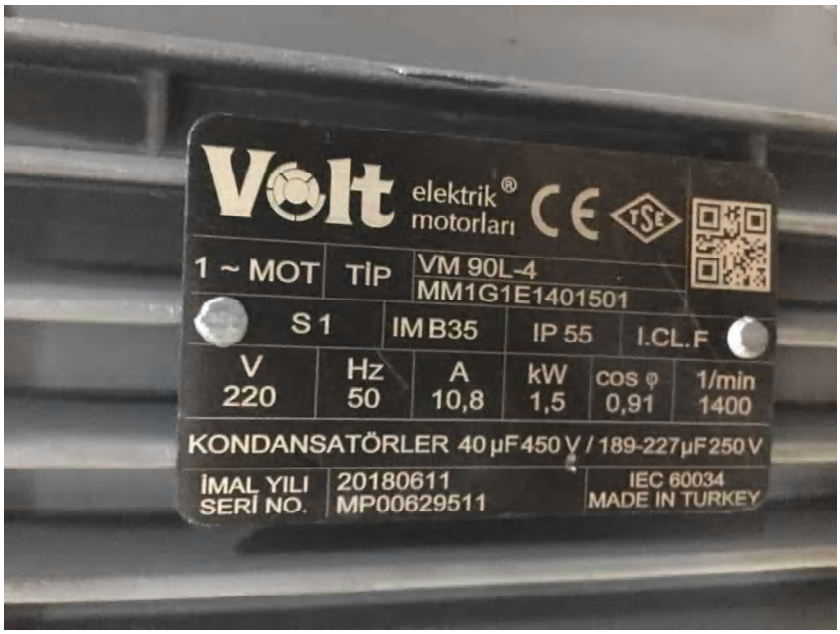
Elektrik motorları, elektrik enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren elektrik makinaları olarak tanımlanırlar. Elektrik motorlarının çoğunluğu döner bir düzeneğe sahip olup stator ve rotor aracılığıyla mekanik enerji olarak döner bir hareket sağlarlar.

Sistemimizde 220 V alternatif akım (AC) ile çalışan ve üretici motor tipi VM90L-4 olarak tanımlanmış olan Volt marka bir AC Asenkron motor kullanılmıştır. Şebeke frekansı olan 50 Hz frekansta çalışan bu motor yaklaşık olarak 10.8 A akım çekmektedir. 1400 devir/dakika dönme hızı ve 1,5 Kw motor gücü sağlayan motorumuzda ayrıca akım-gerilim arası faz farkını tanımlayan Cos ϕ değeri 0,91'dir. Tasarlanan sistemde kullanılan elektrik motorun genel görünümü ve üretici firma etiketi aşağıda Şekil 2.1 ile verilmiştir.

Motor güç ünitesinde birisi kalkış kondansatörü diğeri ise daimi devre kondansatörü olarak adlandırılan iki adet kondansatör bulunmaktadır. Kalkış kondansatörü 40 µF ve 450 V özelliğinde iken daimi devre kondansatörü ise 227 µF ve 250 V özelliğindedir. Elektrik motor güç ünite içyapısı ile sistemde kullanılan motor güç ünitesi aşağıda Şekil 2.2'de detaylı olarak gösterilmiştir.



a.) Sistemde kullanılan elektrik motorun genel görünümü



b.) Sistemde kullanılan elektrik motor üretici firma etiketi

Şekil 2.1. Sistemde kullanılan elektrik motor genel görünümü ve üretici firma etiketi



a.) Elektrik motor güç ünitesi içyapısı



b.) Motor güç ünitesi

Şekil 2.2. Sistemde kullanılan elektrik motor güç ünitesi içyapısı ve motor güç ünitesi

2.2.2 Hidrolik Pompa

Hidrolik tankta bulunan yağı istenilen debide ve basınçta sisteme gönderen yapı hidrolik pompa olarak isimlendirilmektedir. Hidrolik pompalar mekanik enerjiyi hidrolik enerjiye dönüştüren yapılardır. Geliştirdiğimiz sistemde ise elektrik motorundaki mekanik enerji hidrolik pompa tarafından hidrolik enerjiye dönüştürülmektedir. Yani hidrolik pompa dönme hareketini kullandığımız elektrik motorundan almaktadır [10]. Hidrolik pompalar genel itibariyle basınç oluşturmazlar, sadece istenilen debide hidrolik yağı sisteme basarlar ve hidrolik yağ bir engelle karşılaştığı zaman basınç meydana gelir.

Hidrolik pompa, sistemin görevini yerine getirebilecek debiyi ve basıncı üretebilecek şekilde seçilmeli ve kullanılması gereken akışkan ve filtre tipi katalog verisine göre belirlenmelidir. Hidrolik pompa içerisindeki koruyucu yağlar ilk çalıştırılmadan önce yeterince temizlenmeli, ilk harekete geçerken ise basınç borusunun havası alınmış ve emiş borusu hidrolik yağ ile doldurulmuş olmalıdır [11]. Çalışma esnasında ise elektrik motorunun dönüş yönü ile hidrolik pompa milinin dönüş yönü birbiri ile uygun olmalıdır. Bu tez çalışması kapsamında kullanılmış olan ASC marka 6cc güç üreten dişli hidrolik pompa ailesine ait örnek bir görüntü aşağıda Şekil 2.3 ile gösterilmiştir.

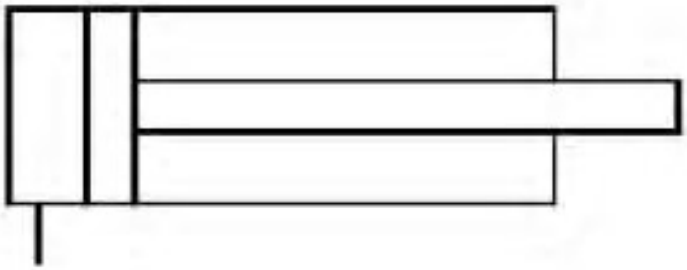


Şekil 2.3. Tez çalışmasında kullanılan dişli hidrolik pompaya ait örnek bir görüntü

2.2.3 Hidrolik Silindir

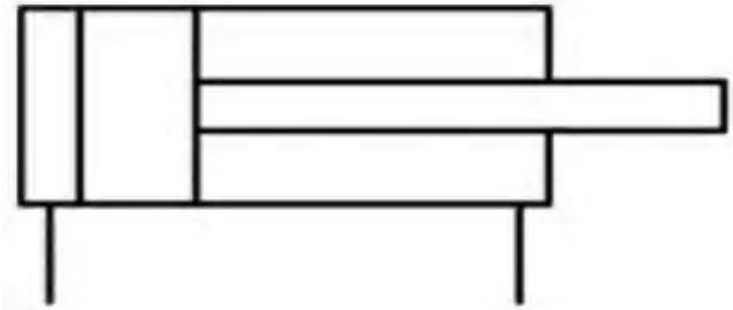
En genel tanımıyla hidrolik silindirler hidrolik enerjiyi mekanik enerjiye çeviren hidrolik elemanlardır. Tek ve çift etkili olmak üzere iki farklı tipi bulunmaktadır.

Tek etkili silindirlerde, hidrolik yağ sadece tek bir taraftan girer ve silindir pistonunun sadece tek bir yüzeyine etki eder. Silindir pistonun geri dönüşü yaylı veya yer çekimiyle olabilir. Şekil 2.4'de tek etkili silindirin hidrolik devre sembolü gösterilmiştir.



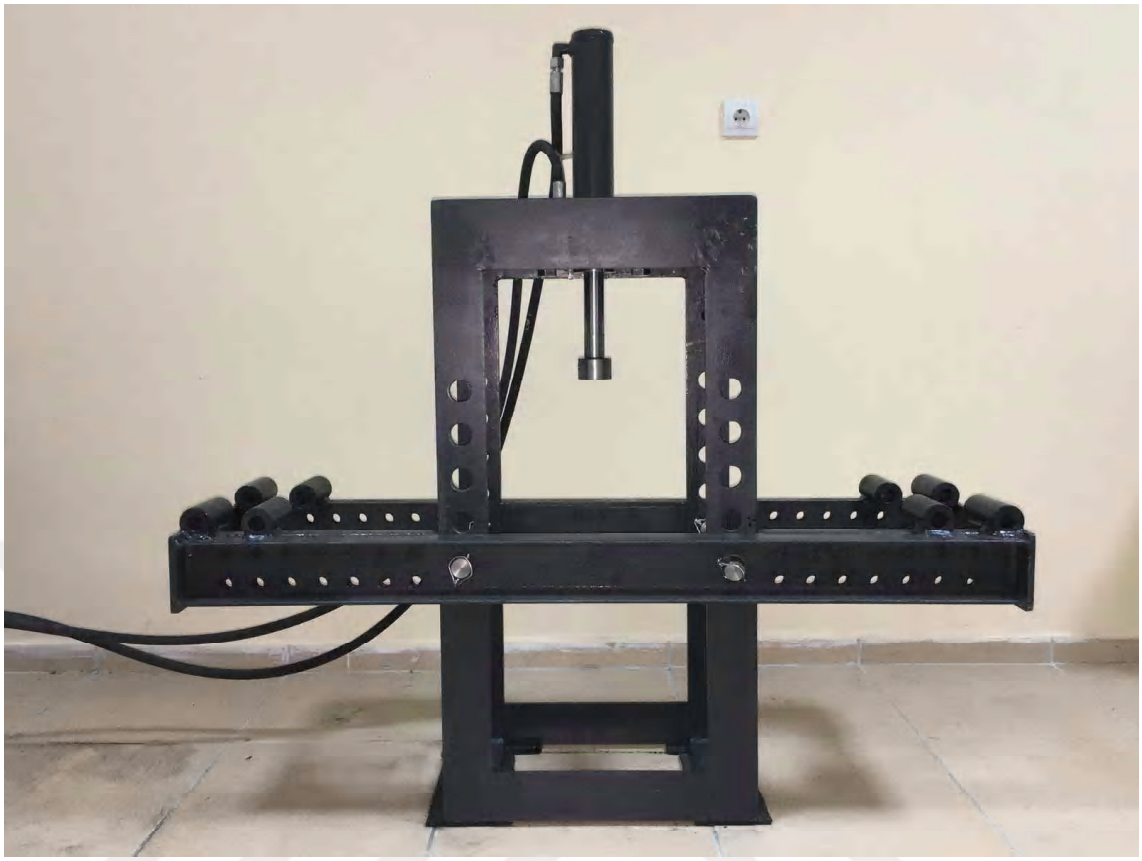
Şekil 2.4. Tek etkili hidrolik silindir devre sembolü

Çift etkili silindirlerde ise, hidrolik yağ silindirin iki farklı yerinden girip pistonun iki yüzeyine de etki eder. Bu şekilde hem ileri hem de geri hareket hidrolik yağ ile gerçekleştirilir. Şekil 2.5'de çift etkili silindirin hidrolik devre sembolü verilmiştir.



Şekil 2.5. Çift etkili silindirin hidrolik devre sembolü

Bu tez çalışması kapsamında tasarlanmış olan sistemde çift etkili, 10 tona kadar güç üretebilen ve silindir strok uzunluğu 400 mm olan bir hidrolik silindir yapısı kullanılmıştır. Şekil 2.6'da sistemimizde kullandığımız hidrolik silindir yapısı gösterilmiştir.



Şekil 2.6. Tasarlanan sistemde kullanılan çift etkili hidrolik silindir

2.2.4 Hidrolik Valfler

Hidrolik yağın akış yönünü belirleyen, yağın basıncını ve debisini istenilen sınırlar içerisinde tutan hidrolik devre elemanları hidrolik valfler olarak adlandırılır. *Normalde Açık* ve *Normalde Kapalı* olmak üzere iki farklı hidrolik valf tipi bulunmaktadır.

Normalde Açık valflerde, yağın valf içerisine geçişine herhangi bir kontrol mekanizması olmadan doğrudan izin verilmektedir. Normalde Kapalı valflerde ise yağın valf içerisine geçiş hareketi bir kontrol mekanizması vasıtasıyla kontrol edilmektedir.

Hidrolik valfler ayrıca kullanım şekillerine göre de *Yön Kontrol Valfleri* ve *Basınç Kontrol Valfleri* olmak üzere iki grupta incelenebilir.

2.2.4.1 Hidrolik Yön Kontrol Valfleri

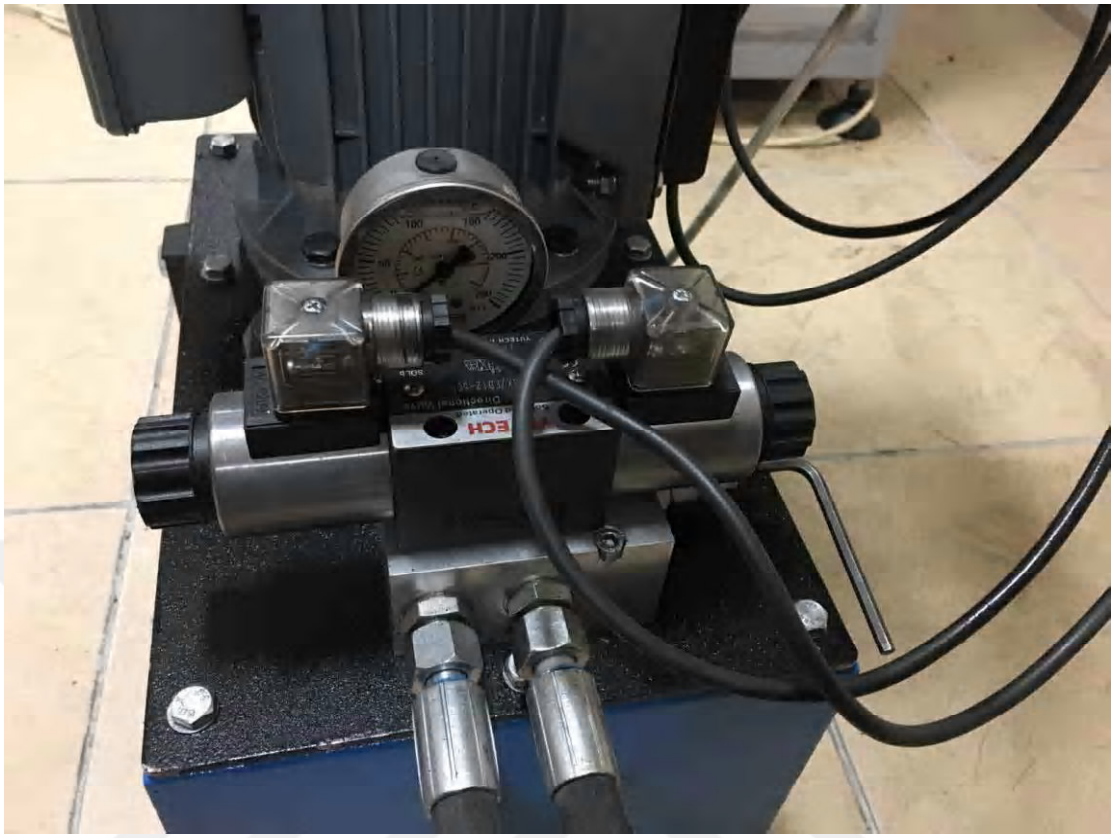
Hidrolik yağın hidrolik sistem içerisindeki yön kontrolünü sağlayan elemanlardır. Hidrolik Yön Kontrol Valfleri elektriksel olarak, mekanik olarak, basınçla veya insan gücüyle kontrolü edilebilmektedir. Bu tez çalışması kapsamında tasarlanmış olan sistemde ise aşağıda Şekil 2.7 ile gösterilmiş olan YUTECH marka, NG6 KM elektriksel kumanda ile çalışan 2 yollu bir hidrolik yön kontrol valfi kullanılmıştır.



Şekil 2.7. YUTECH marka 4/2 elektro-hidrolik valf

2.2.4.2 Hidrolik Basınç Kontrol Valfleri

Hidrolik sistemin basıncını ayarlamak için kullanılan hidrolik valflerdir. Sistemimizde 0-10 ton arasında basınç kontrolünü sağlayabilen Luen marka bir hidrolik basınç kontrol valfi bulunmaktadır. Bu valf Şekil 2.8'de detaylı bir şekilde gösterilmiştir.



Şekil 2.8. 0-10 ton arası ayar yapabilen hidrolik basınç kontrol valfi

2.2.5 Hidrolik Tank

Hidrolik yağı depolayan, çalışma şartlarına uygun bir şekilde hazırlayan devre elemanlarına hidrolik tank adı verilir. Isınan hidrolik yağın kolayca soğutulması için hidrolik tankın alt kısmı hava akımı oluşturacak şekilde tasarlanmalıdır. Hidrolik tank hacmi ise hidrolik sisteme gerekli olan yağın miktarına ve dağıtım sisteminin büyüklüğüne göre seçilir. Uygulamada hidrolik tank hacmi genellikle hidrolik pompa debisinin 4-5 katı olacak şekilde tercih edilmektedir. Bu tez çalışması kapsamında tasarlanan sistemde ise 25 litre yağ alabilecek şekilde bir hidrolik tank kullanılmıştır. Kullanılmış olan bu hidrolik tanka ait görsel aşağıda Şekil 2.9 ile verilmiştir.



Şekil 2.9. Tasarlanmış olan sistemde kullanılan hidrolik tank

2.2.6 Kampana

Hidrolik pompanın bağlantısını gerçekleştirebilmek için gerekli aparattır. Sistemimizde ERC marka 1K200 özelliğinde kampana kullanılmıştır.

2.2.7 Kaplin

Hidrolik motor çıkışının hidrolik pompaya bağlantısını yapabilmek için ara aparat görevinde bir birleştirme elemanıdır. Sistemimizde ERC marka 1 adet kaplin kullanılmıştır.

2.2.8 Hidrolik Tank Seviye Göstergesi

Hidrolik tank üzerinde bulunan ve tank içerisindeki yağ miktarı ile yağ sıcaklığını gösteren hidrolik elemandır. Hidrolik tank seviye göstergesi yağın bitip bitmediğini anlamamız için gereklidir ve hidrolik yağ olmadan sistemin çalışması özellikle mekanik

anlamda çok büyük zarara yol açacağından son derece önemli bir elemandır. Aynı zamanda hidrolik tank seviye göstergesinin içerisinde bulunan termometre ile sıcaklık ölçümü de yapılmaktadır. Hidrolik yağ sıcaklığının 50 °C'yi geçmesi istenmediğinden bu göstergeden sıcaklık takibi yapılarak gerekli zamanlarda müdahale edilebilmektedir. Tasarlanan sistemde kullanılan GEMPA marka hidrolik tank seviye göstergesi Şekil 2.10'da gösterilmiştir.



Şekil 2.10. Hidrolik tank seviye göstergesi

2.2.9 Hidrolik Emiş ve Dönüş Filtresi

Hidrolik elemanları deformasyondan korumak için yağın temizliğini sağlamak amacıyla kullanılan hidrolik devre elemanlarıdır. Boru veya hortum gibi elemanlar değiştirilirken, sisteme yeni yağ konulurken veya sızdırmazlık elemanlarının bozulması durumunda hidrolik yağ veya hidrolik elemanlar kirlenebilmektedir. Hidrolik elemanlar için tolere edilebilecek en yüksek kirlilik değerleri üretici firmalar tarafından katalog verisi olarak sunulmaktadır.

Hidrolik emiş filtresi, emiş hattından gelebilecek kirli yağın pompaya zarar vermesini önleyen filtredir. Hidrolik tanktan gelebilecek kirli yağı temizleyerek sisteme temiz yağ verilmesini sağlar. Hidrolik tank içerisinde bulundukları için bakımları zordur ve tıkanmaları durumunda hidrolik pompanın yükünü artırabilmektedirler. Hidrolik dönüş filtresi ise görevini bitiren yağın hidrolik sistemden tekrar tanka dönerken temizliğini gerçekleştiren filtredir. Ekonomik ve bakımı kolay hidrolik devre elemanlarıdır.

Bu tez çalışması kapsamında tasarlanmış olan sistemde yarım parmak GEMPA marka dönüş filtresi ve 15 lt/dk özelliğinde GEMPA marka emiş filtresi kullanılmıştır. Kullanılmış olan bu hidrolik emiş ve dönüş filtreleri Şekil 2.11'de detaylı olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.11. Tasarlanan sistemde kullanılan Hidrolik Emiş ve Hidrolik Dönüş filtreleri

2.2.10 Hidrolik Hortumlar ve Rekorlar

Hidrolik sistemlerde yağın dolaşımını sağlamak amacıyla, gerek valften silindire gerekse silindirden tanka hidrolik devre elemanları arasında yağın iletimini sağlayan yapılara hidrolik hortum denilmektedir. Hidrolik hortumlar yüksek basınca karşı dayanıklı olmak zorundadırlar ve bu nedenle çelik kullanılarak üretilirler. Tasarlanmış olan sistemde çelikten imal edilmiş toplamda 8 metre uzunlukta hidrolik hortum kullanılmıştır.

Hidrolik bağlantı elemanı olarak rekorlar, hidrolik hortumları hidrolik devre elemanlarına bağlamak için çelikten imal edilmiş bağlantı parçalarıdır. Sistemimizde hidrolik hortumları silindire bağlamak için çelikten imal edilmiş 2 adet rekor kullanılmıştır. Tasarlanan sistemde kullanılan hidrolik hortum ve rekorlar Şekil 2.12'de detaylı olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.12. Tasarlanan sistemde kullanılmış olan hidrolik hortum ve rekorlar

3. BÖLÜM

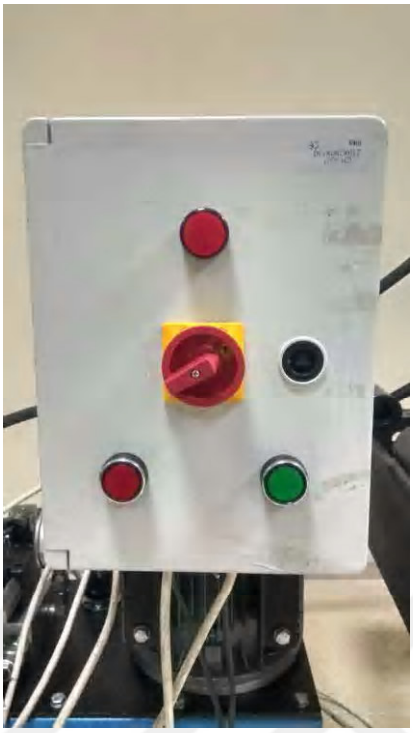
MAKAS TEST STANTI ELEKTRONİK ÜNİTESİ

Bu bölümde, stant tasarımında elektronik ünite içerisinde kullanılan elektronik güç panosu, zaman röleleri, kontaktörler, anahtarlı otomatik sigorta, ON-OFF anahtarları ve acil stop şalterleri detaylı bir şekilde tanıtılmıştır. Ayrıca zaman röleleri kısmında, geliştirilen makas test stant hidrolik silindirinin periyot döngüsünün zaman röleleri ile nasıl ayarlandığı ve çalışma prensipleri detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

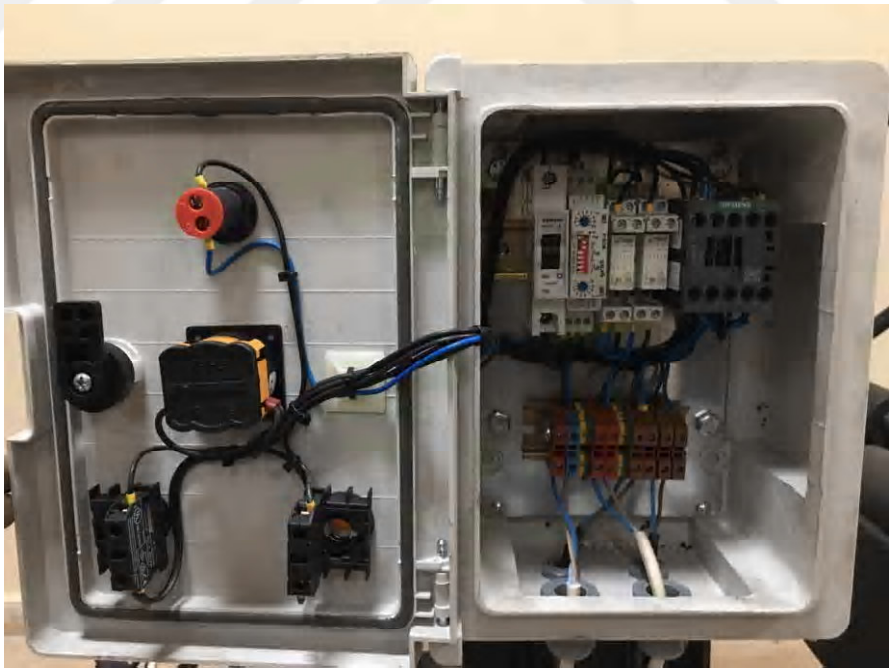
3.1. Elektronik Güç Panosu

Elektronik güç panosu, elektrik enerjisinin giriş noktasından tüketilen noktaya kadar sistematik ve güvenli bir şekilde ulaşması için gerekli malzemelerin toplandığı, montaj edildiği ve saklandığı yer olarak tanımlanır. Bu tez çalışmasında geliştirilen stant içerisinde de tüm elektrik-elektronik bileşenlerin montajının yapıldığı ve saklandığı bir elektronik güç panosu bulunmaktadır. Stant tasarımında kullanılan elektronik güç panosunun iç ve dış görüntüsü Şekil 3.1'de detaylı bir şekilde gösterilmiştir.

Tasarlanmış olan elektronik güç panosunun temel elemanları zaman röleleri, kontaktörler, anahtarlı otomatik sigorta, ON-OFF butonları ve acil stop şalteri olarak tanımlanabilir ve bunlar aşağıda detaylı bir şekilde açıklanmıştır.



a.) Elektronik güç panosu dış görünüşü



a.) Elektronik güç panosu iç görünüşü

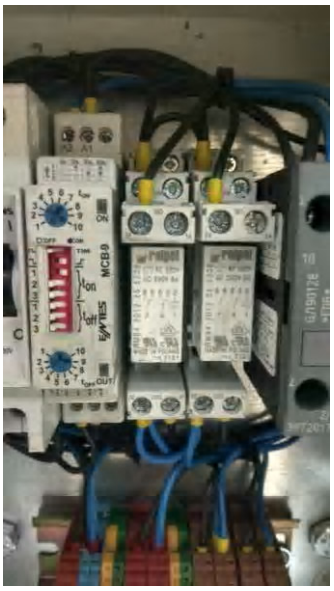
Şekil 3.1. Elektronik güç panosu iç ve dış detaylı görünüşü

3.2 Zaman Röleleri

Röleler, genellikle anahtarlama için kullanılan yüksek hassasiyetli elektronik elemanlardır. Zaman röleleri ise bağlandığı devreyi, ekipmanı veya makineyi ayarlanabilen bir sürede devreye sokup çıkarabilen elektronik anahtarlar olarak tanımlanabilirler.

Geliştirilen makas test standında kullanılan zaman röleleriyle 2 farklı çıkışın zaman kontrolü sağlanmaktadır. Hidrolik silindirin iniş zamanını ve çıkış zamanını ayarlayabildiğimiz zaman röleleri vasıtasıyla 0-10 saniye aralığında geciktirme işlemi gerçekleştirilebilmektedir. Hidrolik silindirinin 1 periyot süresi de tanımlanan bu gecikme sürelerine bağlı olarak oluşmaktadır. Böylece, hidrolik silindir periyodu, herhangi bir yazılım kullanmadan elektronik yapılarla pratik bir şekilde kontrol edilebilmektedir. Buna ilaveten, pistonun makasa ne kadar genlikte basacağı da yine zaman röleleri tarafından aşağı basma süresi ile ayarlanmaktadır. Bu şekilde hem periyod hem de makasın ne kadar aşağıya ineceği bilgisini düzenlemiş ve pratikte makasa nasıl bir kuvvetin etki edeceğini de simule etmiş oluruz.

Tasarlanan test standında 0-10 sn aralığında ayarlanabilen 2 adet zaman rölesi kullanılmıştır. Elektronik güç panosu içerisinde yer alan 2 adet zaman rölesi Şekil 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Tasarlanan sistemde kullanılan zaman röleleri

3.3 Kontaktörler

İçerisinde bulunan bobine elektrik verildiği zaman kapalı olan kontaklarını açan, açık olan kontaklarını ise kapatan elektromanyetik anahtarlar kontaktör olarak adlandırılır. Rölelerden en önemli farkı ise röleler düşük akımlarla çalışırken kontaktörlerin yüksek akımları da kontrol edebilmesidir. Tasarlanan sistem ise yüksek seviyeli alternatif akım altında çalıştığı için anahtarlama işlemi röle yerine kontaktör ile gerçekleştirilmiştir.

Sistemimizde Siemens marka normalde kapalı tip 230 Volt 50/60 Hz özelliğinde 3 fazlı ve 5,5 KW güce sahip bir adet kontaktör kullanılmıştır. Sistemimizde kullanılan bu kontaktör aşağıda Şekil 3.3 ile gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Tasarlanan sistemde kullanılan *Normalde Kapalı* tip kontaktör

3.4 Anahtarlı Otomatik Sigorta

Sigortalar genel anlamda elektrik devrelerini aşırı yüklenmeden koruyan elektronik devre elemanlarıdır. Yeni nesil sigortalardan olan Anahtarlı Otomatik Sigortalar akım aşırı yükseldiğinde devreyi keser ve bu şekilde yüksek akımın devreye gitmesini engeller. Eski tip sigortalar içlerinde bulundurdukları ince metal bir tel veya kablonun yüksek akımda erimesiyle devreyi keserek kullanım ömürlerini sonlandırırken anahtarlı otomatik sigortalar attıktan sonra otomatik olarak tekrar devreyi tamamlar.

Tasarlanan sistemde aşağıda Şekil 3.4'de gösterilmiş olan Siemens marka 5SQ2160 kod numaralı tek fazlı ve en fazla 20 amper akıma dayanabilen anahtarlı otomatik sigorta kullanılmıştır. Bu anahtarlı otomatik sigorta yüksek akım gelmesi durumunda veya herhangi bir kısa devre durumunda sistemimizi korumak amacıyla otomatik olarak atmakta ve sistemin elektriğini kesmektedir. Kullanılmış olan bu anahtarlı otomatik sigortaya ait anahtarlama akımı katalog değeri ise 3 kA olarak tanımlanmaktadır.



Şekil 3.4. Tasarlanan sistemde kullanılan anahtarlı otomatik sigorta

3.5 ON-OFF Butonları

ON-OFF butonları, elektronik cihazları açıp kapatmak için kullanılan kare veya daire şeklinde butonlardır. Neredeyse her elektronik cihazda ON-OFF butonları bulunur. Genelde bu butonlara basıldığında elektronik alet çalışır tekrar basıldığında ise çalışmayı durdurur. Literatürde 2 tip ON-OFF buton vardır. Bunlardan birincisi *Hard ON-OFF Buton* olarak adlandırılan ve basıldığında ilk haliyle sonraki hali

arasında fiziksel veya görsel fark oluşan (yönü değişmiştir veya içine göçmüş şekildedir) butonlardır. İkinci tip butonlar ise *Soft ON-OFF Buton* olarak adlandırılan elektronik butonlardır ve bu butonlar hem açıkken hem de kapalıyken aynı konumda olan butonlardır.

Bu tez çalışması kapsamında tasarlanmış olan sistemde BAŞLAT ve DURDUR fonksiyonlarını gerçekleştirmek üzere iki adet *Hard ON-OFF Buton* kullanılmıştır ve bu butonlar aşağıda Şekil 3.5 ile gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Tasarlanan sistemde kullanılan iki adet *Hard ON-OFF Buton*

3.6 Acil Stop Şalteri

Acil stop şalterleri, makinenin normal şartlarda kapatılamadığı acil durumlarda makineyi kapatmak için kullanılan şalterlerdir. Acil stop şalterlerinin normal kapama butonlarına göre farkı, makineyi ona zarar vermeden veya en az zararı verecek şekilde olması gerektiği sırayla değil de olabilecek en hızlı şekilde kapatmasıdır. Acil stop şalterlerinin kullanımı son derece basit olmalı ve bu şalter herkesin kolayca erişebileceği ve görebileceği şekilde tasarlanıp konumlandırılmalıdır. Bu gereksinmeleri göz önünde bulundurarak tasarlanan sistemde kullanılmış olan acil stop şalteri Şekil 3.6'da gösterildiği gibi elektronik güç panosunun kapağına monte edilmiştir.



Şekil 3.6. Tasarlanan sistemde kullanılan acil stop şalteri

4. BÖLÜM

MAKAS TEST STANTI MEKANİK KISIMLARI VE TASARLANAN SİSTEM

Bu bölümde, geliştirilen makas test standının mekanik kısımları ayrı ayrı ve detaylı bir şekilde anlatılmıştır. Tasarlanan makas test standında kullanılan mekanik tasarımlar, üç boyutlu katı resimleriyle gösterilerek geliştirilen standın çalışma prensibi, temel ayarları ve hangi ayarlar ile hangi makas tiplerinin bağlanabileceği ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir.

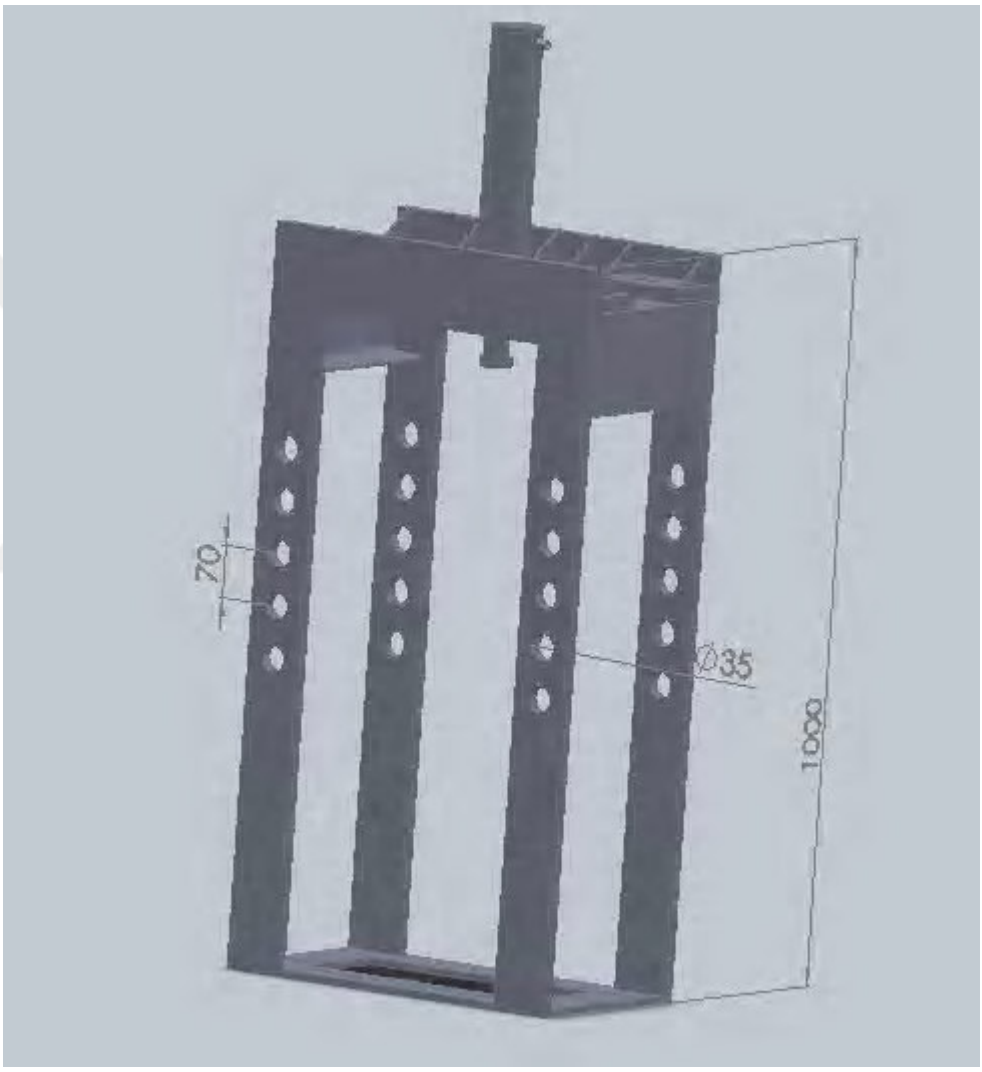
Tasarlanan makas test sistemi genel olarak 3 farklı mekanik kısımdan oluşmaktadır. Bunlar; makas test stant gövdesi, delikli ve burçlu makas bağlantı tertibatı, sağ-sol ve yukarı-aşağı slotlu silindir bağlantı yapılarıdır.

4.1. Makas Test Stant Gövdesi

Makas test stant gövdesi genel olarak delikli ve burçlu makas test stant bağlantı tertibatının ve hidrolik silindir bloğunun bağlandığı ana gövde olarak tanımlanır. Ayrıca geliştirilen standın yer ile bağlantısını da makas test stant gövdesi gerçekleştirmektedir. Makas test stant gövdesi, makas test standının kararlı durması ve uygulanan kuvvete karşı dayanıklı olması için 1000 mm boyunda 4 adet ayak şeklinde 10 mm St52 çelik malzeme kullanılarak tasarlanmıştır. Tasarlanan stant gövdesi ayrıca silindir stroğunun makasın boyuna göre ayarlanmasını sağlamak amacıyla 4 ayak üzerinde bulunan 35 mm çapta 5 adet delik içermektedir. Silindir stroğunun boyu sabit olduğu için, 4 ayak üzerinde bulunan 70 mm arayla 5 adet delikli yapı değişik çapta ki makas yaprak yayların testinin gerçekleşmesi için çok büyük öneme sahiptir. Yaprak yay çapı göreceli küçük veya göreceli büyük olan makasların testlerini gerçekleştirebilmek için makas bağlantı tertibatı aşağı-yukarı kademelere alınabilmektedir. Böylelikle silindir stroğu, makas yaprak yayına aşağı yönlü veya yukarı yönlü daha fazla kuvvet

uygulayabilmektir. Tasarlanmış olan delikli makas test stand gövde yapısı sayesinde çok farklı makas tiplerinin test edilebileceği ve hem sağa-sola hem de yukarı aşağıya hareketli montaj imkânı sağlayan esnek bir sistem ortaya çıkmıştır.

Bu tez çalışmasında tasarlanmış olan ve 3 boyutlu katı resmi Şekil 4.1'de verilmiş olan makas test stant gövdesi aşağıda Şekil 4.2 ile gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Makas test stant gövdesi 3 boyutlu katı resmi



Şekil 4.2. Tasarlanmış olan makas test stant gövdesi

Makas bağlantı tertibatını makas test stant gövdesine bağlamak amacıyla 25mm çapa sahip ve basmaya karşı dirençli 4 adet pimli mil kullanılmıştır. Tasarlanan sistemde kullanılan pimli mil yapısı aşağıda Şekil 4.3 ile gösterilmiştir.

Hidrolik gücün yere vereceği hasarları minimize etmek ve sistemde oluşabilecek istenmeyen titreşimleri engellemek amacıyla makas test stant gövdesi ayakları endüstride kullanılan ve 5mm kalınlığında lastik kauçuklar üzerine oturtulmuştur [12]. Tasarlanan sistemde kullanılan lastik kauçuklar Şekil 4.4'de gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Sistemde kullanılan pimli mil



Şekil 4.4. Tasarlanan sistemde kullanılan 5mm kalınlığında lastik kauçuk

4.2. Delikli ve Burçlu Makas Bağlantı Tertibatı

Hidrolik silindirin makasa kuvvet uygulayabilmesi için makasın sabitlenmesi gerekmektedir. Geliştirilmiş olan makas test standında makas sistemi ana gövdeye makas bağlantı tertibatı vasıtasıyla bağlanmıştır. Makas sistemlerinin makas bağlantı tertibatına bağlanması makas tipine göre 2 faklı çeşitte tasarlanmıştır.

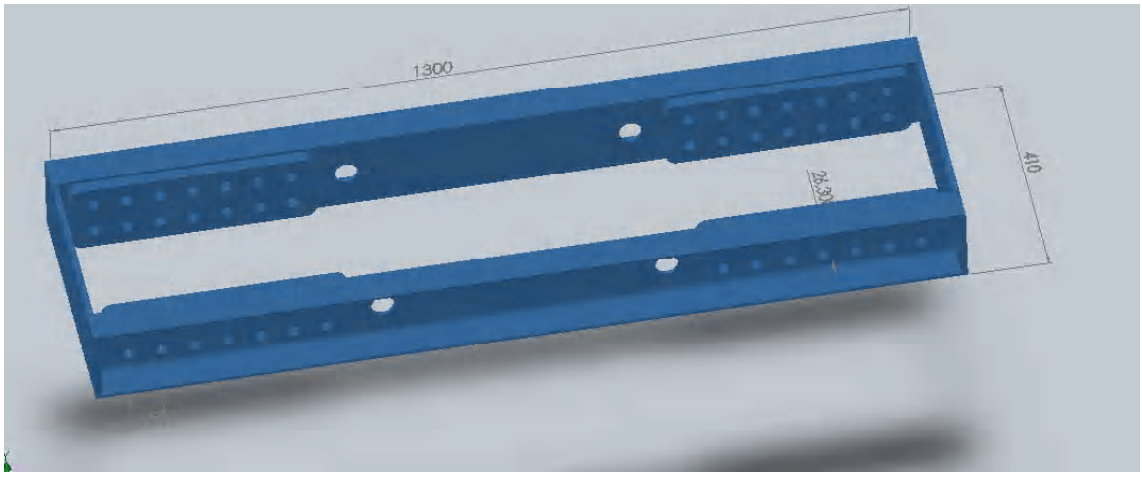
4.2.1. Delikli Makas Bağlantı Tertibatı

Delikli makas bağlantı tertibatı, makas kulağı tipine göre sisteme bağlantı yapabilmek için tasarlanmıştır ve tasarlanırken özellikle ağır vasıta araçlarda ki delikli araç şasi yapılarından esinlenilmiştir. Tasarlanan makas test standında şasiler aynen ağır vasıta araç şasilerinde olduğu gibi 2 delik çapı arasında 50 mm arayla konumlandırılmıştır. Böylelikle sektörde kullanılan makas kulakları rahatlıkla sisteme bağlanabilecek ve makasın testi gerçekleştirilebilecektir.

Tasarımı gerçekleştirilen makas test standı sağ tarafta alt ve üst kısımlarda ayrı ayrı 7 delik ve sol tarafta alt ve üst kısımlarda ayrı ayrı 7 delik olmak üzere toplamda 28 adet delik içerecek şekilde tasarlanmıştır. Böylece, makas yaprak çapına göre çok farklı boyutlarda makasların test edilebileceği esnek bir sistem ortaya çıkmıştır. Tasarlanmış olan bu makas bağlantı tertibatı ayrıca dikdörtgen şeklinde olup 1300mm boy ve 410 mm en ölçülerine sahiptir.

Uygulanacak ilk kuvvet makasa, makasa gelen kuvvet daha sonra makas bağlantı tertibatına, makas bağlantı tertibatına gelen kuvvet ise makas gövdesine etkiyerek yere iletilmektedir. Delikli makas bağlantı tertibatı tüm yükü homojen bir şekilde üzerinden geçirip, makas test stant gövdesine iletmektedir. Bundan dolayı, makas bağlantı tertibatının yüksek kuvvetlere dayanıklı olması gerekmektedir. Makas delikleri ilk olarak St 52 malzeme çelikten 10 mm olarak tasarlanmıştır fakat yapılan deneyler sonrasında güçlendirilmesine karar verilmiştir. Nihai tasarımda ise delikli makas bağlantı tertibatı St 52 malzeme 26,3 mm çelikten gerçekleşmiştir.

Delikli makas bağlantı tertibatının 3 boyutlu katı resmi Şekil 4.5 ile tasarlanan yapı ise Şekil 4.6 ile aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Delikli makas bağlantı tertibatı 3 boyutlu katı resmi

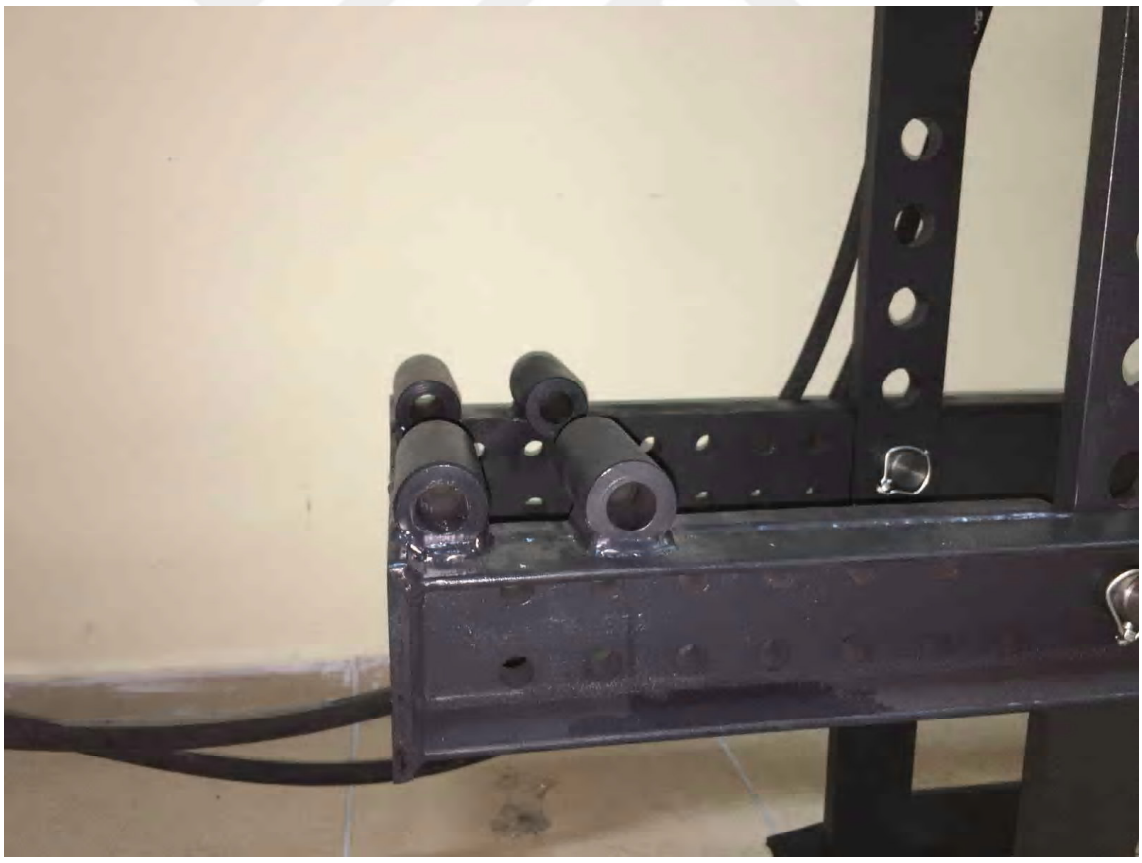


Şekil 4.6. Delikli makas bağlantı tertibatı

4.2.2. Burçlu Makas Bağlantı Tertibatı

Burçlu makas bağlantı tertibatı, yine makas kulak tipine göre sisteme bağlantı yapabilmek amacıyla tasarlanmıştır ve tasarımı gerçekleştirilirken tek delikli traktör römork makas bağlantı yapılarından esinlenilmiştir. Tek delikli makas kulaklarını delikli makas bağlantı tertibatına bağlarken sürtmeler meydana geldiği için burçlu makas bağlantı tertibatı yöntemi sisteme dâhil edilmiştir. Tasarlanan sistemde sağ tarafta 4 adet burç ve sol tarafta 4 adet burç olmak üzere toplamda 8 adet burç kullanılmıştır. Bu burçlar sayesinde piyasada hali hazırda kullanılan tek delikli makas kulaklarının tamamının testi gerçekleştirilebilecektir. Tasarlanan sistemde örnek makas olarak 10 yapraklı bir makas yapısı ve tek delikli makas kulağı kullanılmıştır.

Şekil 4.7 ve Şekil 4.8'de, sırasıyla, makas bağlantı tertibatı ve sistemde kullanılan tek delikli makas kulağı detaylı bir şekilde gösterilmiştir.



Şekil 4.7. Burçlu makas bağlantı tertibatı



Şekil 4.8. Sistemde kullanılan tek delikli makas kulağı

Tasarlanan sistemde kullanılmış olan 10 yapraklı makas yapısı, burçlu makas bağlantı tertibatına, basmaya ve çekmeye dayanıklı 2 adet mil ile bağlanmıştır. Bu millerin her birisi 25mm çapa sahip çelikten imal edilmiştir. Burçlu makas bağlantı tertibatına makas yapısını bağlamak için kullanılmış olan mil yapısı aşağıda Şekil 4.9 ile gösterilmiştir.



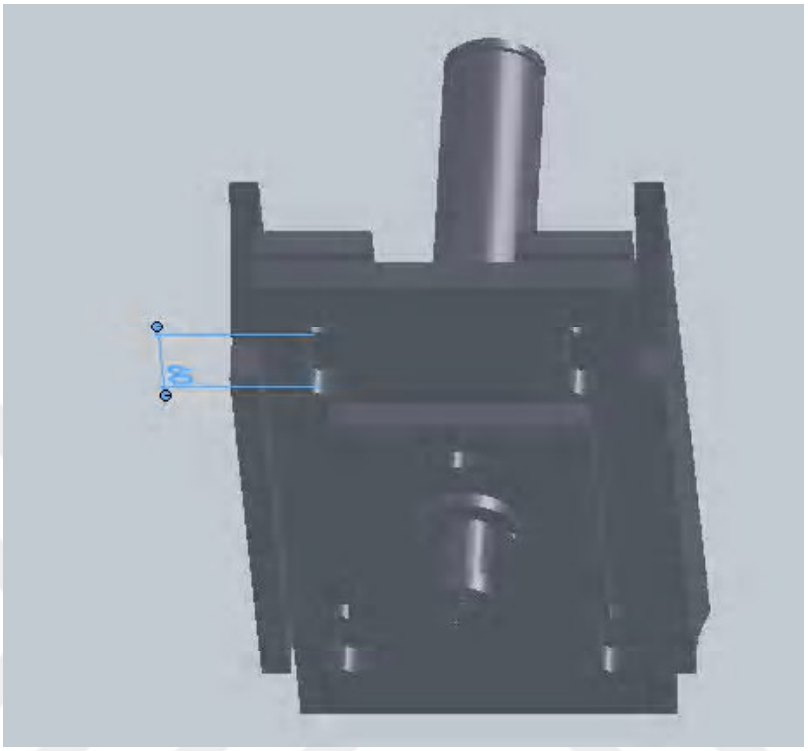
Şekil 4.9. Burçlu makas bağlantı tertibatına makas bağlamak için kullanılan mil

4.3. Sağ-Sol ve Yukarı-Aşağı Slotlu Silindir Bağlantı Yapısı

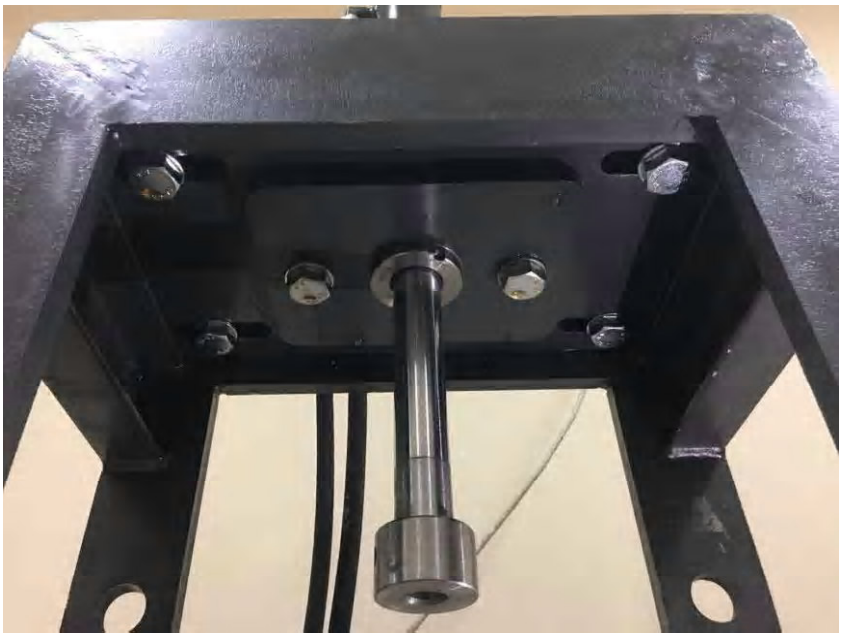
Bu tez çalışması kapsamında tasarlanan sistemin pratiğe en yakın ve en doğru sonuçları üretebilmesi için gerçek hayatta ki tüm fiziki şartlar değerlendirilerek tasarımı gerçekleştirilmiştir. Gerçek hayatta araçlarda kullanılan makaslara harici kuvvetler tam orta noktadan etki etmektedir. Sistemimizde kullanılan 10 tonluk hidrolik silindirin makasa homojen bir kuvvet uygulayabilmesi için makasın tam orta noktasına temas etmesi gerekmektedir. Bu ise hem sağ-sol hem de yukarı-aşağı hareketi mümkün kılan slot delikler sayesinde gerçekleştirilmiştir.

Sistemimizde hidrolik silindir bloğunun sağ-sol hareketini sağlayan 4 adet, yukarı-aşağı hareketini sağlayan 2 adet slotlu cıvata-somun bulunmaktadır. Şekil 4.10'da sağ-sol hareketi sağlayan slot deliklerin 3 boyutlu katı resmi ve Şekil 4.11'de ise bu slot delikler gösterilmiştir. Benzer şekilde, yukarı-aşağı hareketi sağlayan slot deliklere ait 3 boyutlu

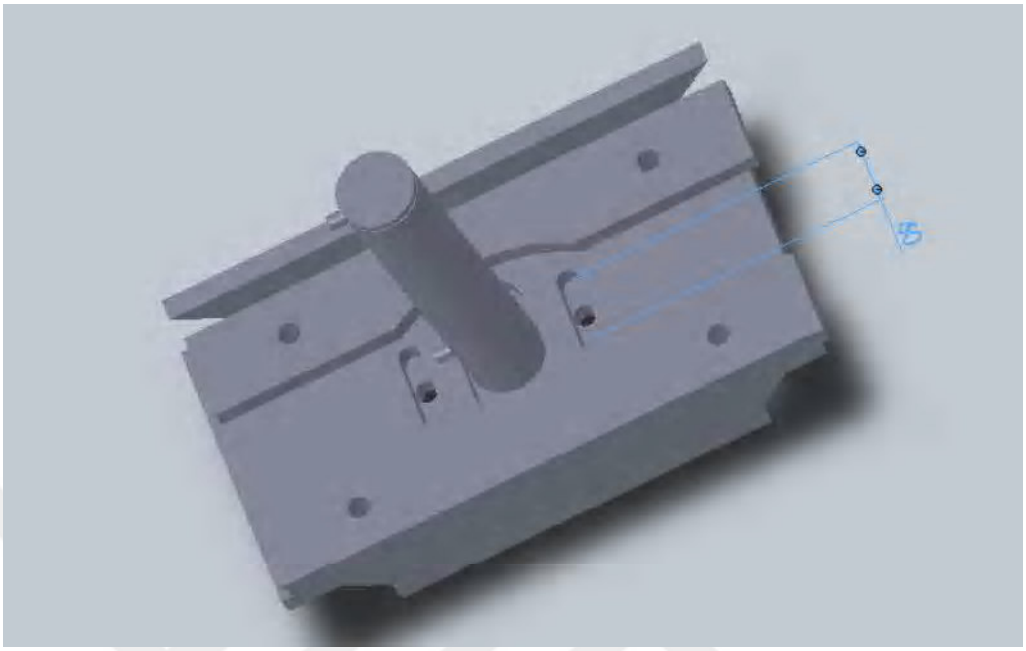
katı resmi Şekil 4.12 ile gösterilirken, bu slot deliklere ait görsel Şekil 4.13 ile verilmiştir.



Şekil 4.10. Sağ-sol hareket sağlayan slot deliklerin 3 boyutlu katı resmi



Şekil 4.11. Sağ-sol hareket sağlayan slot delikler



Şekil 4.12. Yukarı-aşağı hareketi sağlayan slot deliklerin 3 boyutlu katı resmi



Şekil 4.13. Yukarı-aşağı hareketi sağlayan slot delikler

4.4. Sistemin Genel Çalışma Prensibi

Önceki bölümlerde makas sistemleri, hidrolik sistemler ve devre elemanları, elektronik güç ünitesi ve devre elemanları anlatılmışken, bu bölümde ilk olarak sistemin mekanik kısmına ait tasarımlar gösterilmiştir. Tüm alt parçaların birleşimi olan genel sistemin çalışma prensibi yine bu kısımda anlatılacaktır. Şebekeden gelen 220 Volt 50 Hz alternatif akım değeri tasarlanan sistemin en genel girişi olarak kabul edilebilir. Ayrıca uzun ömür testine tabi tutulacak makas sistemi de ayrı bir girdi olarak düşünülebilir. Geliştirilen sistem ile elektrik enerjisi, hidrolik elemanlar vasıtasıyla hidrolik güç haline dönüştürülmektedir.

Makasların uzun ömür testleri, hidrolik ünitede bulunan hidrolik silindir vasıtasıyla makas sisteminin tam orta noktasına kuvvet uygulayarak gerçekleştirilir. Bu tez çalışması kapsamında tasarlanmış olan sistemi kullanarak makasların uzun ömür testini gerçekleştirirken yapılması gereken hassas ayarlar 3 alt kısımda incelenebilir. Bunlar, makas montajı için yapılması gereken ayalar, hidrolik silindir güç ayarı ve hidrolik silindir periyot ayarıdır.

4.4.1. Makas Montaj Ayarı

Geliştirilen standa makas bağlamak için ilk aşamada hangi makas tipi ile çalışılacağının belirlenmesi gerekmektedir. Daha sonra, makas tipine göre makas kulağı da tanımlanmalıdır. Bu iki özelliğe göre, makas bağlantı tertibatına makas sisteminin delikli veya burçlu bağlantısı gerçekleştirilmelidir. Makas kulağı, sistemde örnek denemesi yapılan makas gibi tek delikli bir kulağa sahip ise, makas sisteminin burçlu makas bağlantı tertibatına bağlanması daha uygundur. Eğer makas kulağı iki delikli ise, altta ve üstte delik bulundurmasından dolayı makas sisteminin delikli makas bağlantı tertibatına bağlanması daha uygun olacaktır. Bu tez çalışmasında tasarlanan sistem için makas kulak tipine göre makas bağlantı tertibatına uygun makas bağlama yöntemleri Tablo 1 ile verilmiştir.

Makas sisteminin, uygulanacak kuvvet miktarına göre makas test stant gövdesine bağlanması gerekmektedir. Makas sistemi, Bölüm 4.1'de anlatıldığı gibi, makas test stant gövdesinin 4 ayağında bulunan 5 adet delikten uygun olanına pimli mil yardımıyla bağlanır. Hidrolik silindir ucun makas sisteminin tam orta noktasına kuvvet uygulaması,

Bölüm 4.3'de anlatıldığı gibi, hidrolik silindir bloğunun slotlu delikleri sayesinde gerçekleştirilir. Hidrolik silindir bloğunun sağ-sol yönlü hareketi 60 mm'lik 4 adet slotlu delik ile sağlanırken, yukarı-aşağı yönlü hareketi 60 mm'lik 2 adet slotlu delik ile sağlanmaktadır.

Tablo 1. Makas kulak tipine göre makas bağlama yolları

Makas Kulak Tipi	Delikli Makas Bağlantı Tertibatı	Burçlu Makas Bağlantı Tertibatı
Tek Delikli Makas Kulağı	-	+
Çok Delikli Makas Kulağı	+	-

4.4.2. Hidrolik Silindir Güç Ayarı

Hidrolik silindirin güç ayarı hidrolik devre elemanlarından olan hidrolik basınç kontrol valfi ile yapılmaktadır. Bu hidrolik basınç kontrol valfinde basınç ayarı bar cinsinden yapılmakta olup basınç değeri barometre kullanılarak ölçülmektedir. Barometre'de gösterilen basıncın kilogramkuvvet cinsinden dönüştürülmesi ise matematiksel formüller kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Tasarlanan sistemde kullanılan silindir çapı D = 6 cm olduğundan, kilogramkuvvete geçiş formülü $F = P.A$ şeklinde tanımlanmaktadır. Bu eşitlikte, F değişkeni kilogram cinsinden kuvveti, P değişkeni basıncı ve A değişkeni ise $A = \pi\left(\frac{D}{2}\right)\left(\frac{D}{2}\right)$ formülü ile hesaplanan silindir alanını göstermektedir. Buna göre, silindir alanı $A = 3{,}14\,(3)(3) = 28{,}26\,cm^2$ olarak elde edilmektedir. Bu durumda, makası hangi tonajda çalıştıracağımız yukarıda verilen formülden basınç değeri ayarlanarak bulunur. Basınç kontrol valfi ile uygun bar ayarlanır ve silindir güç ayarı sağlanır. Barometrede görülen basınç değerinin sabit 28,26 değeri ile çarpılması sonucunda kg cinsinden uygulanan yük bulunmuş olur. Makasın uzun ömür testinin kaç kg yükte gerçekleştirilmesini istiyorsak ona göre basınç ayarı yapılması gerekir.

Tablo 2. Değişen basınç değerlerine göre oluşan kuvvet değerleri

F (kg)	P (bar)	A (cm^2)
282,6	10	28,26
1413	50	28,26
2626	100	28,26
4239	150	28,26
5652	200	28,26

4.4.3. Hidrolik Silindir Periyot Ayarı

Makasların uzun ömür testlerinin aynı fiziki şartlar altında gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Araçlara takılan makaslar kullanım şartlarına göre birçok farklı kuvvete maruz kalırlar. Bu durumu modellemek için test edilecek olan makas sistemi üzerine farklı genlikte ve sürede kuvvetler uygulamamız gerekmektedir. Hidrolik silindirin aşağı inme ve yukarı çıkma süreleri elektronik güç ünitesi içerisinde bulunan zaman röleleri tarafından ayarlanmaktadır. Bu tez çalışması kapsamında tasarlanmış olan test standında hidrolik silindirin aşağı inme süresi bir zaman rölesi vasıtasıyla 0-10 sn zaman aralığında ayarlanabilirken, yukarı çıkma süresi ise yine 0-10 sn zaman aralığında farklı bir zaman rölesi ile ayarlanmaktadır. Kullanılan zaman rölesi tipine göre farklı hidrolik silindir periyotları elde edilebilmektedir.

Bu tez çalışması kapsamında tasarlanmış olan makas test standı için elektronik, mekanik ve hidrolik kısımları içerecek şekilde toplam sistemin genel görünümü aşağıda Şekil 4.14 ile gösterilmiştir.



Şekil 4.14. Tasarlanmış olan makas test standı için toplam sistemin genel görünümü

5. BÖLÜM

SONUÇ ve ÖNERİLER

Günümüzde otomotiv sektöründe AR-GE faaliyetleri yüksek güvenlikli ve düşük maliyetli sistemler üzerine yoğunlaşmaktadır. Araçlarda kullanılan en önemli güvenlik donanımlarından birisi olan makas sistemlerinin de seri üretime geçmeden ve araçlara monte edilmeden önce uzun ömür testlerinin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu testler sonucunda araca en uygun makas tipi belirlenmekte ve böylece uygun olmayan makasların araçlara takılmaları sonucunda ortaya çıkabilecek güvenlik riskleri ve maddi kayıplar ortadan kalkmaktadır.

Bu tez çalışmasında, otomotiv sektöründe sıklıkla kullanılan makas sistemlerinin seri üretimden önce kullanım şartlarına göre uzun ömür testlerine yönelik bir stant tasarımı gerçekleştirilmiştir. Literatürde yaprak yaylarının bilgisayar destekli performans analizleri, tek yapraklı makas sistemleri ve makas sistemlerinin malzemeye bağlı olarak yorulma testlerine yönelik sınırlı sayıda çalışma mevcuttur. Bu tez çalışmasında ise literatürde daha önce yapılmış olan çalışmalardan farklı olarak makas sisteminin tamamı bir bütün olarak değerlendirilmiş ve makas sisteminin malzemesine bağlı olmaksızın her türlü malzeme için uzun ömür testlerinin gerçekleştirilebileceği bir test standı tasarlanmıştır. Geliştirilen stant sayesinde otomotiv sektöründe daha önce farklı yöntemlerle yapılan birçok test esnek bir şekilde tek bir yapıda birleştirilmiştir. Ayrıca, geliştirilen esnek stant ile birlikte otomotiv sektöründe hali hazırda kullanılan hemen hemen tüm makasların test edilebileceği esnek bir sistem ortaya çıkmıştır.

Tez çalışması kapsamında örnek bir uygulama olması açısından, geliştirilen makas test standı ile sektörde sıklıkla kullanılan 10 yapraklı bir makasın testleri gerçekleştirilmiştir. Test edilen makas sistemi burçlu makas bağlama tertibatına tek delikli makas kulaklarıyla bağlanmıştır. 10 yapraklı örnek makas değişik periyotlarda ve

yüklerde test edilmiştir. İlk olarak, 1 tona kadar farklı yük değerlerinde ve 0-10 sn aralığında periyotlarla ayrı ayrı test işlemleri gerçekleştirilmiştir. Daha sonra, 1 ton yük değeri sabit tutularak hidrolik silindir iniş kalkış süresi yani periyodu 1-10 sn aralığında artırılarak testler yapılmıştır. Her periyot aralığı için 50 kez deneme yapılmış ve bu denemeler sonucunda makasta gözle görülür bir değişme olmadığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak, testi gerçekleşmiş makas sisteminin 1 ton yük altında güvenli bir şekilde araçlarda kullanılabileceği görülmüştür.

Bu tez çalışması kapsamında tasarlanmış olan stant sadece makas sistemlerinin uzun ömür testine yönelik değil aynı zamanda makas sisteminde birçok farklı niceliğin ölçülebileceği bir yapıda geliştirilmiştir. Örneğin, makasa bağlanacak mesafe sensörleri ile makasın hangi yüklerde ne kadar hareket edebileceği veya makasın üzerine entegre edilecek Strain- Gauge sensörler ile makasın hangi yüklerde ne kadar sehim yapacağı gibi ölçümlerde bu test standı vasıtasıyla yapılabilecektir.

KAYNAKÇA

1. MEGEP, 2011. Süspansiyon Sistemleri. Milli Eğitim Bakanlığı: Ankara, 6-10.
2. Polat, O., 2012. Yaprak Yayların Bilgisayar Destekli Yorulma Analizi. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Nisan, 82.
3. Hasçalık, A., 1998. Yaprak Yay Yapımında Kullanılan 35 Cr4 Çeliğinin Fretting Yorulma Davranışının Araştırılması. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Elazığ, 120.
4. Esen, Ö., Balıkoğlu F, Arslan N., 2012. Yaprak yaylarda kompozit malzeme uygulama ve yorulma analizi, 496-510. 3. Ulusal tasarım imalat ve analiz kongresi,29-30 Kasım, Balıkesir.
5. Demircan, K., 2012. Süspansiyon Tasarımında Amortisör Bağlantı Takozlarının Optimizasyon ve İyileştirilmesi. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Haziran, 70.
6. Sunar, Ö., Çevik, M., 2015. Tek katlı yaprak yaylarda sonlu elemanlar yöntemi ile yorulma analizi. Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 1-6.
7. Sayman, O., Aksoy, S., 1998. Mukavemet I. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi İzmir, 250.
8. Reddy, J.N., 1997. Mechanics of laminated composite plates theory and analysis. US: CRC Press. 800.
9. Pfeiffer, F., 2007. **Deregularization of a smooth system-example hydraulic. Nonlineer Dynamics**, **47** (1-3): 219-233.
10. Geisberger, A. A,. 2000. Hydraulic Engine Mount Modeling Parameter Identification and Experimental Validation, University of Waterloo, Ontario, 410.
11. MEGEP, 2011. Elektrik-Elektronik Teknolojisi, Milli Eğitim Bakanlığı: Ankara, 143.
12. Rivin, Eugene I., 2003. Passive Vibration Isolation. Asme Press, New York, 426

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Cihan TOPAÇ
Uyruğu: Türkiye (T.C)
Doğum Tarihi ve Yeri: 13.03.1991 - Konya
Medeni Durum: Evli
e-mail: cihantopac@hotmail.com
Yazışma Adresi: Aratol-Bahçelievler Mah. 157 Bl. No:11 Mercedes-Benz Türk A.Ş Aksaray

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü	Devam etmekte
Lisans	Erciyes Üniversitesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü	2014
Lise	Mahmut Esat Anadolu Lisesi, Konya	2009

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2019-Halen	Daimler Truck AG	Kalite mühendisi
2016-2019	Mercedes-Benz Türk A.Ş	Kalite mühendisi

YABANCI DİL

Almanca, İngilizce