

## Araçlarda Makas Sistemlerinin Uzun Ömür Testine Yönelik Stant Tasarımı ve Prototip Uygulaması

\*Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Bahadır ÇETİNKAYA<sup>1</sup> , Cihan TOPAÇ<sup>2</sup> ,

\*<sup>1</sup>Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mekatronik Mühendisliği, KAYSERİ

<sup>2</sup>Daimler-Mercedes Truck AG, STUTTGART

(Alınış / Received: 30.11.2019, Kabul / Accepted: 13.12.2019, Online Yayınlanma / Published Online: 01.04.2020)

### Anahtar Kelimeler

Makas Sistemi,  
Makas Sistemi Test Standı,  
Gerinim,  
Sehim

**Öz:** Makas sistemleri, otomotiv sektöründe özellikle ağır vasıta araçlar için kullanılan en önemli süspansiyon donanımlarından birisidir. Makas sisteminin temel görevi araçların maruz kaldığı farklı tür ve şiddetteki harici kuvvetleri zayıflatmaktır. 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 çalışmada, makas sisteminin bir hidrolik sistem tarafından üretilen farklı tür ve şiddetteki harici kuvvetler altında test edilebilmesini sağlayan hassas bir test standı tasarlanmıştır. Tasarlanan test standında, hidrolik ünite bir elektrik ünitesi tarafından kontrol edilmektedir. 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 çalışma kapsamında tasarlanmış olan test standı ile makas sistemlerinin dayanımları, kullanım ömürleri, gerinimleri ve sehim hesaplamaları yüksek hassasiyetli bir şekilde test edilebilecektir.

## Design and Prototype Application of a Test Stand for Long Life Testing of Vehicle Leaf Spring Systems

### Keywords

Leaf Spring System,  
Leaf Spring System Test  
Stand,  
Strain,  
Deflection

**Abstract:** Leaf spring systems are one of the most important suspension equipment especially used for heavy vehicles in automotive sector. The main task of a leaf spring system is to attenuate external forces of 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 work, a precision test stand has been designed in order to allow the leaf spring system to be tested under external forces of different types and strengths produced by a hydraulic system. In the test stand designed, the hydraulic unit is being controlled by an electrical 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 study, the strength, service life, strain and deflection calculations of the leaf spring systems will able to be tested with high precision.

## 1. Giriş

Makas sistemleri, literatürde yaprak yay olarak da adlandırılan ve özellikle ağır vasıta araçlarda kullanılan süspansiyon elemanlarıdır. Araçların maruz kaldığı birçok farklı türde ve şiddette dış kuvveti zayıflatmak veya sönmölemek için kullanılırlar. Makas sistemleri standartlara uygun bir şekilde tasarlanmaz ve uzun ömür testleri hassas bir şekilde gerçekleştirilmez ise bu sistemlerde meydana gelebilecek deformasyon ve kırılmalar can ve mal kaybına neden olabilecektir [1,2]. Otomotiv sektöründe kullanılan ve mekanik aksamı oluşturan diğer parçalarda olduğu gibi makas sistemlerinde de seri üretimden önce uzun ömür testlerinin yapılması gerekmektedir. Uzun ömür testlerinde makas sistemlerinin araçlarda kullanılmadan önce dayanım hesaplamaları, gerinim hesaplamaları ve sehim hesaplamaları yapılarak kullanım ömürleri yüksek doğrulukta hesaplanabilmektedir.

Uzun ömür testleri, fiziksel olarak araç üzerine takılarak ve aracı kötü yol şartlarında kullanarak yapılabileceği gibi, yüksek hassasiyetli test stantları kullanılarak ta gerçekleştirilebilmektedir. Araç üzerinde fiziksel olarak testleri yapılan makas sistemleri, önemli oranda zaman ve maliyet kayıplarına neden olmaktadır. Yüksek hassasiyetli test stantları ile gerçekleştirilen makas sistem testleri ise daha düşük maliyetlerle, daha güvenli ve çok daha hızlı bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir.

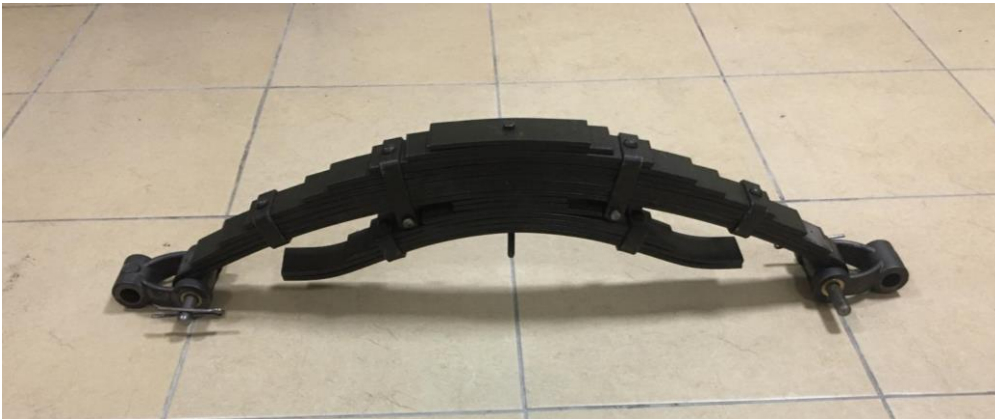
Bu çalışmanın ikinci bölümünde makas sistemleri hakkında bilgi verilerek prototip uygulamada kullanılan makas sistemi detaylı bir şekilde açıklanacaktır. Ayrıca çalışmada kullanılan hidrolik sistem ve elemanları ile elektronik ünite ve elemanları yine bu bölümde açıklanacaktır.

Üçüncü bölümünde ise makas sistemlerinin uzun ömür testine ait test stant tasarımı ve prototip uygulamanın tüm mekanik tasarımları ve sistemin geneli detaylı bir şekilde açıklanacaktır. Çalışmanın dördüncü bölümde sonuçlar ve çıktılar detaylı bir şekilde açıklanacaktır.

## 2. Materyal ve Metot

Bu kısımda makas sistemleri, hidrolik ünite, elektronik ünite ve sistemin çalışma prensibi detaylı olarak incelenmiştir.

Makas sistemleri yassı kıvrılmış çelik yaprak yaylar kullanılarak tasarlanan süspansiyon elemanlarıdır [3,4]. Çelik yaprak yayların bir merkez cıvata etrafında kelepçeler ile birbirlerine sabitlenmesiyle tasarlanırlar [5]. Temel bir makas sistemi merkez cıvata, kelepçe, yaprak yaylar, lastik burç, bağlantı küpesi, yay gözü elemanları ve araca bağlanabilmesi için iki adet makas gözünü içermelidir. Yaprak yaylar üzerlerine gelen kuvveti birbiri üzerinde sürtünme etkisiyle azaltır ve sönmömlerler [6]. Zamana bağlı olarak sürekli değişen bu kuvvetler makas sisteminin faaliyetini olumsuz yönde etkilemektedir [7, 8]. Bu çalışma kapsamında geliştirilmiş ve tasarlanmış olan test standı prototip uygulamasında kullanılan makas sistemi 10 adet yaprak yay ile bu sisteme tümleşik olarak bağlanan ve literatürde "Adamlık" olarak isimlendirilen 7 adet yaprak yay sistemini içermektedir. Adamlık yaprak yay sistemi harici kuvvete maruz kalan ilk arayüz olup bu kuvveti zayıflatarak ana sisteme aktardığı için makas sisteminin daha rijit ve dayanıklı olmasını sağlamaktadır. Tasarlanarak prototip uygulaması gerçekleştirilen test standında kullanılan ve aşağıda Şekil 1 ile gösterilmiş olan makas sistemi toplamda 3 ton kuvvete dayanıklı olup 2 adet yay gözü, 1 adet merkez cıvata, 6 adet kelepçe ve 2 adet lastik burç içermektedir.



Şekil 1. Çalışmada kullanılan makas sistemi

## 2.1. Hidrolik sistem

Tasarlanan sistemde, farklı türde ve şiddetteki harici kuvvetler bir hidrolik sistem tarafından üretilmektedir. Hidrolik sistemler yüksek seviyeli kuvvet üretebildikleri, içerdikleri emniyet valfleri ve pleyt sayesinde güvenli ve dayanıklı oldukları ve ayrıca içerisinde yağ bulunduğu için ekstra yağlama işlemine gerek duymadıkları için tasarlanan sistemde harici kuvvetlerin üretilmesinde bir hidrolik sistem tercih edilmiştir.

Tasarlanmış olan hidrolik sistem elektrik motoru, hidrolik pompa, hidrolik valf, hidrolik silindir, hidrolik tank, kampana ve kaplin, emiş ve dönüş filtreleri, hidrolik tank seviye göstergesi ve bağlantı elemanları olarak hidrolik hortum ve rekorlardan oluşmaktadır.

Elektrik enerjisini mekanik enerjiye dönüştürmek için teknik özellikleri aşağıda Tablo 1 ile verilmiş olan 1 adet 220 volt alternatif akım (AC) ile çalışan VM90L-4 tip asenkron elektrik motoru kullanılmıştır.

**Tablo 1.** VM90L-4 model asenkron elektrik motoru teknik özellikleri

<b>Maksimum Akım (A)</b>	<b>10,8</b>
<b>Frekans (Hz)</b>	50
<b>Dönme Hızı (rpm)</b>	1400 (devir/dakika)
<b>Motor Gücü (kW)</b>	1,5
<b>Akım-Gerilim Faz Farkı (Güç Çarpanı) (<math>\cos\phi</math>)</b>	0,91
<b>Kondansatör (Sürekli Çalışma) (<math>\mu\text{F}/\text{V}</math>)</b>	40 $\mu\text{F}$ / 450 V
<b>Ağırlık (kg)</b>	14,5
<b>Gerilim (V)</b>	220

Elektrik motoruna bağlanan hidrolik pompa ise sistem içerisinde hareket eden yağı istenilen basınç ve debiye yükselten devre elemanıdır. Tasarlanan sistemde, ASC marka ve 6 cc debi üreten bir adet dişli hidrolik pompa kullanılmıştır.

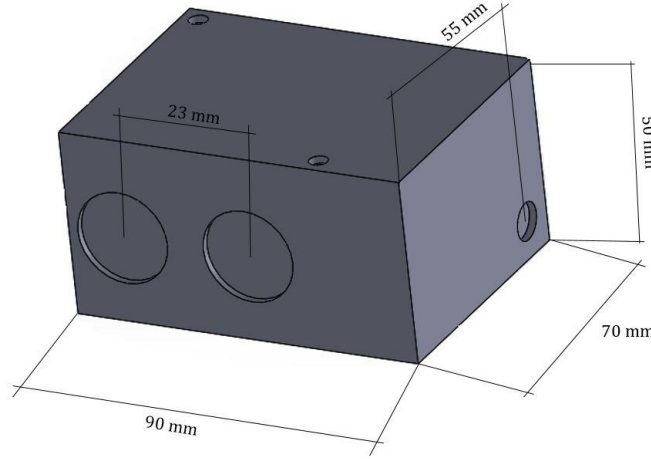
Asenkron elektrik motorunda açılabilir bir kuvvet olarak üretilen hidrolik enerjiyi doğrusal bir kuvvete yani mekanik enerjiye dönüştürmek ve bu kuvveti makas istemine uygulamak için, çift etkili strok uzunluğu 400 mm olan bir adet hidrolik silindir kullanılmıştır.

Sistem içerisinde dolaşan hidrolik yağın çalışma basıncını, debisini veya akış yönünü belirleyen/sınırlayan hidrolik devre elemanları olarak hidrolik valfler kullanılmıştır. Tasarlanan sistem 1 adet hidrolik yön kontrol valfi ve 1 adet hidrolik basınç kontrol valfi içermektedir. Çift etkili hidrolik silindir kullanıldığı için hidrolik yön kontrol valfi olarak 4 yol 2 konumlu bir adet Yutech marka 4/2 NG6 KM elektriksel kumandalı bir valf kullanılmıştır. Kullanılan hidrolik yön kontrol valfi maksimum 315 kgf/cm<sup>2</sup> çalışma basıncına sahip, maksimum 140 kgf/cm<sup>2</sup> tank hattı dönüş basıncına sahip ve maksimum debisi 60 lt/dk olan bir valf olarak seçilmiştir. Hidrolik basınç kontrolünü ise 1 adet LUEN marka hidrolik basınç kontrol valfi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan prototip sistemde alüminyum kaplamalı, 320 bar basınç kapasiteli, normalde kapalı tip bir basınç kontrol valfi kullanılmıştır. Hidrolik ünite içerisinde kullanılan basınç kontrol valfi basınç değeri manuel olarak giriş bölümünden ayarlandığı için doğrudan uyarı tipinde bir valf özelliği de taşımaktadır. Kullanılan basınç kontrol valfine ait 3 boyutlu katı çizim Şekil 2 ile verilmiştir.

Hidrolik yağın çalışma koşullarına uygun bir şekilde depolanması için sistemimizde 1 adet hidrolik tank kullanılmıştır. Hidrolik tank boyutu belirlenirken çalışma esnasında sistem üzerinde dolaşan yağ miktarının 4-5 katı bir değer dikkate alınarak 25 lt. hacimli bir hidrolik tank kullanılmıştır. Bu tank çelikten imal edilmiş olup ısınan hidrolik akışkanın kolayca soğutulması için deponun alt kısmı hava akımı oluşturacak şekilde tasarlanmıştır. Depoya dönen akışkanın dinlenmeden emilmesini önlemek için ise bir dinlendirme levhası bulunmaktadır. Prototipte kullanılan hidrolik tank öncelikle yağın sisteme

aktarılmasını sağlayan pompaya ve bu pompanın hareketini sağlayan bir elektrik motoruna sahiptir. Aynı zamanda tankın içerisinde emiş, basınç ve dönüş hattı filtreleri de bulunmaktadır. Bunlara ek olarak hidrolik tank üzerinde yağ koyma haznesi, yağ miktarı göstergesi, yağ basınç göstergesi gibi durum göstergeleri de bulunmaktadır.

Tasarlanan sistem ayrıca hidrolik pompanın bağlantısını gerçekleştirebilmek için 1 adet ERC marka 1K200 özelliğinde kampana ve hidrolik motor çıkışının hidrolik pompaya bağlantısını gerçekleştirebilmek için 1 adet ERC marka kaplin içermektedir.



**Şekil 2.** Basınç kontrol valfi 3 boyutlu katı resmi

Sistem çalışırken sistem içerisinde dolaşan hidrolik yağ sıcaklığının ve seviyesinin sürekli kontrol altında tutulması gerekmektedir. Hidrolik yağ sıcaklığı 50 °C'yi geçtiğinde ve hidrolik yağ seviyesi belirlenen sınırların altında veya üstünde olduğunda hidrolik sistem zarar görecektir. Tasarlanan ve prototip uygulaması gerçekleştirilen test standında hidrolik yağ sıcaklığını ve seviyesini sürekli olarak gösteren 1 adet Gempa marka hidrolik tank seviye göstergesi kullanılmıştır.

Hidrolik yağın temizlik açısından filtrelenmesinde kullanılan hidrolik emiş ve hidrolik dönüş filtreleri hidrolik sistem için son derece önemlidir. Tasarlanan sistemde 1 adet Gempa marka yarım parmak dönüş filtresi ile 1 adet Gempa marka 15 lt/dk özelliğinde emiş filtresi kullanılmıştır.

Devre elemanları arasındaki bağlantıyı sağlamak amacıyla hidrolik bağlantı elemanları olarak sistemimizde toplamda 8 metre hidrolik hortum ve 2 adet rekor kullanılmıştır.

## 2.2. Elektronik güç ünitesi

Stant tasarımı ve prototip uygulamasında kullanılan elektronik güç ünitesi elektrik enerjisinin girişinden tüketilen noktaya kadar sistematik bir şekilde iletilmesi için gerekli olan tüm malzemelerin toplandığı, saklandığı ve montajının yapıldığı bir ünedir. Stant tasarımında 1 adet elektronik güç ünitesi kullanılmıştır ve bu ünitenin içerisinde zaman röleleri, kontaktör, anahtarlı otomatik sigorta, ON-OFF butonlar ve acil stop şalteri bulunmaktadır.

Röleler sıklıkla anahtarlama görevinde kullanılan devre elemanları olmakla birlikte tasarlanan sistemde farklı olarak hidrolik silindir stroğunun inme ve kalkma sürelerini ayarlamaya yönelik olarak kullanılmışlardır. Tasarlanan sistemde, 0-10 saniye aralığında çalışabilen 2 adet zaman rölesi kullanılmıştır. Bu zaman röleleri ile ayrıca hidrolik silindirin periyodu da ayarlanabilmektedir. Tasarlanan sistem toplamda 0-20 saniyelik bir periyot döngüsünde çalışabilmektedir. Zaman rölelerinin bir diğer önemli etkisi de silindirin makasa uygulayacağı kuvvetin süresinin de zaman röleleri ile ayarlanmasıdır. Yani, makas sistemine uygulanan kuvvetin periyodu da zaman röleleri ile ayarlanmaktadır.

Kontaktörler, röleler gibi anahtarlama yapan fakat rölelerden farklı olarak alternatif akım ve yüksek değerli akımlar altında çalışabilen elektronik devre elemanlarıdır. Tasarlanan sistemde elektrik motorunun açılıp kapanmasını sağlayan 1 adet Siemens 3RT2017-1AP02 model *Normalde Kapalı Tip*

kontaklı, 230 Volt AC indüktör gerilimli, 50/60 Hz çalışma frekanslı, 3 fazlı, 5.5 kW güce sahip ve bu güç değerinde en fazla 12 A akım çeken 12 A (5,5 Kw) bir kontaktör bulunmaktadır. Bu kontaktörün tercih edilmesinin temel nedeni ise özellikle motor kontrolü, motor sistemleri ve rezistif yük uygulamaları için tasarlanmış bir kontaktör olmasıdır.

Kaçak akım veya yüksek akım etkilerinden sistemi korumak amacıyla tasarlanan sistemde teknik özellikleri Tablo 2'de verilen 1 adet 5SQ2160 kodlu Siemens marka anahtarlı otomatik sigorta kullanılmıştır.

Sistemin açılıp kapatılmasına yönelik basıldığında işlem yapıp tekrar eski haline dönen 2 adet Hard ON-OFF buton sisteme ilave edilmiştir.

Son olarak, herhangi bir acil durumda hızlı bir şekilde sistemin tüm elektriğini kesmek için kullanabileceğimiz Acil Stop Şalteri hızlı ve kolay ulaşılabilir olacak şekilde elektronik güç panosu üzerine yerleştirilmiştir.

**Tablo 2.** Siemens 5SQ2160 kodlu anahtarlı otomatik sigorta teknik özellikleri

Kutup Sayısı	1
Gerilim Türü	AC/DC
Akım / AC'de / Anma Değeri	20 A
Besleme Gerilimi / AC' de / Anma Değeri	240 V
Besleme Gerilimi Frekansı / Anma Değeri	50 Hz
Anahtarlama Akım Durumu	3 kA
Montaj Derinliği	55 mm

### 2.3. Sistemin çalışma prensibi

Tasarlanan sistem için iki adet Giriş olduğu kabul edilmektedir. Bunlar; *i.*) test edilecek olan makas sistemi ve *ii.*) 220 Volt/50 Hz şebeke elektrik enerjisi olarak tanımlanmaktadır. Sistemin çıktısı ise test edilmiş olan makas sistemidir. Sistemin hassas bir şekilde ölçüm yapabilmesi için makas montaj ayarı, hidrolik silindir güç ayarı ve hidrolik silindir periyot ayarı olmak üzere 3 temel ayarın en uygun şekilde yapılması gerekmektedir.

Makas montaj ayarı, test edilecek olan makas sisteminin makas kulağı tipine göre delikli veya burçlu makas bağlantı tertibatına montajı ile başlamaktadır. Bu bağlantı gerçekleştirildikten sonra, hidrolik silindirin makas merkez civatasına gelmesi için sağ-sol ve yukarı-aşağı slot delikler ile ayarlanmasıyla makas montaj ayarı tamamlanmaktadır.

Hidrolik silindir güç ayarı makas test stant çalışmasında son derece önemlidir ve bu ayar hidrolik devre ünitesi içerisinde bulunan hidrolik basınç kontrol valfi ile yapılmaktadır. Sistemdeki hidrolik basınç ( $P$ ) barometre kullanılarak *bar* cinsinden ölçülmektedir. Barometrede gösterilen basınç değeri,

$$F = P.A \quad (1)$$

ifadesi kullanılarak *kilogramkuvvet (kgF)* formunda ifade edilebilmektedir. Çapı  $D$  cm olan bir hidrolik silindirin alanı ( $A$ ) ise,

$$A = \pi \left(\frac{D}{2}\right) \left(\frac{D}{2}\right) \quad (2)$$

formülü ile hesaplanmaktadır. Geliştirilen sistemde hidrolik silindir çapı  $D = 6$  cm olacak şekilde seçildiği için hidrolik silindir alanı  $A = 3,14 (3)(3) = 28,26 \text{ cm}^2$  olarak elde edilmektedir. Bu durumda, test edilecek olan makas sistemine uygulanacak olan kuvvet değeri yukarıda Eşitlik 1 ile verilmiş olan

formülden basınç değeri ayarlanarak bulunmaktadır. Basınç kontrol valfi ile uygun *bar* değeri ayarlandıktan sonra makas test stant silindir güç ayarı gerçekleştirilir. Barometrede görülen basınç değerinin sabit  $A = 28,26$  değeri ile çarpılması sonucunda *kg* cinsinden uygulanan yük bulunmuş olur.

Makas sistemi uzun ömür testinin kaç *kg* yükte gerçekleştirilmesini istiyorsak ona göre basınç ayarı yapılması gerekmektedir ve değişen basınca göre oluşan kuvvet değerleri de değişmektedir. Basınca göre oluşan kuvvet değerleri aşağıda Tablo 3'de verilmiştir.

**Tablo 3.** Basınca göre oluşan kuvvet

Alan - A (cm <sup>2</sup> )	Basınç - P (bar)	Kuvvet - F (kg)
28,26	10	282,6
	20	565,2
	40	1130,4
	100	2826
	160	4521,6
	250	7065
	315	8901,9

Makas test standında makas testi yapılırken çok farklı fiziki şartlar da göz önünde tutulmalıdır [9]. Örneğin, araçlar yolda seyir halinde iken çok farklı türde ve zamanda kuvvetlere maruz kalırlar. Bu durum ise elektronik ünite içerisinde bulunan zaman röleleri kullanılarak hidrolik silindirin makasa uygulayacağı kuvvetin periyodunun değiştirilmesi ile simule edilmektedir. Tasarlanan sistemde hidrolik silindir periyodu 0-20 saniye aralığında değiştirilebilirken, hidrolik silindirin aşağı iniş veya yukarı çıkış süreleri 0-10 saniye aralığında ayarlanabilmektedir.

### 3. Bulgular

#### 3.1. Makas test stant mekanik kısımları

Tasarlanan ve prototip uygulaması gerçekleştirilen makas test standının mekanik kısmı makas test stant gövdesi, delikli ve burçlu makas bağlantı tertibatı ve sağ-sol/ yukarı-aşağı slotlu silindir bağlantı yapısı olmak üzere üç ana bölümden oluşmaktadır.

##### 3.1.1. Makas test stant gövdesi

Makas test stant gövdesi prensip olarak delikli ve burçlu bağlantı tertibatının ve sağ-sol/yukarı-aşağı slotlu silindir bloğunun montajının yapıldığı mekanik kısımdır. Mekanik tüm parçalarının zemin ile bağlantısı makas test stant gövdesi tarafından gerçekleştirilmektedir. Testlerin hassas şekilde yapılarak en yüksek doğrulukta sonuçların elde edilebilmesi için makas test stant gövdesinin mümkün olduğu kadar kararlı ve sağlam bir yapıda olması gerekmektedir. Bu nedenle, makas test stant gövdesi teknik özellikleri aşağıda Tablo 4 ile verilmiş olan 10 mm St52 çelik malzeme kullanılarak ve her birisi 1000 mm uzunluğunda 4 adet ayak içerecek şekilde tasarlanmıştır.

Gerek maliyet gerekse kullanılabilirlik açısından tasarlanan standın esnek ve tüm makas tiplerinin testini gerçekleştirebilecek bir yapıda olması son derece önemlidir. Bu nedenle makas test stant gövdesinde bulunan 4 ayağın her birisi 35 mm çapta 5 adet delik içerecek şekilde delikli yapıda tasarlanmıştır. Bu delikler 70 mm aralıklarla ayak üzerine yerleştirilmiştir. Bu yapı sayesinde çok farklı boyutlarda ve tiplerde makas sistemlerinin farklı genliklerde kuvvetler uygulayarak test edilebilmesini sağlayacak esnek bir stant yapısı ortaya çıkmıştır.

Ayrıca, makas bağlantı tertibatının makas test stant gövdesine montajını gerçekleştirebilmek için 25 mm çapında ve basmaya karşı dayanıklı 4 adet pimli mil tasarlanmıştır. Makas test stant gövdesi makasa

uygulanan tüm yükü zemine ileten kısım olduğu için hem zemine zarar verilmemesi hem de sistemde oluşacak titreşim etkilerinin minimize edilmesi için standın 4 ayağı 5 mm kalınlığına lastik kauçuklar üzerine oturtulmuştur [10].

**Tablo 4.** St52 çelik malzemenin mekanik özellikleri

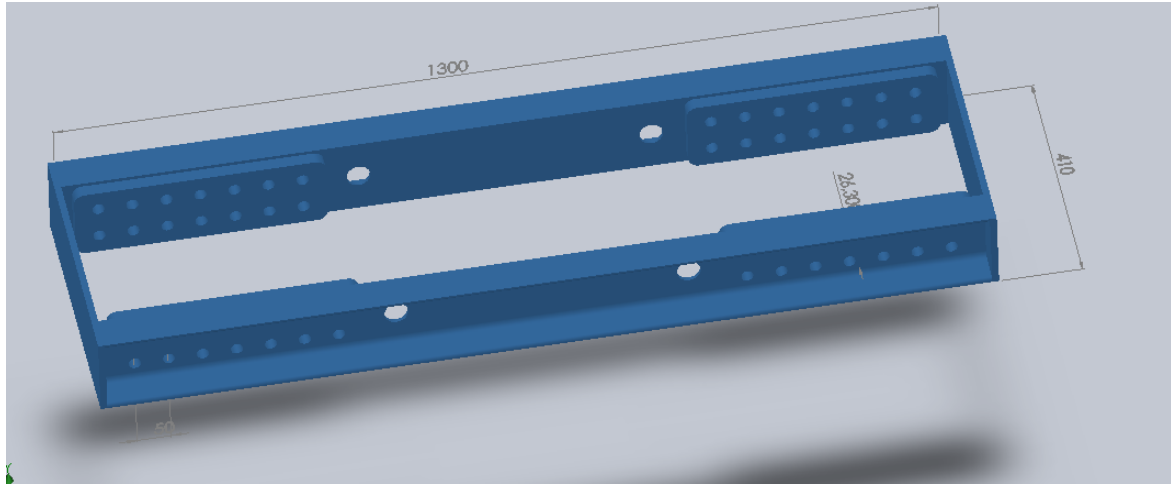
Çekme Dayanımı (Rm)		Akma Sınırı (Re)					Kopma Uzaması		
<3	$\geq 3$ ve $\leq 100$ mm	$\leq 16$ mm	$\geq 16$ ve $\leq 40$ mm	$\geq 40$ ve $\leq 43$ mm	$\geq 63$ ve $\leq 80$ mm	$\geq 80$ ve $\leq 100$ mm	$\geq 3$ ve $\leq 40$ mm	$\geq 40$ ve $\leq 43$ mm	$\geq 63$ ve $\leq 80$ mm
Mpa		$\geq$ Mpa					$\geq$ %		
510 680	490 630	355	345	335	325	315	22 20	21 19	20 18

### 3.1.2. Delikli ve burçlu makas bağlantı tertibatı

Hidrolik silindirin makas yapraklarına kuvvet uygulayabilmesi için makas sisteminin makas bağlantı tertibatına monte edilmesi gerekmektedir. Makas bağlantı tertibatı delikli ve burçlu olmak üzere 2 farklı şekilde tasarlanmıştır.

Delikli makas bağlantı tertibatı, sisteme çok delikli makas kulak tipine göre montaj yapabilmek amacıyla özellikle ağır vasıta kamyon makaslarından esinlenerek tasarlanmıştır. Bu nedenle, tasarlanan sistemde 2 delik arası mesafe ağır vasıta araçlarda olduğu gibi 50 mm olarak belirlenmiştir. Ayrıca, tüm ağır vasıta araç makaslarının montajını gerçekleştirebilmek amacıyla sağda ve solda ikişer sıra olmak üzere yedişer delik ile esnek bir yapı elde edilmiştir. Delikli makas bağlantı tertibatı yine aşırı yük altında çalıştığı için St52 çelik malzemeden 26,3 mm olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

Tasarlanmış olan makas bağlantı tertibatının katı resmi aşağıda Şekil 3 ile gösterilmiştir.



**Şekil 3.** Makas bağlantı tertibatı

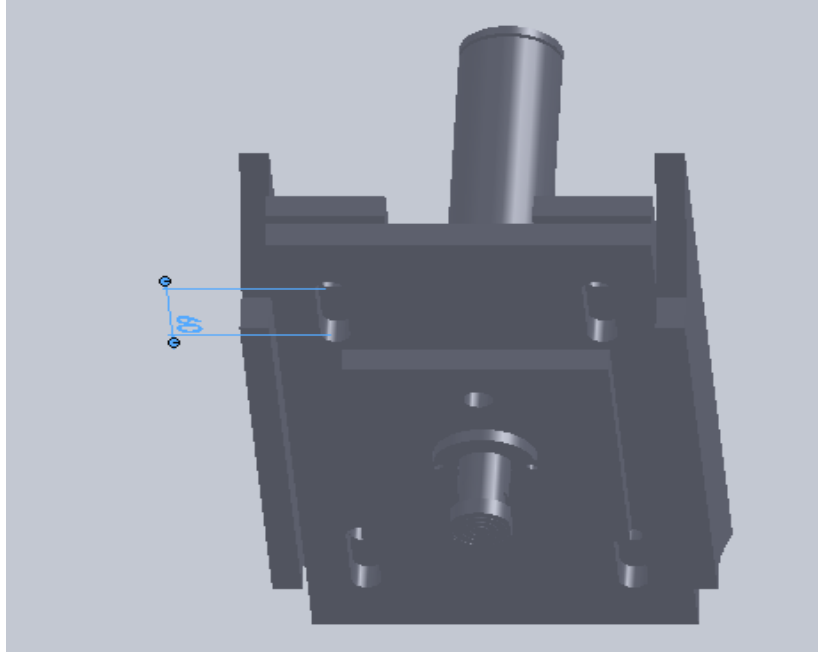
Burçlu makas bağlantı tertibatı ise sistem üzerine tek delikli makas kulak tipine göre montaj gerçekleştirilebilmesi için yapılmıştır. Burçlu makas bağlantı tertibatı özellikle traktör makaslarından esinlenerek tasarlanmıştır [11,12]. Makas bağlantı tertibatı üzerinde sağ tarafta ve sol tarafta dörder adet olmak üzere toplam 8 adet burç bulunmaktadır. Tek delikli makas kulağının burçlu makas tertibatına montajını gerçekleştirebilmek için 2 adet 25 mm çapta basmaya ve çekmeye karşı dayanıklı mil kullanılmıştır.

### 3.1.3. Sağ-sol ve yukarı-aşağı slotlu silindir bağlantı yapısı

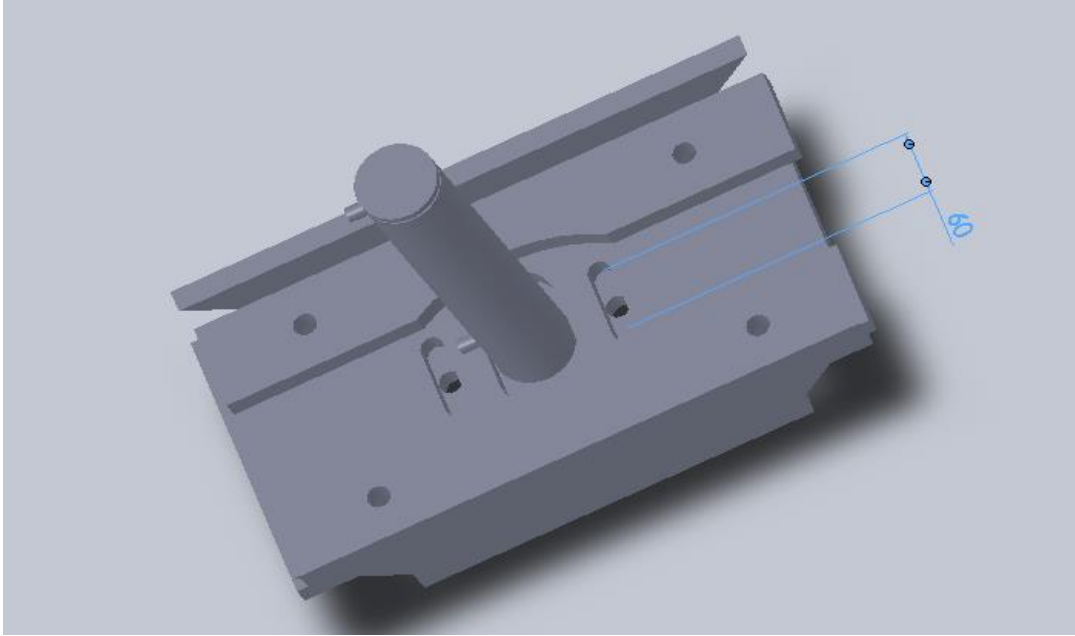
Fiziki şartları en iyi şekilde simüle etmek amacıyla makas sistemlerine kullanım şartlarına göre pratikte karşılaşılan farklı tür ve şiddetteki kuvvetlere çok benzer kuvvetler uygulanarak testler gerçekleştirilmelidir. Fiziki şartlarda harici kuvvetler makas sistemine alt kısımdan ve tam olarak

makas sisteminin merkez civatası üzerine etkimektedir. Bu çalışma kapsamında tasarlanmış olan test standında da bu durumu simule etmek için sağ-sol ve yukarı-aşağı olmak üzere toplamda 6 adet slot delikle esnek bir yapı oluşturulmuştur.

Sağ-sol yönlü hareketi sağlayan 60 mm'lik 4 adet slot deliğe Şekil 4'te gösterildiği gibi civata-somun ile silindir bağlantı bloğu montajı gerçekleştirilmiştir. Yukarı-aşağı hareketi sağlayan 2 adet 60 mm slot'un montajı ise Şekil 5'te gösterildiği gibi yine civata-somun bağlantısı ile gerçekleştirilmiştir.



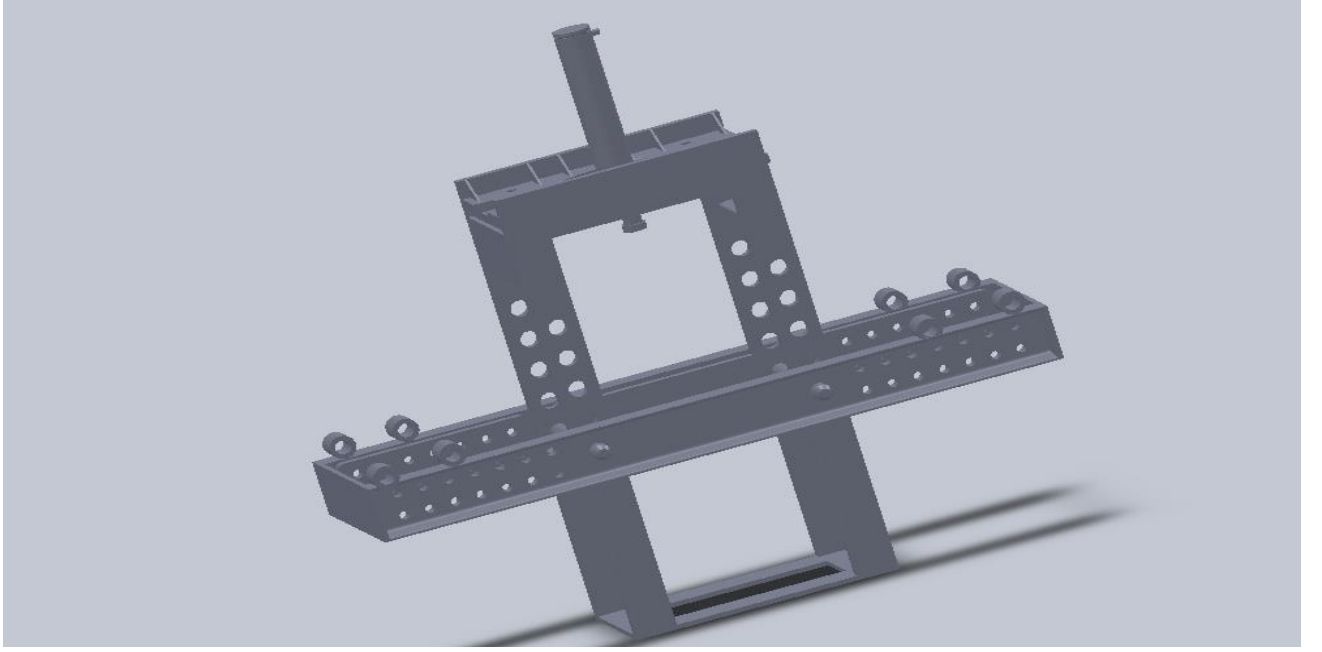
Şekil 4. Sağ-sol hareketi sağlayan slot deliklerin 3 boyutlu katı resmi



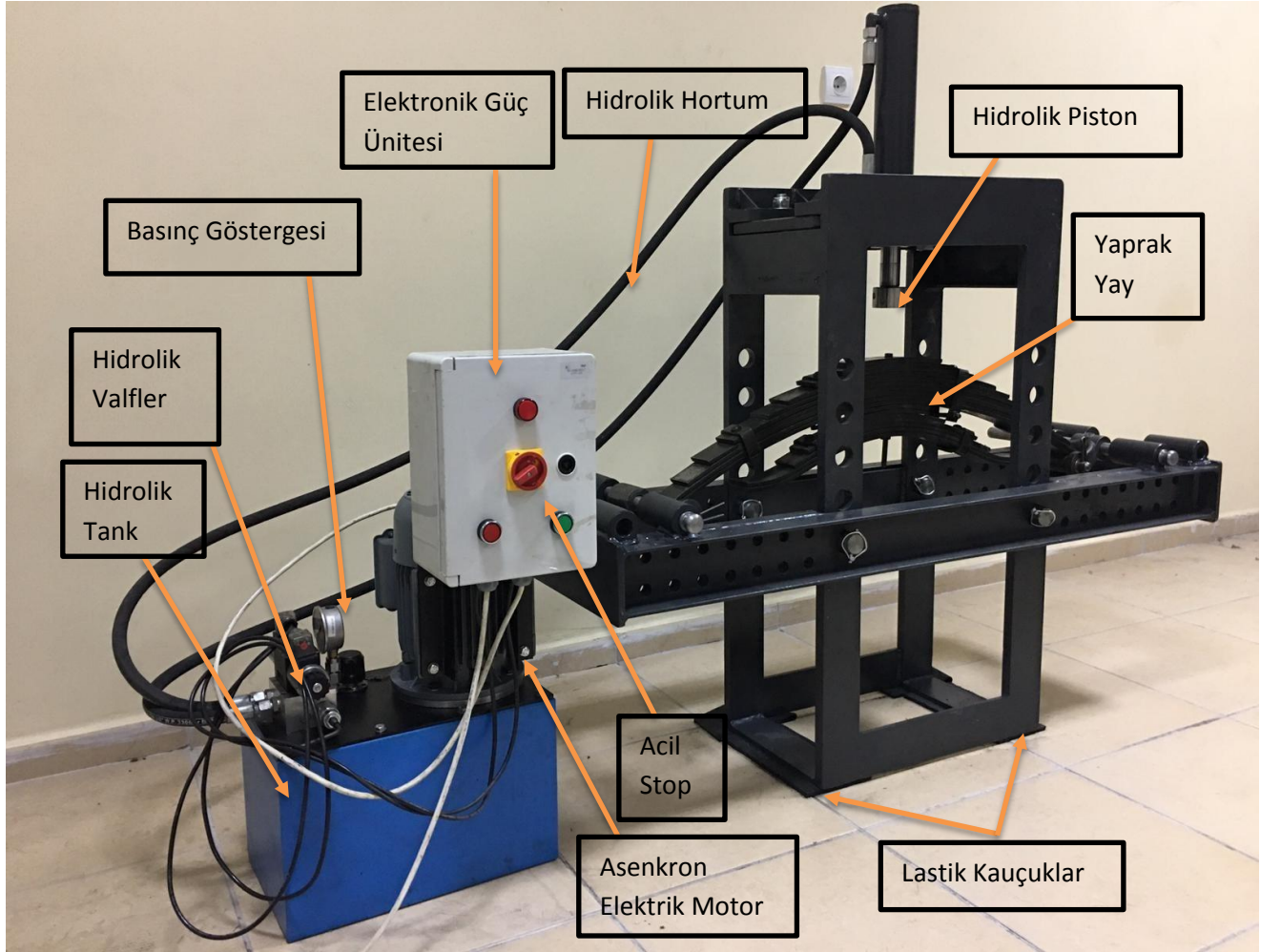
Şekil 5. Yukarı-aşağı hareketi sağlayan slot deliklerin 3 boyutlu katı resmi

Bu çalışma kapsamında tasarımı gerçekleştirilen makas test standının fiziksel tasarımdan önce çizilmiş olan 3 boyutlu katı resmi Şekil 6 ile gösterilmiştir. Tasarımı gerçekleştirilen toplam sistemin prototip uygulaması ise aşağıda Şekil 7 ile gösterilmiştir.





Şekil 6. Tasarımı gerçekleştirilen makas test standının 3 boyutlu katı resmi



Şekil 7. Tasarımı ve prototip uygulaması gerçekleştirilen test standı

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Günümüzde AR-GE faaliyetlerinin yüksek güvenilirli ve düşük maliyetli olarak gerçekleştirilebilmesi önem arz etmektedir. Otomotiv sektöründe de makas sistemlerinin AR-GE faaliyetlerinden hemen sonra uzun ömür testlerine tabi tutularak araca en uygun makas sisteminin belirlenmesi güvenlik risklerini ve maddi kayıpları önleyecektir.

Bu çalışma kapsamında, otomotiv sektöründe özellikle ağır vasıta araçlarda kullanılan makas sistemlerinin seri üretimden önce kullanım şartları göz önünde bulundurularak uzun ömür testlerine yönelik bir stant tasarımı ve prototip uygulaması gerçekleştirilmiştir. Literatürde makas sistemlerinin bilgisayar destekli performans analizleri ve tek yapraklı makasların malzemeye bağlı yorulma testlerine yönelik sınırlı sayıda çalışma mevcuttur. Bu çalışmada ise literatürden farklı olarak makas sistemi ilk kez bir bütün olarak analiz edilmiştir ve ayrıca tasarım malzemesine bağlı olmaksızın her türlü malzeme için uzun ömür testinin gerçekleştirilebileceği bir makas test stant tasarımı gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen stant tasarımı sayesinde otomotiv sektöründe çok farklı test stantlarıyla yapılan testler tek bir esnek stantta toplanmıştır.

Çalışma kapsamında yapılan örnek testler piyasada en yaygın olarak kullanılan 10 yapraklı bir makas sistemi üzerinde gerçekleştirilmiştir. Test edilen makas sistemi burçlu makas bağlantı tertibatına tek delikli makas kulağına bağlanmıştır. Örnek makas sistemi, test standında farklı periyot ve yüklerde test edilmiştir. İlk olarak 1 tona kadar çok farklı yüklerde 0-20 saniye aralığında farklı periyotlarda ayrı ayrı test işlemleri gerçekleştirilmiştir. Daha sonra 1 ton yük sabit tutularak, 0-20 sn. aralığında her periyotta 50 kez deneme yapılmış ve makas sisteminde işlevini gerçekleştirilmeye engel olabilecek bir deformasyona rastlanmamıştır. Bu testler neticesinde örnek makas sisteminin 1 ton yük altında güvenli bir şekilde kullanılabilceği görülmüştür.

Bu çalışma kapsamında tasarlanmış olan test standı kullanılarak gerinim ve sehim haricinde farklı niceliklerin ölçülmesi de mümkün olacaktır. Bunlar; *i.)* yaprak yayların yarı ömürlerini hesaplamak amacıyla ivme sensörü ile üç farklı titreşim analizi gerçekleştirilebilir. Bunlar, yer değiştirme ile titreşim analizi, hız ölçümü ile titreşim analizi ve ivme ölçümü ile titreşim analizidir, *ii.)* Strain-Gauge sensörler ile elde edilen sehim değerleri kullanılarak yine titreşim analizi gerçekleştirilebilir ve son olarak *iii.)* yapraklardaki yıpranmanın tespitinde kullanabilmek için bir dinamometre aracılığıyla kuvvet analizleri gerçekleştirilebilir.

#### Teşekkür

Bu çalışma, Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FYL-2018-8602 kodlu Yüksek Lisans Tez Projesi ile desteklenmiştir.

#### Kaynakça

- [1] Singh, J., Singh, S. P., Joneson, E. 2006. Measurement and Analysis of US Truck Vibration for Leaf Spring and Air Ride Suspensions, and Development of Tests to Simulate These Conditions. *Packaging Technology and Science: An International Journal*, 19(6), 309-323.
- [2] Hoyle, J. B. 2004. Modelling the Static Stiffness and Dynamic Frequency Response Characteristics of a Leaf Spring Truck Suspension. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 218(3), 259-278.
- [3] Megep, 2011. Süspansiyon sistemleri. Milli Eğitim Bakanlığı. 6-10s.
- [4] Kirkham, B. E., Sullivan, L. S., Bauerle, R. E. 1982. Development of the Liteflex tm Suspension Leaf Spring. *SAE Transactions*, 663-673.
- [5] Polat, O. 2012. Yaprak yayların bilgisayar destekli yorulma analizi. Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 82s, Balıkesir.
- [6] Haşçalık, A. 1998. Yaprak yay yapımında kullanılan 35 Cr4 Çeliğinin Fretting yorulma davranışının araştırılması. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 120s, Elazığ.
- [7] Sunar, O., Çevik, M., 2015. Tek katlı yaprak yaylarda sonlu elemanlar yöntemi ile yorulma analizi. *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*. 1-6.

- [8] Sayman, O., Aksoy, S. 1998. Mukavemet 1. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi. İzmir. 250s.
- [9] Sugiyama, H., Shabana, A. A., Omar, M. A., Loh, W. Y. 2006. Development of Nonlinear Elastic Leaf Spring Model for Multibody Vehicle Systems. Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, 195(50-51), 6925-6941.
- [10] Rivin, Eugene I., 2003. Passive Vibration Isolation. Asme Press, New York, 426s.
- [11] Dhoshi, N. P., Ingole, N. K., & Gulhane, U. D. 2011. Analysis and Modification of Leaf Spring of Tractor Trailer using Analytical and Finite Element Method. International Journal of Modern Engineering Research 1(2), 719-722.
- [12] Wilson, W. 1999. U.S. Patent No. 5,938,221. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.