



T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



YÜKSEK LİSANS TEZİ

**AĞIR TİCARİ ARAÇLARDA EL FRENİ DEVRESİNİN
ELEKTRİKSEL VE PNÖMATİK SİNYAL İLE BİRLİKTE
KONTROLÜ**

Tunahan GÜNYELİ

Pinar Kirci

**DANIŞMAN
Doç. Dr. Pınar KIRCI**

Mühendislik Bilimleri Anabilim Dalı

Mühendislik Bilimleri Programı

İSTANBUL-2019

Bu çalışma, 17.10.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Mühendislik Bilimleri Anabilim Dalı, Mühendislik Bilimleri Programında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

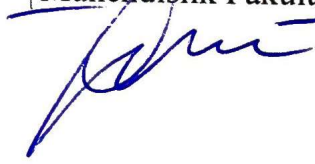
Tez Jürisi



Doç. Dr. Pınar KIRCI (Danışman)
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi

Dr. Öğr. Üyesi Güzide ÖncüEROĞLU
PEKTAS
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi

Dr. Öğr. Üyesi Oğuz ALTUN
Yıldız Teknik Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi





[20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa’nın aboneli olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.]

ÖNSÖZ

Fren Sistemi araçlarda bulunan en önemli sistemlerden biri olduğu için her gün geliştirilmekte ve üzerine çalışmalar yapılmaya devam etmektedir. Çünkü fren aracın kalitesini ve güvenliğini gösteren en önemli faktörlerden birisidir.

Böylesine önemli bir konuda yaptığım bu çalışma da bana danışmanlık yapan hocam sayın Doç.Dr. Pınar Kırıcı'ya, şirket imkan ve olanaklarından yararlanabilmeme izin veren, halen çalıştığım MERCEDES BENZ TÜRK A.Ş. şirketine, şirket imkanlarından yararlanabilmek için gerekli onayların verilmesinde yardımcı olan insan kaynakları müdürü Yiğit Özgünel'e, değerli deneyim, öneri, yardım ve desteklerini esirgemeyen laboratuvar teknik sorumlusu Bülent Karaarslan'a,

Çalışmalarım boyunca sabırla hep yanımda olup bana destek veren değerli eşim Esra Sümeyra 'ya ve eğitim hayatım boyunca manevi desteklerini hissettiren anne babama ve kardeşlerime ve son olarak tezin oluşmasında yardımcı olan herkese sonsuz teşekkürlerimi sunarım. |

Ekim 2019

[Tunahan Günyeli]

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
ŞEKİL LİSTESİ	vii
SİMGE VE KISALTIMA LİSTESİ.....	ix
ÖZET	x
ABSTRACT ,SUMMARY	xi
1. GİRİŞ.....	1
1.1 LİTERATÜR TARAMASI.....	2
1.2 HAVALI FREN SİSTEMLERİNDE TARİHSEL GELİŞİM	5
1.3 ARAÇ SINIFLARI	10
1.4 TAŞITLARIN SINIFLANDIRILMASI	11
1.5 HAVALI VE HİDROLİK FREN SİSTEMİ KİYASLAMASI	12
2. GENEL KISIMLAR.....	13
2.1 GENEL PNÖMATİK FREN SİSTEMİ.....	13
2.1.1 Basınçlı hava fren sistemleri kısımları	13
1- Ayak frenleme sistemi:.....	13
2- El freni sistemi:	13
3- Basınçlı hava besleme ünitesi:	13
4- Sürekli frenleme sistemi.....	14
2.1.2 FREN SİSTEMLERİ GRUPLARI.....	16
1. Amaca Göre Fren Sistemleri ;	16
2. Kullanılan Enerjiye Göre Fren Sistemleri;	16
3. İletilme Şekline Göre Fren Sistemleri;	16
4. Araç Kombinasyonlarına Göre Fren Sistemleri;	16
2.1.3 Fren sistemi üzerine temel ECE 71/320 EWG Direktifleri	16
2.2 HAVALI FREN SİSTEMİNDE KULLANILAN PARÇA VE KOMPONENTLERİN TANITIMI.....	17
2.2.1 KOMPRESÖRLER	17
2.2.2 Hava İşleme Ünitesi :	19
2.2.2.1 Hava Kurutucu ve 4 Yollu Koruma Ventili.....	19

2.2.2.2 Dört yönlü koruma valfi	19
2.2.3 Basınçlı Hava Tüpleri.....	20
2.2.4 Ayak Fren Valfi	21
2.2.5 El Fren Valfi	23
2.2.6 Yüke Duyarlı Ventil (ALB).....	24
2.2.7 Röle Valf	25
2.2.8 Fren Silindiri (Membran Silindir)	25
2.2.9 Fren Silindiri (Kombi – Ayak ve El Freni - Silindiri).....	26
2.2.10 Römork Kontrol Ventili	26
2.3 ELEKTRONİK KUMANDALI HAVALI FRENLER (EBS/EPB)	28
3. MALZEME VE YÖNTEM.....	30
3.1 DENEY DÜZENİĞİ AMACI VE ÇALIŞTIRILMASI.....	30
3.2 ÇALIŞMA PRENSİBİ	32
3.3 TEST PANOSUNDA BULUNAN EKİPMANLAR VE ÇALIŞMA SİSTEMLERİ	35
3.3.1 El Freni Valfi.....	36
3.3.2 Röle Valfi	38
3.3.3 Çabuk Çözücü Valfi	39
3.3.4 Veya Valfi	40
3.3.5 Kombi Silindir	41
3.3.6 [3-2 Valf]	42
3.3.7 Simülasyon besleme - güç ünitesi ve yapılan yazılım tanıtımı.....	42
3.4 TEST SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI	46
4. BULGULAR.....	48
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	49
KAYNAKLAR.....	51
ÖZGEÇMİŞ	53

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 1-1 ilk taşıt fren sistemi[16]	5
Şekil 1-2 Chariot freni[16]	5
Şekil 1-3 Levye ile ilk fren sistemi [16]	6
Şekil 1-4 Kauçuk lastiklerde fren sistemi [16]	6
Şekil 1-5 Bant fren sistemi [16].....	7
Şekil 1-6 Bant fren sistemi tanıtım[16]	7
Şekil 1-7 Disk fren sistemi [16].....	8
Şekil 2-1 Ağır vasıtalarda havalı fren sistemi komponentleri şeması [20].....	14
Şekil 2-2 Havalı fren sistemi tanıtımı [1]	14
Şekil 2-3 Kamyon havalı sistem hava hatları görseli [2].....	15
Şekil 2-4 Havalı Fren Sistemi Panosu örneği [2]	17
Şekil 2-5 Kompresör Çalışma Prensibi [20].....	18
Şekil 2-6 Kompresör Kesit Resmi [21]	18
Şekil 2-7 Hava işleme ünitesi kurutucu ve 4 yollu ventil paketi [2]	19
Şekil 2-8 Dört devreli koruma valfi [1]	20
Şekil 2-9 Dört yollu koruma valfi fonksiyon şema gösterimi [2].....	20
Şekil 2-10 Basınçlı Hava Tüpü [2]	21
Şekil 2-11 Ayak freni[2].....	22
Şekil 2-12 Ayak fren valfi kesiti.....	22
Şekil 2-13 El freni valfi [20].....	23
Şekil 2-14 ALB ventil görseli [2].....	25
Şekil 2-15 Röle valf [1]	25
Şekil 2-16 Membran Silindir yapısı [2]	26

Şekil 2-17 Kombi silindir [1]	26
Şekil 2-18 Römork kontrol valfi kesit resmi [2]	27
Şekil 3-1 Kurulan deney düzeneği görseli.....	31
Şekil 3-2 Normal el freni devre şeması	32
Şekil 3-3 Elektro-pnömatik sistemin foksiyon şeması	33
Şekil 3-4 Foksiyon şemaya göre kurulan hava sistemi tesisatı	34
Şekil 3-5 Deney düzeneği elektrikli fren bağlantısı	35
Şekil 3-6 Deney düzeneği pnömatik bağlantıları	35
Şekil 3-7 El freni değer vericisi görseli ve çalışması	36
Şekil 3-8 Tasarlanan faydalı modelin temsili devre şeması	37
Şekil 3-9 El freni elektrikli ve havalı sistem	37
Şekil 3-10 Röle valfi görseli ve çalışması	38
Şekil 3-11 Röle valf.....	38
Şekil 3-12 Çabuk çözücü valfi görseli ve çalışması	39
Şekil 3-13 Çabuk çözücü valfi.....	39
Şekil 3-14 Veya valfi görseli ve çalışması	40
Şekil 3-15 Veya valfi.....	40
Şekil 3-16 Kombi silindir görseli ve çalışması.....	41
Şekil 3-17 Kombi silindir	41
Şekil 3-18 (3-2 magnetik valf Epbc bağlantısı).....	42
Şekil 3-19 Siemens Simatic HMI Pano görüntüsü (Enerji yok iken).....	42
Şekil 3-20 Siemens Simatic HMI Pano görüntüsü(Enerji verildiği durum).....	43
Şekil 3-21Siemens TIAV15 EPBC çalışma yazılımı (Enerji yok iken).....	44
Şekil 3-22 enerji yokken yazılımın ara yüzü	44
Şekil 3-23 Enerji verildiğinde ölçülen değerler.....	45
Şekil 3-24 Analog değerlerin yazılımla dijitale çevrilmesi ve EPBC çalıştırılması.....	45
Şekil 3-25 Elektrik ve Pnömatik hat tepki süresi grafiği.....	47

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Kısaltmalar	Açıklama
AFS	: Ana Fren Sistemi
ABS	: Anti Blokaj Sistemi
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
iFS	: İkincil Fren Sistemi
TFS	: Tespit Fren Sistemi
SÜFS	: Sürekli Fren Sistemi
EBS	: Elektronik Fren Sistemi
EPBC	: Elektrikli El freni kontrol valfi

ÖZET

[YÜKSEK LİSANS TEZİ]

[AĞIR TİCARİ ARAÇLARDA EL FRENİ DEVRESİNİN ELEKTRİKSEL VE PNÖMATİK SİNYAL İLE BİRLİKTE KONTROLÜ]

[Tunahan Günyeli]

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

[Mühendislik Bilimleri Anabilim Dalı]

[Danışman : Doç. Dr. Pınar KIRCI]

Günümüzde teknolojinin hızla gelişmesiyle birlikte mevcut konseptlerde değişimler yaşanmış ve disiplinler arası etkileşimler zamanla artmıştır. Disiplinler arası etkileşimin artmasıyla birlikte sistemlerdeki mevcut konseptlerin geliştirilmesi kaçınılmaz olmuştur. Tez konusu olarak seçilen bu çalışmada otomotiv sektöründe kullanım alanı olan hava sistemlerindeki mevcut konseptin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada hedef olarak seçilen ağır ticari araçlarda mevcut hava sistemlerinin elektrikli el freni sistemine entegre edilip elektrik hattında meydana gelecek hata durumlarında hava sistemi devreye girerek hedeflenen frenlemenin sağlanması amaçlanmıştır. Bu kapsamda araçlarda bulunan el freni sisteminin pnömatik sistemlerle birlikte kullanılması sağlanarak el freni sisteminin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Faydalı model olarak iki işlevi de barındıran elektro-pnömatik el freni geliştirilmiştir.

Bu çalışmada ağır vasıta ticari araçlarda bulunan park freni sisteminin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Ağır ticari araçlarda kullanılan hava sistemindeki basıncın etkisinden dolayı gerçekleştirilen el freni sistemi, arıza durumlarında tek yönlü kontrol olmasından dolayı olumsuz sonuçlara sebebiyet verebilmektedir. Elektrikli el freni ile park pozisyonu sağlanan araçlarda çift yönlü kontrolün olması ve güvenli alanda kalabilmeyi sağlayabilmek için hava sistemlerinde oluşturulan fren sistemi ile birleştirilerek elektrikli fren ve basınçlı frenin birlikte kullanılarak tek tuşlu el freni sistemi prototipi hedeflenmiştir. Sistemin geliştirilmesi, iyileştirilmesi ile güvenli sürüşler sağlanacaktır. Bu tez çalışmasında havalı fren sistemleri ile elektrikli park sistemi birleştirilmiş gelecekte de geliştirilmesi ve gerekli testleri sağladığı takdirde araçlarda uygulanması öngörülmüştür. Ayrıca tedarikçi firmalar için de bir temel oluşturacak ve geliştirilmesi ile yeni sistemin uygulamaya geçilmesi sağlanabilecektir.

Ekim 2019, [64] sayfa.

Anahtar kelimeler: [Havalı Fren Sistemi, Ağır ticari araçlar, frenleme sistemi, el freni, basınçlı hava]

ABSTRACT ,SUMMARY

[M.Sc. THESIS]

[CONTROL OF HANDBRAKE BY USING ELECTRIC AND PNEUMATIC SIGNALS TOGETHER IN HEAVY COMMERCIAL VEHICLES]

[Tunahan GÜNYELİ]

Istanbul University-Cerrahpasa

Institute of Graduate Studies

[Department of Engineering Sciences]

Supervisor : [Assoc. Prof. Dr. Pınar KIRCI]

[This study is focused on developing control of handbrake by using electric and pneumatic signals together in heavy commercial vehicles look like bus, tractor-trailer and trucks at air brake system. Today, as technology development increases, changes in existing and interdisciplinary interaction qualities have also increased. By enlarging the interdisciplinary interaction effect, the further development of existing concepts is became very essential. In this research study with the subject of the thesis it is aimed to develop the current concept in the air systems which are used in the automotive sector and further development concept for the existing concept was developed. In this study, it is aimed to integrate the existing air systems into the electric parking brake system and to provide the targeted braking by activating the air system in case of failure in the power line in heavy-duty commercial vehicles. it was aimed to develop the handbrake system by using the handbrake system in the vehicles together with the pneumatic systems to achieve targeted braking which is triggered in the electric parking brake system.

Because of the effect of the pressure in the air system used in heavy commercial vehicles, the parking brake system can cause negative results due to the one-way control in case of malfunctions. One-button hand brake system prototype is targeted by combining electric brake and pressure brake in combination with the brake system created in the air systems in order to have two-way control in the vehicles provided with parking position with electric parking brake and to stay in the safe area. In Addition System development, improvement and safe driving will be ensured. In this thesis, air brake systems and electric parking system have been combined and it is foreseen in order to be developed in future and to be applied to the vehicles if necessary tests are provided. In addition, it will provide a basis for the supplier companies and it will be possible to implement and develop the new system.]

October 2019, [64] pages.

Keywords: [air braking system, pneumatic kontrol, brake, handbrake, park brake, commercial vehicles, trucks, bus, Heavy-duty vehicle , air brake system parts]

1. GİRİŞ

Fren Sistemi

Karayolunda kullanılan ağır vasıta ticari araçlarının, taşıma ve ulaşım gibi birçok alanlarda kullanılmasının artması bize bu tip araçların güvenli sürüşlerinin sağlanması ve ilerleyen teknolojiyi yakalaması gerektiğini göstermektedir. Ayrıca kullanılan bu ağır vasıta araçlarının tonaj olarak 10 ton ağırlığı geçmesi nedeniyle karayolunda seyir halinde iken yavaşlatılması ya da durdurulması istendiğinde sürücü tarafından bu işlemin en az kuvvetle gerçekleştirilmesi gerekir. Araç çeşidine göre farklı fren sistemleri mevcuttur. Çoğunlukla hidrolik ya da havalı fren sistemi kullanılmaktadır.

Trafik kazaları birçok ölümlü sonuçlara sebebiyet vermektedir. Günümüzde de trafik kazalarından dolayı hayatlarını yitiren insanların sayısı oldukça fazladır. Bu kazaların sebeplerinden başlıcaları sürücülerden kaynaklı hatalar ya da aşırı hız olarak kayıtlara geçmiş olsa da diğer neden sürücülerin araç kontrolünü sağlayamayıp istenilen sürede araçları durduramamalarıdır. Bu da fren sisteminin önemini hayati derecede olduğunu göstermektedir.

Fren sistemi araçlarda yavaşlatma, durdurma ve park etme gibi önemli fonksiyonları üstlenmektedir. Bu yüzden güvenli sürüşler için araçta bulunan en önemli donanımlardan biri fren sistemi olmaktadır. Fren sistemi ile araçlar her durumda güvenli bir şekilde durdurulabilmelidir. Bu sebeple frenleme sisteminin güvenilirliği ve dayanıklılığının yüksek olması gerekmektedir.

Etkili ve daha güvenli frenleme sağlanabilmesi için fren sistemlerinde ek olarak kontrol ünitesi ve güçlendirici ünite gibi ilave yardımcıları bulunmaktadır. Hayati önem taşıdığı için fren sistemi zamanla daha fazla dikkate alınıp geliştirilmeye çalışılmıştır. Çünkü fren sisteminde arıza tehlike demektir. Bu sebeple fren komponentlerinin tamiri, ayarları, sökölüp takılması ve incelenmesi istendiğinde bu işlemler çok dikkatli ve düzgün yapılmalıdır.

Eğer bir araç çalıştırılmıyorsa arıza giderilip daha sonra çalıştırılması sağlanabilir ya da alternatif taşıt ile yolculuğa devam edilebilir. Ancak frenleme fonksiyonu aktif edilemiyorsa kötü sonuçlara sebep olacaktır [1] (MEGEP (Editörler), 2013).

Bu deneysel çalışmada ağır vasıta ticari araçlarda bulunan park freni sistemi geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bunun için Mercedes Benz Türk A.Ş Hoşdere Eğitim Merkezi'nde pnömatik

laboratuvarında deneysel pano kurulmuştur. Kurulan bu fren panosu eğitim materyali olarak da kullanılabilir. Böylelikle eğitim faaliyetlerinde örnek teşkil olabilecektir.

Mercedes markalı kamyonlarda kullanılan el freni sistemi pnömatik kontrol ile hava sayesinde gerçekleştirilirken bu projede el freni devresi elektriksel ve pnömatik sinyal ile birlikte kullanımı tasarlanmıştır. Böylelikle sistem öncelikle elektrik sinyali ile tetiklenerek elektrikli sinyal vasıtası ile el freni görevini yapacak, eğer el freni devresinde olası bir hata meydana gelirse frenlemenin kaza vb. gibi olumsuz durumları önlemek amacıyla devam etmesi ve sistemin çalışmasını sürdürebilmesi için hava ile yedek olarak frenleme tasarlanmıştır. Tek Tuş aynı anda elektrik ve pnömatik sistemi tetikleyecek, elektrik devresinde hata arıza tespit edildiğinde sistemdeki hava kullanılarak el freni görevi yerine getirilmiş olacaktır. Normal şartlarda mevcutta seri üretimde kullanılan el freni elektrikli ve elektriksiz olarak ayrı ayrı yapılmaktadır. Bu çalışmada havalı fren sistemleri ile elektrikli park sistemi birleştirilmiş gelecekte de geliştirilmek ve gerekli testleri sağladığı takdirde araçlarda uygulanması öngörülmüştür. Bu çalışma tedarikçi firmalar için de bir temel oluşturacak ve geliştirilmesi ile yeni sistemin uygulamaya geçilmesi sağlanabilecektir.

1.1 LİTERATÜR TARAMASI

Fanping Bu ve Han-Shue Tan ağır vasıtalarda bulunan havalı fren sistemlerinde ki frenleme hassasiyetinin önemini modelleyip ve kontrol diyagramları ile hesaplayıp nicel sonuçlar elde ederek havalı sistemin önemini belirtmişlerdir [3] .

Bradley C. yaptığı yayın da mevcut benzinle çalışan aracı elektrikli araca dönüştürerek elde edilen konfor memnuniyet ve çevreye verilen zararın azaltılarak çevreye sağladığı yararı ortaya çıkarmış, böylelikle çalışmamızda geliştireceğimiz elektrikli fren sisteminin getireceği faydalara değinmiştir [4] .

Artus arkadaşları ile yapmış olduğu çalışmada ağır ticari taşıtlarda güvenlik ve performansın fren disklerinin sıcaklığına bağlı olduğunu vurgulamıştır. Fren disklerinde oluşan ısıyı tahmin etmeye yönelik geliştirdiği algoritma sayesinde elde edilen değerlerle, yol testi yaparak elde ettiği değerler arasında paralellik olduğunu ifade etmiştir [5].

Bowlin ise havalı fren sistemleri için basınç kontrol programı geliştirmiştir. Bu araştırmada kamyon, römork ve otobüs gibi çoğunlukla ticari araçlarda bulunan havalı fren sisteminin fren odasındaki basıncı düzenleyen bir kontrol şeması geliştirmeyi hedeflemiştir. Bu geliştirdiği şemanın, diferansiyel fren sistemi, gelişmiş ABS fren sistemleri ve ileri çarpışma kaçınma sistemleri gibi gelecekteki sistemler için temel oluşturacağını göstermiştir. Geliştirdiği program ile pedal valf modeline göre çalıştırılarak kısmi fren uygulamalarında basınç izlemenin yararlı olduğunu sonuç olarak ispat etmiştir [6].

Avunç, ağır ticari araçlarda örnek bir fren sistemi tasarlanması projesini tanımlayıp, tasarım kriterlerinin fren sistemi elemanlarının kalitesi dışında seçilen parametrelerin araç emniyet, seyir dinamiği ve kullanıcıların isteğine karşı tepki şartlarını sağlayabilecek uyumda olması gerektiğini ortaya koymuştur. Ayrıca iki dingilli araca 3. dingilin bağlanarak EBS sisteminde değişen fren performanslarını değerlendirerek, fren sistemi tasarlanmasındaki mevzuatları belirtmiştir[7].

Çataltepe, çalışmasında ticari araçlarda frenleme performansını etkileyen fren faktörünü hem teorik olarak hesaplamış hem de deneysel sonuçlar ile karşılaştırmıştır. Genel olarak uyumlu sonuçlara ulaşırsa da deneysel sonuçlarda bazı farklılıklar tespit ederek, fren karakteristiklerindeki değişkenlerin fren faktörünü önemli ölçüde etkilediğini gözlemlemiştir. [8].

Ramarathnam, havalı fren sistemlerinin düzenli bakım ve kontrol işlemlerine oldukça duyarlı olduğundan takip edilmesi gerektiğini, kritik nokta olarak fren odasındaki basınç kaybının tehlikeli olabileceğini belirtmiştir. Bu sebeple besleme basıncı, pedal valfi, piston, yer değiştirme ve sızıntı kütle debi ölçümleri ile ilgili sızıntı varlığında fren odası içindeki basıncı geçici olarak tahmin etmek amacıyla matematiksel model geliştirmiştir. Bu model, ticari araçlarda fren sistemleri için geçerli FMCSA ve FMVSS normlarına uygun olarak geliştirilmiştir. Modele yapılan tüm giriş verileri 90 psi (722 kPa) besleme basıncı ile tam bir frenleme durumunda elde edilmiştir [9].

Arpat, yük ve yolcu taşıyan araçların günümüz teknolojisine paralel olarak hız ve yük kapasitesindeki artışını gözlemleyerek etkin fren sistemlerine ihtiyaç olduğunu açıklamıştır. Özellikle şehir içi trafiğinde olan belediye araçlarının balata aşınması ve fren etkinliği kaybına uğradığını belirterek, kampanalı ve diskli olmak üzere iki araç için ısıl analiz hesaplamaları

yapmıştır. Ayrıca, bir şehir içi otobüsle yol deneyleri yaparak elde ettiği sonuçları teorik sonuçlarla karşılaştırmış, balata aşınmasının azaltılmasına yönelik önerilerde bulunmuştur [10].

Murphy, Limpert ve Segel, otobüs, kamyon ve traktör römorklarında kullanılan havalı fren sistemlerinin maksimum frenleme anında sergilenen fren performans değerini belirlemeye yönelik bir çalışma yapmışlardır. Araç testleri, dinamik modelleme ve simülasyon gibi analitik teknikler bu hedefleri gerçekleştirmek için kullanılmıştır. Performans ölçümleri, belirli bir aracın fren sisteminin yeterli frenleme performansı için ne gibi niteliklere sahip olduğunu ölçmek için tanımlanmıştır [11].

Erdem, yük ve yolcu taşıyan ticari taşıtların normal servis fren sistemlerine ek olarak yavaşlatıcı kullanılmasının gerekçeleri ve taşıt üzerindeki etkilerini deneysel olarak incelemiştir. Türkiye'nin coğrafi yapısının bir sonucu olarak yoğun eğimli yollarda seyir halinde bulunan ağır ticari taşıtların, sürekli frenleme sistemi olarak servis freni kullanmalarının olumsuz sonuçları, kapsamlı yol deneyleriyle ortaya konulmuştur. Çalışmada yapılan sistematik yol deneyleri, fren etkisinin kayıp riskinin yalnızca ağır ticari taşıtlar için geçerli olmadığını, hafif ticari taşıtların da risk altında olduğunu göstermiştir. Öğrenci servisi, ambulans, canlı yayın aracı gibi sürekli yüklü olarak kullanılan bu tür taşıtların güvenliği açısından servis frenine ek olarak yavaşlatıcı ile donatılmasının çok önemli ve etkili olduğu belirtilmiştir [12].

Çavdar, taşıtlarda bulunan aktif ve pasif güvenlik sistemlerini incelediği çalışmasında, bu sistemlerin Türkiye'de meydana gelen kazalardaki paylarını ve her sistemin puanlamasını yapmıştır. Ayrıca bu sistemlerin taşıt tasarımı bakımından önemini de vurgulamıştır [13].

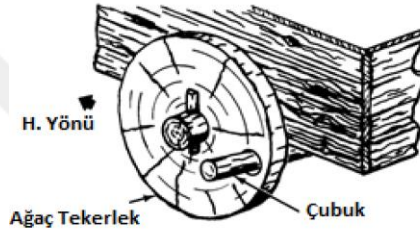
Çakır, ülkemizde ve dünyada otomobil teknolojisindeki gelişmeleri ve trafik kazalarını incelemiş ve önemli bir kısmının araçlarda meydana gelen bazı teknik arızalar da dâhil olmak üzere ağırlıklı olarak insan faktörüne dayandığı kanısına varmıştır. Ulaşımında riskleri azaltmak için taşıtlardaki yasa ve yönetmeliklerin zorunlu kıldığı minimum donanımlardan ziyade, aktif ve pasif güvenlik donanımlarının ön plana çıkarılmasının önemini vurgulamıştır [14].

Akiyama, Japonya'da özellikle 8 ton ve üzeri azami yüklü ağırlığa sahip olan kamyonların karıştığı kazaların nedenlerini ve bunların önlenmesine yönelik gelecekte uygulanabilecek güvenlik önlemlerini araştırmıştır. Bu tür araçların karıştığı kazalarda özellikle yolcu taşıtlarının ve yayaların ön plana çıktığına dair istatistiksel verilere değinerek, çarpışma

önleyici ön uyarı sistemlerinin ve gece aydınlatmaların bu tür kazaların azaltılmasında etkili olabileceğini savunmuştur [15].

1.2 HAVALI FREN SİSTEMLERİNDE TARİHSEL GELİŞİM

Bilinen ilk taşıt fren sistemi eski çağlarda yük taşımak üzere kullanılan araçlarda kullanılan kilitli teker olarak adlandırılan sistemdir. Bu sistemde teker üzerinde bir delik bulunmaktadır, bu delikten çubuk geçirilerek frenleme sağlanır. Aracın sabit şekilde durmasını sağlamak üzere tasarlanmıştır.

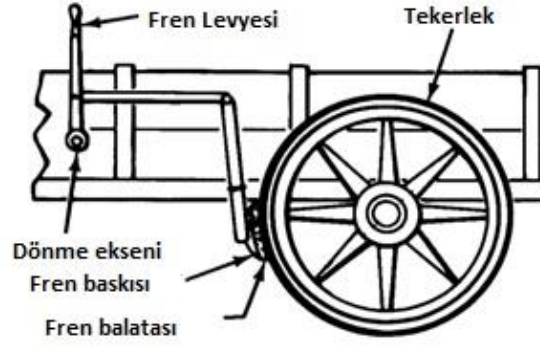


Şekil 1-1 ilk taşıt fren sistemi[16]

Chariot freni olarak bilinen bu sistem Romalıların araçlarında kullandığı bilinmektedir. Bu sistemde bir ucu aracın şasisine bağlı olan zincir tekerin poyrası üzerinden geçirilir ve diğer ucu aracı kullanan kişi tarafından tutularak yavaşlamak istediğinde bu zincir yardımı ile frenleme sağlanır.

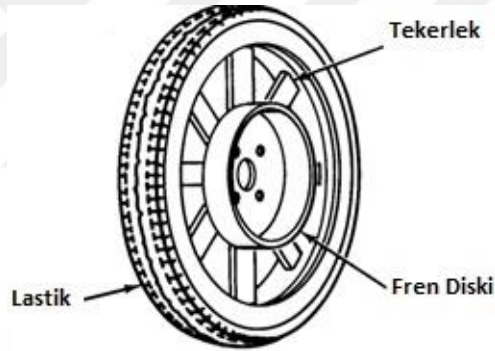


Şekil 1-2 Chariot freni[16]



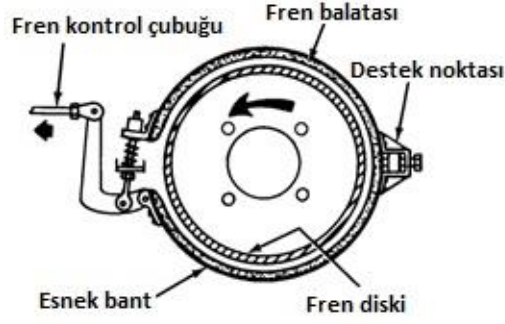
Şekil 1-3 Levye ile ilk fren sistemi [16]

Frenle sisteminin ile ilgili başka bir tarihçe ise 1800'lü yıllarda meydana gelmiştir. Şöyle ki bir vagona ağaçtan yapılmış baskı düzeneği kullanılmış ve levye yardımıyla kuvvet iletilerek bu düzeneğe tekerin dış yüzeyine baskı yapılarak frenleme sağlanır.



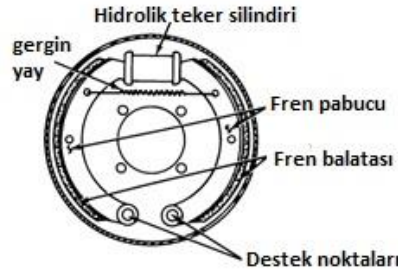
Şekil 1-4 Kauçuk lastiklerde fren sistemi [16]

İlk araçlar vagonlardan ve taşıma araçlarından farklı olarak motoru ve aktarma sistemleri olan tasarımlardı. Kauçuk lastiğin icadı ile birlikte vagonlarda kullanılan teker dışından baskı yapılarak kullanılan fren sistemleri kullanışsız hale geldi ve bu nedenle yeni bir fren sistemi ihtiyacı doğdu. Bu problemi çözmek ve sürtünme yüzeyi oluşturmak için teker içine metal kampana yerleştirilmiştir.



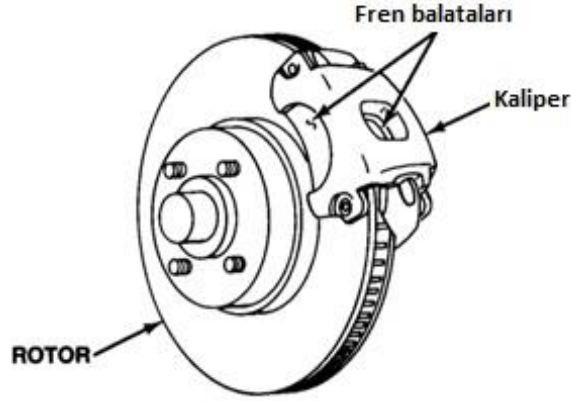
Şekil 1-5 Bant fren sistemi [16]

Zamanla yeni model araçların hızlarındaki artış ile frenlerin aracı güvenli bir şekilde durdurabilme kabiliyeti azalmıştır (ısıya dönüştürülen daha fazla enerji olması sebebi ile sıcaklığın artması sonucu fren kuvvetindeki azalma ve balatanın hızlı aşınması sorunundan ötürü) . Bu sorunu çözmek için ilk hamle olarak balatanın sürtünme yüzeyini arttırmak için bant fren sistemi geliştirilmiştir.



Şekil 1-6 Bant fren sistemi tanıtım[16]

Bant fren sisteminde karşılaşılan sorunları çözmek için ise kampana içinde yer alan hidrolik tahriki ile dışa açılarak frenleme yapan sistem tasarlanmıştır



Şekil 1-7 Disk fren sistemi [16]

Otoyol hızlarındaki artışın, araç boyut ve ağırlıklarındaki artışların devam etmesi ile birlikte en büyük tipte kampana kullanılsa bile tekrarlı frenleme esnasında oluşan ısının yeteri kadar transfer edilememesi sorunu ortaya çıkmıştır. Bunun sonucu olarak disk fren sistemi geliştirilmiş ve günümüzde kullanımı artmıştır. [16]

Havalı frenler ise sıklıkla meydana gelen tren kazalarını azaltmak, raylı araçlarda oldukça sıkıntılı olan fren mesafelerini kısaltmak ve fren etkinliğini geliştirmek için yapılan çalışmanın sonucu gelişmiştir diyebiliriz.

Eskiden trenlerin sadece lokomotiflerinde ve en arka vagonlarında fren sistemi mevcuttu. Bu yüzden, trenin durma mesafesi dikkate alınarak araçların hızlı gitmesi yasaktı. Aslında sağlam ve güçlü bir fren için her bir vagona fren sistemi bulunması, trendeki tüm frenlerin aynı zamanda hareket etmesi ve sürücü kabininden aktifleştirebilmesi gerekiyordu. 1869 senesinde George Westinghouse (WABCO Westinghouse Air Brake Company'nin kurucusu) isminde bir mühendis demiryolu sanayisinde vagon frenlemesi sebebiyle ilk havalı fren sistemini keşfetti [17].

Trenlerde kullanılan fren sistemi çok basit yöntemlerle gidiyordu. Bu başlangıç sistemine göre makinist trenin düdüğünü çaldıktan sonra trendeki başka bir görevli ise vagona vagona geçerek her bir aracın frenlerini teker teker manuel yapacaktı. Daha sonra iyileştirilen daha yeni frenlerde ise durma mesafesini arttırıp daha kısa sürede frenlemeyi gerçekleştirmek amacıyla lokomotif sisteminde bazı değişiklikler geliştirilerek kompresör eklendi ve böylece fren

hortumları birbirine eklenerek diğer bütün vagonlara eklendi. Ancak hortumların dayanıklı ve gelişmiş olmaması diğer taraftan boruların da elle kolaylıkla sökülüp takılabiliyor olması fren sisteminin emniyetini ve seri üretimde kullanılabilirliği açısından şüphe oluşturuyordu. Kompresör eklenmekte ki gerçek maksat el freni çekili duruma geldiğinde fren hortumlarının içerideki basıncı yükseltilecek fren silindirlerini aktif hale getirmekle frenleme sağlanmış olacaktı. Sistemin negatif tarafı, kompresör yardımı ile basınçlanan hortumlardaki iletilecek havanın diğer vagonlara gitmesinin biraz uzun sürmesiydi [18].

Westinghouse'un kurduğu sistemde, lokomotifteki bir hava pompası ana hava deposuna üretilen basınçlı havayı sevk ediyordu. Böylece depolanan havanın basıncı, atmosfer basıncının 6 katı seviyesindeki miktara ulaşabiliyordu. Üretilen bu basınçlı hava, vagonların altına yerleştirilen bir hava hortumu vasıtasıyla diğer vagonlara gönderilerek, her vagonun altında yerleştirilen hava depolarında toplanıyordu. Bu hava depolarının girişine yerleştirilen bir valf ise depoyu diğer taraftan fren silindirlerine bağlamış oluyor idi. Tren sürücüsü fren pedalına etki ettiği zaman kumanda kabinindeki fren valfi açılıp hava hattından kaçan hava hortumdaki basıncı azaltıyordu. Böylelikle, vagonların tüplerinde bulunan basınçlı hava, basıncı düşmüş olan boruya doğru akarken vananın yönlendirmesiyle fren silindirine giderek silindir içerisinde bulunan pistonu hareket ettiriyor ve pistonun hareketi fren pabuçlarını tekerleğe bastıran kol ile çalıştırarak trenin durmasını sağlıyordu. Westinghouse keşfettiği bu havalı fren sisteminin patentini ise 1872 yılında almıştır [18].

Daha sonra Westinghouse üçlü subapların çalışması üzerine bir sistem geliştirmeye başladı. Sistemin içeriğinde mevcut olan üçlü moddan dolayı üçlü supap sistemi olarak isimlendirilmişti. Üçlü supap, direkt olarak fren hortumlarına ve fren silindirlerine giden bir bağlantıdan oluşuyordu. Makinist frenleme yapmak istediği zaman fren kolunu ayarlayıp havanın borulardan hareket etmesini sağlıyor ve böylelikle frenler aktifleşiyordu. Frenler bir defa kullanıldıktan sonra supaplar vasıtası ile ayarlanan basınç serbest bırakılıyor ve basınç artışı görüldüğünde ise silindiri hava boşluğuna itiyordu. Böylece hava tankı tekrar hava ile doluyordu. Westinghouse bu üçlü supap mekanizmasını zamanla iyileştirmişti ilk olarak frenlerin devrede olması için içeride ki havanın hepsinin tüketilmesi şart değildi. Yalnızca frenlemeyi gerçekleştirecek ve üçlü supaba uyarı iletilecek havanın bulunması yeterliydi. Sinyalin fren hortumlarından gitmesinin de zaman kayıplarına yol açtığını anlamıştı. Acil durumlarda kullanmak için yedek bir hava deposu üzerinde düşünülmüş ancak bu üçlü supap

sistemini karmaşık duruma sokmuştu. Sonralarda yaygınlaşan “hızlı hareket” özelliğiyle frenlerin tekrar hızlı kullanımına olanak sağlamıştı. Acil durumlar için sisteme ilave bir mod daha eklemişti. Eklenen bu mod sayesinde basınçtaki ani düşüş nedeniyle fren sistemi uyarılıp treni yavaşlatılıyordu. Bu durum için ayrı bir hava tankı kosepti belirlenmişti. Supap bu iki hava tankının içindeki basınçlı havayı silindirin içine dolduruyor ve basınçlar eşitlendiğinde silindirin içinde baskı meydana getiriyordu. Uygulaması oldukça şiddetliydi hatta acil durumda uygulandığında lokomotifin raydan çıkmasına bile sebep olabilirdi [18].

George Knorr 1905’te Almanya’da havalı fren sistemi ile ilgili şirket kurdu. Bu şirket öncelikle demiryollarında kullanılmak üzere bir fren sistemi geliştirdi sonrasında ise 1922 yılında karayolu araçları için pnömomatik fren sistemi üretilmeye başlandı. Knorr aynı zaman da Avrupa’da havalı fren sistemlerini ilk kez tırlarda ve römorklarda uygulatan şirketin kurucusu olmuştur. Karayolunda çoğunlukla otobüs, kamyon, çekici ve römork cinsi ağır vasıtalarda yaygın olarak kullanılmıştır. 1925 sonrasında kullanım arttıkça ve etkinliği görüldükçe bütün kamyonlarda havalı fren sistemleri devreye alınmıştır. Bundan 24 yıl sonra ise havalı fren sistemleri bütün ağır vasıtalarda seri olarak kullanılmaya başlanmıştır [18].

1950 li yıllar da motosikletlerde, 1960’lar da ise otomobillerde uygulanmaya başlayan ABS sistemleri Amerikalı mühendislerin araştırmaları neticesinde 1978 yılında Bosch ve Daimler Benz firmalarının ortak girişimi ile ABS teknolojisi de ağır vasıtalara uygulanmıştır. 1996’da Wabco ilk ticari araç olarak elektronik fren sistemine öncülük etmiştir. 1998 yılında ise Mercedes Benz “Actros” kamyon modelinde römork elektronik fren sistemini kullanmıştır. EBS fren sistemi basınçlı hava tarafından sağlanan güçle harekete geçerek ECU (elektronik kontrol sistemi) vasıtası ile daha sağlam ve kaliteli fren olanağı gerçekleştirmektedir. [18].

1.3 ARAÇ SINIFLARI

Genellikle L,M,N ve O tipi olarak sınıflandırılırlar.

- 1)L Sınıfı (L1, . . . sırasıyla. . . L7); 2, 3 veya 4 tekerlekli araçlardır
- 2)M Sınıfı (M1,M2,M3)
- 3)N Sınıfı (N1,N2,N3)
- 4)O sınıfı (O1,O2,O3,O4)

Ağır ticari taşıtları belirten sınıflar ise genel olarak M2,M3,N2,N3,O3,O4 tiplerindeki araçlardır.

1.4 TAŞITLARIN SINIFLANDIRILMASI

L sınıfı: 2 ve 3 veya 4 tekerlekli araçlardır.

L1 sınıfı: Azami hızı 45 km/s i içten yanmalı motorlu ise silindir kapasitesi 50 santimetre küpü elektrik motorlu ise azami sürekli nominal güç çıkışı 4kW'ı geçmeyen 2 tekerlekli araçtır.

L2 sınıfı: azami hızı 45 km/s'i kıvılcım ateşlemeli motor ise silindir kapasitesi 50 cm³'ü içten yanmalı motorlu ise azami net gücü 4KW'i elektrik motorlu ise azami sürekli nominal güç çıkışı 4KW'i geçmeyen 3 tekerlekli araçtır.

L3 sınıfı: azami hızı 45 km/s'i ve içten yanmalı motorlu ise silindir kapasitesi 50 cm³'ü geçen yolcu sepetsiz iki tekerlekli araçtır.

L4 sınıfı: azami hızı 45 kilometre/saniye'i ve içten yanmalı motorlu ise silindir kapasitesi 50 cm³'ü geçen yolcu sepetli iki tekerlekli araçtır.

L5 sınıfı: azami hızı 45 kilometre ve içten yanmalı motorlu ise silindir kapasitesi 50 cm³'ü geçen simetrik olarak yerleştirilmiş üç tekerlekli araçtır.

L6 sınıfı: azami hızı 45 km/s'i, elektrik motorlu araçlarda akü ağırlığı hariç yüksüz ağırlığı 0.35 tonu kıvılcım ateşlemeli motor ise silindir kapasitesi 50 cm³'ü diğer tip içten yanmalı motorlu ise azami net gücü 4KW'ı, elektrik motorlu ise sürekli nominal gücü çıkışı 4KW geçmeyen 4 tekerlekli araçtır.

L7 sınıfı: elektrik motorlu araçlarda akü ağırlığı hariç yüksüz ağırlığı 0.4 tonu (yük taşıma amaçlı araçlarda 0.55 ton) azami net gücü 15k geçmeyen L6 sınıfına girmeyen 4 tekerlekli araçtır.

M sınıfı- en az dört tekerlekli olan ve yolcu taşınması için kullanılan motorlu araç tipleridir.

M1 sınıfı: Yolcu taşınmasında kullanılan ve sürücü dâhil en fazla 9 oturma yeri olan motorlu araçtır.

M2 sınıfı: yolcu taşınmasında kullanılan, sürücü dâhil 9 dan fazla oturma yeri olan ve azami ağırlığı 5 tonu aşmayan motorlu araçtır.

M3 sınıfı: yolcu taşınmasında kullanılan, sürücü dâhil 9 dan fazla oturma yeri olan ve azami ağırlığı 5 tonu aşan motorlu araçtır.

N sınıfı- en az dört tekerlekli ve yük taşınmasında kullanılan motorlu araçlardır.

N1 sınıfı: yük taşınmasında kullanılan ve azami ağırlığı 3,5 tonu aşmayan motorlu araçtır.

N2 sınıfı: yük taşımada kullanılan ve azami ağırlığı 3,5 tonu Aşan, ancak 12 tonu aşmayan motorlu araçtır.

N3 sınıfı: yük taşımada kullanılan ve azami ağırlığı 12 tonu Aşan motorlu araçtır.

O sınıfı- 1 motorlu araç tarafından çekilen römork veya yarı römork motorsuz yük taşıma araçlarıdır.

O 1 sınıfı: azami ağırlığı 0.75 tonu aşmayan motorsuz yük taşıma aracıdır.

O2 sınıfı: azami ağırlığı 0.75 tonu aşan ancak 3,5 tonu aşmayan motorsuz yük taşıma aracıdır.

O3 sınıfı azami ağırlığı 3 buçuk tonu aşan, ancak 10 tonu aşmayan motorsuz yük taşıma aracıdır.

O4 sınıfı: azami ağırlığı 10 tonu aşan motorsuz yük taşıma aracıdır.

G sınıfı- arazi taşıtları

N1 sınıfı araçlardan azami kütlesi 2 tonu aşmayanlar ve M1 sınıfındaki motorlu araçlar, en az 1 ön dingili ve en az 1 arka dingili eşzamanlı tahrikli olarak tasarlanmış, bir dingilin tahriki ayrılabilen araçlar dahil ve en az bir diferansiyel kilit mekanizması veya buna benzer işlevde en az bir mekanizması varsa ve tek araç için hesaplanan %30 luk bir eğimi tırmanabiliyorsa, arazi tipi araç olarak kabul edilir.

N1 sınıfı araçlardan azami kütlesi 2 tonu aşanlar ile N2, N3 M2 ve M3 sınıfı araçların arazi taşıtı sayılabilmesi için motorlu araçlar ve römorkları tip onayı yönetmeliğindeki şartları taşıması gerekmektedir [19] .

1.5 HAVALI VE HİDROLİK FREN SİSTEMİ KİYASLAMASI

- Havalı fren sistemi gücünü kompresör yardımı ile hava basıncını arttırarak çalışırken, Hidrolik fren sistemlerinde kompresöre ihtiyaç olmadan mekanik çalışma görülür.

-Hidrolik fren sisteminde yüksek pedal kuvveti gerekirken, havalı fren sisteminde kaldıraç mantığı ve sıkıştırılan hava kullanıldığından daha düşük pedal kuvveti ile frenleme kolaylıkla sağlanmaktadır.

- Her iki sistemde yüksek frenleme sağlanabilmektedir. Ancak yöntemleri farklıdır.

- Hidrolik fren sistemi maliyeti havalı fren sistemi ile kıyaslandığında, havalı fren sisteminin daha yüksek maliyetli olduğu tespit edilmiştir. |

2. GENEL KISIMLAR

Araçların ağırlık ve sürat kapasitelerinin zamanla arttırılması, ağır vasıta araçlarda yüksek fren kuvvetlerine gereksinim duyulmasına sebep olmuştur. Bu yüzden özellikle yüksek hacim ve hızlı araçlarda fren sistemleri gün geçtikçe gelişen teknoloji ile daha da geliştirilmektedir.

2.1 GENEL PNÖMATİK FREN SİSTEMİ

Ağır ticari araçlarda yaygın olarak kullanılan fren sistemine Havalı Fren Sistemi adı verilir. Havalı frenler, düşük kuvvetlerin uygulanmasıyla yüksek frenlemeyi sağlamak için kurulan frenleme sistemidir.[2]

Basıncılı hava fren sistemleri dört farklı bölümden oluşmaktadır. Bunlar sırasıyla;

Ayak frenleme sistemi, el freni sistemi, basınçlı hava besleme ünitesi ve sürekli frenleme sistemidir.

Bu sistemler ve fonksiyonları aşağıda detaylı olarak anlatılmıştır.

2.1.1 Basıncılı Hava Fren Sistemleri Kısımları

1- Ayak frenleme sistemi: Bu sistem; basınç göstergesi için uyarı ünitesi, hava tüpü (2 tüp tarafından sağlanır), iki devreli fren supabı (ayak için), fren kombi silindirleri ve fren regülatöründen oluşur. Ayak frenlemesini gerçekleştirmek için kompresör tarafından üretilen ve basıncı arttırılan havanın sürücü kabininde konumlanmış olan ayak fren pedalı vasıtasıyla aracın frenlemesini gerçekleştiren sistemdir.

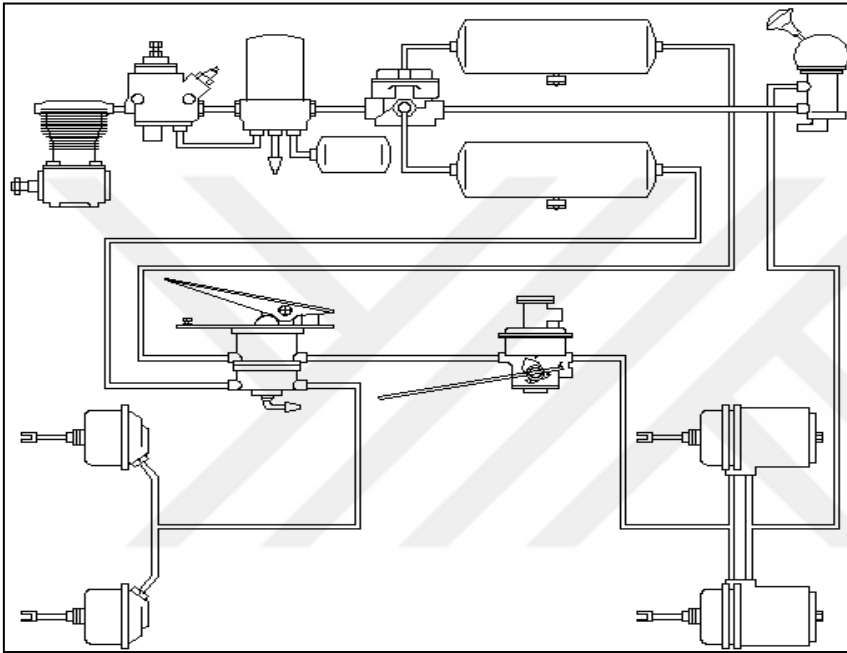
2- El freni sistemi: Bu sistem; el freni supabı, tek yönlü subap, birleşik fren silindiri ve role subabından meydana gelir.El freni fonksiyonu, sürücünün araçta bulunmadığı durumlarda aracın park halinde güvenli bir şekilde durmasını sağlamaktır.

3- Basıncılı hava besleme ünitesi: Bu sistem; basınç regülatörü, kompresör, dört yollu emniyet valfi, antifriz pompasından meydana gelir. Ana ünite olarak adlandırılan bu sistem basınçlı havayı üreterek yan tüketici ünitelerin kullanımı için basınçlı havayı hazırlar.

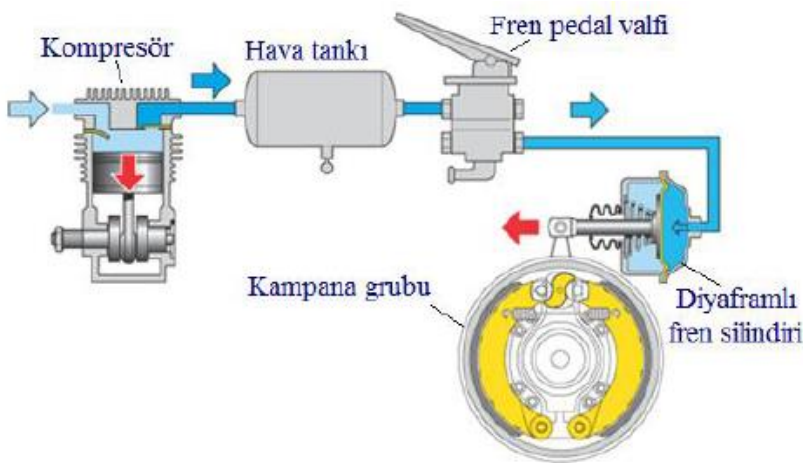
- Basınç regülatörü: Fren çevrimlerindeki sıkıştırılan havanın basınç ayarlamasını gerçekleştirmekle görevli komponenttir. (ortalama 7.3-8.1 bar seviyelerinde ayarlanır)
- Kompresör: Sisteme gerekli basınçlı havayı hazırlayan komponenttir.
- Dört yollu emniyet valfi: Ana ünitedeki en önemli ve komponenttir. Üretilen basınçlı havanın gerekli kısımlara dağıtıldığı yerdir. El freni sistemi ve sürekli fren sistemi için bir adet, ayak fren sistemi için iki adet hat gönderdiğinden dolayı dört yollu emniyet valfi olarak isimlendirilmiştir.

- Antifriz pompası: Sistem içinde sıkıştırılmış ve ısınmış olarak bulunan havanın belirli süre sonra hal değiştirip suya dönüştüğünde sistemin çalışmasına zarar verecek donmayı engellemek için antifriz eklenir. Özellikle soğuk mevsimlerde kullanımı yaygındır.

4- Sürekli frenleme sistemi: Bu sistem; çalışma silindiri ile basma düğmeli valften oluşmaktadır. Sistem egzoz manifoldu üst kısmında bulunan klape yardımıyla motor devir yavaşlatması ve yakıt pompası tarafından yakıtın kesilmesi yöntemleri ile aracın frenlemesini gerçekleştirmektedir. Aracın hareketini gerçekleştiren motor ve aktarma organlarını tetikleyerek, normalde tekerlek ile yapılan frenlemenin gerçekleştirildiği sistemdir.



Şekil 2-1 Ağır vasıtalarda havalı fren sistemi komponentleri şeması [20]



Şekil 2-2 Havalı fren sistemi tanıtımı [1]

Fren sisteminin amacı:

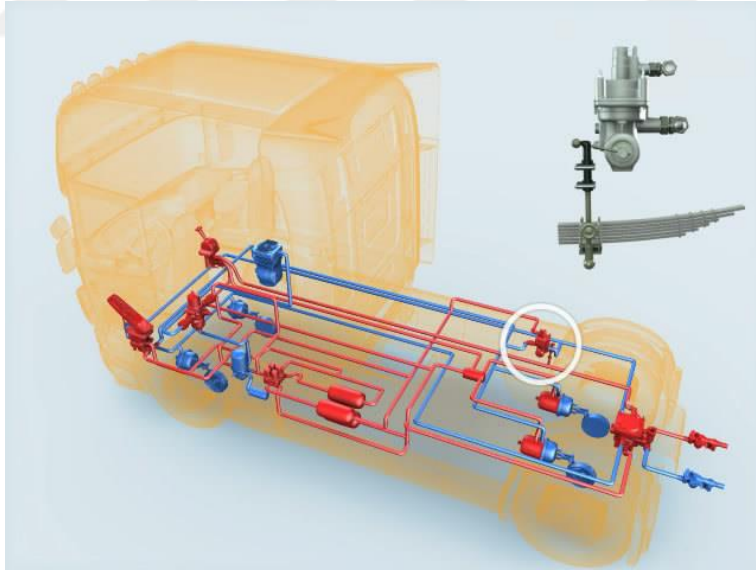
- Hızı azaltmak,
- Aracı durdurmak,
- Aracı sabitlemek,
- Eğimli yollarda aracın hızını sabitlemek

Fren Performansı: Modern bir kamyonun fren performansı kendi motor performansının 10 katına eşittir.

Enerji Dönüşümü: Frenleme yapıldığında aracın kinetik enerjisi akslardaki fren sisteminde sürtünme yardımıyla ısı enerjisine dönüştürülür.

Fren sistemleri kendi aralarında;

- Amaç
- Kullanılan enerji
- İletilme tipi
- Araç kombinasyonlarına göre gruplara ayrılırlar. [20]



Şekil 2-3 Kamyon havalı sistem hava hatları görseli [2]

2.1.2 FREN SİSTEMLERİ GRUPLARI

1. Amaca Göre Fren Sistemleri;

- Servis fren sistemi,
- Park fren sistemi,
- Acil durum fren sistemi,
- Yavaşlatıcı,

2. Kullanılan Enerjiye Göre Fren Sistemleri;

- Manuel fren sistemi
- Dış kaynak destekli fren sistemi
- Dış kaynaklı fren sistemi
- Yavaşlatıcı

3. İletilme Şekline Göre Fren Sistemleri;

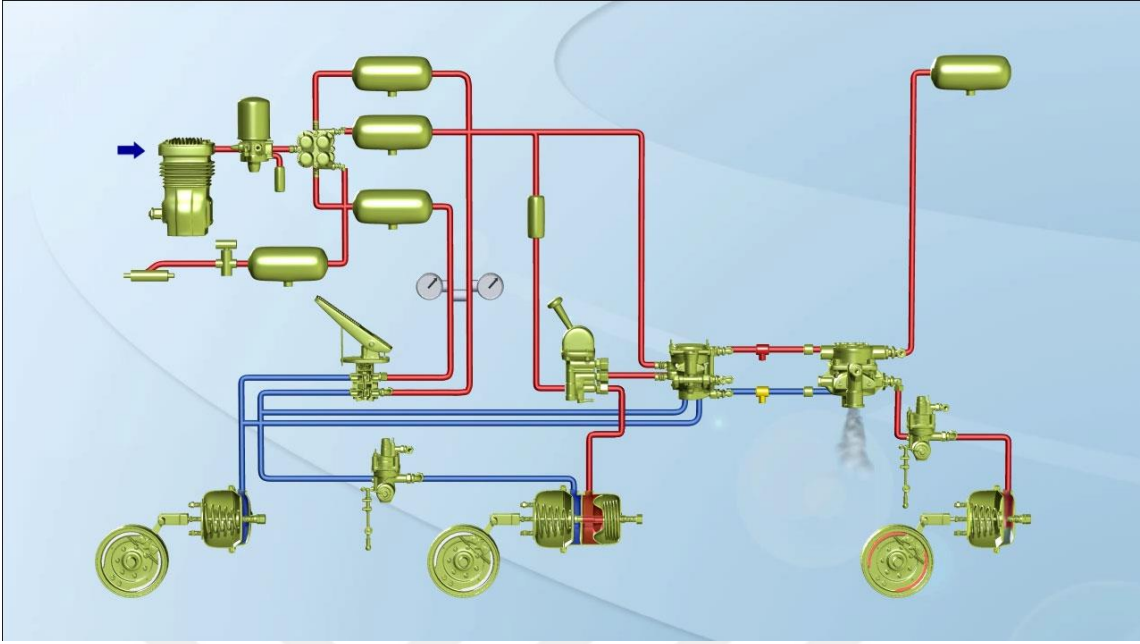
- Tek hat devreli fren sistemi
- Çift hat devreli fren sistemi

4. Araç Kombinasyonlarına Göre Fren Sistemleri;

- Tek hat devreli fren sistemi
- Çift hat devreli fren sistemi [20]

2.1.3 Fren sistemi üzerine temel ECE 71/320 EWG Direktifleri

- Servis fren sistemi birbirinden bağımsız iki fren devresinden oluşmalı,
- Bu devrelerden biri çöktüğünde diğer devre frenlemeyi göreceli sağlamalı.
- Çekici ve römork arasında en az iki hava hattı olmalı.
- Araçta ABS (anti blokaj sistemi) ve ALB (yüke duyarlı fren kuvveti ayarlama) olmalı



Şekil 2-4 Havalı Fren Sistemi Panosu örneği [2]

2.2 HAVALI FREN SİSTEMİNDE KULLANILAN PARÇA VE KOMPONENTLERİN TANITIMI

2.2.1 KOMPRESÖRLER

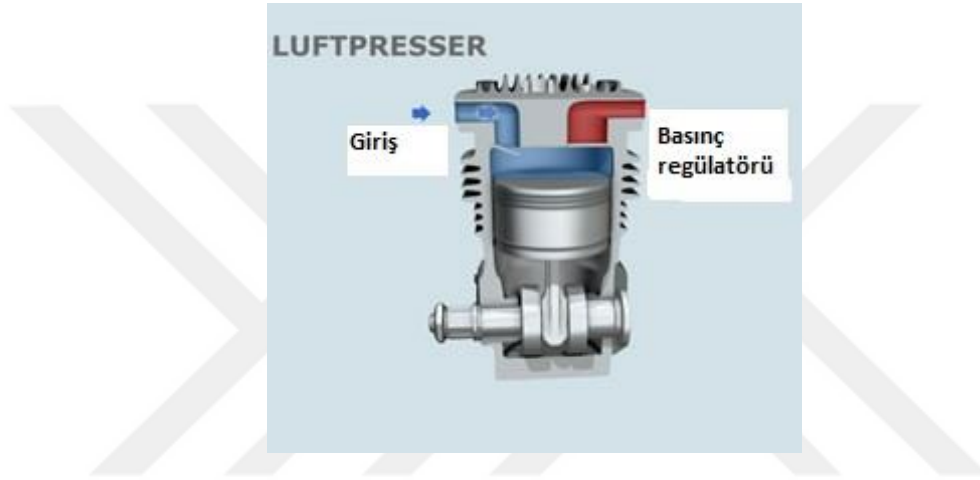
Kompresör ürettiği basınçlı havayı daha sonra dağıtan komponenttir. Görev olarak alınan hava basıncını yükseltip, hava tankında depolama yapmaktadır. Havalı fren sisteminde daha çok pistonlu kompresör çeşidi kullanılmaktadır. Hava filtresinden geçip frenleme için temizlenen hava basıncını, fren işletme basıncının 1/5'i oranı kadar üstüne arttırıp, sistemde azalan havayı tamamlayıcı bir parçadır.

Kompresörler çoğunlukla tek ya da çift pistonludur, fakat genellikle iki pistonlu olanlar kullanılmaktadır. Aktarma organı olan krank mili sayesinde hareket eder. Fren sisteminde kullanılacak olan havanın kompresörlere temiz olarak girebilmesini sağlamak amacıyla giriş valfi üzerinde bir hava filtresi bulunmaktadır. Çalışan kompresör ısınır ve bunun soğutulması gereklidir. Bu görev hafif ticari araçlarda hava sayesinde olurken; ağır vasıta araçlarda su vasıtası ile olur. Kompresörün yağlanması da motor yağlama sistemi tarafından gerçekleştirilir.

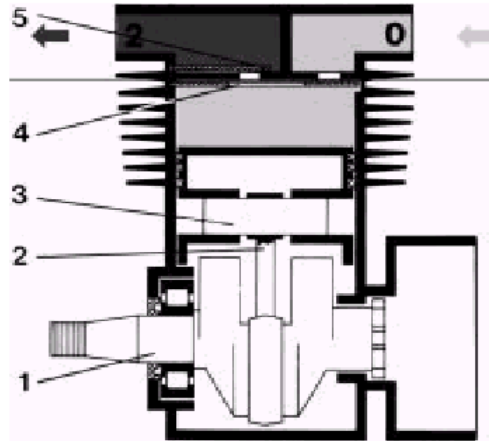
Kompresörlerde devir sayıları genellikle 1500–3000 d/d'dır. Sisteme verdikleri basınç değerleri de ortalama 7 ve 11 bar arasında değişmektedir. Silindirlerdeki hacimler ise 150 cm³ - 500 cm³ arasında değer almaktadır. Kompresör çalışmasını motor ile beraber sürdürür. Fakat çok diskli kavrama kullanılan kompresörlerde, krank milinin motor ile iletişimi talep edildiğinde koparılabilmektedir.

Kompresörün çalışma prensibi motor çalışma prensibine benzer olarak çalışmaktadır. Şöyle ki çok diskli kavrama vasıtasıyla harekete başlayan kompresörün içerisinde sistem çalışma basıncı belirli bir değere ulaştığı zaman, kompresörde ki krank mili hareketi kesilir. Havalı fren sistemlerinde çok diskli kavrama kullanılmadığında kompresör çıkışından regülatör sayesinde alınan hava tekrardan kompresörün girişine gönderilir ve böylece kompresör boşa çalıştırılmış olur. Sistemdeki basınç değeri sistem basıncı altında bir basıncı gösterdiği zaman, kompresördeki krank miline çok diskli kavrama tarafından hareket verilir ya da kavraması sistem tiplerinde kompresörün çıkışı sisteme açılması sağlanır.[1]

Görevleri: Araçta tüketilecek tüm sıkıştırılmış havayı temin etmek



Şekil 2-5 Kompresör Çalışma Prensibi [20]



- 1: Krank mili
- 2: Bağlantı mili
- 3: Piston
- 4: Valf
- 0: Giriş
- 5: Çıkış

Şekil 2-6 Kompresör Kesit Resmi [21]

3 numaralı piston aşağı iner, hava 0 numaralı girişten içeri girer ve böylece en dipte 4 numara ile isimlendirilen kısım kapanır, 3 yukarı sıkıştırılmış havayı temsil eder 4 açar ve 5 'den dışarı çıkarır.

2.2.2 Hava İşleme Ünitesi :

2.2.2.1 Hava Kurutucu ve 4 Yollu Koruma Ventili

- 1) Kompresörden gelen hava içindeki nemliliğin bir kısmı kurutucu içindeki granüller tarafından absorbe edilir.
- 2) Sıcaklık düşmesi sonucu su buharı yoğunlaşır ve su olarak havadan ayrılır, geriye nemsiz kuru hava kalır. Bu hava 4-yollu ventile verilir.
- 3) Diğer kısım ise regenerasyon tüpüne gönderilir.
- 4) Fren sistemine gidiş kapandıktan sonra regenerasyon tüpündeki hava geri gelerek granüllerdeki nemliliği alır. Bu nemlilik dışarıya atılır. Bu işlem regenerasyon tüpü basınçsız hale geldiğinde biter.

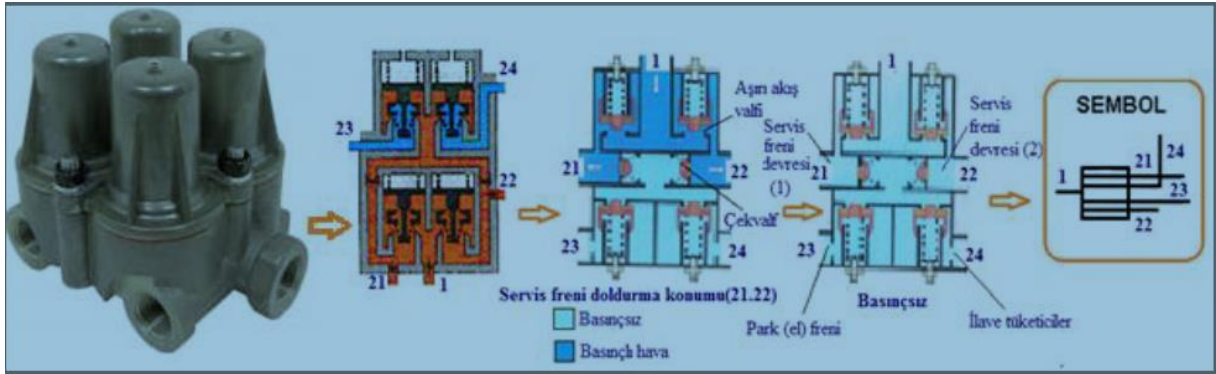


Şekil 2-7 Hava işleme ünitesi kurutucu ve 4 yollu ventil paketi [2]

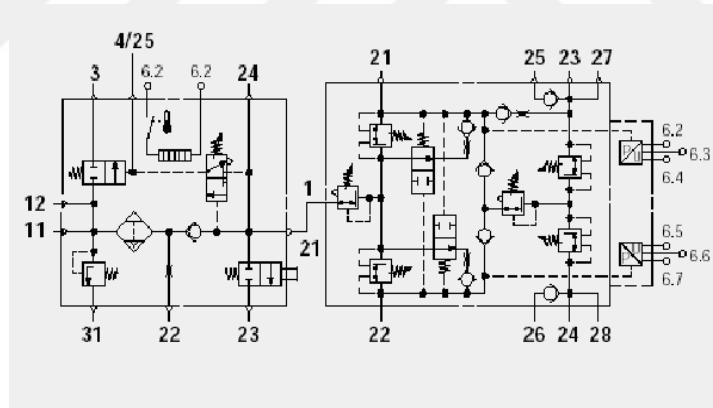
2.2.2.2 Dört yollu koruma valfi

Çok yollu koruma valfinin görevi; Çalışma durumunda fren devrelerinde hava kaybı olduğunda, ilgili fren çevrimini iptal edip, çalışan diğer fren devrelerinden hava kaybı olan devre yerine başka devreyi aktifleştirir. [1]

Kamyon ve çekicilerde genellikle 4 devreli emniyet valfi (Şekil2.8) kullanılmaktadır. Bu parça, basınçlı havayı sistemde bulunan dört alt devreye dağıtır. Hava, öncelikli olarak servis freninin ilk ikisi olan ön aks ve arka aks devrelerine dağıtılır. Diğer ikisi de römork freni devresi, el freni devresi ve ilave sistemlere basınç emniyet devrelerine dağıtır. Çift devreli pnömatik fren sisteminde devrelerin birinde hava kaybı olduğunda, depo havasının tamamen boşalması sebebiyle dört devreli pnömatik fren sistemlerine geçilmiştir [21].



Şekil 2-8 Dört devreli koruma valfi [1]



Şekil 2-9 Dört yollu koruma valfi fonksiyon şema gösterimi [2]

2.2.3 Basınçlı Hava Tüpleri

Basınçlı hava sistemlerinde kompresörde üretilip sıkıştırılan hava bu tanklarda depolanır ancak fren çevrimlerinde sıkışıp ısınan hava zamanla hal değiştirip yoğunlaşarak suya dönüşebilir. Bu oluşan su fren çevrimlerine zarar verip frenlemeyi olumsuz etkilemektedir. Hava tüpleri havayı depolamanın dışında, hava kurutucusuna ek olarak, yoğunlaşan sıvıyı toplama görevini de üstlenmiştir.

Hava tüpünün alt tarafında bulunan delikten biriken bu yoğunlaşmış sıvının fren sistemini etkilememesi için boşaltılması gerekmektedir. Bu en altta konumlanan tahliye valfi, hava tüpünde yoğunlaşmış sıvıyı boşaltmak için kullanılır. Su tahliye valfi (drain valve) oldukça basit bir yapıdadır ve el ile belirli kilometreden sonra tahliye edilir.[1]

- 1) Sistem için gerekli sıkıştırılmış havayı depolamak için kullanılır.
- 2) Hava Tüplerinin en altında bulunan 4 numara ile isimlendirilen çıkış aşağıda kalacak şekilde konumlandırılmaladırlar. Bu sayede tahliye gerçekleştirilir.



şekil 2-10 Basınçlı Hava Tüpü [2]

2.2.4 Ayak Fren Valfi

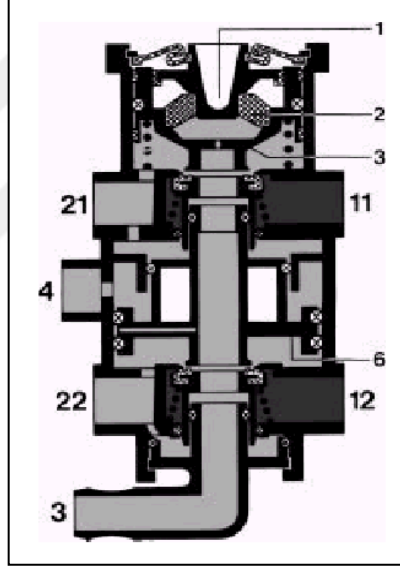
Ayak freni valfi ayak pedalına basıldığında, basma kuvvetiyle orantılı şekilde fren sistemine hava basıncı sağlamakla görevlidir. Ayak pedalı ve valfi birbirine bağlı olarak çalışırlar.[1]

Fren sistemini kontrol eden valftir.

- 1- Ayak tetiklemesiyle çalışır.
- 2- 3 numaralı çubuk aşağıya itilir ve 21 ve 22 numaralı ıkışlar gerekli faz farkıyla açılır.
- 3- Arka akstaki yüke bağımlı olarak 4 numaralı çıkıştan giren hava 22 numaralı çıkışın açılmasını engellemeye çalışır. Arka akstaki y k arttıķa bu direnç azalır.
- 4- Ayak frenden çekilince 21 ve 22 numaralı havalar üzerinden 4 teki hava ise yüke duyarlı ventil üzerinden dışarı atılır.



Şekil 2-11 Ayak freni[2]



Şekil 2-12 Ayak fren valfi kesiti

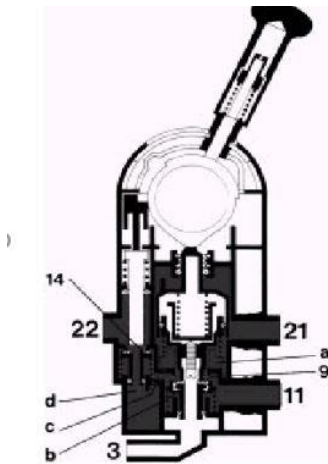
Ayak pedalına sürücü tarafından baskı yapılarak piston hareketi sağlanır. Pistonun bu hareketi de giriş-çıkış valfini kapattırır. Pedalın bulunduğu konumdan daha ileri konuma hareketi ile pistonlar giriş-çıkış valflerini yuvasından kaldırır ve içerideki hava, tüplerden ön ve arka sistemdeki fren odalarına aktarılır. Fren odalarına geçen basınçlandırılmış hava ile üst-alt pistonların altında basınç meydana gelir. Bu basınç ile pistonunun üst tarafındaki yay basıncı dengelenmiş olur. Valf taşıyıcı ters yönde itilerek giriş valfleri kapatılır. Bu sayede havanın fren odalarına aktarımı, tekrar fren pedalına basılana kadar durdurulur. Bu sırada çıkıştaki valf kapalı konumdadır. Pistonun her iki tarafındaki kuvvetlerin eşitlenmesi ile valfler dengede kalır. Bu sayede çevrimdeki basınçta sabit kalır. Valfte bulunan yay sürücünün ayağını

pedalden çekmesi ile azalır. Yayıdaki basınç ve havanın basıncı ile valflerin taşıyıcıları ve pistonlar yukarıya çıkar. Böylece çıkış valfi açılıp fren odalarından gelen basınçlı hava tahliye edilir. Hava tahliyesi denge durumuna gelene kadar devam eder bu pedal kuvveti ile doğru orantılıdır.

2.2.5 El Fren Valfi

El fren valfi, aracın park halinde durmasını sağlar, bunun için sistemde bulunan basınçlı havayı tekerleklere aktarır ve tekerlekler kilitlenerek park frenini gerçekleştirmiş olur. Sistemdeki basınçlı havanın silindirlere transferini gerçekleştiren tek yönlü valftir. Motor çalışırken kapalı konumdadır. Aracı istenilen konuma duruş pozisyonunda sabit olarak tutmak için mekanik olarak veya elektrik olarak el ile kontrol edilen tek yönlü valf, kombi silindirlerine havayı doldurup boşaltarak aracı durdurma görevini gerçekleştirir. Fren pabuçları mekanik olarak kilitlenerek frenlemeyi gerçekleştirir ve odalarda bulunan basınçlı hava, tahliye valfleri vasıtası ile tahliye edilir. Bu sayede basınçlı hava ile mekanik el frenlemesi sağlanmış olur. [1]

Ayrıca park fren sistemini kontrol eden valftir, römorklar için de bir kontrol valfidir. El tetiklemesi ile çalışır. Sürüş sırasında en sağ pozisyondadır. Hava 11 nolu çıkıştan 21 ve 22 nolu çıkışa akar. Kısmi frenleme pozisyonunda solda ama ortaya yakın konumda bulunur. 11 kapanır 21 ve 22 nolu çıkışlardaki hava ise kademeli olarak 3 nolu çıkış üzerinden dışarı atılmaya başlar. Tam frenleme pozisyonu en soldur. 21 ve 22 de basınçlı hava yoktur.



Şekil 2-13 El freni valfi [20]

Ağır vasıta araçlar için yasal olarak uygulanması gerek 71/320/AT isimli bir yönetmelik yürürlüğe alınmıştır. Bu yönetmeliğe göre 1970’li yıllardan itibaren üretilen ağır vasıta araçlarda iki devreli ana fren sistemi ve ek olarak acil durumlarda aracın hızını azaltıp yavaşlatan kademelendirilebilir el freni mevcuttur.

Havalı fren sistemlerinde fren devrelerinden herhangi birisi devre dışı kalıp arıza durumu oluşabilir. Böyle durumlarda ekranda (!) şeklinde uyarı sinyali gözükür ve sürücü fren pedalına basarak devrede olan fren devresi ile aracı güvenli şekilde durdurabilir. İki devrenin birden arızalanması durumunda ise araç el freni ile durdurulabilir. Fren sisteminde yapılan bu gibi kontroller durumunu tespiti dışında, sürüş pozisyonunda, bir arıza durumunda aracın güvenli olarak durdurulabilmesi için fren sisteminin gerekli fonksiyonları yerine getirip getiremeyeceğinin de kontrol edilmesine olanak sağlar.

İki devreli fren sistemlerinde oluşabilecek bu en kötü varsayımda bile halk arasında fren patlaması şeklinde bilinen yani fren devreleri basınçlarının 0 bara düşmesi olayı yaşanmaz. Ancak frenlerin yanlış kullanım sonucu ısıtılması, bakım eksikliği, yüksek hız vb. nedenlerden dolayı frenin yetersiz tutması ya da hiç tutmaması söz konusu olabilir [25].

2.2.6 Yüke Duyarlı Ventil (ALB)

Görevi akslardaki fren basınçlarını taşınan yüke göre mekanik olarak ayarlamaya çalışmaktır. İyi tasarlanmış fren kuvvetleri ve kuru bir zemin ile beraber aracın boş veya kısmi dolu olduğu durumlarda tekerleklerin kilitlemesini önler.

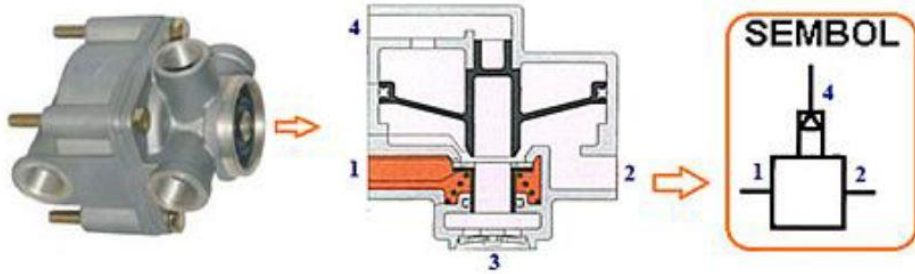
- 1) 4 numaralı çıkış basıncı pilot basınca erişinceye kadar 1den 2 ye basınçlı hava akışı olur. Erişince akış durur. Yüke göre basınç ayarlanır.
- 2) Frenlemede 4 maksimum basına ulaşır ve 1 numaradan (giriş) 2 numaraya (çıkış) akış olur.
- 3) Frenleme bitince 4 de hava kalmaz. Fren silindirlerindeki hava 3 üzerinden tahliye olur.



Şekil 2-14 ALB ventil görseli [2]

2.2.7 Röle Valf

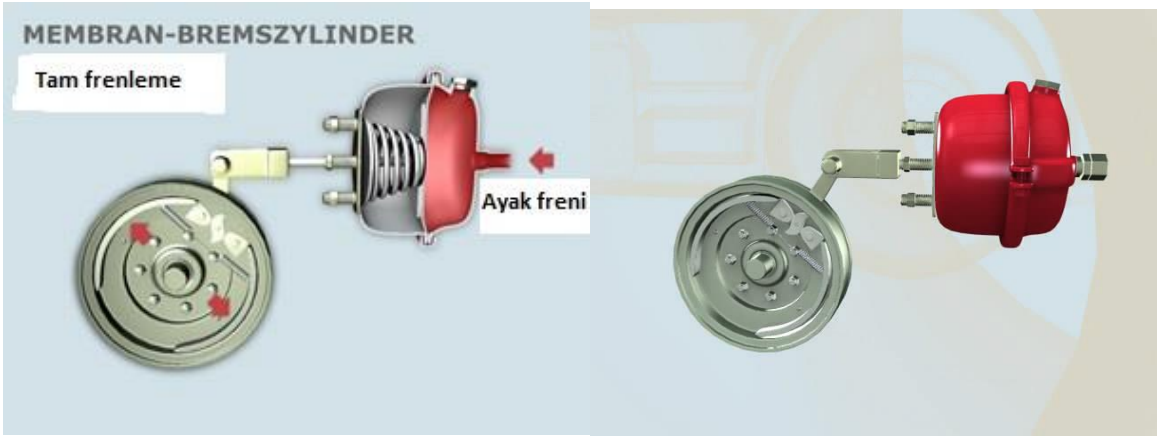
Röle valfi, fren sisteminde bulunan kombi silindirlerin doldurulup, boşaltılmasını kısa sürede sağlamakla görevli parçalardır. Ağır vasıtalarda bulunan römork fren sistemini hava ile besleyerek ilgili fren silindirlerini hızlı bir şekilde boşaltıp doldurmayı sağlar.



Şekil 2-15 Röle valf [1]

2.2.8 Fren Silindiri (Membran Silindir)

Görevi, frenleme işleminde basınçlı havanın mekanik kuvvete dönmesini sağlamaktır. Bu kuvvet fren silindirlerinin ölçüleri ve giriş hava basıncının bir fonksiyonudur.



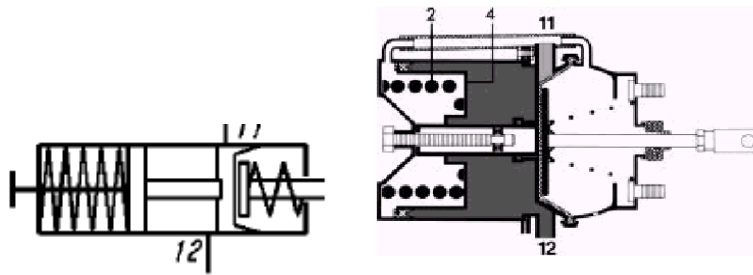
Şekil 2-16 Membran Silindir yapısı [2]

2.2.9 Fren Silindiri (Kombi – Ayak ve El Freni - Silindiri)

İki kısımdan oluşurlar:

1. Kısım servis (ayak) fren silindir görevini sürdürür.
2. Kısım park (el) fren görevine tahsis edilmiştir.

Park frenlemesi yay kuvveti ile olur. El freni inik iken (sürüş pozisyonu) basınçlı hava (6 bar) bu yay kuvvetini yener ve tekerlekler serbest kalır. El freni çekik iken ise bu bölümdeki hava tahliye olur ve yay kuvveti tekerlekleri sabitler



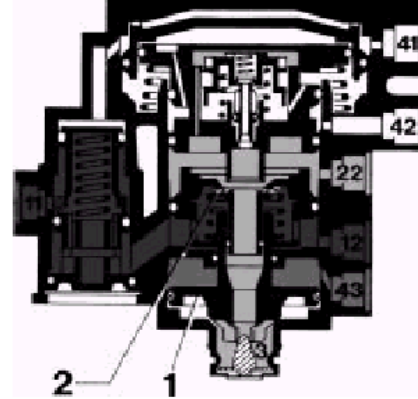
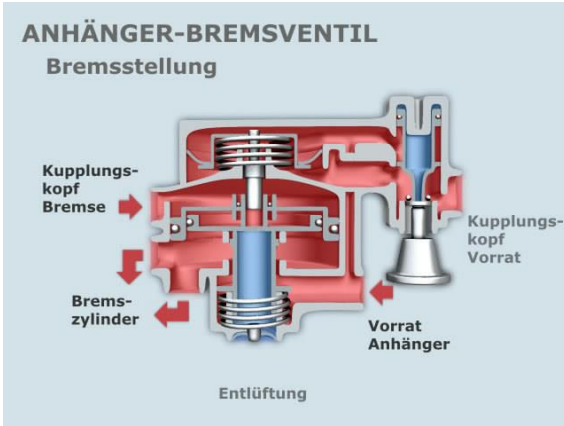
Şekil 2-17 Kombi silindir [1]

2.2.10 Römork Kontrol Ventili

Görevi, römorkları kontrol etmektir. İki servis fren devresi ve bir park fren devresi ile beraber çalışırlar. Fren sistemi kullanım basıncı 8.5 bar'dır.

Fren hattının kopması veya yırtılması halinde, sistemdeki kısıyıcı valf, römork kontrol valfinin, römorku hızlı bir şekilde frenlemesine olanak sağlar. Bu kısıyıcı supap olmasaydı fren hattının kopması veya yırtılması halinde, römork kumanda supabının, konum değiştirip, römorku frenleyebilmesi için öncelikle depo hattındaki basıncın, römork kontrol valfinin tepki vereceği basınç değerine düşmesi gerekirdi ki buda güvensizliğe sebep olacaktır. Kısıyıcı valf, fren hattının kopması halinde depo hattındaki basıncı hızlı bir şekilde düşürür [21]

- 1) Çekicinin hava tüpleri dolmaya başlayınca 11den 12ye kırmızı dorse besleme valfine doğru basınçlı hava akışı gerçekleşir.22de hava yok.
- 2) Çekici frenleme yapınca 1.devre 41i ve 2ince devre 42'yi basınçlaştırır. Her iki tarafa denge sağlanınca basınçlı hava 22 üzerinden sarı kontrol valfine akar.
- 3) Çekici frenlemesi bitince 41-42 basınçsız kalır. Römork kontrol valfindeki hava 3 ten dışarı atılır.
- 4) El freni çekilince 43 teki hava azalır,22 üzerinden hava kontrol hattına hava gider. El freni inince 43'teki hava artar.22 deki hava boşalır.



Şekil 2-18 Römork kontrol valfi kesit resmi [2]

2.3 ELEKTRONİK KUMANDALI HAVALI FRENLER (EBS/EPB)

Aracı kontrollü olarak durdurabilmek ve frenleme mesafesini azaltmak için elektronik kontrollü havalı fren sistemleri geliştirilmektedir (Electronic Brake System). Fren pedalı yardımıyla istenilen frenleme için gerekli fren basıncını elektronik olarak hesaplatır.

EBS pnömatik olarak çalışan iki devreli sistem ve üzerinde bulunan tek devreli elektro-pnömatik bir sistemden meydana gelir. Tek devreli fren sistemi merkezi; elektronik kumanda cihazı, arka aks modülatöründeki 2 tane ABS valfi, fren değer vericisi ve ön aks için oransal röleden meydana gelmektedir. Sistem çalışmasını fren değer vericisinden gelen kuvvete göre kontrol ünitesine bilgi göndererek gerçekleştirir ve fren pedalının aldığı konuma göre hava geçişine izin vermektedir. Bu bölümleri inceleyecek olursak;

Elektronik kontrol ünitesi

Sensörler, arka aks modülatörü ve fren değer vericisinden almış olduğu sinyaller ile gerekli bilgiyi toplayarak her teker manyetik valfine sinyaller göndererek frenlemeyi kontrol eder.

Oransal röle valf

Ön aksta uygulanan fren basıncını ölçerek elektronik kontrol ünitesine bildirir.

ABS manyetik valfleri

ECU tarafından belirlenen uygun tekerlek basınç sinyalini alıp basınçlı havanın geçişini artırır veya azaltır.

Redundans valfi

Pnömatik sistemde bir arıza oluştuğu zaman basıncın sabit bir değerde tutulmasını sağlayan valf çeşididir.

Aks modülatörü

Arka aks tekerlek fren basınçlarını ölçüp kontrol eder. Ayrıca arka tekerleklerde bulunan fren balataları aşınma sensörlerinden almış olduğu bilgiyi kontrol ünitesine gönderir.

EBS kumanda cihazı patinaj ve yavaşlamanın ölçülüp, değerlendirilmesine göre çalışmaktadır. Patinaj ve yavaşlama, ölçülen tekerlek devir sayılarındaki farklılıklar ile belirlenmektedir. Araçtaki yavaşlama, akslar arasında patinaj farkını oluşturan bir aks yükü değişimine sebep olur. Elektronik Brake System bu farkları algılayıp, farklı basınçlarda fren uygulamasına izin verir. Bu sayede de patinaj önlenmiş olur.[1] |



3. MALZEME VE YÖNTEM

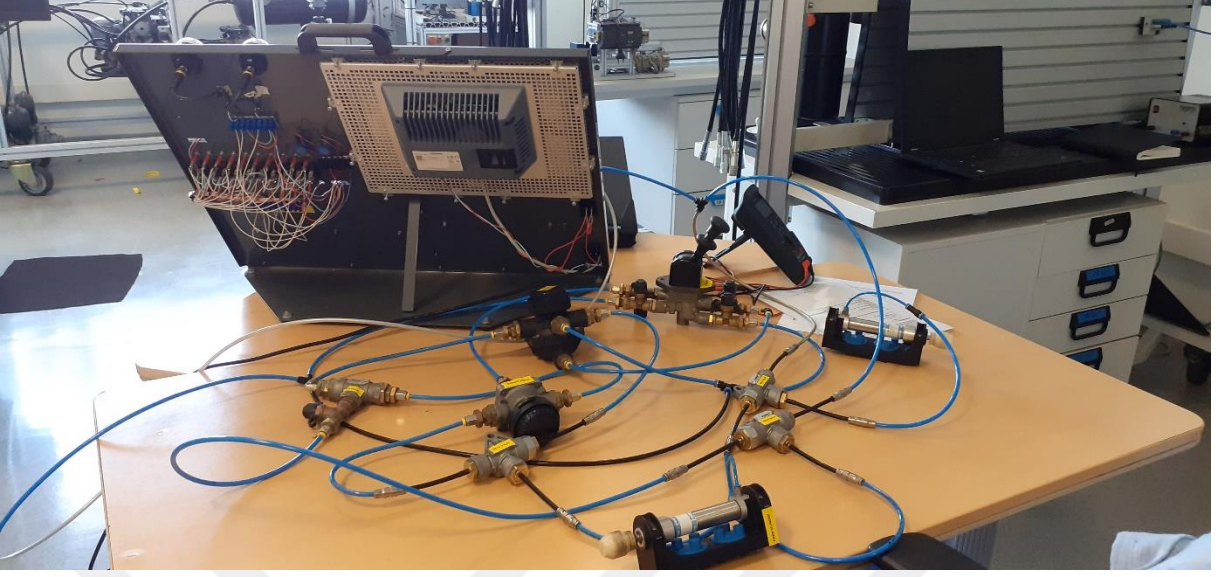
3.1 DENEY DÜZENEĞİ AMACI VE ÇALIŞTIRILMASI

Bu çalışmada ağır vasıtalarda kullanılan el freni sisteminin geliştirilmesi amaçlanarak faydalı bir model oluşturulmuştur. Bunu gözlemleyip ispatlayabilmek için pnömatik laboratuvarında bir deney düzeneği kurulmuştur. El freni görevini elektrikli el freni valfi ile sağlatıp, buna destekleyici olarak kamyonlarda ki tek yönlü sistemden farklı olarak çift güvenli olan ve otobüslerde kullanılan çift yönlü el freni sistemi besleme olarak yedekte tutulması amaçlanmıştır. Böylece el freninden kaynaklanan olası kazalarında azaltılması amaçlanmıştır.

Kurulan deney düzeneğinde amaç elektrikli el freninde frenlemenin hava ve elektrik ile beraber kontrolünün sağlanmasını gösterip, tepki sürelerini ölçüp yorumlayabilmek ve ayrıca geliştirdiğimiz sistemde olması gerektiği gibi elektrik arızasında frenlemenin pnömatik tarafta yedek olarak devreye girmesini göstermektir. Bunun içinde ayrıca elektrik hattında iletimi iptal edecek elle kablolar temassız hale getirilerek sistemin çalıştığını gözlemlemek ve ispatlamaktır.

Ağır vasıtalarda ilerleyen ürün geliştirme faaliyetleri sonucunda belirli görevleri üstlenen valf paketlerinin ayrı ayrı kullanılırken, aygıt içerisinde kullanılan valf paketlerine geçildiği ve yeni ürünlerin seri araçlarda kullanıldığı durumlar mevcuttur. Buna en iyi örnek olarak akslardaki fren basıncını ayarlamakla görevli olan aks modülatörünü verebiliriz. Buna ek olarak bunun gibi birden fazla görevi üstlenen modül olarak deneyde gösterildiği gibi el freni sistemini tek tuşla elektrik ve basınçlı fren sistemin tetikleyen bir sistem ortaya koyulmuş ve daha önce kullanılmadığı için ilerleyen zamanlarda geliştirilmesi için geliştirilmiş olan bir elektromekanik sistem olarak deney sonuçları düzeneği kurulmuştur.

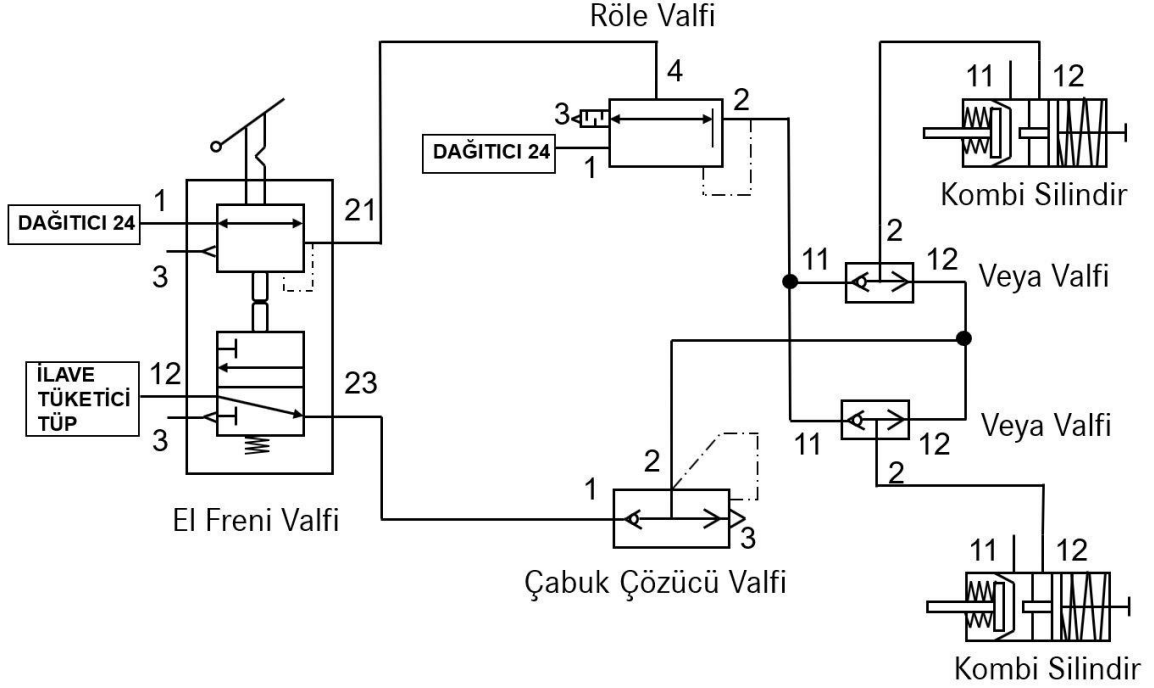
Kamyon ve otobüslerde ayak fren pedalı; ayak freni fren değer vericisi olarak isimlendirilmektedir. Bu projede el freni de aynı konseptle fren sinyalini başlattığı için el fren değer vericisi olarak isimlendirildi. Havalı sistemin çalışabilmesi için hava üretimi hatlarının konsepti belirlenen fonksiyon şemaya göre düzgün döşenmesi gerekmektedir. Elektrikli sistemin çalışabilmesi için ise elektrikli el freni kontrol komponentinin akım şemasına uygun pinlenmesi ve kablolarının çalışma prensibine uygun döşenmesi gerekmektedir. Aksi takdirde sistem enerji alamaz ve frenleme gerçekleşmez.



Şekil 3-1 Kurulan deney düzeneği görseli

Çift yönlü kontrol için geliştirilen el freni sistemini simüle edecek olan düzenek şekil 3-1 de 'ki gibi kurulmuştur. Hava hatları basınçlı geri besleme olarak kullanılacak olan pnömatik sistemi simüle ederken pano araçta bulunan tüm elektrik sistemini, elektrik enerji kaynağını ve sigortaları simüle etmektedir. Bu düzende el freni sistemi için ihtiyaç duyulan kısımlar düzeneğe dâhil edilmiştir. TIA5 PLC programlama sistemi ile elektrikli el freni devresi için on /of fonksiyonunu gösteren bir yazılım yapılmıştır. Buna göre EPBC sinyali aldığında voltaj değeri 8.99 Voltta gelip aktif hale gelirken tekrar basıldığında 0.99 Volt değerinde ise pasif yani off moda geçer ve frenlemeyi iptal eder. Böylece EPBC fonksiyonuna göre elle kontrol edilmiş olur.

3.2 ÇALIŞMA PRENSİBİ

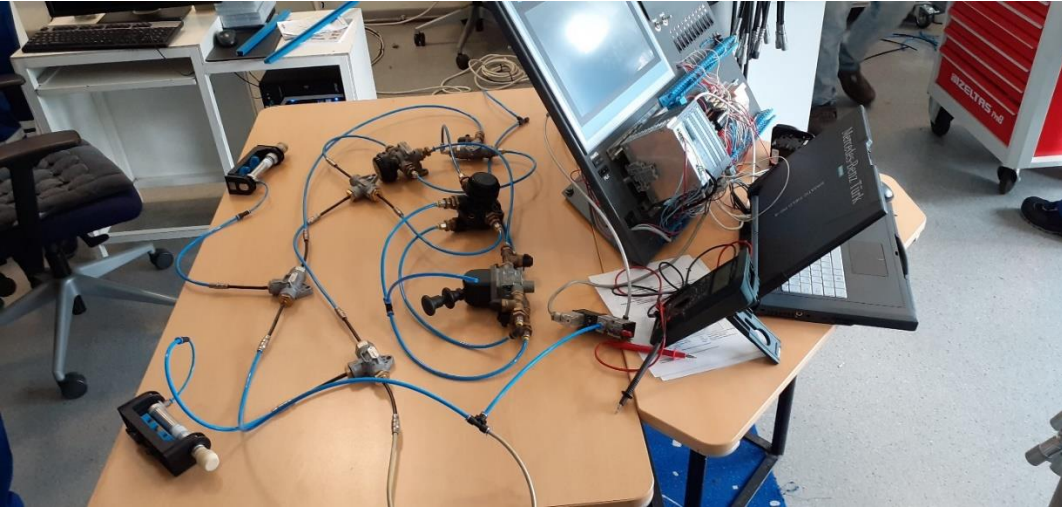


Şekil 3-2 Normal el freni devre şeması

Ağır vasıta sınıfında yer alan otobüslerdeki el freni şeması şekil 3-2 de yer almaktadır. Burada el freni değer vericisine sürücü tarafından frenleme için sinyal verildiğinde bu bilgi hızlı bir şekilde iletim sağlamak için sıkıştırılan havanın basıncını arttırarak veya valfi üzerinden fren silindirlerine aktarılır, fren silindirlerinde hava olmadığında araç park halinde olur silindirlere hava gittiğinde ise araç yürür hale geçer. El freninde yaylı sistem olduğundan ayak frenine göre ters mantıkla çalışmaktadır. Burada çabuk çözücü sayesinde hava iletimi hızlandırılmıştır ve böylelikle fren etki tepki süresi kısalmıştır. Ayrıca kamyonlarda el freni değer vericisinden sonra silindirlere tek yönlü hat ile hava iletimi sağlanırken bu deneyde otobüslerde olduğu gibi çift yönlü devre kurulmuştur. Böylelikle yedek besleme görevini devralacak sistemde kendi içinde güvenli olup hatlardan bir tanesinde arıza olduğunda diğeri fren olayını gerçekleştirmiş olacaktır. Tek yönlü de çalışması mümkündür.

Faydalı modelimiz için bu mevcut el freni devresi aşağıdaki gibi genişleterek sadece pnömatrik hattan oluşan devreyi elektrik hattını da ekleyerek tek hattan çift hatta dönüştürüldü. Önceliği

sistemini yedek olarak entegre etmese idik elektrik sinyali verilmesine rağmen hava araç park halinde kalmaya devam edecekti, ancak düzeneğimizde bunu elle elektrik hatlarındaki kabloları çıkardığımızda elektrik sinyali olmadığında bu işlemi elle manuel olarak yapıldı. Bu entegre modelimiz geliştirildiğinde bu yedek sistemin tek tuşla otomatik olarak çalışması ve silindirlere havanın gönderilmesi öngörülmüştür. Düzeneğimizde elektrik arıza oluşturulduğunda sistemin mekanik olarak el freni valfi ile çalıştığı gözlemlendi. Test etmek için oluşturduğumuz elektrik arızasını giderip kabloları tekrar olması gerektiği gibi bağladığımızda Epbc valfi aldığı sinyali fren silindirlerine ileterek havayı doldurup boşaltma işlemini gerçekleştirmeye devam etmiştir. Bu durumda el freni valfi sistemde tekrar yedek olarak beklemeye devam etmiş ve arıza durumunda devreye girmiştir. El freni sisteminin elektrik beslemesi ile çalıştırılıp pnömatiğin yedek olarak devrede durduğu elektro-pnömatik sistem modeli laboratuvar ortamında başarılı sonuçlar vermiştir. Bu da sistemin uygulanabilirliğini kanıtlamaktadır. Bu düzenekte elle test amaçlı kendimizin oluşturduğu yaptığımız olası elektrik arızası gerçek hayatta kablo kesikliği, kablo arızası veya elektronik kontrol ünitesindeki herhangi bir sinyal iletim hatası olarak karşımıza çıkabilmektedir. Normalde sadece elektrikli frenin olduğu araçlarda böyle bir hata durumunda düzeltmek için dışarıdan hava ile doldurma yaparak hata düzeltilmektedir. Bu sistem bütün bunlara ihtiyaç duymadan daima fren sağlamaktadır. Sistem böylelikle daha güvenli hale gelmiştir. Hem pnömatik hem mekanik çalışma mevcuttur.

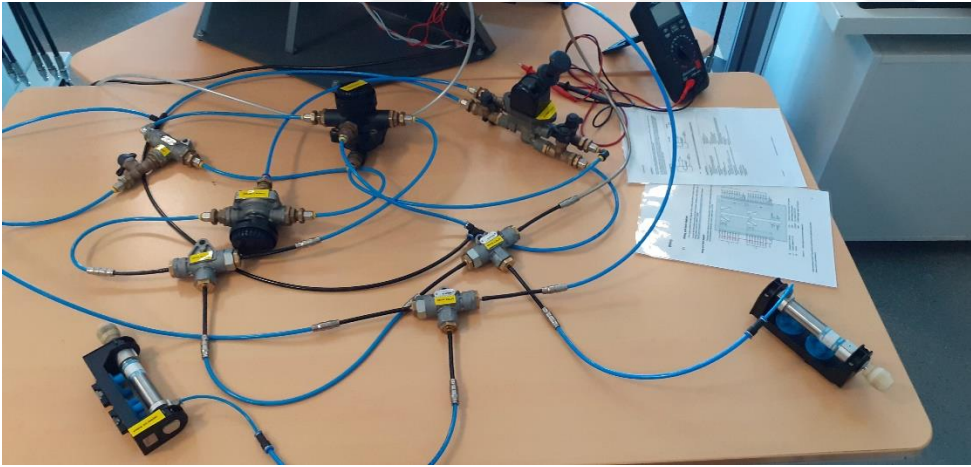


Şekil 3-4 Fonksiyon şemaya göre kurulan hava sistemi tesisatı

3.3 TEST PANOSUNDA BULUNAN EKİPMANLAR VE ÇALIŞMA SİSTEMLERİ



Şekil 3-5 Deney düzeneği elektrikli fren bağlantısı

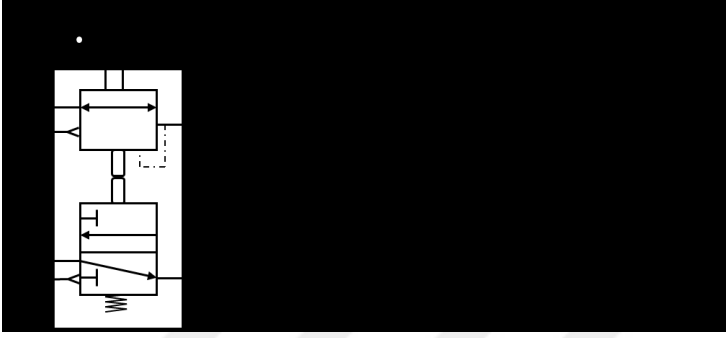


Şekil 3-6 Deney düzeneği pnömatik bağlantıları

Yukarıda şekil 3-5 ve şekil 3-6 da devre şemasına göre Mercedes Benz Türk A.Ş de kurulan deney düzeneği görseli verilmiştir. Kurulan bu sistem ile elektro-pnömatik olarak tasarlanan sistemin çalışması gözlemlenmiştir. Elektrikli ve pnömatik el freninin beraber kontrol edildiği sistemin elde edilen fonksiyon şema üzerinde ki diğer parçaları bu bölümde gösterilmiştir.

3.3.1 El Freni Valfi

El freni valfi içerisinde röle valfi ve 3/2 yön kontrol valfi bulunmaktadır. 1 nolu girişten giren basınçlı hava 21 numaralı çıkıştan, 12 nolu girişten giren basınçlı hava ise 23 nolu çıkıştan çıkar. Bu iki devre birbirinden bağımsız olarak çalışır. Mevcutta kullanılan bu sistem bu model de elektrikli el freni ile birleştirilerek ortak bir ünite gibi düşünülmüştür. Burada yer alan çalışma prensiplerine ilave olarak elektrik hattı da bağlanıp mevcutta kullanılanlardan farklı olarak beraber bir ünite gibi tasarlanmıştır.



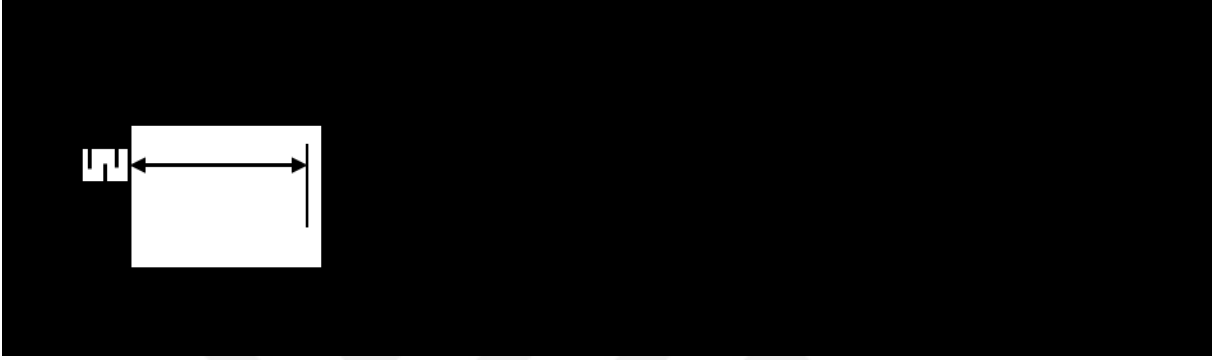
Şekil 3-7 El freni değer vericisi görseli ve çalışması

Tasarımdaki el freni değer vericisi, elektronik kumandalı fren sisteminin hava ile doldurulması havanın tahliyesi için elektrikselsel ve pnömatik sinyallerin oluşturulmasına yarar. Cihaz iki pnömatik ve tek elektrikselsel devreli olarak yapılmıştır. Her ne kadar şekil 3-2 ,şekil3-3 ve şekil 3-9 da ayrı ayrı gösterilse de tasarım da tek bir ünite gibi düşünüldüğü için ve henüz böyle ikili bir paket olmadığı için hidrolik tasarlama programlarında tanımlanmamış olan bu aygıt devrede kırmızı olarak şekil 3-8 de birleştirilmiştir ve mevcuttaki ayrı ayrı kullanımları burada birlikte kullanılan aygıtın iç yapısı olarak temsil edilmek istenmiştir.

Burada şekil 3-8 de kırmızı olarak belirtilen kısım tasarlanan faydalı modeli ifade eder. 2 ayrı valf tek bir valf olarak düşünülmüştür. Mevcutta olmadığı için ise deneylerde ayrı ayrı gösterilmiştir. Bu elektro-pnömatik el freni şekil3-9 da gösterilen görsellerin birleşip beraber bir cihaz olarak üretildiği yapıyı simgelemektedir.

3.3.2 Rôle Valfi

Rôle valfleri sıkıştırılmış havanın basıncını hızlı biçimde artırır veya azaltır ve böylece havalı fren sistemlerinde tepki ve basınç oluşturma sürelerini kısaltır. Rôle valfleri sadece fren silindirlerini hızla basınçlandırmakla kalmaz, frenler serbest bırakıldığında da hızlı serbest bırakma valfi olarak işlev görürler.[23]



Şekil 3-10 Rôle valfi görseli ve çalışması

Rôle valfinin, 1 numaralı bağlantısı basınçlı hava girişi, 2 numaralı bağlantıları çıkış, 4 numaralı bağlantısı kumanda ve 3 numaralı bağlantısı tahliyedir. Rôle valfinin 2 numaralı ucundan çıkış alınabilmesi için 1 ve 4 numaralı bağlantılarda basınçlı hava olması gerekir.



Şekil 3-11 Rôle valf

3.3.3 Çabuk Çözücü Valfi

Çabuk çözücü valfin 1 numaralı bağlantısı basınçlı hava girişi, 2 numaralı bağlantıları çıkış ve 3 numaralı bağlantısı tahliyedir. Eğer 1 numaralı bağlantıdan basınçlı hava gelirse 2 numaralı çıkıştan basınçlı hava çıkar, basınçlı hava 2 numaralı çıkıştan gelirse bu sefer 3 numaralı tahliye bağlantısından dışarı atılır.

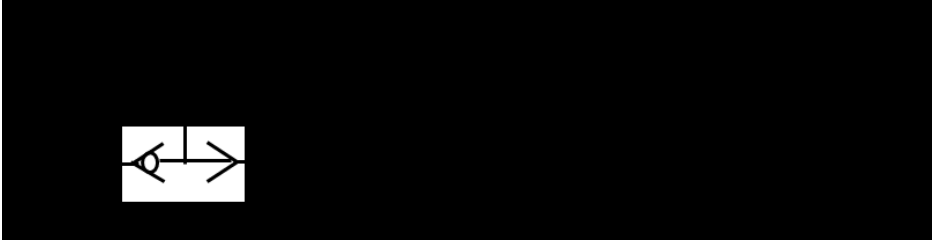


Şekil 3-12 Çabuk çözücü valfi görseli ve çalışması



Şekil 3-13 Çabuk çözücü valfi

3.3.4 Veya Valfi



Şekil 3-14 Veya valfi görseli ve çalışması

Veya Valfi 11 ve 12 olmak üzere 2 giriş bağlantısına ve bir tane 2 numaralı çıkış bağlantısına sahiptir. Girişlerden herhangi birisine basınçlı hava gelirse çıkış veren bir valftir.



Şekil 3-15 Veya valfi

3.3.5 Kombi Silindir



Şekil 3-16 Kombi silindir görseli ve çalışması

Kombi Silindir 2 tane giriş bağlantısına sahiptir.11 numaralı bağlantı ayak freni devresi, 12 numaralı bağlantı el freni devresi içindir.



Şekil 3-17 Kombi silindir

Otobüs, kamyon veya çekici gibi havalı fren sistemine sahip ağır vasıta araçlar da günümüz teknolojisinde yasal mevzuat gereği de kombi silindiri bulunmaktadır ki bu silindir içeriğinde bulunan yayı kurarak aracı daima frenlemeye çalışmaktadır. El freni çekildiğinde kombi silindir içerisindeki yayın önünde bulunan havayı tahliye ederek aracı park haline alır. Bu frenleme tekrar el freni ventili serbest bırakılana kadar devam eder, el freni valfi serbest bırakıldığında ise içeri hava girer ve araç sürüş pozisyonuna geçer.

3.3.6 [3-2 Valf]

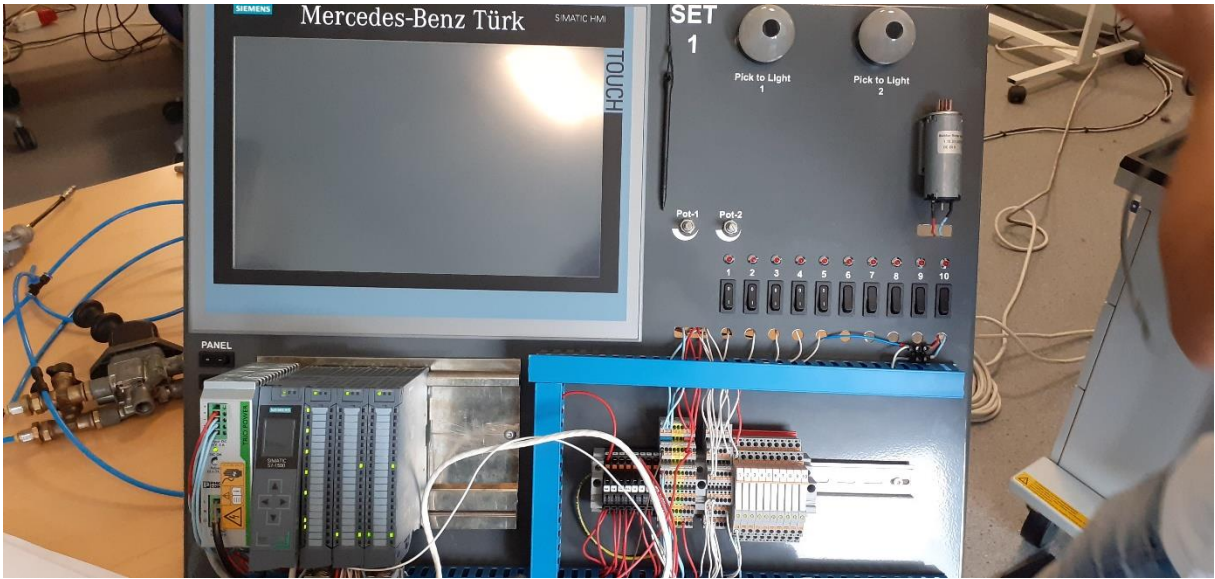
Elektrik enerjisi ile çalışan, havanın isteğe göre kontrol edilmesini sağlayan valftir. Bir bobin üzerinden geçen elektrik akımı sayesinde manyetik alan prensibi kullanılarak geliştirilmiştir. Bu hareket ile valf içindeki kanallar açılıp kapanarak havaya istenen yön verilir. Bu deneyde 5-2 valften kör tupa yapılarak 3-2(3 yollu 2 konumlu) valfe çevrilmiştir. Elektrikli el freni bağlantısı ile hava hattı arasına yerleştirilmiştir.



Şekil 3-18 (3-2 manyetik valf Epcb bağlantısı)

3.3.7 Simülasyon besleme - güç ünitesi ve yapılan yazılım tanıtımı

Deney düzeneğinde elektrik hattının beslemesini enerji kaynağı olarak aşağıda görseli paylaşılan Siemens Simatic Hmi panosu kullanılmıştır. PLC programlamalarının yapıldığı Siemens TIA15 programı ile yapılan yazılım ile de Elektrikli el freni valfi (Epcb) bu panele tanıtılmıştır.

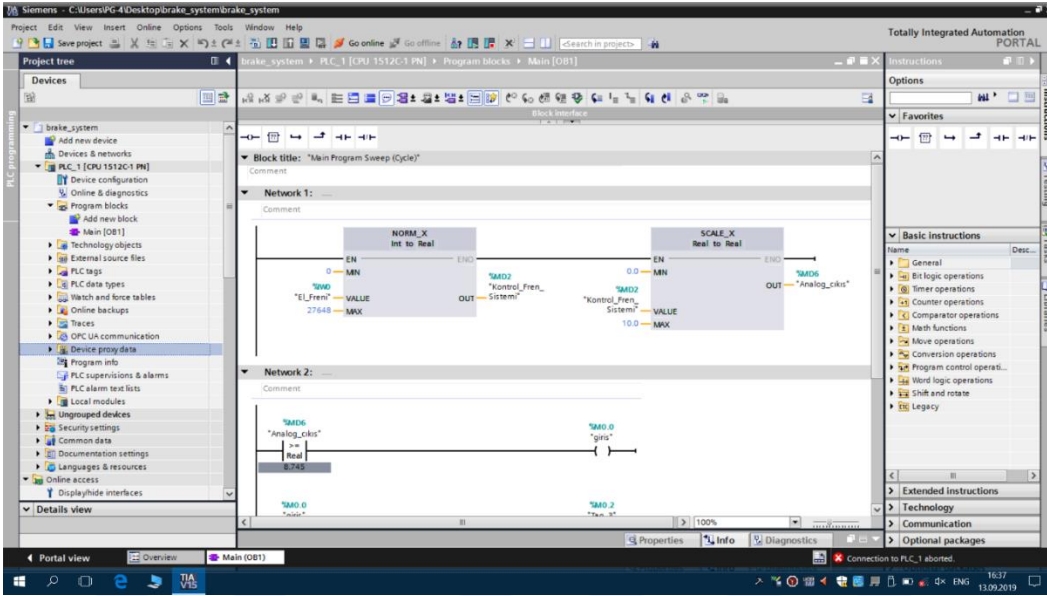


Şekil 3-19 Siemens Simatic HMI Pano görüntüsü (Enerji yok iken)

Aç-Kapa görevi olan bu valf 24 volt ve 5 amper akıma kadar çalışabilmektedir. Araç üzerinde yapılmış gibi simüle etmek için kullanılan bu panele yapılan yazılımda çalışma prensibi baz alınarak 8.999 Volt değeri için on yani açma 0.099 değeri için ise off yani kapanma diğer bir ifade ile havanın silindirlere boşaltılması sinyalinin verilmesi olarak tanıtılmıştır. Enerji hattına bağlı olan sistemde Epbc butonuna basıldığında elektriği alan alette voltaj değeri 8.999 olmakta ve alınan bu enerji ile yazılım hava gönderimi için on/açma sinyalini ilgili valfe haber vermektedir. Bu valfte havayı silindirlere göndererek aracı yürür hale getirir. Sürüş durumunda olan bu araç için Epbc valfine tekrar bastığımızda başta alınan enerji boşalacaktır buda Epbc deki voltaj değerinin 0 olması demektir ki yapılan yazılım bu değeri of/kapama olarak algılar. Bu durumda Epbc aldığı sinyali tekrar 3/2 valfi tetikleyerek silindirlere iletir ve havanın boşalması haberini verir. Böylece silindirlere ki hava tahliye olur. Araç park pozisyonuna alınmış olur. Bu durum yapılan deney ile doğrulandı ve yazılım programlandığı gibi Epbc'yi çalıştırdı.

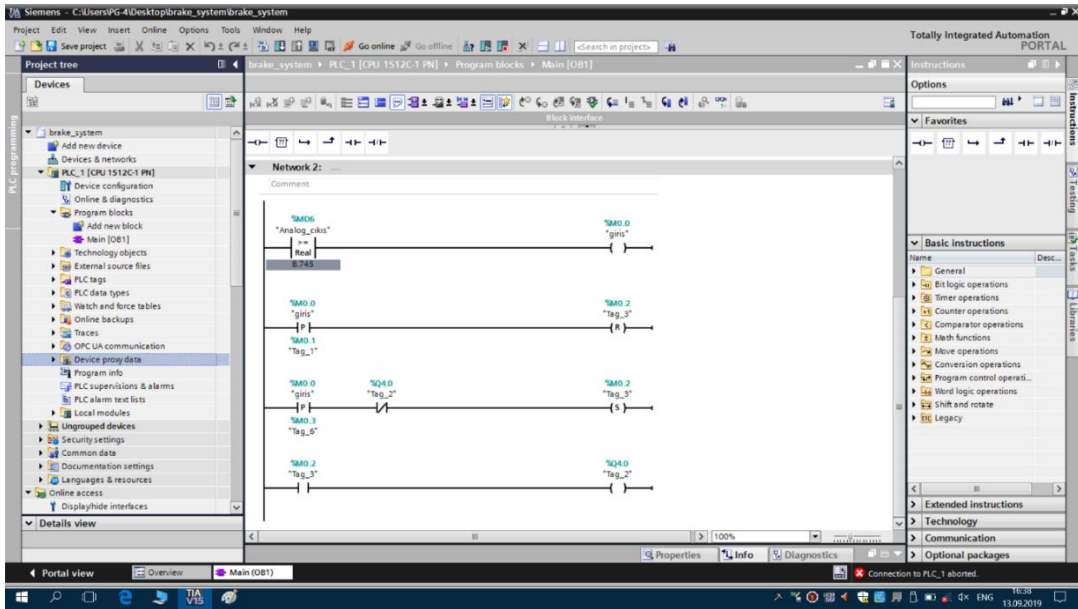


Şekil 3-20 Siemens Simatic HMI Pano görüntüsü(Enerji verildiği durum)



Şekil 3-21 Siemens TIAV15 EPBC çalışma yazılımı (Enerji yok iken)

Şekil 3-21 de Siemens TIAV15 programlama modülüne tanımlanmış EPBC sisteminin panoya tanıtılması yazılımının ekran görüntüsü yer almaktadır. Offline moda iken yani enerji sisteme verilmediği zamanda yazılımdan alınan ekran görüntüsüdür.



Şekil 3-22 enerji yokken yazılımın ara yüzü

Şekil 3-24 te analog değerler yazılım ile dijitalle çevrilmiştir ve yazılımda enerji varken çalışır durumda ekran görüntüsü alınmıştır. Bu yazılım sayesinde Epsc çalışması panoya tanıtılmış ve elektrik sinyalleri ile kontrol edilmiştir. Epsc'ye tekrar basıldığında enerjiyi kesip frenleme iptal edilmiştir. Tepki süreleri görsel olarak gözlemlenmiştir. Elektrikli frenin tepki süresinin daha hızlı olduğu belirlenmiştir. Yazılımda 0.89 u 1 0.99 0 olarak kabul edildi. On -Off sistemli çalışmaya tanıtıldı. Böylelikle yazılım analog veriyi dijital veriye çevirmiş oluyor

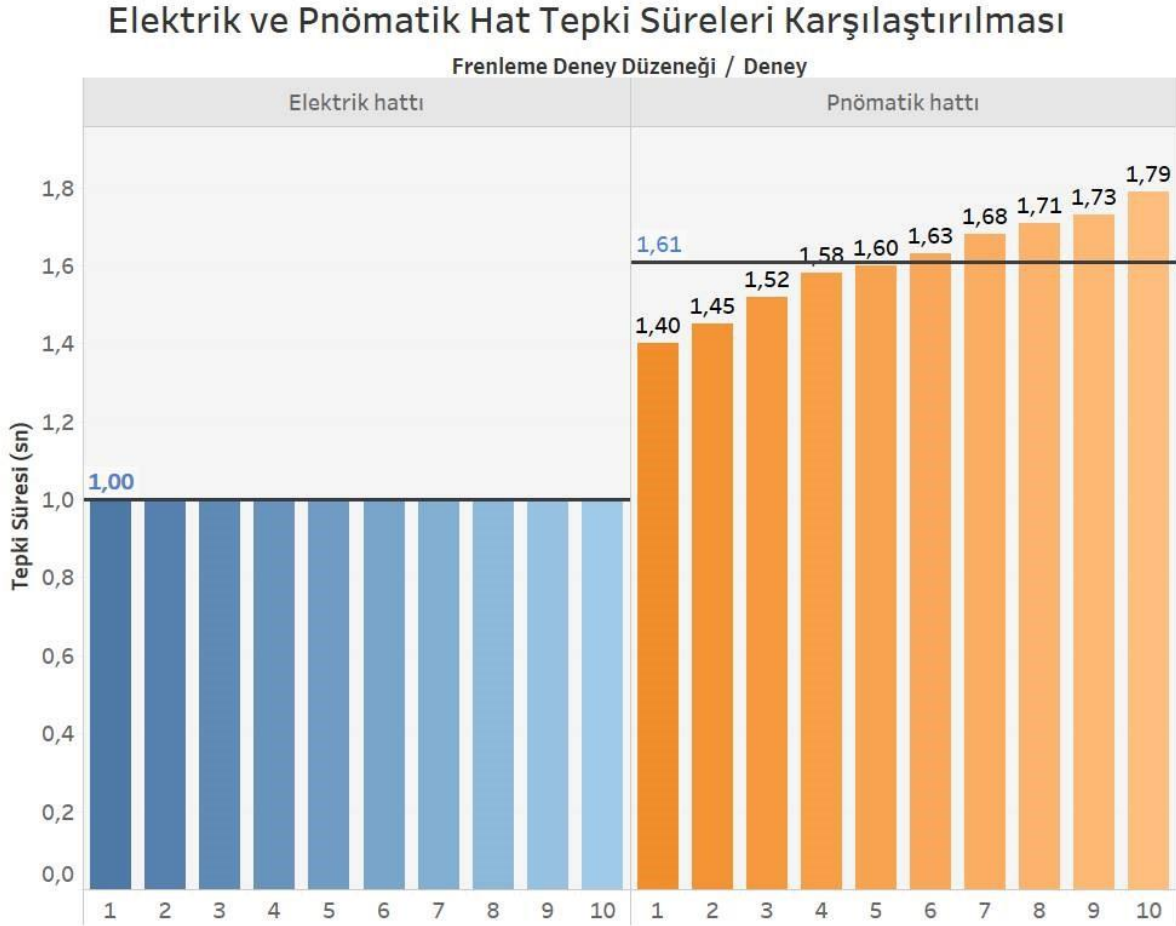
3.4 TEST SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Deney düzeneğinde ilk olarak elektrikli el freni kumandasına basılarak sinyal verilmiş ve elektrik ile frenlemenin güvenli ve hızlı bir şekilde sağlandığı gözlemlenmiştir. Sistemin çalıştığını test etmek için bu elektrikli el freni kumandasının elektrik kablolarından biri çıkarılarak bu valfe sinyal gönderilmiş fakat elektrik hattı bozulduğundan elektrik hattı ile frenleme yapılamamıştır ve devrede hazırda bekleyen pnömatik havalı sistemi destekleyici olarak kullanmak için elektrik butonu yerine havalı sistemde el freni çekilmiş ve böylelikle silindirlerin hareketi gözlemlenerek sistem çalışması gözlemlenip doğrulanmıştır.

Test esnasında elektrikli el freninin tepki süresinin havalı sisteme göre daha etkili olduğu gözlemlenmiştir. Bunun sebebi elektik anlık iletim sağlarken havalı sistemde frenleme yapıldığında hava üretim biriminden silindirlere kadar olan mesafenin uzunluğu ve aktarım komponentlerinin bulunmasıdır. Araçta ön ve arka aks arasında 10 metreye yaklaşan uzunluklar olduğundan dolayı elektrik vasıtası ile frenlemenin pnömatik sisteme göre daha verimli ve güvenli olduğunu göstermekte ve tasarlanan faydalı modelin amacına uygun önemli sonuçlar verdiğini göstermektedir. Elektrik hattı kurulumu düzenekte görüldüğü gibi daha basit bir yapıda sağlanırken havalı hat ile kıyaslandığında havalı hattın daha karmaşık yapıda olduğu gözlemlenmiş ve elektrikli fren konseptinin uygulamasının daha kolay olduğu tespit edilmiştir.

Elektrik ve pnömatik hattın tepki süresini kıyaslayabilmek için ayrıca deney düzeneği üzerinden yapılan 10 deney sonuçları ve kıyaslaması şekil 3-25 üzerinden grafik olarak düzenlenmiştir. Elektrik hattında elektrik kablosu her deneyde ne kadar uzun olursa olsun tepki süresi değişmemiş ve 1 saniye olarak sabit kalmıştır. Ancak gerçek hayatı düşünerek gerçek hayattaki verilere yaklaşabilmek için her tepki süresi ölçüm deneyinde pnömatik hat borularının uzunluğu artırılmış ve bağlantıları zayıflatılmıştır. Bu durumda pnömatik hattın tepki süresi 1,40 sn. ile 1,79 saniye arasında değişerek ortalama 1,61 saniye değerini göstermiştir. Bu deney

elektrik hattının daha hızlı ve standart tepki süresine sahip iken pnömatik hattın zamanla elektriğe göre daha geç tepki verebileceğini göstermektedir. Ayrıca elektrikle frenlemenin daha etkileyici olduğunu ispatlamaktadır.



Şekil 3-25 Elektrik ve Pnömatik hat tepki süresi grafiği

Yukarıdaki verilere göre ağır vasıta araçlarda pnömatik hatların boylarının gereğinden uzun olmaması ve en optimum uzunlukta olması gerektiğini göstermektedir. Çünkü hat uzunluğu ve hat üzerindeki deformasyonlar arttıkça tepki süreside uzamaktadır. Frenlemede tepki süresinin kısa olması beklenmektedir, bu sebeple hava hattı boyları önem taşımaktadır.

4. BULGULAR

Hipotez olarak sistemde elektrik hattı olmadığına el freni sisteminin elektrik hattı yerine, yedek olarak kurulan mekanik şekilde pnömatik havalı sistem sayesinde çalıştırılması şeklinde tanımlanmıştır. Ayakta verilen fren hissini benzerinin el frenine uygulaması yapılmıştır.

Eskiden elde sadece pnömatik hat varken sisteme elektriksiz hat ana hat olarak eklendi, amaç pnömatik hatta oluşan; arıza, hortum çatlaması, kırılmalar gibi oluşabilecek olumsuz durumlarda fren sisteminin elektrik üzerinden beslemeye devam etmesini sağlamaktır. Bu şekilde pnömatik hat destekleyici olarak sistemde görev almaktadır. Öncelik her zaman elektriğin olmuştur.

Pnömatik hatta yer alan çabuk çözücü sıkıştırılan havanın fren silindirlerine aktarım işlemini hızlı bir şekilde gerçekleştiriyor ve pnömatik devreye 2. Bir hat olarak kamyonlarda kullanılan aksine otobüsteki gibi eklendi ve sistemi hızlandırıp güvenli hale getirmiştir.

Analoğu dijitale çeviren yazılımla , voltaj değerleri okunmuş ve sistem çalışması kontrol edilmiştir.

EPBC fren tepki süresi elektrik ve pnömatikte kıyaslanmış elektriğin daha hızlı olduğu gözlemlenmiştir. Elektrik iletim hızının yüksek olmasının yanı sıra fren hortumlarının parçalardan geçerek aktararak belirli mesafelerden gelmesi elektrik hattının daha kullanışlı olduğunu göstermiştir. Ayrıca araçlarda kullanılan fren hortumları akslar arasında mesafeye göre 10 metre civarında olabileceğinden hortum uzunluklarının bu tepki süresini uzattığı önemli bir faktör olarak gözlemlenmiştir. Bu yüzden elektrikli frenleme daha avantajlı bulunmuştur.

Normalde ağır vasıtalarda kullanılan elektrikli el freni sistemlerinde arıza durumunda elektrik kesintisi meydana geldiği zamanlarda, fren sistemini çalıştırmak için sisteme dışarıdan hava vermek gerekmektedir. Kurulan bu sistemde elektrik arızasında pnömatik destekleyici olarak beklemektedir. Dolayısı ile dışarıdaki hava bağlantısına gerek yoktur

El freninin elektriksiz ve pnömatik kontrolünü sağlayan bu deney düzeneği sonuçları sistemin uygulanabilir faydalı bir model olduğunu ortaya koyup elektro-pnömatik el freni sisteminin güvenli çalışmasını ispatlamıştır. |

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu deneysel çalışmada, ağır vasıta ticari araçlarda havalı fren sistemleri ile çalışan el freni sistemi incelenmiş ve geliştirilmesi önerilerek frenlemenin elektrikli el freni sistemi ile gerçekleştirildiği ve havalı fren sisteminin ise buna destekleyici olarak yedek yardımcı fren sistemi olarak çalıştığı bir faydalı model oluşturulmuştur. Geliştirilen bu elektro-pnömatik el freni sisteminde; el freni işlevi elektrik hattı ile sağlandığı ve elektrik arızası durumları için havalı fren sisteminin yedekte bekletildiği bir deney düzeneği kurulup ,sistem çalıştırılmış ve sistemdeki tüm parçalar analiz edilmiştir.

Bu faydalı model ile havalı el freni sistemi ve elektrikli park freni sistemi birleştirilmiş elektrikli fren ve basınçlı frenin birlikte kullanılarak tek tuşlu el freni sistemi prototipi hedeflenmiştir.

Gelecekte de geliştirilmesi ve gerekli testleri sağladığı takdirde araçlarda uygulanması öngörülmüştür. Sistemin geliştirilmesi ve iyileştirilmesi ile daha güvenli sürüşler sağlanacaktır.

Türkiye’de kaza istatistikleri dikkate alındığında her ne kadar kombi silindirler içerisindeki yay ile el freni fonksiyonunu gerçekleştirmek için ağır vasıta araçlarda yasal mevzuata göre zorunlu olarak bulundurulsa da, el freni park sisteminde meydana gelen kazalara hala rastlanılmaktadır.

Ağır vasıta ticari taşıtlarda bu durum üzerine çalışılması ve önlem alınması gereken konulardan birisidir. Aracın güvenli park edilip frenli kalması birçok can ve mal kaybını önleyebilecek önemli bir faktördür. Bunun için bazı yasal zorunluluklar getirilse de kazaların ortadan kalkmamış olması önlemlerin artırılması gerektiğini göstermektedir.

Araç teknolojisinin gelişiminin dışında trafik kazalarının sonuçlarının insan faktörünü etkilediği için, her güvenlik önlemine yedek güvenlik önlemi eklemek, en düşük ihtimali bile dikkate almak, özellikle bilgi eksikliğinin, denetim ve önlemlerin az olduğu gelişmekte olan ülkelerde bir gerekliliktir.

Sistem geliştirilmesi için her bir arıza durumunda her ne kadar park sistemi havalı sistem ile çalıştırılıp aracı durdurmak sağlansa da, yedek sistem bulunmasına rağmen sensörler yardımıyla arıza bilgisi sürücü ekranına görsel olarak veya sesli olarak veya başka etkili uyarılar

vasıtası ile yansıtılabilir. Bu tip iyileştirmeler, kazalar için alınacak önlemleri ve arıza durumlarındaki onarımları daha da hızlandırırken can ve mal kaybının azaltılması sağlanmış olacaktır.

Ayrıca buraya kadar geliştirmelerle bu elektro-pnömatik faydalı modeli ,ileriye dönük otomotiv firmaları ve tedarikçi firmalar için de bir temel oluşturacak ve geliştirilip zenginleştirilerek yeni sistemin uygulamaya geçilmesi sağlanabilecektir |



KAYNAKLAR

1. MEGEP (Editörler). (2013). Motorlu Araçlar Teknolojisi Fren Sistemleri, Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı, 121-140.
2. Mercedes Benz Türk A.Ş Basınçlı Hava Sistemleri Eğitim Notları 2009-2010 Garipcin *Powerpoint sunusu*
3. Fanping Bu, Member, IEEE, and Han-Shue Tan, Pneumatic Brake Control for Precision Stopping of Heavy-Duty Vehicles
4. Bradley C. Keoun Solar Car Corporation 1300 Lake Washington Road Melbourne, FL 32935 (407) 254-2997 DESIGNING AN ELECTRIC VEHICLE CONVERSION
5. Artus, S., Cocquempot, V., Hayat, S., Staroswiecki, M., Lraminat, D., Covo, C. (2005). CHV's brake discs temperature estimation: results in open road tests, 2004 Proceedins of the 8th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Vienna, 220-225.
6. Bowlin, C. L. (2005). A pressure control scheme for air brakes in commercial vehicles, Yüksek Lisans Tezi, Texas University Submitted to the Office of Graduate Studies of Texas University in partial fulfillment of the requirements for the degree of, Texas, 9-54.
7. Avunç, T. (2007). Ağır Ticari Taşıtları Fren Sistemleri Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1-117.
8. Çataltepe V. (2008). Ticari Araçlar İçin Fren Faktörünün Deneysel ve Teorik Sonuçlarının Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze, 1-117
9. Ramarathnam, S. (2008). A Mathematical Model For Air Brake Systems In The Presence Of Leaks, Yüksek Lisans Tezi, Texas University Submitted to the Office of Graduate Studies of Texas University in partial fulfillment of the requirements for the degree of, Texas, 1-54.
10. Arpat, S.K. (2001). Minimization of the pad wear on both drum and disc brakes by thermal analysis, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri, İzmir, 1-50.
11. Murphy, R.W., Limpert, R., Segel, L. (Editörler). (1971). Bus, Truck, Tractor- Trailer Braking System Performance, Michigan: Highway Safety Research Institute, 1-136.
12. Erdem, M. (2007). *Motorlu Taşıtlarda Yavaşlatıcı Etkilerinin Deneysel Analizi Ve Yapay Sinir Ağları İle Modellenmesi*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri, Ankara, 1-8.
13. Çavdar, A., “Otomobillerdeki aktif ve pasif güvenlik sistemlerinin taşıt güvenliği ve taşıt tasarımı bakımından incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmit, 16-18, 99- 103 (2002).
14. Çakır, K.Ü., “Taşıt tekniği yönünden seyir güvenliği”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Adli Tıp Enstitüsü Fen Bilimleri Anabilim Dalı, İstanbul, 91-93 (1998)

15. Akiyama, K., "Analysis of large truck accidents in Japan", 18th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV), Nagoya, Japan, 243 (2003).

16 Limberg J. , Introduction to Foundation Brake Design
https://www.academia.edu/32043181/Introduction_to_Foundation_Brake_Design
 Son Erişim Tarihi: 18.08.2019.

17. Murphy, R.W., Limpert, R., Segel, L. (Editörler). (1971). Bus, Truck, Tractor- Trailer Braking System Performance, Michigan:Highway Safety Research Institute, 1-136.

18. Internet: From the book "The History of American Standard", GEORGE WESTINGHOUSE AND THE AIR BRAKE: 1846 – 1998

<https://www.wabco-auto.com/about-us/wabco-at-a-glance/our-history/>

Son Erişim Tarihi: 18.08.2019.

19. Taşıtlara Giriş Ders Notları YTÜ (Y.Doç.Dr. Tarkan Sandalyeci)
<http://www.yildiz.edu.tr/~sandalcı/dersnotu/MMGII.pdf>
 Son Erişim Tarihi: 19.08.2019

20 Kitap, Bremshandbuch , Grundlage , Komponenten, Systeme,Fahrdynamic
 ATZ / MTZ Fachbuch (Breuer /Bill Hrsg.)

21 Kitap, Nutzfahrzeug- Bremsanlagen Hans-Peter Klug (Vogel Buchverlag Würzburg)

22 Kaplan S. (2014) Ağır vasıta havalı fren sistemleri standart testleri ve güvenlik kriterleri yönünden değerlendirilmesi (23-24)

23. Internet ;Röle valfi tanıtım
<https://www.provia-auto.com/tr/products/roevalfleri/>
 Son Erişim Tarihi: 19.09.2019

24. Internet :Makine eğitim valf görevleri
<https://www.makinaegitimi.com/veya-valfi-anlatim-ve-uygulamalar/>
 Son Erişim Tarihi: 19.09.2019

25.Internet: Alpay Lök, fren notları

http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/8439e67ca66c27f_ek.pdf?tipi=2&turu=X&sube=13

Son Erişim Tarihi: 19.09.2019

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Tunahan Günyeli
Doğum Yeri	Ordu
Uyruğu	<input checked="" type="checkbox"/> T.C. <input type="checkbox"/> Diğer:
E-Posta Adresi	tunahangunyeli@gmail.com
Web Adresi	https://www.linkedin.com/in/tunahangunyeli/



Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Sakarya Üniversitesi
Fakülte	Mühendislik Fakültesi
Bölümü	Elektrik-Elektronik & Makine Mühendisliği
Mezuniyet Yılı	2015

Yüksek Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Enstitü Adı	Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Anabilim Dalı	Mühendislik Bilimleri Anabilim Dalı
Programı	Mühendislik Bilimleri

Mesleki Deneyim	
09.2015-	Mercedes Benz Türk A.Ş , Istanbul
Unvan	Arge- Geliştirme Mühendisi
Yabancı Diller	
	Almanca-ingilizce