

**ABS FREN SİSTEMİ'NİN KAZALARA ETKİSİNİN
İSTATİSTİKSEL ANALİZİ**

Serkan ŞAY

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
TRAFİK PLANLAMASI VE UYGULAMASI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**NİSAN 2007
ANKARA**

Serkan ŞAY tarafından hazırlanan ABS FREN SİSTEMİ'NİN KAZALARA ETKİSİNİN İSTATİSTİKSEL ANALİZİ adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Mehmet EROĞLU
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Trafik Planlaması ve Uygulaması Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Süleyman PAMPAL

Üye : Prof. Dr. Mehmet EROĞLU

Üye : Doç. Dr. Adnan SÖZEN

Üye : Doç. Dr. Ertan BEŞE

Üye : Yrd. Doç. Dr. İbrahim ATILGAN

Tarih : 25 / 04 / 2007

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Serkan ŞAY

**ABS FREN SİSTEMİ’NİN KAZALARA ETKİSİNİN
İSTATİSTİKSEL ANALİZİ
(Yüksek Lisans Tezi)**

Serkan ŞAY

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Nisan 2007**

ÖZET

Otomobillerde sürüş güvenliği, çok büyük önem taşımaktadır. Kaygan zemin şartlarında, sürücünün panik frenlemesi sonucunda, tekerlekler kilitlenerek araç kontrolden çıkar ve savrulmaya başlar. Çeşitli yol - zemin şartlarında, aracın emniyetli bir mesafede durması, tekerleklerin kaymamasına bağlıdır. Fren sisteminden beklenen, emniyetli durma mesafesini sağlamasıdır. Bu anlamda, otomobillerde kullanılan fren sistemleri, aktif güvenlik sistemi olarak tanımlanabilir. Bu sistemi destekleyen en önemli gelişme ise her türlü frenleme şartlarında tekerleklerin kilitlenmesini önleyen ABS fren sistemidir.

ABS fren sistemi, tekerlekler üzerinde bir tür basınç sınırlaması esasına göre çalışır. Böylece, fren kilitlenmesi olmadan maksimum durma kuvveti uygulanmış olur. Panik frenleme sırasında ABS fren sistemi, lastiklerin kilitlenmeyeceği şekilde tekerlek silindirlerine uygulanan fren hidrolik basıncını kontrol eder. ABS fren sistemi’nin, bu acil frenlemeler sırasında iyi bir doğrusal kararlılık sağlanmasına yardımcı olduğu tespit edilmiştir.

Bilim Kodu : 914.1.089
Anahtar Kelimeler : Taşıt Güvenliği, Aktif Güvenlik Sistemleri, ABS, Durma Mesafesi
Sayfa Adedi : 125
Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Mehmet EROĞLU

**A STATISTICAL ANALYSIS ON THE EFFECT OF ANTILOCK
BRAKE SYSTEM TO ACCIDENTS**

(M. Sc. Thesis)

Serkan ŞAY

**GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

April 2007

ABSTRACT

Driving safety has a great importance for cars. On slippery road conditions, if driver makes uncontrolled, sudden braking, it will cause lock tyres and slipping the vehicle without rotating tyres. That's why vehicle will be out of control, it will move left or right direction uncontrolledly. On various road-ground conditions, stopping vehicle in a secure distance depends upon tyres movement without slipping. Expectation for braking system is that stop securely the vehicle in a suitable distance particularly slippery road conditions. It means automobile's braking system can be defined as active safety system. The most important development to support this system is ABS (Antilock Braking System) to prevent locking tyres all various brakings.

Antilock Braking System mainly works at pressure limitation over tyres. So, maksimum stopping force is applied to system without locking brakes. Driver during sudden braking, ABS controls hydraulic pressure which applied to brakes in manner without locking tyres. ABS helps to provide good linear stability during emergent braking.

Science Code : 914.1.089

Key Words : Vehicle Safety, Active Security Systems, ABS, Stopping Distance

Page Number : 125

Adviser : Prof. Dr. Mehmet EROĞLU

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren Hocam Prof. Dr. Mehmet EROĞLU'na, yine tecrübelerinden faydalandığım ve yararlandığım Yrd. Doç. Dr. Ersin GÜNGÖRDÜ, Dr. Bilal Habeşi ÖZKAYNAR ve Araştırma Görevlisi Mesut DÜZGÜN'e, enstitü'de görevli Beşir SAYDAM, Aslan ÜLKER ve çalışan tüm personele, çok değerli arkadaşlarım Alpaslan (Talha) ÖZTÜRK, Yavuz ÇELİK, Ekrem ÇUKURCA, İsmet YÜZÜGÜLLÜ'ye ve özellikle çalışmalarım sırasında bana maddi ve manevi her türlü desteği vererek yardımcı olan sevgili eşim ve oğluma, gösterdiği anlayış ve sabırdan ötürü teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	xi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xiii
RESİMLERİN LİSTESİ	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR	xvi
1. GİRİŞ	1
2. ABS FREN SİSTEMİ	3
2.1. ABS Fren Sisteminin Tarihi Gelişimi	3
2.2. ABS Fren Sisteminden Beklenenler.....	7
3. MODERN ABS FREN SİSTEMLERİNİN TEMEL PRENSİPLERİ VE ÇALIŞMASI.....	9
3.1. ABS Fren Sisteminin Temel Prensibi	9
3.2. Hidrolik Frenler için ABS Fren Sistemleri.....	10
3.3. Havalı Frenler için ABS Fren Sistemleri.....	12
3.3.1. ABS havalı fren dizaynı	12
4. ABS FREN SİSTEMLERİNDE TEKERLEK – YOL KARAKTERİSTİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI.....	15
5. ABS VERSİYONLARI	17
5.1. ABS 2S Versiyonu	17
5.2. ABS 2E Versiyonu	20

Sayfa

5.3. ABS 3.0 Versiyonu	21
5.4. Çift Kanallı ABS Versiyonu	22
5.5. ABS 5.0 Versiyonu	23
5.6. ABS 5.3 Versiyonu	24
6. ABS FREN SİSTEMİNİN PARÇALARI.....	26
6.1. Tekerlek Hız Sensörleri	26
6.2 Elektronik Kontrol Ünitesi (ECU)	28
6.2.1. ABS 2S için ECU	28
6.2.2. ABS 2E için ECU	33
6.2.3. ABS 3.0 için ECU	34
6.2.4. Çift kanallı ABS için ECU	34
6.3. Hidrolik Modülör	34
6.3.1. ABS 2S için hidrolik modülör	34
6.3.2. ABS 2E için hidrolik modülör.....	39
6.3.3. ABS 3.0 için valf bloğu	40
6.3.4. Çift kanallı ABS için hidrolik modülör.....	41
6.4. Elektrik Devresi	42
7. ABS FREN SİSTEMİNİN TAŞITA ETKİLERİ	44
7.1. ABS’de Uygulanan Kontrol Teknikleri.....	44
7.2. Durma Mesafesine Etki Eden Faktörler	45
7.3. ABS Performansını Değerlendirme Esasları	47
7.4. Kar ve Buzda ABS Fren Sisteminin Etkisi.....	49
7.4.1. Deney şartları	49

Sayfa

7.4.2. Deney sonuçları	50
8. ABS FREN TEST CİHAZI	53
8.1. ABS Fren Test Cihazının Tanıtılması	53
8.2. ABS Fren Testinin Yapılması	53
8.2.1 Statik testin yapılışı.....	53
8.2.2. Dinamik testin yapılışı	54
8.3. Test Sonuçları	56
8.3.1. Statik test.....	56
8.3.2. Dinamik test	57
9. ABS REGÜLASYON DEVRESİ.....	58
9.1. ABS Regülasyon Devresi	58
9.1.1. Regülasyon mesafesi.....	59
9.1.2. Regülasyon büyüklükleri	61
9.2. Tipik Regülasyon Döngüleri.....	64
9.2.1. Kaygan olmayan yolda fren regülasyonu (Büyük fren kuvveti katsayısı)	64
9.2.2. Kaygan yolda fren regülasyonu (Küçük fren kuvveti katsayısı)	66
9.2.3. Savrulma momenti oluşum gecikmeli fren regülasyonu	67
9.2.4. Dört tekerlek çekişli (4x4) araçlarda fren regülasyonu	72
10. ABS FREN SİSTEMİ İLE ENTEGRE SİSTEMLER	75
10.1. Çekiş Kontrol Sistemi (Traction Control System (TCS) – Acceleration Slip Regulation (ASR))	75
10.2. Elektronik Fren Kuvveti Dağıtım Sistemi (Electronic Brake Force Distribution) (EBD).....	78

Sayfa

10.2.1. EBD'nin kontrolü	78
10.2.2. Çalışması	80
10.3. Elektronik Stabilite Programı (Electronic Stability Program)(ESP).....	81
10.4. Elektro Hidrolik Fren Sistemi (Electro Hydraulic Brake System) (EHB) ..	85
10.4.1. Konvensiyonel sistemlerle karşılaştırıldığında EHB'nin avantajları	86
10.5. Acil (Panik) Fren Destek Sistemi (Brake Assist System) (BAS)	87
10.6. Yüke Göre Otomatik Fren Ayarlama Sistemi (Load Sensing Proportioning Valve) (LSPV)	89
11. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	91
11.1.Frekans Dağılım Tabloları	91
11.2. Çapraz Tablolar	100
12. SONUÇ	118
KAYNAKLAR.....	122
ÖZGEÇMİŞ.....	125

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 7.1. Buzlu yolda çekiş testleri.....	50
Çizelge 7.2. Asfalt yol testleri tek otomobil, tek cins lastik	51
Çizelge 7.3. Asfalt yolda iki taşıt farklı lastik deney sonuçları.....	51
Çizelge 8.1. Statik test sonuçları	56
Çizelge 8.2. Dinamik test sonuçları	57
Çizelge 11.1. Kazaların meydana geldiği tarihler ve kaza sayısına ait bilgilerin frekans dağılımları ve yüzdeleri	91
Çizelge 11.2. Kazaların meydana geldiği tarihler ve kaza yapan araç sayılarına ait bilgilerin frekans dağılımları ve yüzdeleri	92
Çizelge 11.3. Araç markalarına ait bilgilerin frekans dağılımları ve yüzdeleri	92
Çizelge 11.4. Sürücülerin cinsiyetine ait bilgilerin frekans dağılımları ve yüzdeleri.....	93
Çizelge 11.5. Sürücülerin ehliyet sınıfına ait bilgilerin frekans dağılımları ve yüzdeleri.....	93
Çizelge 11.6. Sürücülerinin eğitim durumlarına ait bilgilerin frekans dağılımları ve yüzdeleri	94
Çizelge 11.7. Sürücülerin yaş gruplarına ait bilgilerin frekans dağılımları ve yüzdeleri.....	95
Çizelge 11.8. Sürücülerin ehliyetlerine sahip olma sürelerine ait bilgilerin frekans dağılımları ve yüzdeleri	95
Çizelge 11.9. Kazaların meydana geldiği hava durumuna ait bilgilerin frekans dağılımları ve yüzdeleri	96
Çizelge 11.10. Kazaların meydana geldiği zamana ait bilgilerin frekans dağılımları ve yüzdeleri	96
Çizelge 11.11. Kazaların meydana geldiği yolun yüzeyine ait bilgilerin frekans dağılımları ve yüzdeleri	97

Çizelge	Sayfa
Çizelge 11.12. Kazaların tipine ait bilgilerin frekans dağılımları ve yüzdeleri	97
Çizelge 11.13. Sürücülerin kusur derecesine ait bilgilerin frekans dağılımları ve yüzdeleri	98
Çizelge 11.14. Kazaya karışan araçların yaşlarına ait bilgilerin frekans dağılımları ve yüzdeleri	98
Çizelge 11.15. Kazaya karışan araçların tiplerine ait bilgilerin frekans dağılımları ve yüzdeleri	99
Çizelge 11.16. Kazaya karışan araçların ABS durumuna ait bilgilerin frekans dağılımları ve yüzdeleri	99
Çizelge 11.17. Kazaların meydana geldiği yolun cinsine ait bilgilerin frekans dağılımları ve yüzdeleri	100
Çizelge 11.18. Kazaya karışan araçların markalara göre ABS dağılımı.....	100
Çizelge 11.19. Kazaya karışan araçların ABS durumuna göre kaza tipi dağılımı ...	103
Çizelge 11.20. Kaza yapan sürücülerin araçlarındaki ABS durumuna göre kusur derecesi dağılımı.....	104
Çizelge 11.21. Kazaya karışan araçların tiplerine göre ABS dağılımı	105
Çizelge 11.22. Kaza yapan sürücülerin cinsiyetine göre kusur derecesi dağılımı ...	106
Çizelge 11.23. ABS ayırımında kusur derecesine göre sürücülerin cinsiyet dağılımı	107
Çizelge 11.24. ABS ayırımında kusur derecesine göre sürücülerin eğitim durumu dağılımı	109
Çizelge 11.25. ABS ayırımında kusur derecesine göre hava durumu dağılımı	111
Çizelge 11.26. ABS ayırımında kusur derecesine göre yol yüzeyi dağılımı.....	112
Çizelge 11.27. ABS ayırımında kusur derecesine göre kaza tipi dağılımı	113
Çizelge 11.28. ABS ayırımında kusur derecesine göre araç yaşı dağılımı	114
Çizelge 11.29. ABS ayırımında kusur derecesine göre sürücü yaşı dağılımı	116

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. ABS fren sistemi şeması.....	10
Şekil 3.2. Havalı ABS fren sisteminin şeması.....	12
Şekil 3.3. Geleneksel araçlarda ABS fren sistemi (4S/4C Sistemi)	13
Şekil 3.4. Tek akslı ABS fren sistemi	14
Şekil 4.1. Fren kayması esnasında frenlemenin bir fonksiyonu olan fren kuvvet katsayısı ile ABS kontrol alanı.....	15
Şekil 4.2. Fren kayması ve kayma açısı α ile ABS kontrol alanının bir fonksiyonu olan yanıl kuvvet katsayısı	16
Şekil 5.1. ABS 2S'li binek otomobil	17
Şekil 5.2. Fren basıncı modülasyonu	18
Şekil 5.3. Diyagonal (Çapraz) fren devresi bölünmesinde kullanılan ABS 2E hidrolik sistemi.....	20
Şekil 5.4. ABS 3.0'lı binek otomobil.....	22
Şekil 5.5. Çift kanallı ABS hidrolik sistemi.....	23
Şekil 5.6. ABS fren sistemleri: Bir karşılaştırma	24
Şekil 6.1. Tekerlek hız sensörü.....	26
Şekil 6.2. Tekerlek hız sensörleri için kutup pimleri ve çeşitli tip sistemler	27
Şekil 6.3. ABS 2S için elektronik kontrol ünitesi	29
Şekil 6.4. Regülatörün büyük kumanda devresi.....	31
Şekil 6.5. ABS 2S için 3/3 solenoid valf.....	37
Şekil 6.6. Solenoid valf üzerindeki kuvvetler	38
Şekil 6.7. ABS 3.0 hidrolik sistemi	41
Şekil 6.8. Dört kanallı ABS 2 akım şeması.....	43

Şekil	Sayfa
Şekil 7.1. Değişik yol şartlarında alınan durma mesafeleri	46
Şekil 9.1. ABS regülasyon devresi	58
Şekil 9.2. İdealize edilmiş fren kuvveti katsayısı–kayma eğrisi	59
Şekil 9.3. Basitleştirilmiş frenleme olayı.....	60
Şekil 9.4. Tahrik olmayan tekerleğe ve motor ile bağlantı yapılan tahrikli tekerleğe ilişkin frenleme olayı.....	63
Şekil 9.5. Büyük fren kuvveti katsayısı değerlerinde fren regülasyonu	64
Şekil 9.6. Küçük fren kuvveti katsayılarında fren regülasyonu	66
Şekil 9.7. Çok farklı fren kuvveti katsayılarında savrulma momenti oluşumu.....	68
Şekil 9.8. Savrulma momenti oluşum gecikmesinde fren basıncı/direksiyon açısı oluşumu.....	69
Şekil 9.9. Kritik hızlarda virajlardaki fren tutumu GMA’lı/GMA’sız	71
Şekil 9.10. Dört tekerlek çekişli tahrik (4x4) sistemleri	73
Şekil 10.1. Çekiş kontrol sisteminin şematik görünümü	75
Şekil 10.2. Çekiş kontrol sisteminin çalışması.....	76
Şekil 10.3. Elektronik fren kuvveti dağıtım sistemi	79
Şekil 10.4. Elektrik fren kuvveti dağıtım sistemi basınç dağıtımı	80
Şekil 10.5. ESP sisteminin araç üzerinde şematik görünümü	81
Şekil 10.6. Fren destek sisteminin katkısı.....	88
Şekil 10.7. Yüke göre otomatik fren ayarlama sistemi düzeneği	89
Şekil 10.8. Taşıt fren sistemine katkısının grafiksel gösterimi	90

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 5.1. Kontrol ünitesi ile birleşik ABS 5.3.....	25
Resim 6.1. ABS 2S kontrol ünitesi.....	28
Resim 6.2. ABS 2S için hidrolik modülatör	35
Resim 7.1. ABS fren sistemine sahip bir araç.....	48
Resim 7.2. ABS fren sistemine sahip olmayan bir araç.....	49
Resim 10.1. ABS hidroliği	77
Resim 10.2. ESP sistemi virajlarda savrulmayı ve devrilmeyi önler	83
Resim 10.3. Aracın virajın içine doğru savrulması	83
Resim 10.4. Aracın virajın dışına savrulması	84
Resim 10.5. EHB beyni.....	86

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
μ_{Bmax}	Maksimum fren kuvveti katsayısı
θ	Dönme açısı
γ	Kamber açısı
θ	Kat edilen uzunluk boyunca tekerleğin açısal dönüş miktarı
α	Kayma açısı
λ_k	Optimal fren kayması
ΔM	Moment farkı
θ_o	Aynı uzunluğu serbestçe dönen tekerleğin açısal dönüş miktarı
ΘR	Kütle atalet momentleri
μ_{ro}	Yuvarlanma tutunma katsayısı
μ_{romax}	Maksimum yuvarlanma tutunma katsayısı
μ_s	Kayma halindeki tutunma katsayısı
$-a$	Tekerlek çevre gecikmesi
e	Basınç merkezi ile geometrik merkez arasındaki mesafe
F_{net}	Tutunma kuvveti
f_{ro}	Yuvarlanma direnci katsayısı
F_w, F_t	Uygulanan tahrik kuvveti
F_x	Tekerlek çevre kuvveti
F_y	Yanal kuvvet
F_z	Normal kuvvet
G	Toplam ağırlık
G_L	Araca binen yük
G_r	Anma yükü
G_w	Tekerlek (Dingil) ağırlığı

Simgeler	Açıklama
H_L	Arka sol tekerlek
H_R	Arka sağ tekerlek
M_a	Aks torku
M_B	Fren momenti
M_R	Yol sürtünme momenti
M_S	Satıh (Yüzey) momenti
M_x	X Eksenine göre devrilme momenti
M_y	Y Eksenine göre yuvarlanma direnci momenti
M_z	Z Eksenine göre kendi kendini ayarlama momenti
P_r	Anma basıncı
R_{ro}	Yuvarlanma direnci
r_w	Tekerlek yarıçapı
s	Kayma
S_b	Frenleme kayması
S_D	Durma mesafesi
S_t	Tahrik kayması
V	Taşıt ilk hızı
V_L	Ön sol tekerlek
V_R	Ön Sağ Tekerlek
V_v	Kat edilen uzunluk boyunca taşıtın hızı
V_w	Kat edilen uzunluk boyunca tekerleğin çevresel hızı
W	Tekerleğe gelen tepki kuvveti

Kısaltmalar	Açıklama
ABS	Kilitlemeyi Önleyici Fren Sistemi
Al	Alüminyum
ASR	Patinaj Önleme Sistemi
AT	Avrupa Topluluğu

Kısaltmalar**Açıklama**

BAS	Acil Fren Destek Sistemi
BTCS	Fren Kumandalı Çekiş Kontrol Sistemi
DCBS	Çift Birleştirilmiş Fren Sistemi
DKB	Gaz Kelebeği ve Frenlere Müdahale
DKZ	Gaz Kelebeği ve Ateşlemeye Müdahale
DSC	Dinamik Stabilite Kontrol
EBD	Elektronik Fren Kuvveti Dağıtımı
ECU	Elektronik Kontrol Ünitesi
EGS	Elektronik ve Hidrolik Kumandalı Şanzıman Kontrolü
EHF	Elektro Hidrolik Fren Sistemi
EMB	Elektro Mekanik Fren Sistemi
EMS	Elektronik Motor Gücü Kontrolü
ESP	Elektronik Stabilite Programı
ETC	Elektronik Gaz Kelebeği Kontrolü
FMEA	Başarısızlık Biçimini Çözümleme Yolu
GK	Gaz Kelebeği
GM	General Motor
GMA	Savrulma Momenti Oluşum Gecikmesi Sistem
ISO	International Standart Organization
LSPV	Yüke Göre Otomatik Fren Ayarlama Sistemi
MSR	Motor Sürüklenme Tork Kontrolü
NHTSA	Ulusal Karayolları Trafik Güvenliği İdaresi
SFS	Servis Fren Sistemi
SFTC	Ateşleme ve Yakıt Kumandalı Çekiş Kontrolü
TCS	Çekiş Kontrol Sistemi
USA	Amerika Birleşik Devletleri
YFS	Yardımcı Fren Sistemi
...S/...C	...Sensör/...Kanal

1. GİRİŞ

Taşıtlardaki güvenlik sistemleri, kaza ihtimali öncesinde kazanın oluşumunu önlemek veya meydana gelen bir kaza sonrasında araçtakilerin ve araç dışındakilerin (yaya, bisiklet ve motosiklet sürücülerinin) yaralanmalarını ve ölümlerini en az düzeye indirmek üzere görev yapmaktadır. Taşıtta bulunan güvenlik sistemleri, aktif ve pasif güvenlik sistemleri olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. [1].

Aktif güvenlik, sürücünün kazadan kaçınması için taşıtın kumanda ve frenleme yetenekleri, bilgilendirme sistemleri ve ergonomik olarak yerleştirilmiş kumandaları kapsamaktadır [1].

Pasif güvenlik, önlenmesi sağlanamamış bir trafik kazasının meydana gelmesi esnasında sürücü, yolcu ve yayalara yönelik yaralanma ve ölümlerin en az yaşanmasını hedef alan sistem ve donanımlardır [2].

Kaza ihtimalinin azaltılması ya da araçların kaza oluşumuna daha az yol açacak biçimde yapılandırılması, araca daha çok aktif güvenlik sistemlerinin ilavesiyle mümkündür [1].

Taşıtta sürüş güvenliğini sağlayan aktif güvenlik sistemlerden birisi de fren sistemidir.

Frenler, motorlu taşıt aracının emniyetini sağlayan düzenlerdir. Genel olarak; hareket halindeki taşıtı yavaşlatmak ve durdurmak, aracın hızını kontrol altında bulundurmak ve diğer taraftan duran aracı yerinde tespit etmek üzere kullanılmaktadır [3]. Frenler, güvenli sürüş için araçta bulunan en önemli donanımdır. Frenden, çok yüksek güvenirlilik ve dayanıklılık beklenmektedir.

Frenlemede esas, hem aracın en kısa sürede, hem de güvenli bir şekilde durabilmesidir [4] ki; bunu sağlamak amacıyla genelde kullanılan yöntem, dönmekte

olan bir parçanın, sabit bir parça ile sıkıştırılması ve oluşan sürtünme sayesinde araçta mevcut hareket enerjisinin ısı enerjisine dönüştürülmesidir [5].

Frenleme esnasında, taşıt tekerleği bloke olduğu halde taşıtın hareketi devam ederse, lastikle zemin arasındaki tutunma katsayısında bir düşüş olacaktır. Bunun yanı sıra tekerleklerin, dönme hareketi ile gerçekleştirdikleri stabil seyir kontrolü, stabillikten çıkacak ve taşıtın hareketi kontrol edilemeyecektir. Bu durum, taşıtın emniyetsiz bir şekilde frenleme yapması demektir. Bu kontrolsüzlükten kurtulmak için, tekerleklerin frenleme esnasında kilitlenmesini önleyen sistem geliştirilmiş olup bu sistem, anti-blokaj sistem (ABS) olarak adlandırılmaktadır.

Klasik fren sisteminde, yol şartlarına bağlı olarak tekerlekler sırayla kilitlenmektedir. Bunu önlemek için frene devamlı basılmalı ve geri çekilmelidir. Ancak sürücüler, her zaman bunu takip edip farkına varamamaktadır. ABS, sürücüye güvenmeden fren mekanizmasına kendi yön verir, yol şartlarına göre dengeyi ayarlar ve tekerleklerle basınç uygulamaktadır [6].

Bu sistemin diğer bir özelliği; tekerleğin kayması halinde zeminle olan tutunma katsayısı, yuvarlanma halindeyken daha azdır. Böylece; taşıtın frenleme halinde seyir kontrolü sağlanarak, araçta fren emniyeti sağlanmış olacaktır.

Bu bilgiler ışığında, bu çalışmada ABS fren sistemi incelenecektir. Fren sistemlerinin yararlılığına karar vermek açısından değişik hava ve yol şartlarında Trafik Polisi ekiplerinin “Trafik Kazası Tespit Tutanakları” titizlikle incelenecek olup araçların markaları, modelleri, yolun ve havanın durumu, sürücünün yaşı, ehliyet durumu, eğitim durumu gibi veriler üzerinden gerekli istatistik analizler yapılarak ABS fren sistemi ile klasik fren sistemi karşılaştırılacaktır.

Bu sayede, hangi fren sisteminin güvenliği olduğu veya aralarında fark olup olmadığı kazalardan elde edilen bilgiler ışığında istatistikî testlerle ortaya konacaktır.

2. ABS FREN SİSTEMİ

2.1. ABS Fren Sisteminin Tarihi Gelişimi

ABS fren sistemi, fren esnasında sürüş güvenliğini arttırmak için geliştirilmiş bir sistemdir. Kilitlenmiş bir tekerlek yanal kuvvet taşıyamamaktadır. Kilitlenen tekerlekler de, aracın dümdüz kaymasına neden olmaktadır. Bu araç, viraja giriyor ise direksiyon hâkimiyeti ortadan kalkarak virajın dışına kaymaktadır. Kısacası; kilitlenen arka tekerlekler aracın dengesini bozarken, kilitlenen ön tekerlekler de direksiyon hâkimiyetini ortadan kaldırmaktadır.

ABS fren sistemi, hidrolik ve havalı fren sistemleri için geliştirilmiş olup tarihsel gelişimi şöyledir;

İlk kez, 1936 yılında Almanya’da geliştirilen ve patenti alınan ABS, Almanca “antiblockiersystem” teriminden kısaltılmış ve İngilizcesi de, benzer anlamdaki “Anti-lock Brake System”dir [7].

Bu alanda, o zamanda lider firma olan KNORR BREMSE, 1939 yılında ilk kez mekanik bloke önleyici sistemi uygulamıştır. Bu sistem, zamanla elektroniğin devreye girmesi ile daha da geliştirilmiş ve 1970’li yıllardan itibaren de karayolları taşıtlarında uygulanmaya başlanmıştır. Bugüne kadar sürekli olarak geliştirilen ABS, Avrupa Topluluğu (AT) ülkelerinde ağır taşıtlar için 01.10.1991’ den itibaren zorunlu tutulmaktadır.

Günümüzde, ABS fren sisteminin yolcu araçlarının büyük kısmında ve hafif tipli kamyonlarda kullanımı artmaktadır. ABS fren sistemi, havalı frenle donatılmış bazı ticari araçlarda da tercih sebebi olmaktadır. Fakat bu tip donanım, Avrupa’da 90’lı yıllardan itibaren kullanılmaya başlanmıştır.

ABS fren sisteminin gelişimi, 1952 yılında Dunlop da "Maxaret" uçağına takılmasıyla başlayıp motorlu araçlar tarihinde emniyet özelliği olarak göze çarpan bir tasarım ile

ortaya çıkmıştır. 1972 yılında İngiltere’de, The Jensen Interceptor, bir pervane mili, hız sensörü ve viskoz coupling kullanarak Maxaret tabanlı ilk üretimi yapan firma olmuştur. Amerika’da, ABS fren sistemini geliştirmek için araç imalatı yapan firmalar, farklı fren sistemleri geliştirmeye ve imalini yapmaya çalışmışlardır. 1969’da Ford ve Kelsey Hayes firmaları tarafından Thunderbird adında bir araca, yalnızca arka tekerlekler için ABS fren sistemi geliştirilmiştir. Chrysler ve Bendix firmaları ise 71 İmperial adındaki bir araç üzerinde ve aracın dört tekerleğine etki eden bir ABS fren sistemi üretmiştir. General Motors’da, bunun gibi 70’lerin ortasına kadar lüks modellerinin bir kısmında, ABS fren sistemi kullanılmıştır [8]. Örneğin 1976 ve 1982 yılları arasındaki üretimlerde GM; Eldorado, Toronado, Cadillac, Deville ve Fleerwood markalarında ABS kullanılmıştır.

70’li yılların başında, ABS fren sisteminin imalini yapan tüm imalatçılar, enerji kaynağı ve analog elektronik parçalar gibi elemanları ortak şekilde imal etmişlerdir. Avrupa’da, akümülatör kullanımına bağlı olarak yüksek basınç enerji kaynaklarının gelişimi düşük seviyedeydi. İlk zamanlarda, ABS fren sisteminin temel noksanlıkları, düşük güvenlikli elektronik sistem vakum kaynağının sınırlılığına bağlı olarak düşük devir oranlarına sahip olması gösterilmiştir. Bundan dolayı; 70’li yılların ortalarında, düşük yayılma hızı yani buna bağlı olarak satış ve satış maliyeti, sistemin pazardan çekilmesine sebep olmuştur.

1970’li yılların başında, Amerika’nın Ulaşım Bakanlığı’na bağlı National Highway And Traffic Safety Administration (NHTSA) bölümü bir düzenleme yayınlayarak, (FMVSS121) 1975’den itibaren havalı frenle donatılmış kamyonlar ve römorklarda, (treylar) ABS fren sisteminin kullanılması yasalaştırılmıştır. Erken güvenilirlik ve elektronik kontrol problemleri, devletin standartlarını değiştirmesine veya düzeltmesine kadar götürmüştür. Standartlarda istenilen ise, tekerleklerin kilitlenmesini önleyecek noktaları belirlemektir. NHTSA araştırmaları, ABS fren sistemlerinde şu tür arızalar tespit etmiştir:

- % 41 Sensör,
- % 8 Computers,
- % 16 Valfler,
- % 3 İzolasyon problemleri,
- % 1 Elektrik bağlantısızlığı,
- % 30 Elektromanyetik dalga.

Avrupa’da, 1970’lerin başlarından ortalarına kadar, fren ve elektronik devreler, analogdan entegre devreye ve mikro işlemcilere, dijital elektronik değişimler sergilenmiştir. Buna bağlı olarak 1978 yılında Mercedes’in yolcu aracı üzerinde, BOSCH’un 4 tekerlek üstüne etki eden ABS fren sistemi ilk olarak denenmiştir. BMW ve diğer otomobil firmaları da, kısa zaman aralıklarıyla bu sistemi denemeye başlamışlardır. 80’li yılların ortalarına gelindiğinde Japon fren ve araç imalatçıları, BOSCH’ un ürettiği ABS fren sistemini kullanmaya başlamışlardır [8].

1984 yılında geliştirilmiş ABS fren sistemi olan ITT–Teves modeli, Amerika’da Lincoln Mark VII’de ve 1985 yılında Almanya’da Ford Scorpio üzerinde denenmiştir. Teves modelinin parçaları ise, ABS hareket elemanı, hidrolik artırıcı ve bir ünite içerisindeki master silindirden oluşmaktaydı. Bu sistem, 1986 model lüks General Motors araçlarında kullanılmıştır.

Ford, 1987 modelleri için pick-up kamyonlarda yalnızca arka tekerleklere etki eden Kelsey Hasey modeli geliştirmiştir. Bu model, araç boş iken frenleme esnasında sert frenlemeyi ve dengesizlik problemlerini çözmüş, fakat ön tekerlekler için kilitlenme problemleri hâlâ devam etmekteydi [9]. Ayrıca, ön tekerleklerin kilitlenmesi esnasında direksiyon hâkimiyeti gibi problemler hâlâ yaşanmaktaydı. 80’li yılların sonlarında ve 90’lı yılların başlarında 4 tekerleği kontrol eden sistem olarak ABS’nin kullanımında artış görülmüştür.

Artık 1991 yılına gelindiğinde, otomobil üreticileri imal ettikleri araçların 1/3’ünde ABS fren sisteminin kullanımına geçmiştir [9].

ABS fren sisteminin, otomobil firmalarının ürettiği araçlardaki yüzdelik oranları şöyledir:

● Chrysler	% 18	● General Motors	% 33
● Ford	% 43	● Toyota	% 40
● Nissan	% 44	● Honda	% 50
● Mazda	% 25	● Mitsubishi	% 27

BMW, Mercedes ve Porsche gibi lüks otomobillerin imalinde 91'lerden önce ABS fren sistemi kullanılmaya başlanmıştır. 1992 yılına gelindiğinde, dünyadaki yolcu araçlarının % 15'inden fazlası ABS ile donatılmıştır. ABS fren sisteminin (orta büyüklükte ve compact araçlarında) kullanımının bu seneye kadar düşük olmasının sebebi, yaklaşık olarak 800\$ ile 1300\$ arasındaki fiyatlardan kaynaklanmaktaydı.

Sistem üzerine parça eklenmesi ve geliştirilmesi, güvenliğin artmasına, maliyetin düşmesine sebep olmuştur. General Motor'un Delco Moralne Division firmasının geliştirdiği ABS-VI modeliyle maliyet 350\$ kadar düşmüştür [9].

ABS fren sistemlerinin yolcu araçlarında ve özellikle ticari araçlarda kullanımının artması, trafikte güvenliğin artmasına neden olmuştur. Almanya'da yapılan istatistiklerde görüldüğü üzere, ABS kullanılan araçlarda, özellikle buz üzerinde ve trafik sıkışıklığı durumlarında kaza risklerinin düşüşüne ve sürücü emniyetinin artmasına sebep olduğu görülmüştür.

Yapılan trafik kazası analizlerine göre ABS fren sistemi, kazaların % 10 azalmasını sağlamaktadır. Hatta bazı kaza değerlendirmelerinde ise bu rakamın, hafif kazalarda % 14'e, ölümlü sonuçlanan kazalarda da % 24'e kadar yükselebildiği görülmektedir [10].

Amerika Birleşik Devletleri'nde yapılan bir araştırma ise, ABS fren sistemine sahip araçların daha çok kaza yaptığını ortaya koymuştur. Bu araştırmanın sonuçları incelendiğinde aşağıdaki sebepler tespit edilmiştir [11].

- Sürücüler, ABS freninin nasıl kullanıldığını bilmemektedirler.
- ABS frenli araçta daha az frenleme ile elde edilebileceği yanılışına düşülmüştür.

ABS, günümüz otomobillerinde giderek yaygınlaşarak kullanılmakla birlikte özellikle yük taşıtları için büyük önem taşımaktadır. Bunun nedenleri [12];

- Yük taşıtlarında, taşıtın boş ve yüklü ağırlıkları arasındaki fark fazladır. Bu da, sürücünün kritik durumlarda doğru fren yapmasını güçleştirmektedir. Tekerleklerin yük durumu belli bir oranda değiştiğinde, belirli bir frenleme ivmesi elde etmek üzere uygulanması gereken fren basıncı da aynı oranda değişmektedir. Örneğin; yüklü taşıtın tekerleklerini bloke etmeden frenleyebilecek bir pedal kuvveti, boş taşıtın tekerleklerini bloke etmeye yeterli olabilir. Bu sürücü için uyum gösterilmesi ve doğru kontrolü oldukça güç bir durumdur.
- Yük taşıtlarında, ortalama hızlar gün geçtikçe artmaktadır. Bu da ani frenlemeler halindeki tehlikenin daha fazla ve durumun daha kritik olması demektir.
- Çekici-römork sistemleri göz önüne alınırsa, bu taşıtlarda frenleme sırasında tekerleklerin bloke olması halinde, yan kuvvet taşıyamaz hale gelen tekerlekler yana kaydığından, birbirine bir eklemlerle bağlı olan bölümlerin (çekici-römork) doğru kontrolü mümkün olmamaktadır. Bu hususlar, özellikle yük taşıtları açısından ABS'nin aktif emniyetin artırılmasında çok önemli bir rol oynadığını ortaya koymaktadır.

2.2. ABS Fren Sisteminden Beklenenler

ABS fren sistemi, uluslararası güvenlik kurullarının belirlediği birçok ihtiyaca cevap verebilecek frenleme kapasitesine ve teknolojisine sahip olmalıdır. ABS, özellikle dinamik frenleme şartları ve fren teknolojisine ilişkin geniş bir güvenlik kriterleri yelpazesindeki ihtiyaçlara cevap verebilmelidir. Sistemden beklenenler şunlardır [8]:

1. Her türlü yol şartında doğrultu kontrolü ve taşıt stabilizesini sağlamalıdır.

2. Tekerlek ile yol arasındaki sürtünme katsayısından maksimum derecede faydalananak şekilde frenleme yapılmasını sağlamalıdır. Taşıtın doğrultu kontrolünün ve stabilizesinin korunması, frenleme mesafesinin azaltılmasından daha yüksek bir öneme haizdir.

3. ABS kontrol sistemi, taşıtın ulaşabileceği tüm hız değerlerinde etkin bir biçimde çalışmalıdır. Alt sınır, yürüme hızı olarak kabul edilmiştir. Zira, tekerlek kilitlenmesi, yürüme hızının altındaki hızlarda kritik bir faktör olmaktan çıkmaktadır.

4. Sistem, zemin üzerindeki farklılıklara çabuk adapte olmalıdır. Örneğin kuru bir yol üzerindeki buz öbekleri sonucu oluşabilecek tekerlek kilitlenmesine ve dolayısıyla kısa bir süre için de olsa doğrultu kontrolü ve seyir stabilizesinin bozulmasına sistem engel olmalıdır.

5. Ayrık sürtünme, katsayılı (μ -split, yolun bir tarafı buz bir tarafı kuru...) yol şartında frenleme esnasında oluşabilecek savrulma momentini, en acemi sürücünün de karşılayabileceği mertebelere düşürmelidir.

6. Viraj dönerken yapılan frenlemede, mümkün olan en kısa fren mesafesi sağlanırken aracın stabilizesi ve doğrultu kontrolü kaybolmamalıdır. Burada sistemden istenen araç hızını, virajı emniyetle alınacak hızın altına güvenli bir şekilde çekmesidir.

7. Bir uyarı devresi, ABS sisteminin çalıştığını sürekli takip ederek bir hata oluştuğunda sürücüyü ikaz etmelidir.

ABS fren sistemi, frenleme sırasında tekerleklerin kilitlenmesini önler. Kaygan yollarda veya ani frenlemede, sürücünün fren pedalına uyguladığı kuvvet tekerlekleri kilitlenme noktasına getirebilir. Bu noktada ABS, devreye girerek ilgili tekerleğin fren basıncını pedal kuvvetinden bağımsız olarak düşürmektedir [8].

3. MODERN ABS FREN SİSTEMLERİNİN TEMEL PRENSİPLERİ VE ÇALIŞMASI

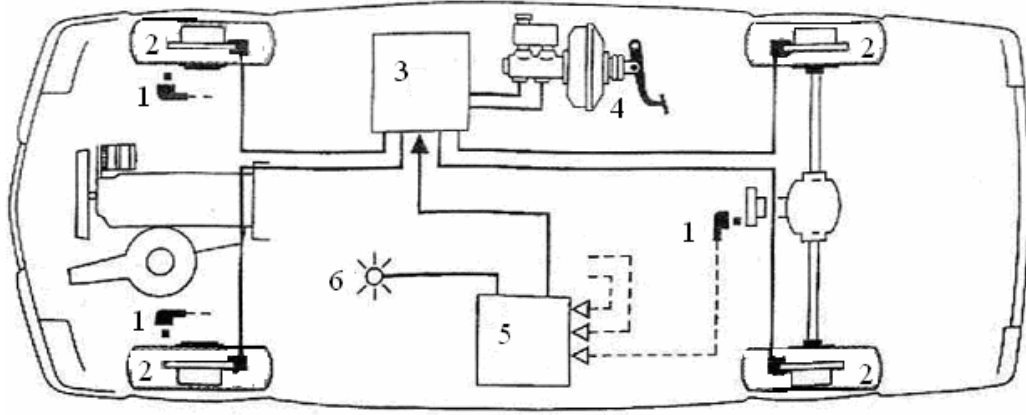
3.1. ABS Fren Sisteminin Temel Prensibi

ABS fren sistemi, temel olarak tekerleklerdeki kilitlenme eğilimini algılayan sensör (ışığa, ısıya, neme duyarlı) ile anlık gevşemeyi yani hidrolik basıncı düşürerek kilitlenmeyi önleyen bir sistemden oluşmaktadır. Tekerlek çok az kaydığında, kayma miktarına oranla yavaşlama daha az olacaktır. Yavaşlama belli bir değeri aştığında, kontrol ünitesi frenleme basıncını azaltacak, bunun sonucunda yavaşlama miktarı artacak ve ardından frenlere tekrar ihtiyaç duyulacaktır. Sistemin görevini tam olarak yerine getirebilmesi için bu basınç düşmesinin ve basınç yükselmesinin çok kısa zaman aralığında olması şarttır. Pratikte basınç düşmesi ve yükselmesinin saniyede 10 – 15 sefere ulaşması gerekmektedir.

İlk zamanlarda tekerlek yavaşlaması mekanik aletlerle ölçülürken, günümüzde daha kolay kontrol edilebilmesi ve daha çabuk harekete geçmesi itibarıyla elektronik devreler bu işte kullanılmaktadır. Her tekerlek için ayrı ayrı sensör kullanılabileceği gibi, bazı durumlarda tekerlekleri bir grup olarak kontrol etmek çok daha pratiktir. Çok yaygın olarak kullanılan bir sistemde, öndeki her iki tekerlek için birer sensör ve arkadaki iki tekerlek için de transmisyon mili üzerinde disk ile birlikte bir sensör bulunmaktadır.

Hız algılayıcı sensörden alınan bilgiler, elektronik kontrol ünitesi tarafından değerlendirilerek hidrolik modülatör ve valflere kumanda edilir, böylece frenleme basıncı kontrol edilmektedir.

3.2. Hidrolik Frenler için ABS Fren Sistemleri



Şekil 3.1. ABS fren sistemi şeması

1. Tekerlek hız sensörü 2. Tekerlek fren silindiri 3. Hidrolik modülatör
4. Merkez silindiri 5. Elektronik kontrol ünitesi 6. Emniyet lambası

Otomobillerde kullanılan ABS'de, klasik fren sisteminde yer alan elemanlara ilave olarak üç ünite kullanılmaktadır [13].

- 1.Tekerlek hız sensörü,
- 2.Elektro-valflerden oluşan hidrolik modülatör,
- 3.Elektronik kontrol ünitesi,

ABS sisteminin şeması, Şekil 3.1'de gösterilmiştir. Tekerlek hız sensörü elektronik kontrol ünitesine tekerlek durmaya yakınken sinyal göndermektedir. Elektronik kontrol ünitesi de modülatöre fren basıncını azaltması için sinyal göndererek tekerlek dönme hızını tekrar arttırabilmektedir.

ABS fren sistemleri (Bkz. Şekil 4.2), hidrolik fren sistemlerine kolayca monte edilebilecek kadar esnektir. Çalışması şu şekildedir: Taşıt, hareket halinde iken her iki ön tekerlek ve arka diferansiyel veya her iki arka tekerlekteki hız, sensörler tarafından ölçülmektedir. Tekerlek hız sinyalleri, elektronik kontrol ünitesi (ECU) tarafından işlenmektedir. Eğer tekerlekte patinaj belirlenirse, o tekerleğe ait solenoid

valfe enerji verilmektedir. Her iki ön tekerlek, farklı iki solenoid valf tarafından kontrol edilmektedir. Arka tekerlekler de; fren basıncının düşük, tekerlek–yol çekişi olan tekerleği tayin etmektedir (select-low control).

Önden arkaya doğru olan bölümlerde, bir tek solenoid valf kullanılırken (arka freni kontrol etmek için), çapraz bölünmelerde iki solenoid valf gerekmektedir. Arka tekerlek çekiş gücünden tam olarak yararlanılmadığı zaman, arka aksta görev yapan select–low ABS fren sisteminde duruş mesafesi biraz uzamaktadır.

Aynı ABS dizaynlarında; modülatör basıncı, fren pedalı ile ana silindirde oluşturulan basıncı geçememektedir. Elektronik kontrol ünitesi (ECU), tekerlek hızı sinyali işleme sonuçlarına dayanarak solenoid valfleri üç değişik pozisyona getirmektedir.

1. Enerjisiz konum; standart frenleme işlemi için merkez silindirini, her bir tekerlek silindirine bağlamaktadır. Hidrolik fren basıncı, pedal basıncı arttıkça artmaktadır.

2. İkinci pozisyonda; tekerlek silindirinin merkez silindirinden ayrılması için solenoid valf, maksimumun yarısı bir akımla (2A) uyarılmakta ve böylece fren basıncı sabit kalmaktadır.

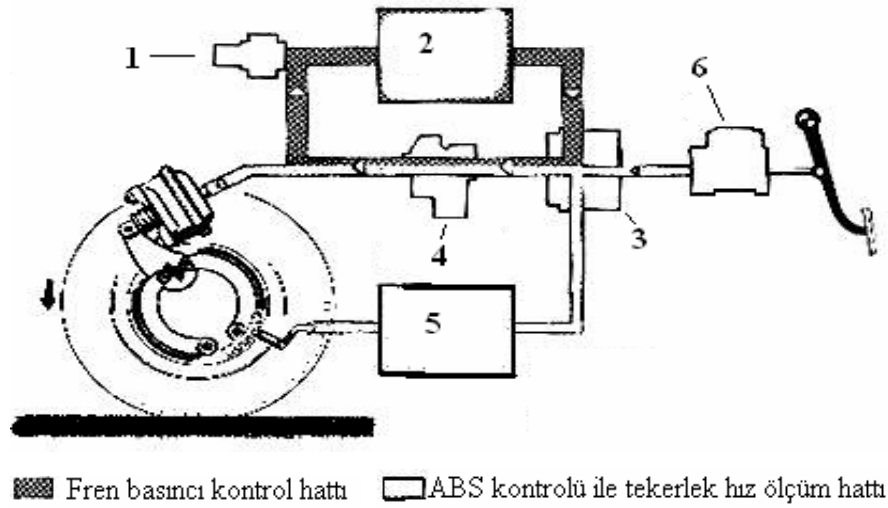
3. Üçüncü pozisyonda; solenoid valf, maksimum akımla (5A) uyarılmaktadır. Böylece ana silindir izole edilir ve aynı anda tekerlek silindirini dönüş hattıyla akümülatöre bağlamaktadır. Bu pozisyonda fren basıncı ve tekerlek torku düşmektedir.

Üç pozisyon valf kontrolü, devirli tahrik safhaları ile basıncın artmasına ya da azalmasına izin vermektedir. Çekiş ve fren durumlarına bağlı olarak devir oranları, 4 ile 10 devir/saniye arasında sıralanabilmektedir.

Eğer ABS fren sisteminde bir arıza çıkarsa ABS fren sistemi kapatılmakta ve ön panelde bulunan emniyet lambası yanarak fren sistemi standart frenlemeye dönmektedir.

3.3. Havalı Frenler için ABS Fren Sistemleri

Havalı frenlerdeki fren sistemleri, kavram olarak hidrolik fren sistemleri ile aynı özellikleri taşımaktadır. Genel parçalar; tekerlek hız sensörü (genelde akslar üzerindeki tüm tekerlekler için), elektronik kontrol ünitesi (sensör bilgilerini toplar, kontrol sinyallerini hava basınç modülatör valfine gönderir) ve hava basınç modülatör valfi (elektriksel solenoidi kullanarak hava basınç fonksiyonunu oluşturur)dir. Şekil 3.2’de, havalı ABS fren sisteminin şeması görülmektedir.



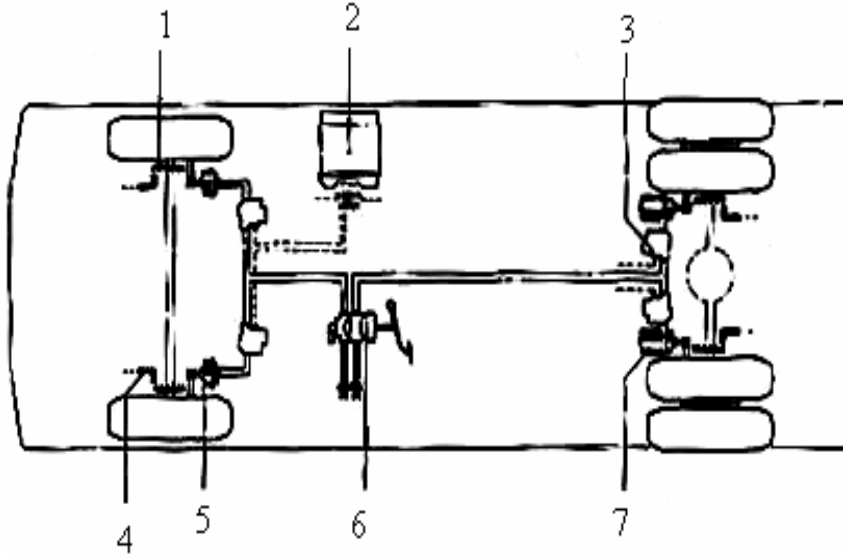
Şekil 3.2. Havalı ABS fren sisteminin şeması

1. Basınç sensörü 2. Fren basıncı 3. Elektronik kontrol ünitesi
4. Basınç kontrol valfi 5. Tekerlek hızı 6. Pick-up

3.3.1. ABS havalı fren dizaynı

Avrupa’da genelde karşılaşılan ABS fren sistemleri, 4 teker/4 kanal (4S/4C) sistemleridir. Şekil 3.3’de, kamyon veya traktör gibi ağır vasıtalarda kullanılan bu sistem gösterilmektedir. Sistemde, 4 tekerlek şekil üzerinde gösterilmekte ve 4 kanal tek başına kontrol edilmektedir. Burada ABS fren sistemi parçaları; tekerlek hız sensörü, elektronik kontrol ünitesi ve basınç kontrol valfinden oluşmaktadır. Basınç kontrol valfi, yalnızca bir modüle edilmiş basınç çıktısı sağlamak için dizayn edilmiş olabilir (tek-kanal) veya bir ünite içerisinde iki basınç kontrol valfi (iki-kanal)

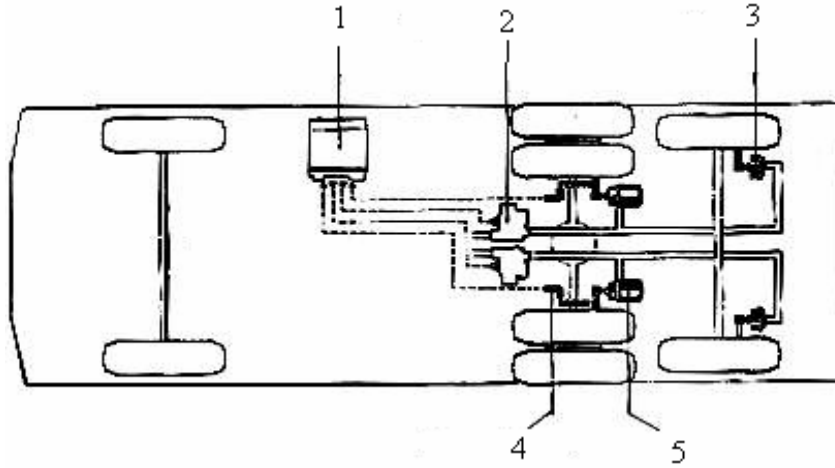
dizayn edilmiş olabilmektedir. Bu durumda maliyet azalmakta fakat geniş alana ihtiyaç duyulmaktadır.



Şekil 3.3. Geleneksel araçlarda ABS fren sistemi (4S/4C Sistemi)

- | | |
|-------------------------------|-------------------------------|
| 1. Sensör çemberi | 2. Elektronik kontrol ünitesi |
| 3. Basınç kontrol valfi | 4. Tekerlek hız sensörü |
| 5. Fren silindiri | 6. Servis fren valfi |
| 7. Fren silindir kombinasyonu | |

Tek akslı ABS fren sistemi, Şekil 3.4'te gösterilmektedir. Bu sistem, 2S/2C sistemi olup geçmişte Amerikan imalatçıları tarafından çok ilgilenilen bir sistemdir. Amerika'daki traktörlerin ön tekerleklerindeki düşük frenleme eforuna bağlı olarak ve arka tekerleklerin kilitlenme potansiyeline karşı etkin olarak seçilmiştir.



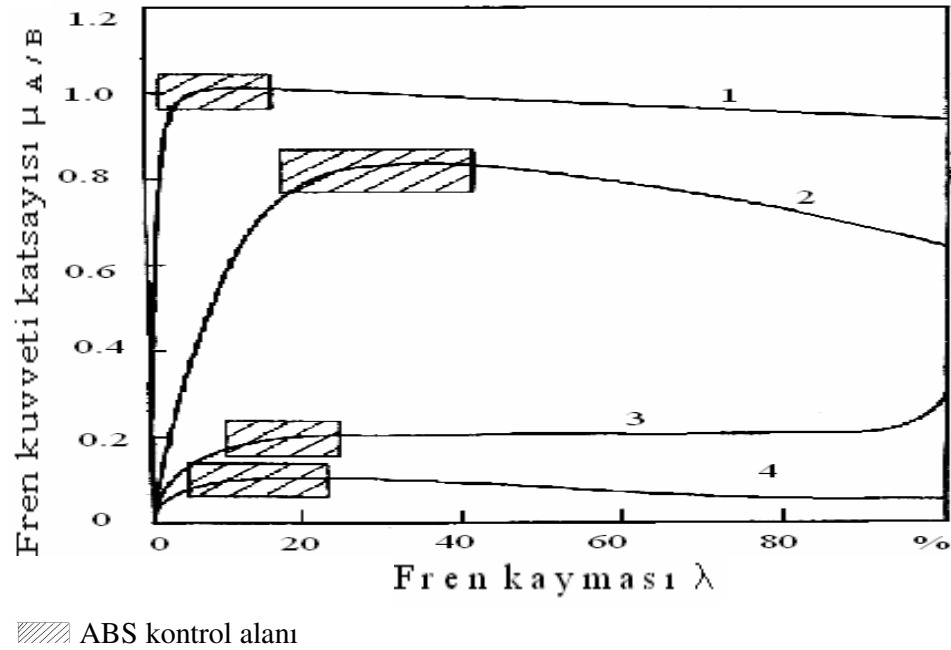
Şekil 3.4. Tek akslı ABS fren sistemi

- 1.Elektronik kontrol ünitesi 2. Tek kanallı basınç kontrol valfi
3. Fren silindiri 4. Tekerlek hız sensörü 5. Fren silindir kombinasyonu

Geleneksel araçların çoğunun 4 tekerleğinde hız sensörü bulunmaktadır. Daha yüksek dönme kabiliyeti ve hava hacmi sonucu, devirsel frekans 2 ve 3hz arasında bulunmaktadır. Yol yüzeyi, sürtünme katsayısı ve eğime bağlı olarak yüksek yaw momenti oluşumu gerçekleşmektedir. Düşük kontrol seçimi (select-low control), geleneksel araçlarda önemli durma mesafesi artışı sebebiyle kullanılmaktadır. Başka bir deyişle; bozuk yol yüzeyi üzerinde frenleme esnasında seyir kontrolü adverse etkisiyle azalmakta ve çoğu ABS fren sisteminde, bireysel kontrol ünitesi kullanılmaktadır. Yüksek tutunma, yüzeyli bir yolda fren torkundaki bir pulse'lik artış limiti farklılıkları oluşturmaktadır. Bu da yaw ve kontrol momentlerini minimum yapmaktadır. Yüksek tutunma yüzeyli yolda mümkün olan maksimum frenleme kuvveti sonucu durma mesafesindeki artıştan çok, araç kontrolü daha büyük önem arz etmektedir.

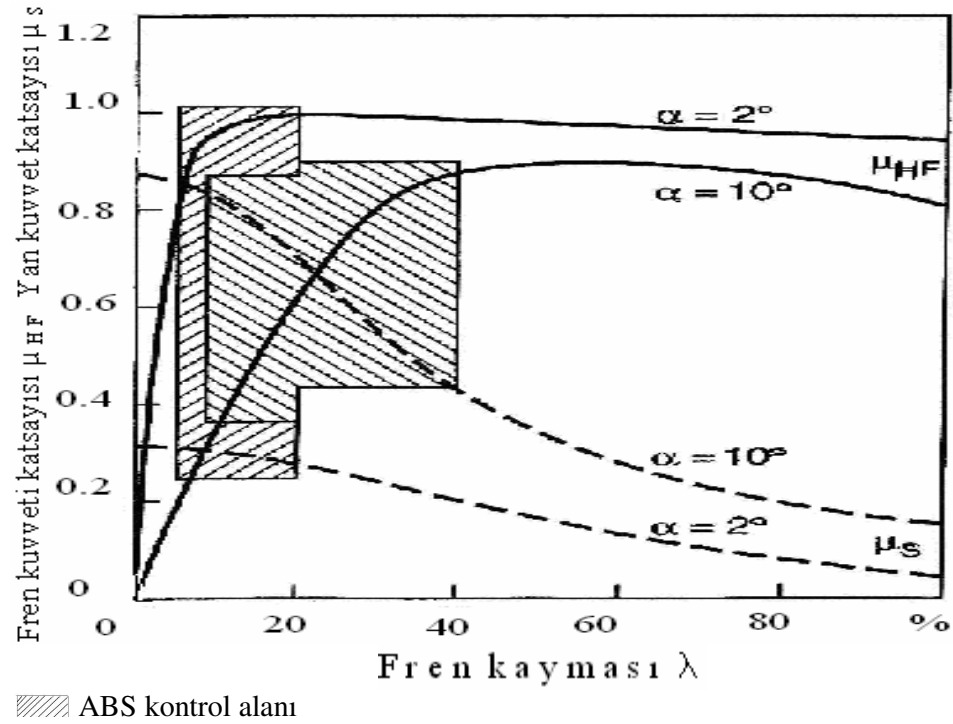
4. ABS FREN SİSTEMLERİNDE TEKERLEK – YOL KARAKTERİSTİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Frenleme esnasında, hem taşıt aksları üzerine gelen yük dağılımlarının değişmesi, hem de her bir tekerlekte oluşturulan frenleme kuvvetlerinin eşit olmaması nedeniyle, tekerleklerden biri diğerine göre daha önce kilitlenme eğilimi göstermektedir. Klasik bir fren sisteminde, kızaklamayı önlemek amacıyla sürücü kısa aralıklarla fren pedalına kontrollü olarak basarak frenleme yapılabilir. Ancak, bazı şartlarda, özellikle kaygan zeminlerde, bu kontrol zorlaşmaktadır. Şekil 4.1’de, tekerleklerle zemin arasında oluşan kayma ve tutunma kuvveti değişimleri görülmektedir. Şekil 4.1’deki taralı alanlar, ABS çalışma aralığını göstermektedir [14].



Şekil 4.1. Fren kayması esnasında frenlemenin bir fonksiyonu olan fren kuvvet katsayısı ile ABS kontrol alanı [14]
1. Kuru ve sert zeminde radyal lastikler 2. Islak asfalt üzerinde ön gerilmeli kış lastiği 3. Kar üstünde radyal lastikler 4. Buz üzerinde radyal lastikler

Şekil 4.2’de, ABS fonksiyonlarının kritik kontrol değişimleri (çapraz taralı kısım) görülmektedir.



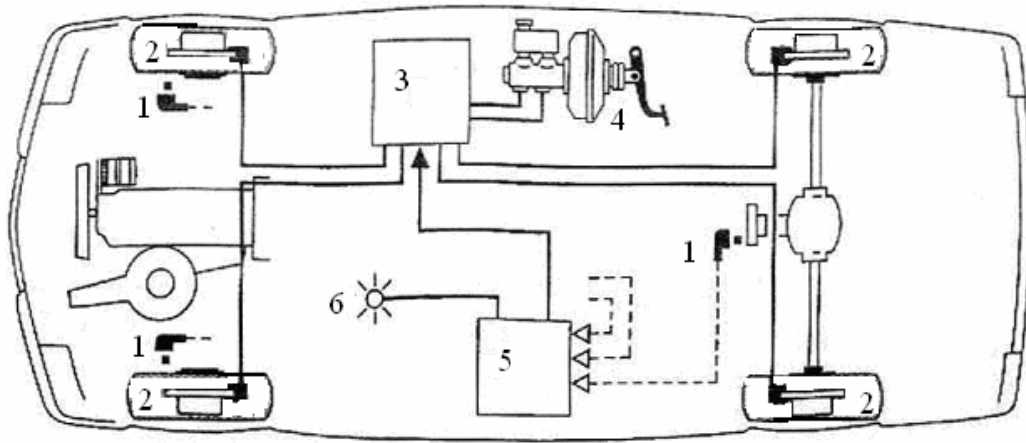
Şekil 4.2. Fren kayması ve kayma açısı α ile ABS kontrol alanının bir fonksiyonu olan yanal kuvvet katsayısı [14]

ABS fren sistemi (Bkz. Şekil 4.1), normal sistemlere göre kuru (1), ıslak (2) ve buzlu (4) zeminlerde tekerlek kilitlemesi durumlarına göre (%100 fren kayması) daha kısa durma mesafesini sağlamaktadır. Karlı (3) zeminlerde fren yapıldığında tekerleklerin altındaki kar, ek bir geciktirme etkisine sebep olmaktadır. İki eğrinin (alttaki: 2 derece kayma açısı, üstteki 10 derece kayma açısı) arasındaki artış, ABS kontrolünün geniş bir performans spektrumunda etkili olması gerektiğini göstermektedir. Dönüş esnasında sert fren yapılması halinde, yanal hızlanma tekerlek-yol sürtünme katsayısının müsaade ettiği oranda alabileceği en yüksek değere sahipken, başlangıç yavaşlamasına ABS tarafından müdahale edilmesi gerekmektedir. Hız azaldığında ve yanal hızlanma düştüğünde, ABS fren sistemi daha etkili frenleme yapmaktadır. En uygun biçimde dizayn edilmiş ABS fren sistemlerinde dönüş sırasındaki durma mesafesi, doğrusal durma mesafesinden biraz daha uzundur [14].

5. ABS VERSİYONLARI

5.1. ABS 2S Versiyonu

ABS 2S versiyonunun (Şekil 5.1), ilk anti bloke sistemi olarak 1978’de seri üretimine başlanmıştır. Dijital elektronik alanındaki gelişme, frenlemede oluşan karmaşık olayların sağlıklı bir şekilde denetlenmesine ve gerektiğinde birkaç milisaniyelik sürede tepki vermeye imkan vermektedir. Temel fren sisteminde, herhangi bir değişikliğe gerek kalmadan entegre edilebilen bu oldukça esnek yapıdaki sistemin çalışma şekli ise şöyledir (Şekil 5.2) [14]:

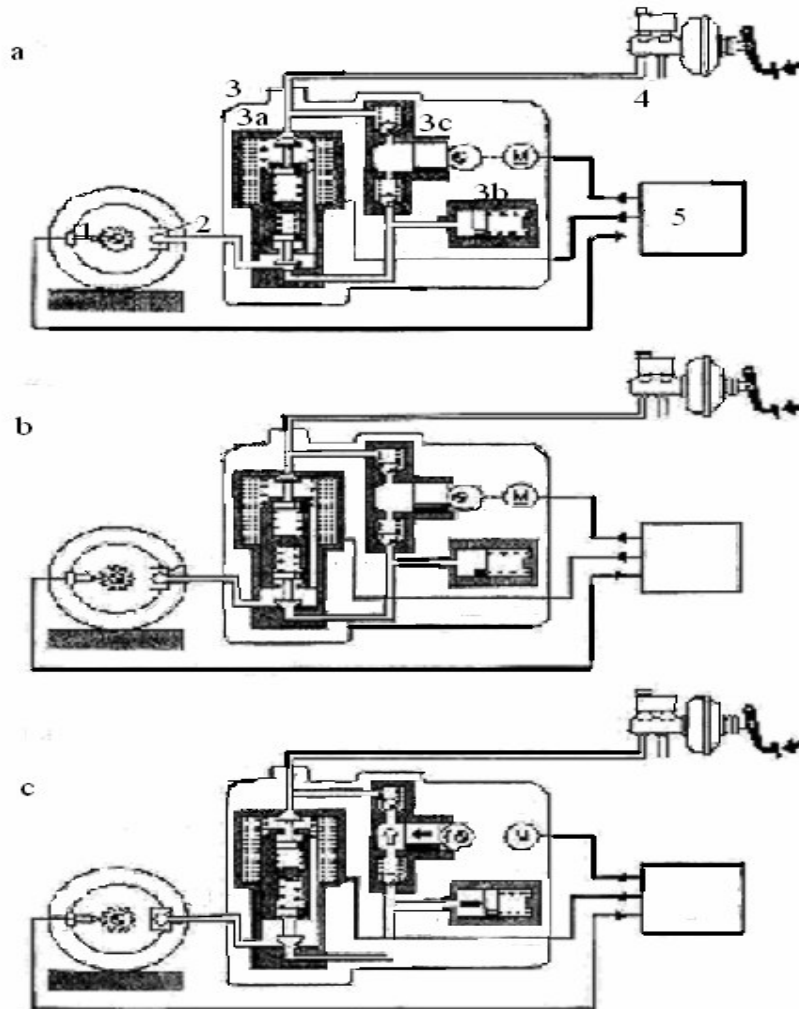


Şekil 5.1. ABS 2S’li binek otomobil [14]

1. Tekerlek hız sensörü 2. Tekerlek fren silindiri 3. Hidrolik modülatör
4. Ana fren silindiri 5. Elektronik kontrol ünitesi 6. Emniyet lambası

Tekerlek hız sensörleri, araç hareket halinde iken her iki ön tekerlek ve arka diferansiyelinde ya da her dört tekerlekte tekerlek hızlarını ölçmektedir. Elektronik kontrol ünitesi aldığı sensör sinyallerinden, bloke yani kilitlenme tehlikesini algıladığında, hidrolik modülatör içinde ilgili tekerleklerin solenoid valflerini kumanda etmektedir. Her bir ön tekerlek kendisine bağlı solenoid valf tarafından diğer tekerleklere bağlı kalmadan frenleme ile ilgili en iyi katkıyı verebilecek şekilde etkilenmektedir. Arka aksta daha düşük fren kuvvet katsayısına sahip tekerlek, her iki tekerlek frenine ilişkin olarak ortak basıncı belirlemektedir. Ön aks arka aks

bölmesinde, tek bir solenoid valf, arka tekerleklerin regülasyonunu üstlenmekte, diyagonal yani çapraz bölünmede bunun için iki solenoid valf gereklidir. Bu regülasyon prensibinde, bilinçli olarak biraz daha fazla fren mesafesi işin içine girmektedir. Zira böylece kazanılan araç stabilizesi, fren mesafesinin az miktarda uzatılmasını daha fazla dengelemektedir [14].



Şekil 5.2. Fren basıncı modülasyonu [14]

a. Basıncı oluşturma b. Basıncı tutma c. Basıncı düşürme 1. Tekerlek hız sensörü 2. Tekerlek fren silindiri 3. Hidrolik modülatör 3a. Solenoid valf 3b. Tutucu 3c. Geri iletme pompası 4. Ana fren silindiri 5. Elektronik kontrol ünitesi

Elektronik kontrol ünitesi, solenoid valfleri üç değişik pozisyona getirmektedir [14]:

Birinci (akımsız) pozisyon, ana fren silindiri ile tekerlek fren silindirini birbiriyle bağlamakta ve tekerlek fren basıncı yükselebilmektedir.

İkinci pozisyon (maksimum akımın yarısı ile tahrik), tekerlek frenini, ana fren silindiri ile geri iletimden ayırmakta ve böylece tekerlek fren basıncı sabit kalmaktadır.

Üçüncü pozisyon (maksimum akım ile tahrik), ana fren silindirini ayırmakta ve aynı zamanda tekerlek fren basıncının düşmesi için tekerlek frenini geri iletim ile bağlamaktadır. Böylece fren basıncı sadece sürekli olarak değil, aynı zamanda kısmi kumanda ile kademeli şekilde ve ölçülü olarak yükseltilebilmekte ve düşürülebilmektedir.

Yol sathı durumuna göre saniyede 4 ila 10 arası regülasyon döngüleri oluşmaktadır. ABS, bu reaksiyon hızını, elektronik sinyal işleme ile kısa cevap verme sürelerine borçludur [14].

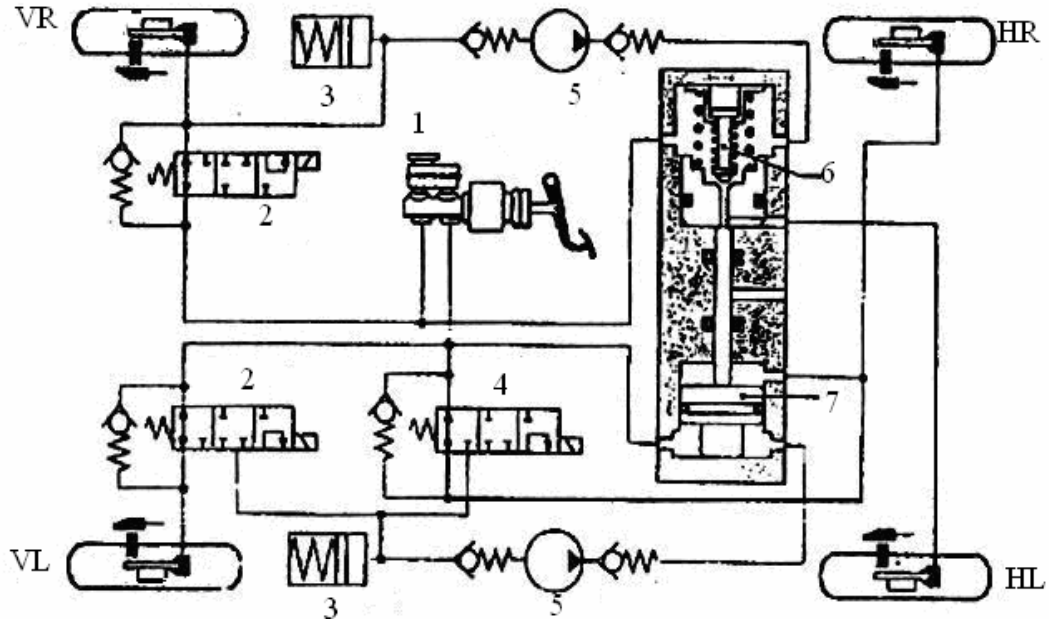
Hem hareket başlangıcında ve hem de aracın her durmasında, elektronik kontrol ünitesinde bir test döngüsü başlatılmakta ve bununla regülatör, emniyet devresi ve tüm elemanlar (ilgili tüm çevre) test edilmektedir. Bu test ile fren regülasyonu olmadan gerçekleşen araç seyirleri sırasında aktif olmayan ve devreden çıkma durumları ancak fren regülasyonu sırasında ortaya çıkabilecek muhtemel acil durumlarda fark edebilecek parçaları kontrol edebilmektedir. Kontrol devresinin kendi kendine testi, bu test döngüsünün önemli bir bölümüdür. Bu kendi kendine test (oto kontrol), arıza simüle edilerek kapama yolları dâhil devrenin reaksiyonunu analiz etmektedir. Bu test, kontrol devresinde gizlenen arızaları önlemekte ve böylece yüksek emniyet sağlamaktadır. Bu arızanın tespit edilmesi durumunda, ABS kapatılarak devreden çıkarılmakta ve gösterge panosu üzerinde bulunan bir emniyet lambası sürücüyü, sadece temel fren sisteminin kullanımda olduğu konusunda

uyarmaktadır. Bilgisayar kumandalı arıza simülasyonlu bu emniyet devresi, yüksek bir emniyet standardını garanti etmektedir [14].

5.2. ABS 2E Versiyonu

ABS 2E versiyonu, ABS 2S versiyonundan yola çıkılarak, diğer model araç serilerinde ABS kullanımına imkân vermek için maliyeti uygun Full-ABS olarak geliştirilmiştir. Bu sistem, fren pedalı geri etkisi ve gürültü ile ilgili düşük konfor sınırlamalarında ABS 2S ile aynı emniyet ve fonksiyon kapsamını sunmaktadır. Zira her iki versiyonda, aynı yapı sistemine dayanmaktadır. Böylece fonksiyon dezavantajları olmaksızın aynı maliyet avantajları elde edilmektedir [14].

Şekil 5.3, diyagonal (çapraz) fren devresi bölünmesi için uyarlanan ABS 2E modelinin hidrolik sistemini göstermektedir.



Şekil 5.3. Diyagonal (Çapraz) fren devresi bölünmesinde kullanılan ABS 2E hidrolik sistemi [14]

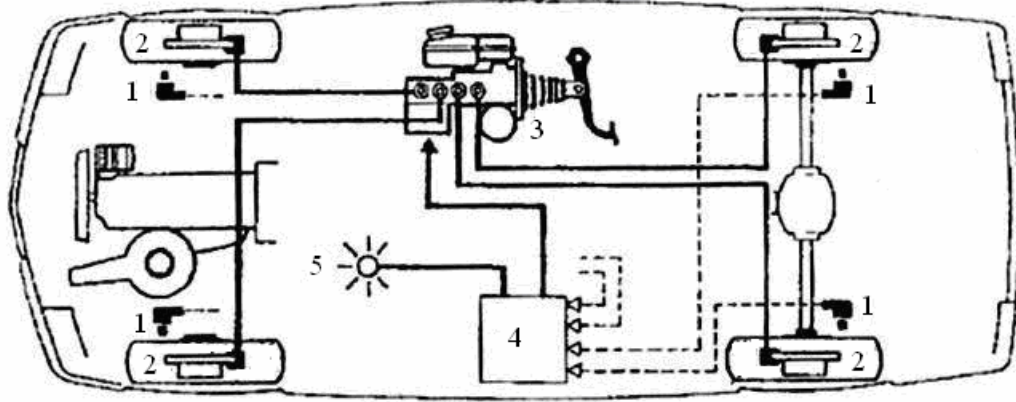
1. Fren kuvveti güçlendiricisi 2. Solenoid valf 3. Tutucu bölmeler
4. Arka aks solenoid valfi 5. Çift devreli geri dönüş pompası 6. Merkezi valf 7. Yüzücü piston V: Ön H: Arka R: Sağ L: Sol

ABS olmadan yapılan normal frenlemede, fren hidroliği arka aks solenoid valfinden geçerek arka sağ tekerleğe (HR) ve merkezi valften sol arka tekerleğe (HL) akmaktadır. ABS ile yapılan frenlemede, solda bulunan solenoid valflerin her biri bir ön tekerlek frenini regüle etmekte, arka aks solenoid valfi direkt sağ arka tekerleğe etki etmektedir. Elektronik kontrol ünitesinin, arka aksa verdiği uygun emre göre arka aks solenoid valfi basıncı tutma pozisyonuna geçmektedir [14].

Direkt ana fren silindiri ile bağlı alt yüzücü piston odasındaki basıncın, arka aks solenoid valfi ile bağlı olan yüzücü piston odasının basıncına göre daha fazla yükselmesinin sonucu, yüzücü pistonu yukarıya doğru hareket ettirerek merkezi valfin kapanmasını sağlayan bir dengesizlik oluşmaktadır. Sağ arka fren tekerleğindeki (HR) fren basıncı düştüğünde, yüzücü piston kuvvet dengesine girene kadar, yani arka tekerlek frenindeki fren basınçları yaklaşık aynı olana kadar, yukarıya hareket etmeye devam etmektedir. Böylece bir tek solenoid valf ile arka tekerleklerin select-low regülasyonu gerçekleşmiş olacaktır [14].

5.3. ABS 3.0 Versiyonu

ABS 3.0 versiyonunda (Şekil 5.4), hidrolik fren kuvveti güçlendiricisi ile ABS valf bloğu kapalı bir birim oluşturmaktadır. Her iki kısmi sistem, fonksiyonel ve yapı olarak birbiriyle bağlantılı olduklarından entegre ABS'den söz edilmektedir. Bu sistem, motor bölmesinde az yer kaplamakla birlikte fren kuvveti güçlendiricisi karakteristiğinin seçilebilir olması avantajını da sunmaktadır [14].



Şekil 5.4. ABS 3.0'lı binek otomobil [14]

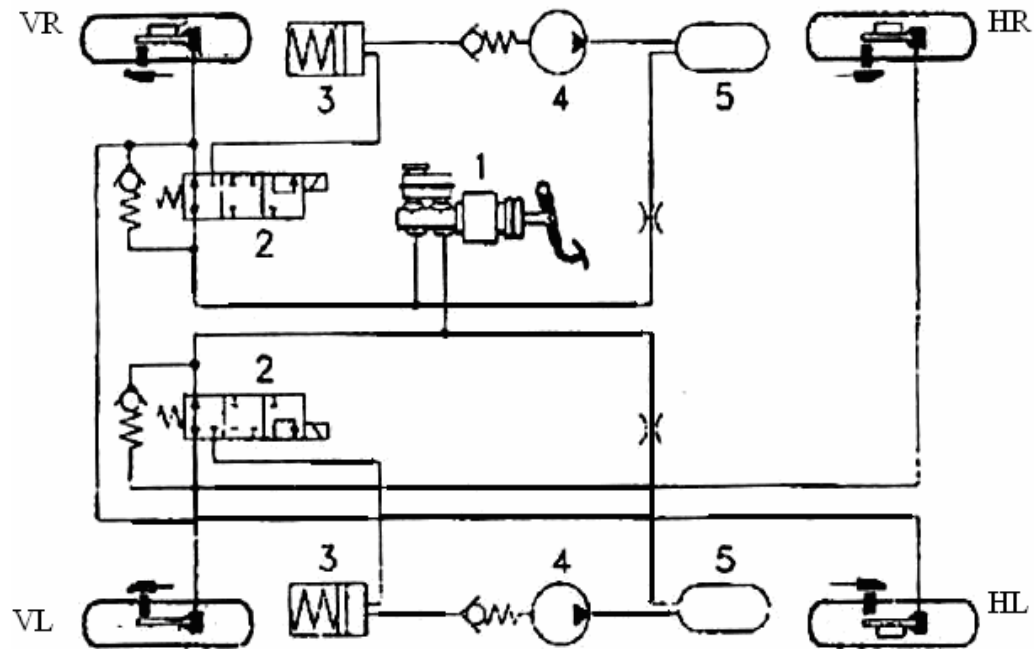
1. Tekerlek hız sensörü 2. Tekerlek fren silindiri 3. Ana fren silindirli hidrolik modülatör 4. Elektronik kontrol ünitesi 5. Emniyet lambası.

Geleneksel fren kuvvet güçlendiricilerine karşılık ana fren silindir pistonları fren pedalından ayrılmıştır. Bu nedenle; ana fren silindir pistonları, basınç beslemesinin, bildirilen devre dışı kalmalarında aynı pedal kuvvetiyle daha yüksek fren basınçları ve bununla birlikte, geleneksel fren kuvveti güçlendiricilerinin devre dışı kalmasına göre daha güçlü frenlemeler elde edilecek şekilde ebatlandırılabilir. Bir fren devresi devre dışı kalır kalmaz, fren pedalı üzerindeki karşıt basınç bağlı olmama sayesinde stabil kalmaktadır. Alışılmış fren kuvveti güçlendiricilerinin bu türdeki durumları, fren pedalının kuvvetsiz olarak düşmesiyle sonuçlanabilmektedir. Bu da sürücüde hatalı reaksiyonlara neden olabilmektedir [14].

5.4. Çift Kanallı ABS Versiyonu

Çift kanallı ABS diyagonal fren devresi, bölünmeli küçük ve orta sınıf binek otomobilleri açısından uygun maliyetli talebi karşılamaktadır (dört tekerlek çekişli araçlar ve iki tekerlekli motorlu araçlar için de uygundur). Normalde dört adet tekerlek hız sensörüyle çalışmaktadır. Hidrolik modülatörün, sadece iki adet solenoid valf bulunmaktadır. Bu iki solenoid valfin her biri, bir ön tekerleği ayarlamakta, çaprazda bulunan arka tekerlek ise basınç düşürücü ile müteakip ayarlanmaktadır. Böylece basınç regülasyonu daima, bir ön tekerlek ve bir arka tekerlek üzerine aynı anda etki etmektedir. Çift kanallı ABS, bir taraftan elektronik fren regülasyonunun

avantajlarını sunmaktadır. Ancak diğer taraftan da hidrolik sistemde daha önce anlatılan Full ABS'nin versiyonlarına göre fonksiyonel dezavantajları da beraberinde getirmektedir. Örneğin arka tekerleklerin biri tek taraflı kaygan yolda kilitlenebilmekte, ayrıca ön ve arka tekerlekler arasındaki stabil fren kuvveti bölünmesi nedeni ile farklı yük durumlarına olan adaptasyon diğeri gibi esnek bir şekilde sağlanamamaktadır [14].



Şekil 5.5. Çift kanallı ABS hidrolik sistemi [14]

1. Fren kuvveti güçlendiricisi 2. Solenoid valfler 3. Amortisör (kısmı) bölmeleri 4. Çift devreli geri dönüş pompası 5. Tutucu bölmeler V: Ön H: Arka R: Sağ L: Sol

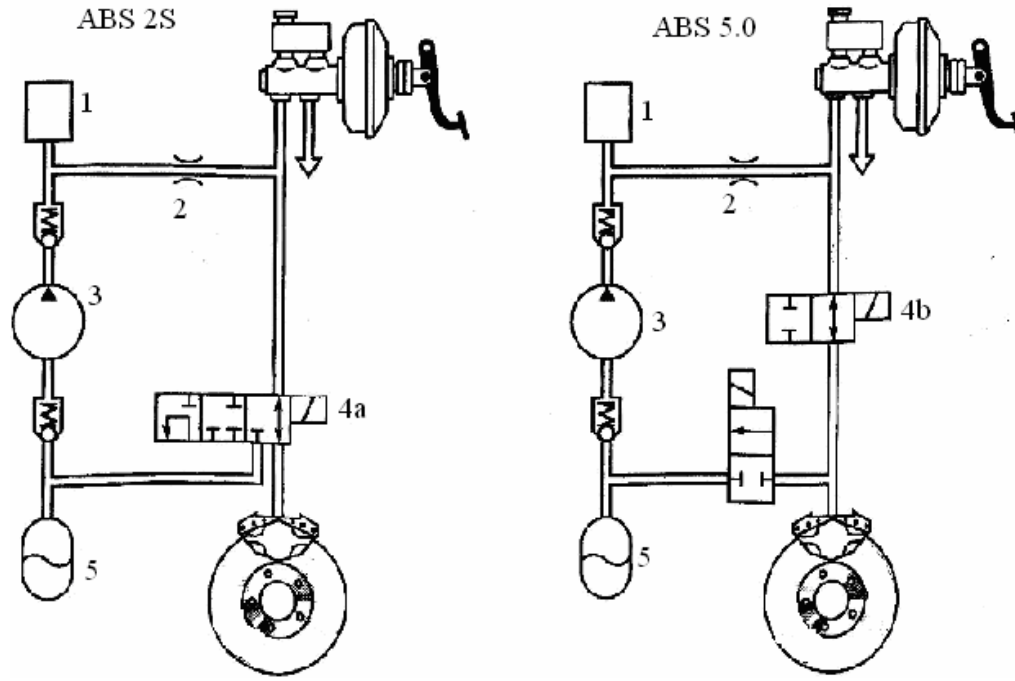
5.5. ABS 5.0 Versiyonu

ABS 5.0 versiyonu, ABS 2S ünitesine göre daha ilerletilmiş olduğu kanıtlanmıştır. FMEA (failure mode effect analysis) ayrıntılı sistem bütünlüğü sağlamada uygulanmaktadır.

ABS 5.0, aşağıdaki karakteristik özelliklerden ayırt edilmektedir:

- Esnek uygulamalar için modüler oluşum,
- Kapalı fren devresi ile dönüş prensibi,
- Ayrıntılı moniterize yazılım ile bilgisayar çift işlemci prensibi.

ABS 2S, hidrolik modülatör ünitesinde solenoid valf ile birlikte tanımlanmaktadır. ABS 2S, 3/3 solenoid valf ile çalışmakta, fakat ABS 5.0'a 2/2 solenoid valf yerleştirilmiştir. ABS 5.0'daki fren kuvveti dağılım örneği, aynen ABS 2S'deki gibi olmaktadır. Her iki örnekte de 3 ve 4 kanal versiyonu kullanılabilmektedir.



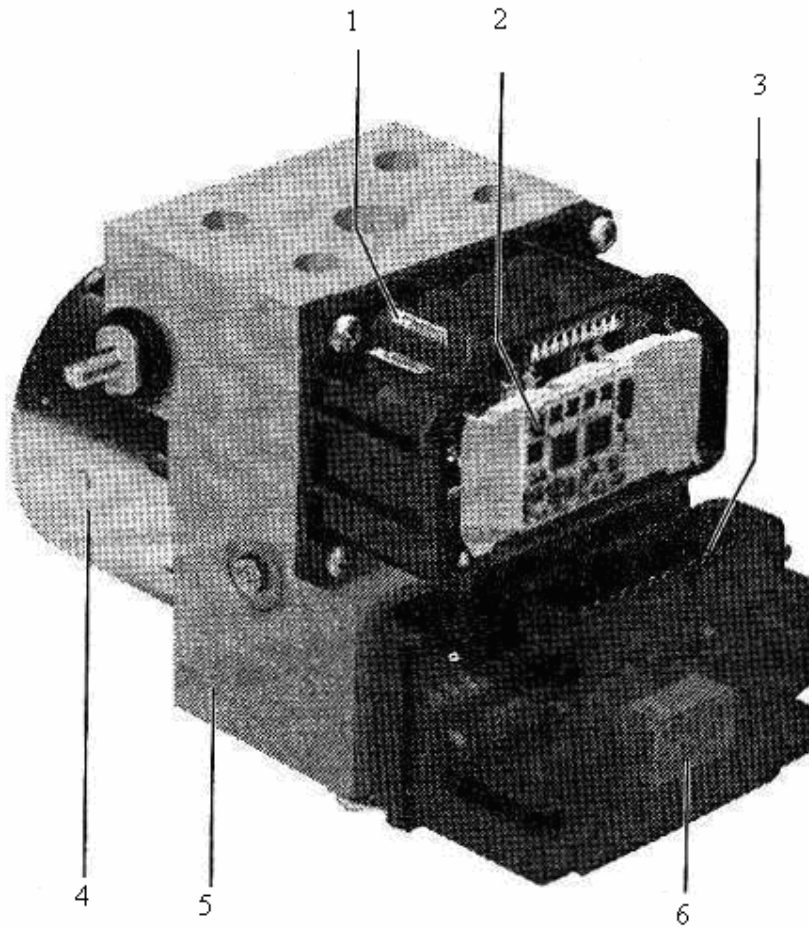
Şekil 5.6. ABS fren sistemleri: Bir karşılaştırma

1. Titreşim odası 2. Kısıma valf 3. Geri dönüş pompası 4a. 3/3 valf
4b. 2/2 valf 5. Akümülatör

5.6. ABS 5.3 Versiyonu

Resim 5.1'de görülen bu versiyon, ABS 5.0'daki gibi aynı fonksiyonları göstermektedir. Fakat daha fazla bileşke paket şeklindedir. İki sistem arasında belirgin farklılıklar ağırlık ve hacim olarak ortaya çıkmaktadır. Yerleşim alanı küçüklüğü önemli bir faktördür. Ayrıca ağırlık, daha düşük servo motor

kombinasyonu yardımıyla düşük tutulmuştur. Solenoid valfler, ayrı dizayn edilmiş olup hidrolik parçalar, hidrolik basınç modülatörüne yerleştirilmiştir ve elektriksel malzemeler elektrik kontrol ünitesi üzerindedir. Elektronik kontrol ünitesi, hidrolik modülatör üzerine direk yerleştirilmek için uygun formda olabilir ya da ayrı bir sistem ile kabloyla birleştirilebilmektedir. Elektriksel parçalar, elektronik kontrol ünitesi üzerinde microhibrid dizayn şeklinde yerleştirilmiştir. Bakım esnasında minimum efor gereksinimi duyulmaktadır.



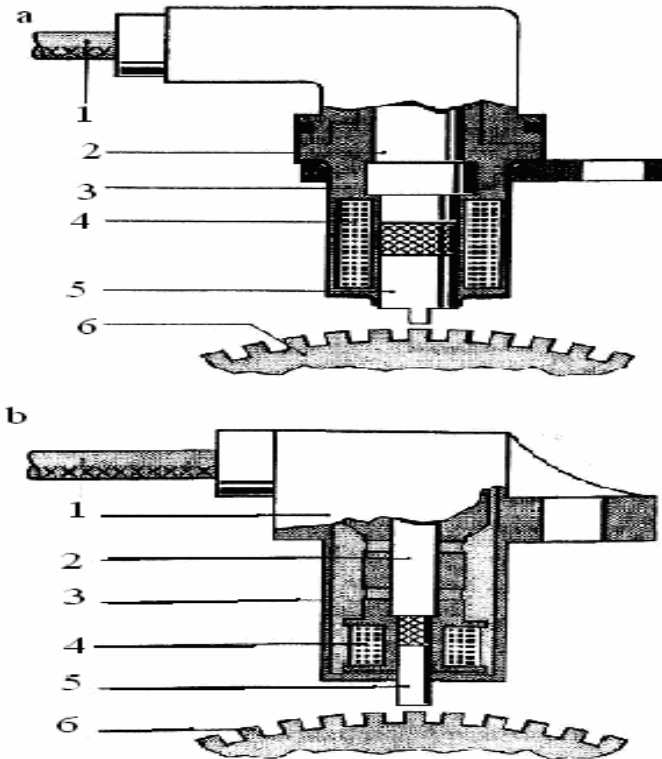
Resim 5.1. Kontrol ünitesi ile birleşik ABS 5.3

1. Mıknatıs valf bobini 2. Microhibrid 3. Sinyal ve enerji sağlayıcı
4. Motor 5. Pompa yeri 6. Role

6. ABS FREN SİSTEMİNİN PARÇALARI

6.1. Tekerlek Hız Sensörleri

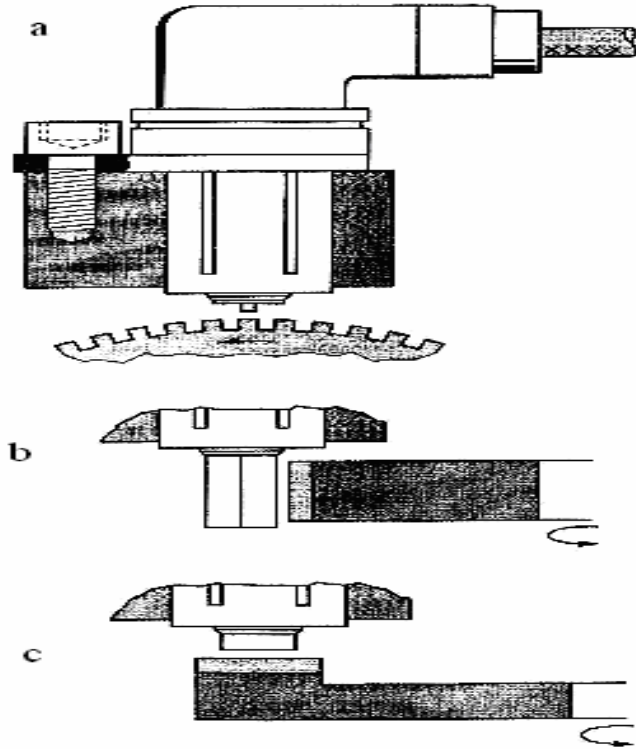
Tekerlek hız sensörleri, tekerleğin hızını elektronik kontrol ünitesine göndermektedir. Şekil 6.1’de gösterilen, kutup iğne (pim) (5), bobin sargısı ile (4) çevrelenmiştir ve bu direkt olarak sensör çemberi (6)’nın üzerine yerleştirilmiştir. Bu dişli çember, tekerlek göbeği veya diferansiyele bağlıdır. Kutup, manyetik alan sensör halkasının içine kadar yayılan bir daimi mıknatıs (2) bağlıdır. Halka döndüğünde, kutup sırasıyla dişli veya dişli yarığı ile karşılaşmaktadır. Bu sebeple, tekrarlanan manyetik alan değişimi ile bobinde bir voltaj değişimi meydana gelmektedir. Bu voltajın frekansı, tekerlek hızını belirlemektedir [14].



Şekil 6.1. Tekerlek hız sensörü [14]

- a. DF2 tip tekerlek hız sensörü ile sivri uçlu kutup pimi b. DF3 tip tekerlek hız sensörü ile yuvarlak uçlu kutup pim
1. Elektrik kablosu
2. Daimi mıknatıs
3. Gövde
4. Bobin sargısı
5. Kutup iğnesi (Pim)
6. Sensör çemberi

Kutup pimi ile titreşim çemberi aynı hizada olmalıdır. Hatasız bir hız ölçümü için tekerlek hız sensörü ile çember arasında 1 mm'lik bir hava boşluğu vardır. Titreşim ve sapmalar minimumda tutulmalıdır. Tekerlek hız sensörleri, su veya toz yüzünden oluşacak ters etkileri minimuma indirmek için yerleştirmeden önce yağlanmaktadır. Sensör sistemi, pasif veya değişken mukavemet sistemleri olarak tanımlanabilmektedir. Çıkıntısı, sensör halkasının bir fonksiyonudur. Sinyal genişliği, düşük titreşim halkası hızlarında çok düşüktür. Örneğin 3 ile 5 km/s'de 2-3 mph'dir. Sıfır tekerlek hızı; çekiş kontrolü, hız ölçer ve oda metre için kritiktir [14].

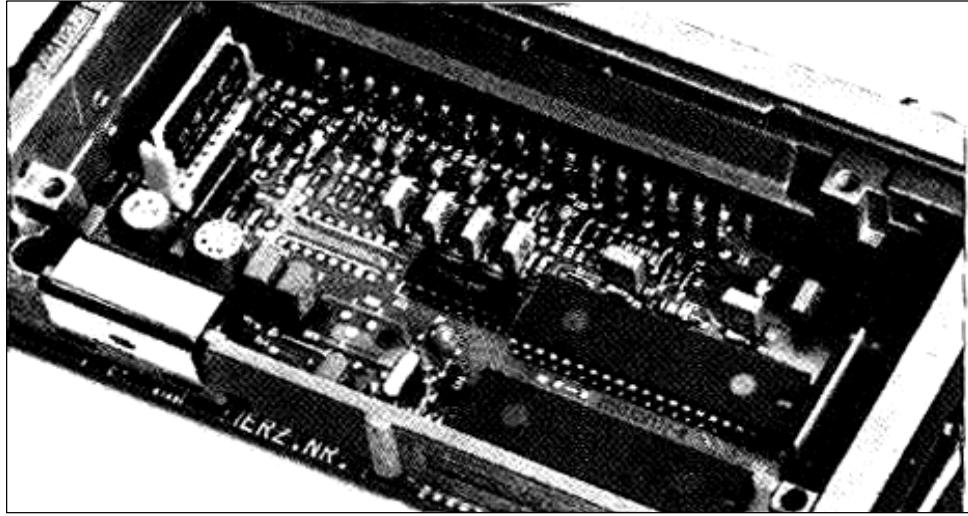


Şekil 6.2. Tekerlek hız sensörleri için kutup pimleri ve çeşitli tip sistemler [14]
a. Radyal sistem, radyal sinyal jeneratörü ile sivri uçlu kutup iğneli (pim) tip b. Aks sistemi, radyal sinyal jeneratörü ile eşkenar kutup iğneli (pim) tip c. Radyal sistem, aks sinyal jeneratörü ile silindirik kutup iğneli (pim) tip

6.2 Elektronik Kontrol Ünitesi (ECU)

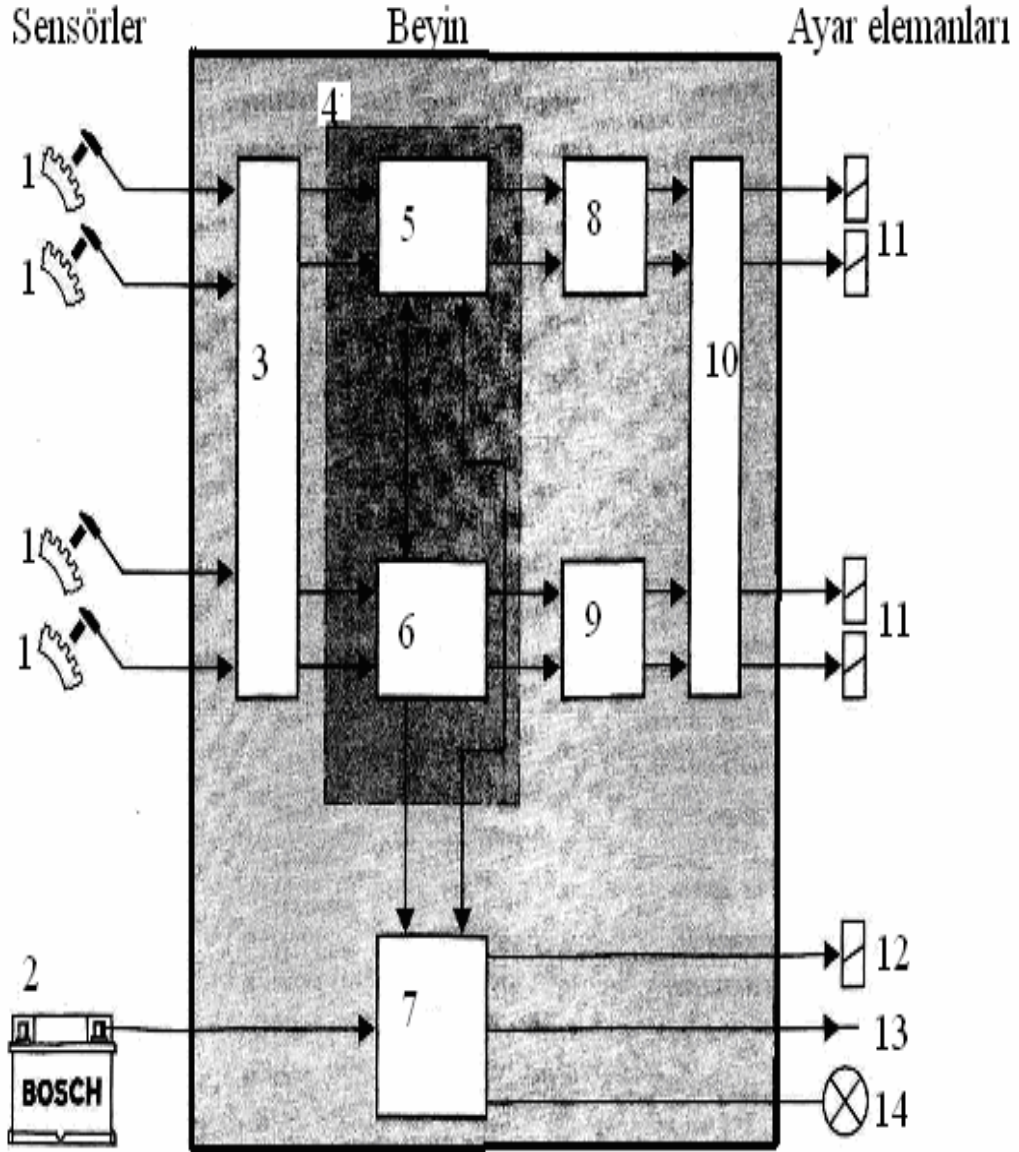
6.2.1. ABS 2S için ECU

Elektronik kontrol ünitesi, oldukça yoğun olarak yapılmıştır. Yaklaşık 140 mm^2 'lik bir platin üzerinde sadece 60 yapı elemanı bulunmaktadır. Karma tekniğinde yapılan her bir fonksiyon blokları, yüksek bir entegrasyon derecesinde olup ilgili araç tipinin gereklerine göre optimize edilmiştir. İki büyük dijital kumanda devrelerinden oluşan dijital regülatör, örneğin 37 mm^2 'lik bir çip alanı üzerinde 16000 transistör fonksiyonunu birleştirmektedir. Filtrelemeye, derinlik uyumlaştırmaya ve parazit gidermeye ilişkin ayrı yarı iletken yapı elemanları ile solenoid valf kontrolüne ilişkin güç transistörleri bu yapı elemanlarını tamamlamaktadır (Resim 6.1) [14].



Resim 6.1. ABS 2S kontrol ünitesi [14]

Elektronik kontrol ünitesinin yerleştirilmesine ilişkin tercih edilen yer, yolcu mahallidir. Zira burada, yüksek ısılar ve püskürtme suyu gibi olumsuz etkenler oluşmamaktadır. Motor kaputuna yerleştirilen elektronik kontrol ünitesinin, yükselen kıstaslar karşısında uygun olarak donatılmış olması gerekmektedir. Şekil 6.3, blok şemada 4 kanallı tesisatın elektronik kontrol ünitesine ilişkin prensip yapısını göstermektedir [14].



Şekil 6.3. ABS 2S için elektronik kontrol ünitesi [14]

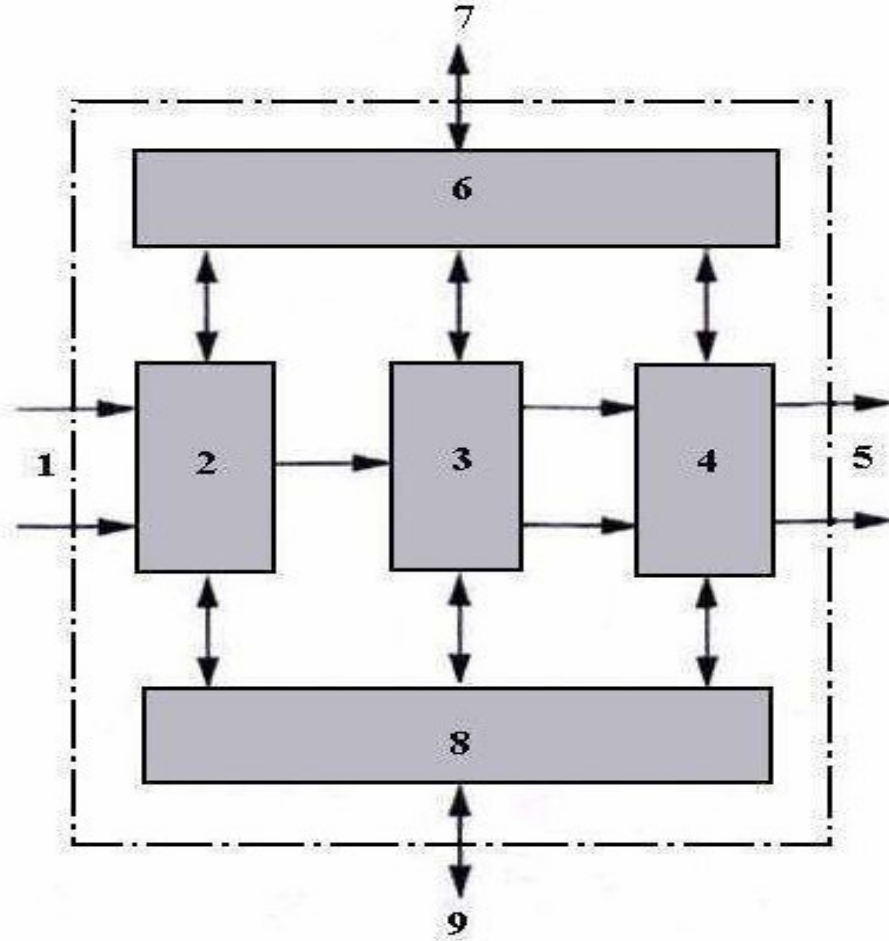
1. Tekerlek hız sensörü (tekerlek frekansları) 2. Batarya 3. Giriş devresi
 4. Dijital regülatör 5. Büyük kumanda devresi 1 6. Büyük kumanda devresi 2 7. Gerilim stabilizatörü/arıza belleği 8. Çıkış devresi 1 9. Çıkış devresi 2 10. Son kademe 11. Solenoid valf 12. Emniyet rölesi
 13. Stabilize batarya gerilim 14. Emniyet lambası.

Giriş devresi

Giriş devresi, derin alıştırma filtresi ile parazit gidermeye ve tüm tekerlek hız sensör sinyallerinin (kanal 1 ... 4) güçlendirilmesinde kullanılan giriş güçlendiricisinden oluşmaktadır. Giriş devresi, tekerlek hız sensörlerinin sinüs şeklindeki alternatif gerilimlerini, dikdörtgen şeklindeki çıkış sinyallerine dönüştürmekte ve bu hazırlanmış sinyalleri, dijital regülatörün her iki büyük kumanda devrelerine yöneltmektedir [14].

Dijital regülatör

Dijital regülatör, her biri iki tekerlekten (kanal 1+2 yada 3+4) gelen bilgiyi paralel işleyen ve lojik süreçleri uygulayan iki eşit, birbirinden bağımsız dijital büyük şalt devrelerinden oluşmaktadır. Böylece, bu devre parçasında merkezi arızalara neden vermeyen kanal ayrımı gerçekleşmektedir. Ayrıca, sinyal işlemedeki “ölü zamanlar” asgari ölçüye inerek, bu durumda regülasyon kalitesi açısından oldukça pozitif etkilere neden olmaktadır. Her iki büyük kumanda devresinin giriş kademelerinde, tekerlek frekanslarına ilişkin analog dikdörtgen şekilli sinyallerin her biri 10 bit’lik dijital ‘kelimeye’ dönüştürülmektedir. Aks salınımları veya kasisli yol sathı nedeniyle oluşan parazitler, burada filtrelenmektedir. Akabinde devreye giren seri hesap mekanizması, bu şekilde oluşturulan tekerlek frekansından “tekerlek kayması ve tekerlek gecikmesi ya da kapışını” hesaplamaktadır. Değişken fonksiyonları açısından adaptif olan yani başka değişle regülasyon mesafesinin değişen şartlarını öğrenerek uyum gösteren kompleks regülatör lojiği, bu regülasyon sinyallerini solenoid valflere yönelik ayar emirlerine dönüştürmektedir. Data iletimi üzerinden giriş kademesine, hesaplama mekanizmasına ve regülatör lojiğine bağlanan kesit noktası, her iki dijital büyük kumanda devresi arasındaki iletişimi sağlamaktadır (Şekil 6.4) [14].



Şekil 6.4. Regülatörün büyük kumanda devresi [14]

1. Giriş devresinden gelen tekerlek frekansları
2. Giriş kademesi (frekans regülasyon devresi)
3. Hesaplama mekanizması
4. Regülatör lojisi
5. Çıkış devresindeki valf ayar emirleri
6. Data (veri) iletimi
7. Kesit noktası
8. Kontrol (denetleme) devresi
9. Arıza (hata) sinyali

Bir diğer fonksiyon bloğunu, arıza tanıma ve arıza değerlendirmeye ilişkin kontrol (denetleme) devresi oluşturmaktadır. ABS, işletim freni tesisatına el attığından, bu devrenin yüksek emniyet kriterlerine uyması ve yüksek arıza arama oranı göstermesi gerekmektedir. Dijital regülatörün bir arızası olduğu takdirde, kontrol devresi bir arıza sinyali oluşturmakta ve emniyet rölesi aracılığıyla stabilize gerilimi ve bununla birlikte sistemi kapatmaktadır. Ayrıca bu arıza sinyali, arıza belleğine de işlenmektedir. Elektronik kontrol ünitesinin ve ABS'nin devre dışı kalması ile ilgili

olarak sürücü, emniyet lambasının yanmasıyla uyarılmış olmaktadır. ABS, devre dışı kalsa dahi işletim fren tesisatı verimi azalmaksızın çalışmaya devam etmektedir [14].

Her bir büyük kumanda devresinin kontrol devresi bağımsız çalışmaktadır. Kontrol devresi, özellikle lojik doğruluk testlerine dayanmaktadır. Başka bir deyişle; sinyallerin ortaya çıkması ve bunların kombinasyonunun lojik olarak doğru olup olmadığını ve sinyallerin açma sürelerinin fiziksel olarak mümkün olup olmadığını kontrol etmektedir. Tekerlek hız sensörü, röle ve kablo demeti gibi sistemin çevresi ile hidrolik bileşmelerin elektrikli parçaları bu denetime dahildir. Arıza değerlendirmesi ise sistemin kanallar bazında mı yoksa tüm olarak mı kapatılıp kapatılmamasına karar vermektedir [14].

Çıkış Devreleri

Karma tekniğindeki her iki çıkış devreleri, güç transistörleri ile bağlantılı olarak üretilmektedir. Bunlar 1 + 2 ya da 3 + 4 kanalları için akım regülatörü olarak işlemekte ve her iki büyük kumanda devrelerinden solenoid valflerin tahrikine yönelik ayar emirlerini almaktadır. Akım regülasyonu, solenoid valflerin dar tolere edilmiş manyetik kuvvetlerinin ve açma sürelerinin, genel gerilim ve sıcaklık alanında tutulmasına imkan vermektedir [14].

Son Kademe (Çıkış Kademesi)

Çıkış kademesi, akım regülatörünün de etkisinde kalarak her iki çıkış devresinde, solenoid valflerin tahriki için gerekli akımları hazır tutmaktadır [14].

Gerilim Stabilizatörü Arıza (Hata) Belleği

Elektronik kontrol ünitesinin bu fonksiyon bloğu, besleme geriliminin stabilize edilmesine ve bu gerilimin izin verilen tolerans sınırları açısından kontrolüne (denetlenmesine) yaramaktadır. Ayrıca düşük şebeke gerilimi sonucunda devreyi

kapayan düşük gerilim tanınması özelliği, arıza belleği ve emniyet lambasının yanmasına ilişkin rölesi ile devresi bulunmaktadır [14].

6.2.2. ABS 2E için ECU

ABS 2E için üretilen elektronik kontrol ünitesi, ABS 2S için üretilen elektronik kontrol ünitesine benzer şekilde çalışmaktadır. Bunda, ilgili araç tipine göre ayarlanmış büyük kumanda devreleri yerine iki adet mikro işlemci bulunmaktadır. Bu mikro işlemciler, sinyal oluşturma, regülatör programını “çalıştırma” ve ABS’nin oto-kontrol görevini yerine getirmektedir. Bu elektronik kontrol ünitesi, teşhisini ISO standartlarına göre uygulamaktadır. Buna göre, ABS bileşenlerinin mevcut devre dışı kalmaları ya emniyet lambası ya da zeki test cihazı ile lokalize edilebilmektedir [14].

ABS 2E’ye ilişkin iki elektronik kontrol ünitesi varyasyonu bulunmaktadır [14]:

1. Ayrı tesis (montaj) edilebilen birinci varyasyonu, diğer bileşeklerden ayrı olarak yolcu mahallinde bulunmaktadır.
2. Karma tekniğinde olan ikinci varyasyonu, hidrolik modülatörün motoru üzerine vidalanmıştır ve bununla bir birlik oluşturmaktadır. Tabak büyüklüğünde olan ve üzerinde elektrikli yapı elemanları bulunan seramik parça, bir alüminyum levha tarafından taşınmaktadır. İletken raylar ve dirençler, bunun üzerine basılmıştır. Diğer elektronik yapı elemanları ise yapıştırılmıştır. Karma tekniği, oldukça daha iyi bir ısı yansımaya imkân verdiği için dolayı hassas elektronik kontrol ünitesi, motor kaputu altındaki sıcaklıklara daha rahat dayanabilmektedir. Oturtulmuş elektronik kontrol ünitesi, hidrolik modülatörün tesis hacmini yok denecek kadar az bir şekilde arttırmaktadır. İlave ağırlık, ayrı elektronik kontrol ünitesine göre sadece yedide biri kadardır. Buna ilaveten, ABS kablo demetinin kapsamı oldukça küçülmektedir. Zira hidrolik modülatör ile elektronik kontrol ünitesi arasındaki bağlantıya gerek kalmamaktadır. Bu da sonuç olarak, tüm sistemin güvenilirliğini artırmaktadır.

6.2.3. ABS 3.0 için ECU

Fren kuvveti güçlendirme fonksiyonlarının (veri beslemesi, devrenin devre dışı kalması, enerjinin devre dışı kalması) kontrolüne ilişkin genişletme dikkate alınmaz ise ABS 3.0'ün elektronik kontrol ünitesi görevleri, ABS 2.0'ın elektronik kontrol ünitesi ile aynıdır [14].

6.2.4. Çift kanallı ABS için ECU

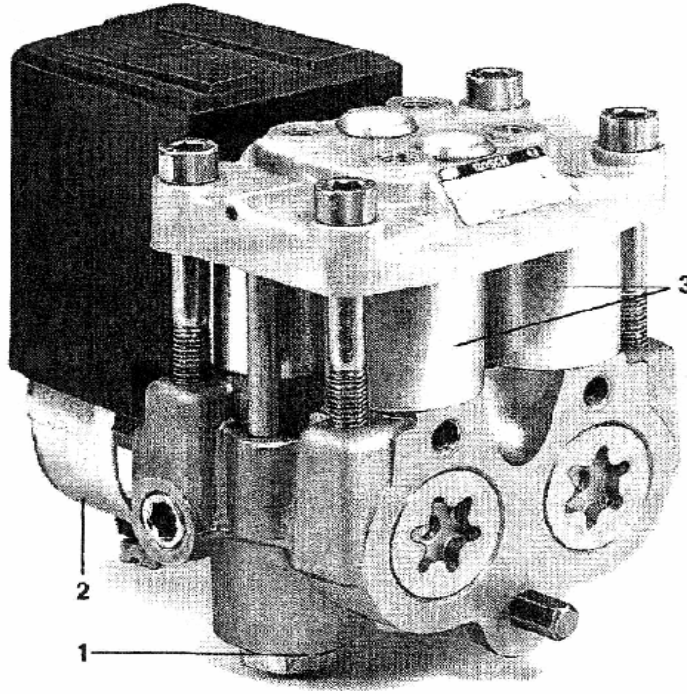
Çift kanallı ABS, elektronik kontrol ünitesinin, hidrolik modülatör ile montajına imkân veren karma tekniğinden faydalanmaktadır. Sistemde bulunan iki adet mikro işlemci, sinyalleri ve regülasyon programını birbirine paralel olarak işlemekte ve karşılıklı olarak da birbirini denetlemektedir. ISO normuna göre yapılan teşhis, sistemin devre dışı kalması durumunda arıza yollarını göstermektedir. Çift kanallı ABS'de sadece iki adet solenoid valf bulunduğundan bunların kontrolü için sadece iki çıkış kademesi yeterli olmaktadır. Elektronik kontrol ünitesinin kapsamı, ABS 2E'ye göre biraz daha düşüktür [14].

6.3. Hidrolik Modülatör

Hidrolik modülatör, elektronik kontrol ünitesinin emirlerini uygular ve sürücüye bağlı kalmaksızın solenoid valfler aracılığıyla, tekerlek frenlerindeki basınçları etkilemektedir. Ana fren silindiri ile tekerlek fren silindirleri arasındaki hidrolik bağlantıyı sağlayan hidrolik modülatör, ana fren silindirine ve tekerlek fren silindirine giden hidrolik iletkenlerin kısa tutulabilmesi açısından motor bölümünde bulunmaktadır [14].

6.3.1. ABS 2S için hidrolik modülatör

ABS 2S hidrolik modülatör, geri iletim pompasından, her bir fren devresine ait bir tutucudan ve solenoid valflerden oluşmaktadır (Resim 6.2) [14].



Resim 6.2. ABS 2S için hidrolik modölatör [14]

1. Tutucu 2. Geri iletim pompası 3. Solenoid valf

Geri İletim Pompası

Geri iletim pompası, basınç düşmesi sırasında tekerlek silindirlerinden dışarı akan fren hidroliğini, ilgili tutucu üzerinden ana fren silindrine geri basmaktadır [14].

Tutucu

Tutucuların görevi, basınç düşmesi sırasında ani olarak ortaya çıkan fren hidroliğini geçici olarak içlerine almaktır [14].

3/3 Solenoid Valfler

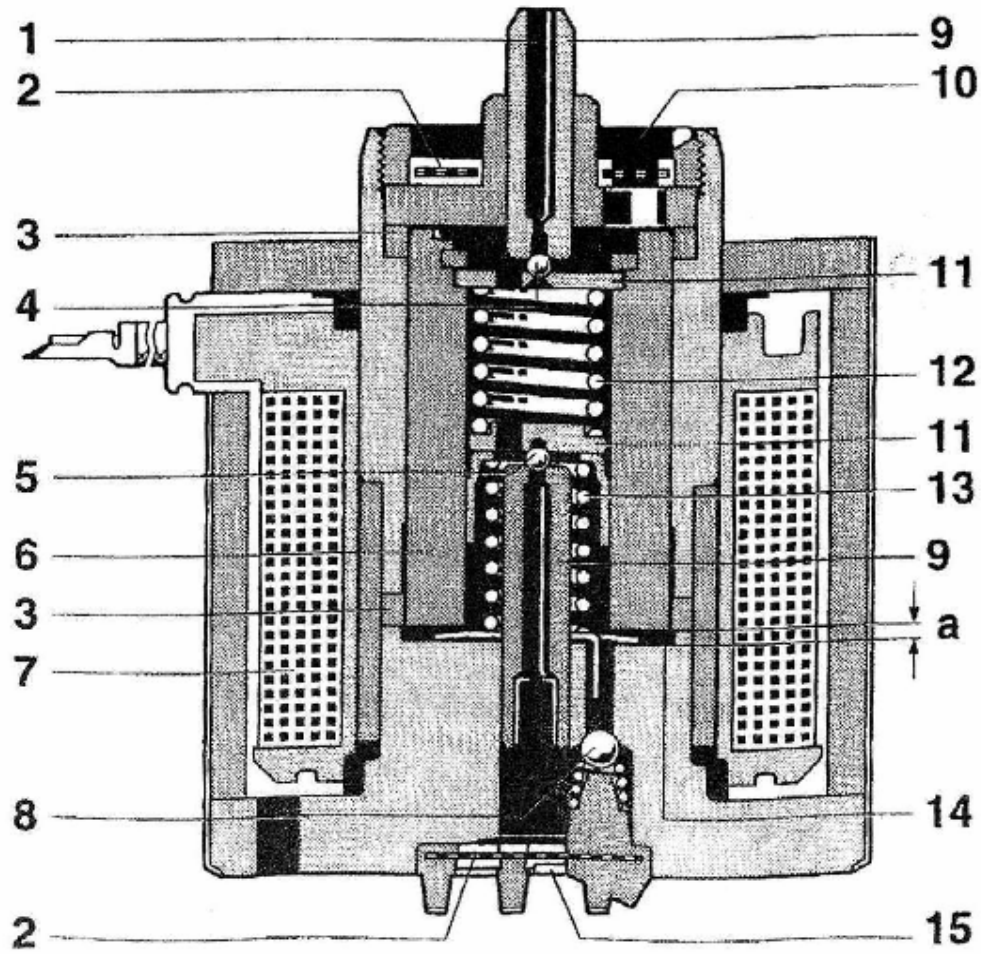
3/3 solenoid valfler, ABS regülasyonu sırasında tekerlek fren silindirleri içerisindeki basınç modülasyonunu uygulamaktadır. Her bir tekerleğe (4 kanal tesisatı) ya da her

bir ön tekerleğe ve arka tekerleğin ikisine birlikte (3 kanal tesisatı) olmak üzere birer 3/3 solenoid valf yerleştirilmiştir. Adı geçen 3/3 solenoid valf, üç hidrolik bağlantılı ve üç anahtarlama pozisyonlu valftir. Bununla, ana fren silindiri, tekerlek fren silindiri ve geri iletim arasındaki bağlantıların oluşturulması imkanı oluşmakta ve böylece basınç oluşumu, basınç tutma ve basınç düşürmesine ilişkin regülasyon fonksiyonları uygulanabilmektedir [14].

Solenoid Valflerin Yapısı

Şekil 6.5'ye göre, valf iç hacmi, giriş ve çıkışta olmak üzere filtre (2) tarafından kirlenmelere karşı korunmaktadır. Direkt emme valfinin (5) önünde ve çıkış valfinin (4) arkasında hidrolik dar kısımlar bulunmaktadır. Bunların büyüklüğü ile geçiş, ilgili fren tesisatının gereklerine adapte edilmiştir. Yüksek bir fonksiyon güvenliği ve asgari sürtünme oranlarını sağlamak için manyetik olmayan yatak kovanları (3) tarafından hareketli rotor (6), merkezi sıraya göre ana (13) ya da yan yana (12) yerleştirilmiştir. Emme valfini (5) kapamaya ve çıkış valfini (4) açmaya yarayan rotor hareketleri (kursları) yaklaşık 0,25 mm kadardır ve bunların valf montajı sırasında preslenmiş valf gövdelerinin (9) kaydırılmasıyla ayarlanmaları gerekmektedir. Sızdırmazlık elemanı olarak, taşıyıcı levhalara (11) lehimlenmiş olan ve etkili hidrolik kuvvetler nedeniyle küçük boyutta olması gereken çelik bilyalar kullanılmaktadır. Conta yuvaları sertleştirilmiştir ve 200 bar'lık sızdırmazlık etkisini sağlamak için çok hassas ve ince işlenmiştir. Manyetik devrenin parçaları da aynı şekilde kesin bir yapıya sahiptir. Zira gerekli birkaç milisaniyelik anahtarlama süreleri, sadece sabit manyetik oranlarla elde edilebilmektedir. Bunun için ise örneğin valf gövdesi içerisine kesin olarak tanımlanmış manyetik olmayan bir ara parça (alt yuva kovani 3) preslenmiştir. Bununla manyetik akım, bobin sargısı etrafında alacağı yolda çalışma hava aralığı (a) üzerinde akmak üzere rotora (6) geçiş yapmaya zorlanmaktadır. Pres bağlantısı 350 bar basınca kadar dayanıklı olmalıdır [14].

Manyetik kuvvetlerin, rotor kursu üzerinde mümkün olduğunca orantılı olarak yer almaları da son derece önemlidir. Bunu elde etmek ise çalışma hava aralığında rotor alın yüzeyinin içerisine battığı dalma kademesinin (14) görevidir [14].

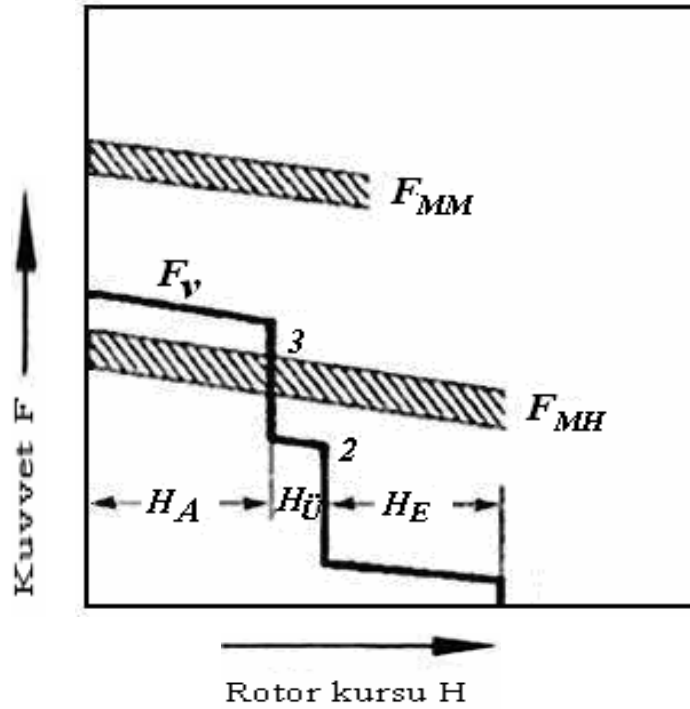


Şekil 6.5. ABS 2S için 3/3 solenoid valf [14]

1. Geri iletme gider 2. Filtre 3. Manyetik olmayan yatak kovani
4. Çıkış valfi 5. Emme valfi 6. Rotor 7. Sargı 8. Kontrol valfi
9. Valf gövdesi 10. Tekerlek fren silindrine gider 11. Taşıyıcı levha
12. Yan yay 13. Ana yay 14. Dalma kademesi 15. Ana silindirden gelir
- a. Çalışma hava aralığı

Şekil 6.6'de, rotor kursuna bağlı olarak tutma akımının manyetik kuvvetinin ve maksimum akımın eğrileri görülmektedir. Sargının (7) çevresi, keskin fren hidroliğine karşı korunmak üzere sentetik madde ile kaplanmıştır. Emme valfine (5)

paralel olarak, frenin gevşemesiyle açılarak tekerlek fren silindirinden ana fren silindrine daha büyük kesitli ilave bir bağlantı sağlayan kontrol valfi (8) yerleştirilmiştir. Böylece basıncın hızla azalması sağlanmaktadır. Ayrıca, teorikte akla gelen bir arızanın oluşmasıyla da (örneğin, ana yay kırılması veya rotorun kilitlemesi) tekerlek freninin gevşemesi mümkündür [14].



Şekil 6.6. Solenoid valf üzerindeki kuvvetler [14]

F_{MH} : Tutma akımı manyetik kuvveti F_{MM} : Maksimum akım manyetik kuvveti F_V : Avans kuvveti H_A : Çıkış kursu H_E : Giriş kursu $H_Ü$: Çıkıntı kursu 1. Ana yay kuvveti eksi yan yay kuvveti (basınç oluşturma pozisyonu) 2. Ana yay kuvveti (basınç tutma pozisyonu) 3. Ana yay kuvveti artı yan yay kuvveti (basınç düşürme pozisyonu)

Çalışma Şekli

Basınç Oluşumu: Tahrik olmayan, yani akımsız durumdaki ana fren silindiri (15) girişi ile tekerlek fren silindiri (10) girişi arasında engelsiz bir bağlantı mevcuttur ve böylece normal frenlemede hem ABS müdahalesi olmaksızın ve hem de ABS regülasyonu sırasında, fren basıncı artabilmektedir. Bu pozisyonda, solenoid valf

içerisinde, ana yay (13) ve yan yay (12) olmak üzere her iki yay birbirine zıt etki etmektedir. Ancak ana yayın ön gerilmesi, daha yüksek olduğundan emme valfi (5) sonuç açma kuvveti ile açılmaktadır [14].

Basınç Tutma: Basıncın daha fazla yükselmesini önlemek için emme valfi (5); kilitleme tehlikesi karşısında ana fren silindirinden kilitlemeye eğimli tekerleklerin, tekerlek fren silindirine giden bağlantıyı kesmelidir. Bunun için ilgili sargı (7) yarım maksimum akım (tutma akımı) ile beslenmektedir. Böylece rotor (6) ta ki emme valfi (5) kapama bilyası ile kapanana kadar hareket etmektedir. Bu pozisyonda, yan yay (12) artık ana yay (13) karşı etki edememektedir. Sargı (7), rotorun hareket devamlılığı için gerekli her iki yayın ön gerilme kuvvetini geçemediğinden, rotor bu orta pozisyonda korunmaktadır. Böylece her üç bağlantı yeri karşılıklı olarak kapanmış durumdadır. Oluşan “çıkıntı kursu” (Şekil 6.6) ile emme valfinin (5), çıkış valfini (4) açabilene kadar kapalı kalması sağlanmaktadır [14].

Basınç Düşürmesi: Fren basıncının fazla yüksek olması durumunda basıncın düşürülmesi gerekmektedir. Bunun için, ilgili tekerlek fren silindirinin geri akış (1) ya da tutucu ile bağlantısı gereklidir. Bu bağlantının sağlanması için sargı (7) maksimum akım ile beslenmektedir. Bu durumda, rotor (6), her iki yay (12 ve 13) kuvvetinin üzerine çıkarak, çıkış valfini (4) açma durumuna gelmektedir. Tekerlek fren silindirinde yeterince basınç düşürüldüğünde, solenoid valf gerekliliğe göre basıncı tutmak üzere tutma pozisyonuna veya basıncı oluşturmak üzere normal pozisyona anahtarlanmaktadır [14].

6.3.2. ABS 2E için hidrolik modülatör

ABS 2E hidrolik modülatörü, paralel fren devresine sahip araçlarda kullanılmakta (ön aks-arka aks bölünmesi) ve üç adet 3/3 solenoid valfe, iki tutucu oda ile bir adet çift devreli geri basma pompasına sahiptir. ABS 2S hidrolik modülatör ile karşılaştırılabilmektedir. Çapraz fren devresi bölünmeli araçlarda kullanılan ilgili hidrolik modülatör, ayrıca dördüncü solenoid valf yerine ikinci arka tekerleği regüle eden bir “yüzücü piston”a sahiptir [14].

6.3.3. ABS 3.0 için valf bloğu

Kendisine verilen görevler bakımından ABS 3.0’da kullanılan valf bloğu, ABS 2 hidrolik modülatörüne benzemektedir. ABS regülasyonu sırasında fren basıncını modüle eder ve fren hidroliğinin geri basılmasını sağlamaktadır [14].

Yapısı

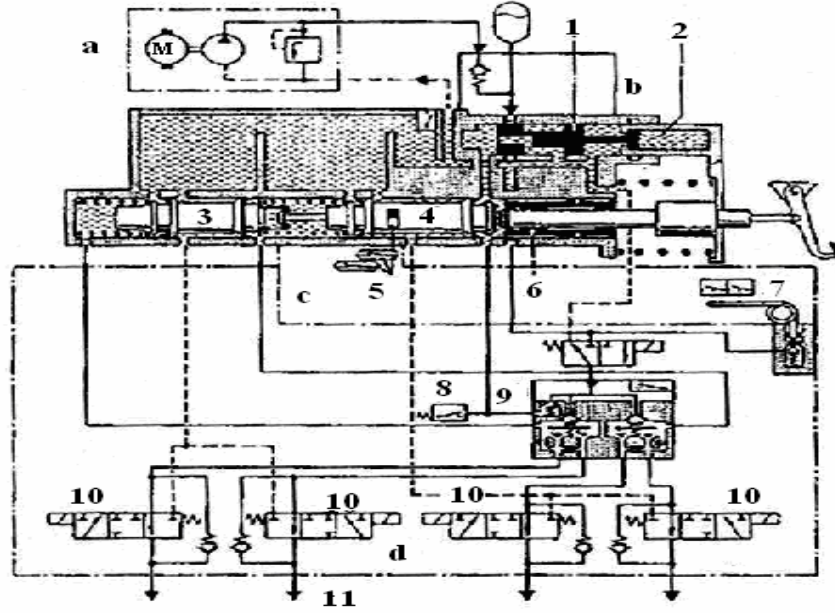
ABS 3.0 valf bloğunun kapsadığı bileşeler şunlardır [14]:

- ABS regülasyonu sırasında fren basıncının modülasyonu için 3/3 solenoid valfleri,
- Ana fren devresine fren hidroliğini akıtmak üzere hidrolik kumandalı besleme valfi,
- Besleme valfini kumanda etmek üzere 3/2 solenoid valf,
- Hidrolik bağlantı kanalları dâhil valf levhaları,
- Tekerlek fren silindirine giden fren boruları için tekerlek bağlantı parçaları,
- Servo basıncı için basınç anahtarı,
- Basınç tutucunun şarjı için basınç sensörü,
- Basınç tutucusu.

Çalışma Şekli

Şekil 6.7, sistemin çalışma şeklini açıklamaktadır. Elektro-motor tarafından tahrik edilen bir piston pompası, piston tutucu olarak “eğitilen” hidrolik tutucuyu doldurmaktadır. Tutucu basınç anahtarı, pompayı ihtiyaca göre çalıştırmakta veya kapatmakta ve tutucu basıncın izinsiz olarak düşmesi karşısında ikazda bulunmaktadır. Tutucu basıncı, aynı zamanda fren valfinin (1) girişindeki basınç olup, yol simülatörü (2) aracılığıyla fren pedalı ile kontrol edilmektedir. Fren valfi, güçlendirici odaya bir fren basıncı göndermektedir (kumanda eder). Bu basınç, yol simülatör yayının kuvvetine orantılı olarak değişmektedir. Fren basıncı, ana fren silindir pistonlarına (3 ve 4) etki etmektedir. Bunlar da fren basıncını besleme valfi (9) ve açık olan ABS 3.0 solenoid valfleri (10) üzerinden tekerlek frenine (11)

aktarmaktadır (kapalı fren devreleri). Sözü edilen ABS 3.0 solenoid valfleri, ABS 2.0 solenoid valfi prensibine dayanmaktadır [14].



Şekil 6.7. ABS 3.0 hidrolik sistemi [14]

- a. Pompa b. Fren kuvveti güçlendiricisi c. Sensör bloğu d. Valf bloğu
 1. Fren valfi 2. Yol simülatörü 3 ve 4. Ana fren silindir pistonları
 5. Piston yolu anahtarı 6. Kilitleme pistonu 7. Tutucu basıncı
 8. Basınç anahtarı 9. Besleme valfi 10. Solenoid valf 11. Tekerlek frenleri

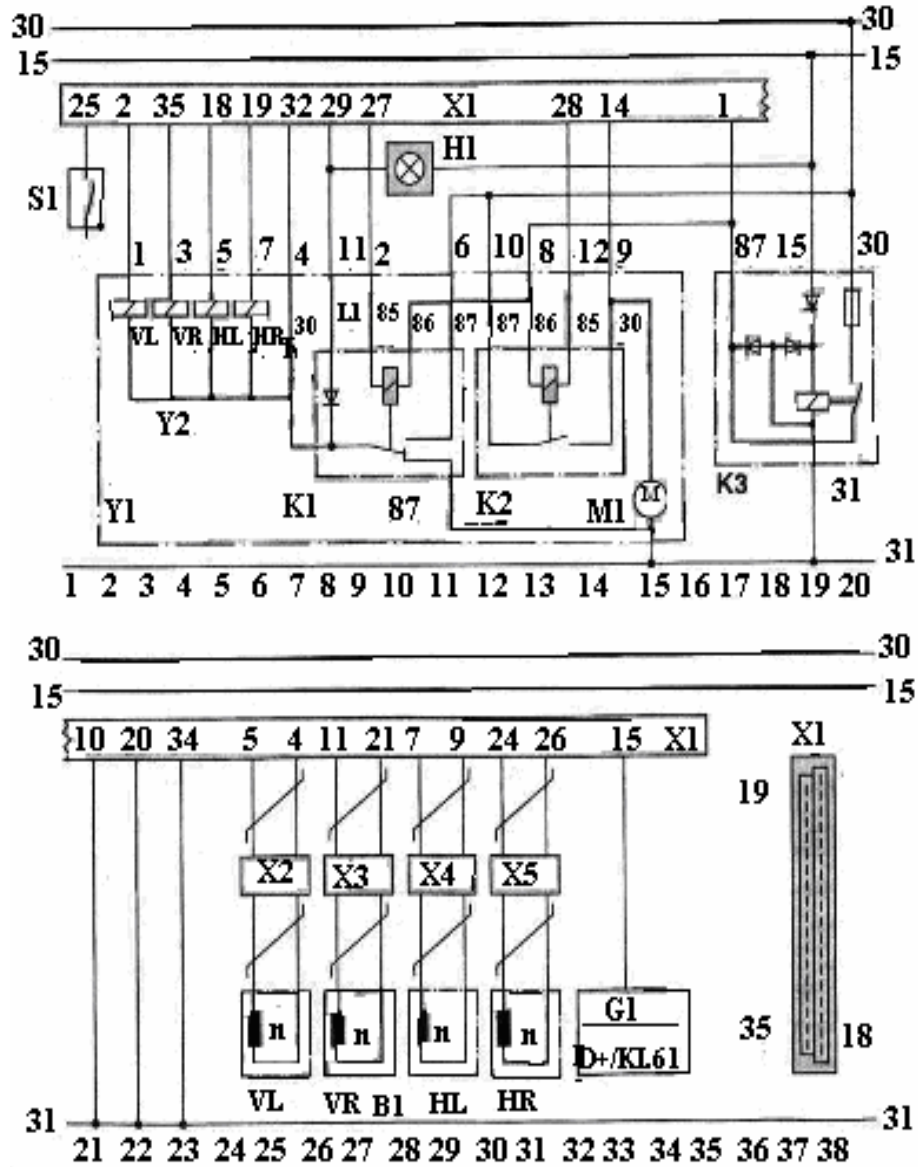
6.3.4. Çift kanallı ABS için hidrolik modülatör

Çift kanallı ABS’de kullanılan hidrolik modülatör, ABS 2E hidrolik modülatörü modelinden yola çıkılarak elde edilmiştir. Ancak sadece iki adet 3/3 solenoid valfe sahiptir. Bu solenoid valflerin her biri, bir ön tekerleği regüle etmektedir. Her birine göre ilgili çapraz arka tekerlek, bir basınç düşürücüsü aracılığı ile yönlendirilmektedir. Böylece basınç regülasyonu aynı zamanda hem bir ön tekerleği ve hem de ilgili arka tekerleği regüle etmiş olmaktadır. Bu modelde, hem sönüm odaları ve hem de pompa elemanları daha küçük boyutta yapılandırılmış olabildiğinden, iki solenoid valf ile birlikte ebatları daha küçük olan ve böylece daha az monte yerine ihtiyaç olan bir modülatör elde edilmiş olmaktadır [14].

6.4. Elektrik Devresi

Şekil 6.8 dört adet devir sayısı sensörüne ve dört adet solenoid valfine sahip 4-kanallı ABS'nin elektrik devresine ilişkin akım akış şemasını göstermektedir [14].

Elektrikle kumanda edilen bileşkelere ilişkin, her bir elektrik kablo bağlantı demeti haline getirilmiştir. Bileşkelerin sudan zarar görmemesi ve sınırlı fonksiyon yeteneğine hatta sistemin devre dışı kalmasına aşınma nedeniyle yol açan yükselen geçiş dirençlerine maruz kalmaması için kablo demetinin emniyetli bir şekilde yerleştirilmesi gerekmektedir. Sistemin güvenilir olarak çalışmasının sağlamak için her bir tesisatın döşenmesinde kritik kabloların gerilim düşüşünü kontrol eden kablo demeti hesaplaması yapılmaktadır. Elektronik kontrol ünitesi ile ilgili ortaya çıkan yüksek gerilim düşüşü, sistemin erken kapanmasına ve solenoid valfler ile geri basma pompasının fonksiyonlarının sınırlandırılmasına neden olmaktadır. Bu durumda anahtarlama süreleri uzamakta ve basma verimi düşmektedir [14].



Şekil 6.8. Dört kanallı ABS 2 akım şeması [14]

B1: Tekerlek hız sensörü G1: Alternatör H1: Emniyet lambası
 K1: Valf rölesi K2: Motor rölesi K3: Elektronik koruma rölesi
 M1: Geri basma pompası S1: Fren lambası anahtarı Y1: Hidrolik modülatör Y2: Solenoid valf X1: Soketli bağlantı ECU
 X2...X5: Tekerlek hız sensörlerine ilişkin soketli bağlantılar

7. ABS FREN SİSTEMİNİN TAŞITA ETKİLERİ

7.1. ABS’de Uygulanan Kontrol Teknikleri

Tekerleklerin kontrol edilmesi, frenleme esnasında sağ ve sol tekerleklerde meydana gelebilecek kilitlenmeyi önlemek maksadıyla frenleme momentlerinin kontrol edilmesidir. Yeterli direksiyon kontrolü ve taşıt kararlılığı için değişik kontrol teknikleri önerilmiştir. Bu amaçla, iki veya dört kanallı ABS sistemleri ve bu sistemlerde uygulanan üç değişik kontrol tekniği kullanılmaktadır [15].

a. *Bağımsız kontrol tekniği:* Sağ ve sol tekerleklerin frenleme momentlerinin bağımsız olarak kontrol edildiği tekniktir. Bu tip ABS sistemleri, genellikle 4 kanallıdır. 2 kanallı tipleri ise, genellikle dört tekerlekten çekişli (4WD) araçlarda kontrol için uygulanmaktadır.

b. *Düşük duyarlı (select-low) kontrol tekniği:* Sağ ve sol taraftaki tekerleklerin aynı anda kontrol edilmesidir. Bu kontrol tekniğinde, tekerleklerden alınan sinyallerden ilk kilitlenme eğilimi gösteren düşük tutunma katsayılı tekerleğin durumuna göre, her iki tekerleğin de devre basıncı kontrol edilmektedir. Bu durumda, tekerleğin birinde, optimum frenleme kuvvetine göre daha düşük bir frenleme kuvveti meydana gelebilmektedir.

c. *Yüksek duyarlı (select-high) kontrol tekniği:* Her iki taraftaki tekerleklerin kilitlenmeden hemen sonra aynı anda kontrolünü esas almaktadır. Böyle bir kontrol tekniğinde, bir taraftaki tekerleğin kilitlenmesi önlenirken, diğer taraftaki tekerlek hâlihazırda kilitlenmiş olabilmektedir. Geçici de olsa, bu kilitlenme araç kontrolünü olumsuz etkilemektedir.

Yukarıda belirtilen üç teknikten genellikle ilk ikisi kullanılmaktadır. Yani, ya ön tekerlekler bağımsız, arka tekerlekler düşük duyarlı (select-low) tekniğine göre; ya da ön tekerlekler yüksek duyarlı (select-high), arka tekerlekler ise düşük duyarlı (select-low) kontrol tekniğine göre kontrol edilmektedir. Bu kontrol tekniği, özellikle

önden çekişli araçlar için tavsiye edilmektedir. Yüksek duyarlı (select-high) kontrol yönetimi dört tekerlek için kullanılmamaktadır. Çünkü tekerleklerden birinin kısa bir süre için kilitlenmesi, o tekerlekteki yanıl kuvveti azaltarak direksiyon kontrolü ve taşıt kararlılığını olumsuz yönde etkileyecektir [15].

Yüksek duyarlı kontrol tekniğinin kullanıldığı bir taşıtta, eğer yol yüzeyi sürtünme katsayısı (μ tutunma katsayısı) diğer tarafa göre daha düşük ise μ 'nın düşük olduğu tarafın geçici olarak kilitlenmesine neden olabilmektedir. Dönüşlerde ise, iç tekerlek üzerine gelen yükün azalması dolayısıyla yol yüzeyi homojen sürtünme katsayısına sahip olsa bile bu tekerleklerde kilitlenme görülebilmektedir [15].

Bu tekniğin uygulanmasında, taşıt kararlılığı ve direksiyon kontrolü az da olsa olumsuz yönde etkilenmekte; buna karşılık durma mesafesi, özellikle pürüzlü yollarda daha kısa olmaktadır [15].

7.2. Durma Mesafesine Etki Eden Faktörler

Durma mesafesine etki eden birçok faktör vardır. Bunların bazıları [15]:

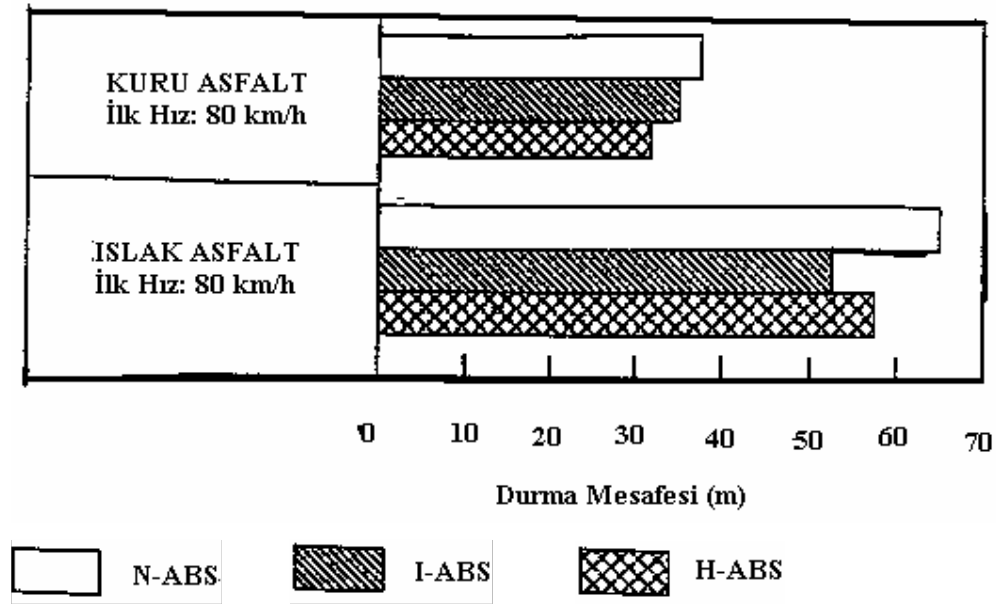
- a. Fren sistemi ile ilgili faktörler,
- b. Tekerlek/yol-zemin şartları ve çevre şartları ile ilgili faktörler,
- c. Sürücü ile ilgili faktörler olarak sıralanabilir.

Ön ve arka tekerleklerin, kontrol yöntemlerindeki değişikliğin ve yol-zemin şartlarının durma mesafesi ve taşıt kararlılığına etkileri, yapılan deneylerle açıkça ortaya konulmuştur. Denemelerde kullanılan üç değişik taşıtın özellikleri şunlardır [15]:

- a. N-ABS: ABS kullanılmayan taşıt,
- b. H-ABS: Yüksek duyarlı (select-high) kontrol tekniğinin ön tekerleklerde, düşük duyarlı (select-low) kontrol tekniğinin arka tekerleklerde uygulanması,

c. I-ABS: Bağımsız kontrol tekniğinin ön tekerleklerde, düşük duyarlı (select-low) kontrol tekniğinin arka tekerlerde uygulanması.

Bu üç tekniğin kullanıldığı taşıt için değişik yol şartlarında alınan durma mesafeleri Şekil 7.1’de verilmiştir.



Şekil 7.1. Değişik yol şartlarında alınan durma mesafeleri [15]

Şekil 7.1’de görüldüğü gibi, kuru asfalt yolda yapılan deneyde, I-ABS ve H-ABS kullanılan taşıtların durma mesafeleri birbirine çok yakın ve N-ABS’ye göre daha kısadır. Islak beton yolda 80 km/h ilk hızda H-ABS, I-ABS’ye göre daha uzun mesafede durmaktadır. Buna karşılık, ABS’siz bir taşıta göre % 10 kadar daha kısa durma mesafesine sahiptir. Ancak pürüzlü yol şartlarında; ABS’siz bir araç, ABS’li araca göre daha kısa durma mesafesi verebilmektedir. Bunun nedenleri aşağıdaki gibi açıklanabilmektedir [15]:

a. Normal, düzgün yüzeyli bir yolun aksine pürüzlü bir yolda, yol ile lastik tekerlek arasındaki sürtünme (tutunma) katsayı çok yüksek olduğundan, kilitleme anındaki tekerlek en yüksek tutunma katsayısı ile yüzeye sürtünürken, aracın daha kısa

mesafede durmasını sağlayarak ABS ile kontrol edilen tekerleklere göre daha etkili bir frenleme ortaya koymaktadır.

b. ABS'nin pürüzlü yüzeylerde tekerlekleri kontrol etmesi sırasında, sürekli değiştirilen tekerlek devri yani zaman zaman azaltılan frenleme kuvveti dolayısıyla durma mesafesi daha uzun olmaktadır. Ancak, "yüksek duyarlı" olarak bilinen ve her iki taraftaki tekerleği kilitlenmeden sonra kontrol eden teknikle daha kısa durma mesafesi sağlanabilmektedir.

Maksimum frenleme kuvvetini ve buna bağlı olarak durma mesafesini etkileyen en önemli faktör, yol ile tekerlek arasındaki tutunma katsayısıdır. Değişik yol yüzeylerinin etkisi ile (Bkz. Şekil 4.1) farklı sürtünme/kayma eğrileri oluşmaktadır. Zemin şartlarına göre çok farklı frenleme kuvveti katsayısı ortaya çıkmaktadır [15].

Tutunmanın düşük olduğu ortamda, ister ABS'li, isterse ABS'siz taşıt olsun, istenilen kısa durma mesafesini elde etmek mümkün değildir. Ancak, kaygan yol şartlarında ABS'li bir araç, tekerleklerin kilitlenmesi önlediği için optimum frenleme ve tutunma sağlayacağından daha kısa durma mesafesi verecektir. Yol-tekerlek tutunma değerlerini ve buna bağlı durma mesafelerini etkileyen diğer şartlar, tekerleklere gelen düşey yükler, tekerlek diş derinliği, zemindeki su seviyesi gibi faktörlerdir [15].

7.3. ABS Performansını Değerlendirme Esasları

ABS kullanan bir taşıt ile ABS kullanmayan taşıtın frenleme performansını karşılaştırmak için başlıca iki yöntem kullanılmaktadır [15]:

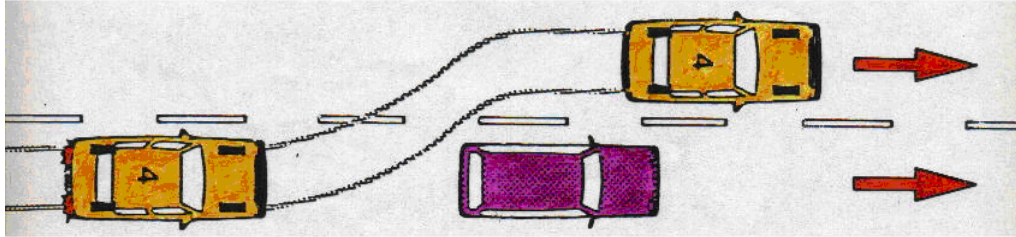
a. Aynı taşıt üzerinde ABS'li ve ABS'siz yapılan testler: Değişik yol şartlarında ve taşıt hızlarında yapılan bu testlerde karşılaştırma yapabilmek için iki önemli parametre dikkate alınmalıdır. Bunlardan birincisi, ABS'siz taşıtta sürücüye bağlı olarak değişen frenleme kuvveti dağılımı; ikinci parametre ise, ABS verimidir. Eğer ABS performansı, ABS'siz taşıta göre çok yüksek görünüyorsa bu durum, ABS'siz

taşıtta gerçek frenleme kuvveti dağılımının iyi olmadığını göstermektedir. Bunun tersi gerçekleştiğinde ise, ABS'siz taşıtta frenleme kuvveti dağılımının iyi olduğu söylenebilmektedir. Ancak bu, ABS veriminin düşük olduğu anlamına gelmemektedir. Sağlıklı bir değerlendirme için değişik yol şartlarında değişik test ve ölçümlere ihtiyaç duyulabilmektedir.

b. Değişik taşıtlar ve yol-yüzey şartlarında yapılan testler: Bu tür testlerde, ABS'li ve ABS'siz taşıtların karşılaştırılması için yine iki parametre dikkate alınmaktadır. Bunlardan ilki, tekerlekle yol yüzeyi arasında oluşan en yüksek tutunma faktörü/kilitlenmiş tekerlekte oluşan tutunma faktörü oranıdır. Diğer parametre ise ABS verimidir.

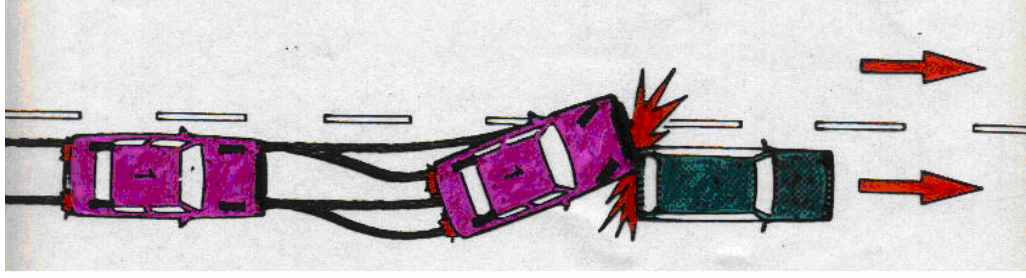
Test sonuçları, ABS kullanan taşıtın ABS'siz taşıta göre daha uzun mesafede durduğunu gösteriyorsa, bunun iki nedeni olabilmektedir [15]:

1. ABS verimi düşüktür.
2. ABS'siz taşıtta kilitlenmiş tekerlekler ile yol arasındaki tutunma faktörü çok yüksektir. Bu, çok pürüzlü yollarda görülebilecek bir sonuçtur.



Resim 7.1. ABS fren sistemine sahip bir araç (4 no'lu araç)

Genellikle en yüksek tutunma/kilitlenmiş tekerlek tutunma katsayısı oranı 1/1 ile 2/1 arasında değişmektedir. Eğer ABS'siz taşıtta, belirli bir yüzeyde kilitlenmiş tekerleğin tutunma faktörü, ABS'li taşıt tekerleğinde meydana gelen tutunma faktörüne eşit veya daha yüksekse, ABS'siz taşıt daha kısa bir mesafede durabilecektir [15].



Resim 7.2. ABS fren sistemine sahip olmayan bir araç (1 no'lu araç)

Bu tür deneylerin, tecrübeli sürücülerle ve durma mesafesi ölçme standartlarına uygun olarak hazırlanmış taşıtlarla yapılması gerekmektedir. Bu şartlarda, fren performansının bir göstergesi olan fren durma mesafesi hakkında anlamlı sonuçlar elde edilebilmektedir [15].

7.4. Kar ve Buzda ABS Fren Sisteminin Etkisi

7.4.1. Deney şartları

Deney, dört tekerleği de ABS ile kontrol edilen 1990 model bir otomobil üzerinde yapılmıştır. Frenlemeden önceki başlangıç hızı, ortalama 50 km/s'dir. Sürücü, otomobil tamamen duruncaya kadar, olabildiğince sert panik frenlemesi uygulamıştır [16].

İlk deney, yolu buz yarışları için kullanılan özel bir parkurdur. Yol yüzeyi, bazı alanlarda engebeli ve arızalı, bazı alanlarda da düzgündür. Yüzey, defalarca eritilip ve daha sonra tekrar dondurularak stabilize bir yol ile aynı özelliklere sahip olması sağlanmıştır. İkinci test yüzeyi ise, yeni ve temiz bir asfalt ile kaplanmış bir otobandır. Denemeler, kar yağışı sırasında ve yağıştan hemen sonra yapılmıştır. Ortalama yavaşlama ivmesi, Valentine Araştırma G-Analizörü ile ölçülmüştür [16].

7.4.2. Deney sonuçları

Parkur testler, kısmen güneşli bir günde, gün ilerledikçe artan bir sıcaklıkta yapılmıştır. Denemelerin başında hava sıcaklığı -5.9°C ve sonundaki hava sıcaklığı $+2.0^{\circ}\text{C}$ 'dir [16].

Her bir test çiftinde, ABS fren sistemine sahip bir aracın, ABS'ye sahip olmayan aynı teknik özellikteki diğer bir araca göre bariz üstünlüklere sahip olduğu anlaşılmıştır. Çizelge 7.1'de görüldüğü üzere en düşük yavaşlama oranı, gün sonunda kar lastikleri ile 0.10 g olarak kaydedilmiştir. En yüksek yavaşlama oranı, gün başında sıcaklık minimumdayken kar lastikleri ile 0.27 g olarak kaydedilmiştir [16].

Çizelge 7.1. Buzlu yolda çekiş testleri [16]

Lastik Tipi	ABS Konumu	Buz Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	Hava Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	Tekrar Sayısı	Ortalama Yavaşlama Oranı (g)	
					Max.	Min.
Kar*	Açık	- 5.4	- 5.9	4	0.27	0.15
Kar*	Kapalı	- 5.4	- 5.9	3	0.21	0.15
Yazlık**	Açık	- 5.2	- 3.1	6	0.20	0.13
Yazlık	Kapalı	- 5.2	- 3.1	3	0.16	0.15
Mevsimlik***	Açık	- 3.6	0.0	6	0.19	0.12
Mevsimlik	Kapalı	- 3.6	0.0	4	0.16	0.12
Kar	Açık	- 1.9	2.0	2	0.15	0.13
Kar	Kapalı	- 1.9	2.0	1	0.10	0.10

*Kar Lastikleri: Nokia Hakkapilitta 100,185 R 14 M+S, dış derinliği: 7.5 mm, lastik hava basıncı:1.93 bar

**Yazlık Lastik: Michelin x Gtv., 195 60 R 11; dış derinliği: 4.5 mm; lastik basıncı:165 bar

***Mevsimlik Lastikler: Yokohoma A+4, 195 60 R 14 M+S, dış derinliği: 7.0 mm, lastik hava basıncı:1.93 bar

Bu aynı test dizisi sırasında, en düşük sıcaklıkta kar lastikleri ile yapılan denemelerde yavaşlama oranı 0.15 g olarak kaydedilmiştir [16].

Buz üstünde, yazlık lastiklerin çekişi, kış lastiklerinin çekişinden sadece bir miktar düşük olduğu gözlenmiştir [16].

Çizelge 7.2’de gösterilen ikinci test serisi, bir otoban üzerinde yapılmıştır. Kar, asfalt üzerinde 10 mm’lik bir kalınlık oluşturacak şekildeyken denemeler gerçekleştirilmiştir [16].

Ortalama yavaşlama ivmesi, deney dizisinin başında ABS’nin açık olduğu konumda 0.21 g, ABS devreden çıkarılarak testin sonunda en yüksek 0.32 g arasında değişmiştir. ABS açık ve kapalı iken aralarındaki yavaşlama oranları farkı, deney dizisinin başındayken, sonundakilere göre daha fazladır. Bu, ABS çalışırken yüksek sıcaklıkların, daha büyük bir yavaşlama oranı kaybına sebep olduğunu göstermektedir [16].

Çizelge 7.2. Asfalt yol testleri tek otomobil, tek cins lastik [16]

Lastik Tipi	ABS Konumu	Buz Sıcaklığı (°C)	Hava Sıcaklığı (°C)	Tekrar Sayısı	Ortalama Yavaşlama Oranı (g)	
					Max.	Min.
Kar	Açık	- 2.2	- 3.0	2	0.22	0.21
Kar	Kapalı	- 2.2	- 3.0	2	0.26	0.26
Kar	Açık	- 5.0	- 5.9	4	0.28	0.27
Kar	Kapalı	- 5.0	- 5.9	2	0.32	0.30

Çizelge 7.3’te gösterilen en son deney dizisinde aynı tip iki otomobil kullanılmıştır. Otomobillerden biri kar lastikleri ve diğeri tüm mevsimler için uygun lastikler ile teçhizatlandırılmıştır. Deney, yeni yağmış ve üzerindeki karı temizlenmemiş bir yolda yapılmıştır. Taşıtlar yan yana test edildiğinde, mevsimlik lastikler, kar tipi lastiklerin yavaşlama oranının sadece yaklaşık % 65’ine ulaşabilmişlerdir [16].

Çizelge 7.3. Asfalt yolda iki taşıt farklı lastik deney sonuçları [16]

Lastik Tipi	ABS Konumu	Buz Sıcaklığı (°C)	Hava Sıcaklığı (°C)	Tekrar Sayısı	Ortalama Yavaşlama Oranı (g)	
					Max.	Min.
Kar	Açık	- 0.8	- 1.2	2	0.24	0.24
Kar	Kapalı	- 0.8	- 1.2	2	0.29	0.28
Mevsimlik	Açık	- 0.8	- 1.2	2	0.16	0.15
Mevsimlik	Kapalı	- 0.8	- 1.2	2	0.21	0.16

Tüm lastik tipleri, ABS kullanılmadığında daha yüksek bir yavaşlamaya ulaşmıştır. ABS çalışır konumda iken lastikler kar üzerinde belirgin yol blokları ile ilerlemiştir. ABS, tekerleklerin kilitlenmesini önlediği gibi lastiklerin karı asfalt üzerine çökertmesine de engel olmuştur [16].

Bazı şartlar altında ABS'li taşıtlar, ABS'siz bir taşıta göre frenlemede açık bir üstünlük sağlamıştır. Taze, gevşek ve ıslak karlı yollarda ise bunun tersi görülmüştür. ABS'li taşıtlarda daha uzun duruş mesafesi vardır. ABS'nin sürücüye direksiyon kontrolü verdiği düşünülürse, durma mesafesinin tek başına frenleme performansını gösterir bir parametre olmadığı anlaşılabacaktır. Dengeli olarak ABS, kış şartlarında belirgin bir güvenlik avantajı sağlamaktadır [16].

8. ABS FREN TEST CİHAZI

8.1. ABS Fren Test Cihazının Tanıtılması

THEPRA firması tarafından eğitim amaçlı tasarlanmış araçlarda bulunan ABS sisteminin, bir simülasyonu olarak tasarlanmıştır [17].

ABS fren test cihazında, güç kaynağı olarak 220 volt gerilim ve 12 voltluk akü kullanılmaktadır. Akü, ABS fren sistemini çalıştırmak ve 220 voltluk gerilim ise test cihazı üzerindeki tekerleğe dönüş hareketi sağlamak için kullanılmaktadır [17].

Cihazda; tekerleklerin devrini, tekerleklerin basıncını, sistem basıncını, pedal kuvvetini gösteren manometreler ve göstergeler vardır [17].

Cihaz üzerinde yapılan testlerin daha iyi görülmesi açısından sağ önün bulunduğu kısımda, tekerlek disk balata ve fren silindiri tertibatı yerleştirilmiştir. Diğer kısımlarda, fren boruları basınç göstergelerine direk olarak bağlanmıştır. Dişli kısımlar ise tamburlar üzerine yerleştirilmiştir. Tamburlar ise devri ayarlanan elektrik motorları tarafından kontrol edilmektedir [17].

8.2. ABS Fren Testinin Yapılması

Cihaz üzerinde statik ve dinamik olmak üzere iki çeşit test yapılmaktadır. Dinamik test, elektronik kontrol ünitesine bırakılan kumanda işlemi; statik test, biz tarafından 2 veya 5 A' lik akımı seçmek suretiyle yerine getirilmektedir [17].

8.2.1 Statik testin yapılışı

Statik testte, solenoid valflere, 0-2-5 amper olmak üzere üç akım gönderilir. Test konumu anahtarı statik test konumuna getirilir [17].

Kontak anahtarı 0 A pozisyonunda:

- Devre anahtarı, solenoid valflere, 0 amper akım gönderecek konuma getirilir,
- Kontak anahtarı çevrilir,
- Pedal kuvveti uygulanır,
- Pedal kuvvetindeki, sistem basıncındaki ve tekerlek basınçlarındaki değişimler göstergelerden takip edilir.

Kontak anahtarı 2 A pozisyonunda:

- Devre anahtarı, solenoid valflere, 2 amper akım gönderecek konum getirilir,
- Kontak anahtarı çevrilir,
- Pedal kuvveti uygulanır,
- Pedal kuvvetindeki, sistem basıncındaki ve tekerlek basınçlarındaki değişimler göstergelerden takip edilir.

Kontak anahtarı 5 A pozisyonunda:

- Devre anahtarı, solenoid valflere 5 amper akım gönderecek konum getirilir,
- Kontak anahtarı çevrilir,
- Pedal kuvveti uygulanır,
- Pedal kuvvetindeki, sistem basıncındaki ve tekerlek basınçlarındaki değişimler göstergelerden takip edilir.

8.2.2. Dinamik testin yapılışı

Kontak dinamik test konumuna getirilir (sistem otomatik konuma gelir) [17].

ABS sisteminin devrede olduğu anki testin yapılışı [17]:

- Kontak anahtarı çevrilir,

- Cihaz üzerindeki tekerleklere ve tamburlara hareket verilir. Deneyin iyi yapılabilmesi için, tekerlek hızının tamburlara göre daha yüksek olması gerekir.
- ABS ikaz lambası söndüğü zaman, sisteme belirli bir miktar pedal kuvveti uygulanır,
- Pedal kuvveti, sistem basıncı, tekerlek basınçları, tekerlek ve tambur hızları göstergelerden okunur,
- Bu işlem belirli aralıklarla pedal kuvveti 150 N oluncaya kadar yapılır ve göstergedeki değişen değerler kaydedilir.

ABS sisteminin devrede olmadığı anki testin yapılışı [17]:

- ABS sisteminin, devreden çıkarılabilmesi için bağlantı panosundaki 17 numaralı köprü çıkarılır,
- Kontak anahtarı çevrilir,
- Belirli bir miktarda pedal kuvveti uygulanır,
- Pedal kuvveti, sistem basıncı, tekerlek basınçları, tekerlek ve tambur hızları göstergelerden okunur,
- Bu işlem belirli aralıklarla tekerlek kilitleninceye kadar devam edilir ve bu esnadaki değerler kaydedilir.

8.3. Test Sonuçları

8.3.1. Statik test

Çizelge 8.1. Statik test sonuçları [17]

Akım	Pedal kuvveti (kN)	Sistem basıncı (bar)	Sağ arka tekerlek (bar)	Sol arka tekerlek (bar)	Sağ ön tekerlek (bar) (ABS sistemi akımı kontrol edilen tekerlek)	Sol ön tekerlek (bar)
0 Amper	40	4.1	3.6	2.8	3	4.1
	80	7.2	7.5	6.2	6.2	8.2
2 Amper	40	4.1	3.6	2.8	3	4.1
	80	8.2	7.2	6.2	3	8.1
5 Amper	40	4.2	3.8	3.2	-	4.5
	80	8.2	7.8	6.8	-	8.4

Görüldüğü gibi [17];

0 amperlik akım verildiğinde; pedal kuvvetleri artımına göre, tekerleklerde lineer bir basınç artışı olduğu görülmektedir (ABS çalışmıyor).

2 amperlik akım verildiğinde; 40 kN luk pedal kuvvetine karşılık oluşan sağ ön teker basıncı 3 barda iken, 80 kN kuvvet uygulandığında; tekerlek basıncının hâlâ 3 barda sabit tutulduğu görülmektedir.

5 amperlik akım verildiğinde ise; 40 kN pedal kuvvetinde teker basıncının 0 olduğu ve pedal kuvvetinin artmasına karşılık tekerlek basıncının artmadığı görülmektedir.

Sonuç olarak; ABS sistemine 2 amper akım verildiğinde tekerlek basıncının sabit tutulduğu, 5 amper akım verildiğinde ise teker fren basıncının boşaltıldığı gözlemlenmektedir [17].

8.3.2. Dinamik test

Çizelge 8.2. Dinamik test sonuçları [17]

Pedal Kuvveti (N)	Fren Basıncıları (bar)	Devir (1/min)
50	6	390
75	8	380
100	11	370
125	14	380
150	17	370

Görüldüğü gibi;

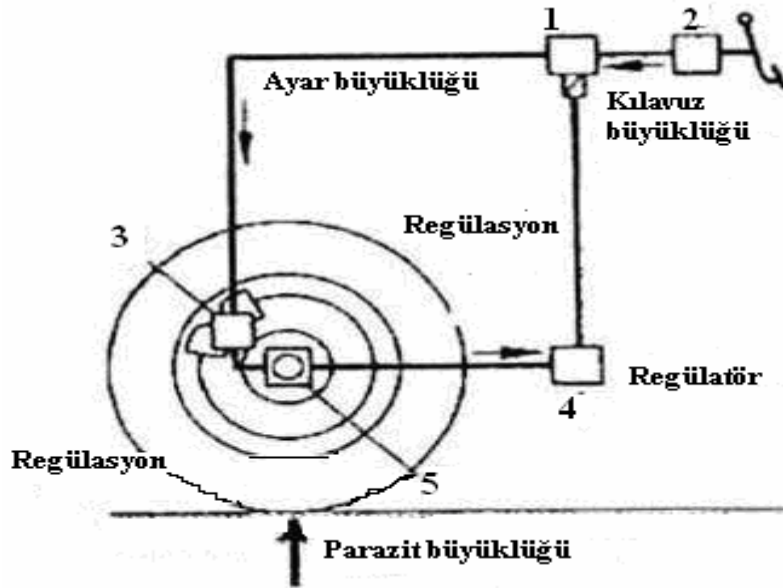
Pedal kuvveti artığında, fren basınçları kademeli olarak artmakta ama devir kademeli olarak azalmaktadır.

9. ABS REGÜLASYON DEVRESİ

9.1. ABS Regülasyon Devresi

ABS regülasyon devresinin parçaları şunlardır (Şekil 9.1) [14]:

- *Regülasyon Mesafesi:* Tekerlek freni, tekerlek ve lastik ile yolun oluşturduğu sürtünme çiftinin meydana getirdiği mesafe.
- *Parazit Büyüklükleri:* Yol durumu, fren durumu, aracın yükü, lastik durumu (örneğin, lastik basıncının düşük olması, profillerin aşınmış olması).
- *Regülatör:* Tekerlek hız sensörü ve ABS elektronik kontrol ünitesi.
- *Regülasyon Büyüklükleri:* Tekerlek hızı ve buna göre belirlenen tekerlek çevre gecikmesi veya kapaşı, fren kayması.
- *Kılavuz Büyüklüğü:* Fren pedalı üzerine sürücü tarafından etki edilen basınç.
- *Ayar Büyüklüğü:* Fren basıncı.

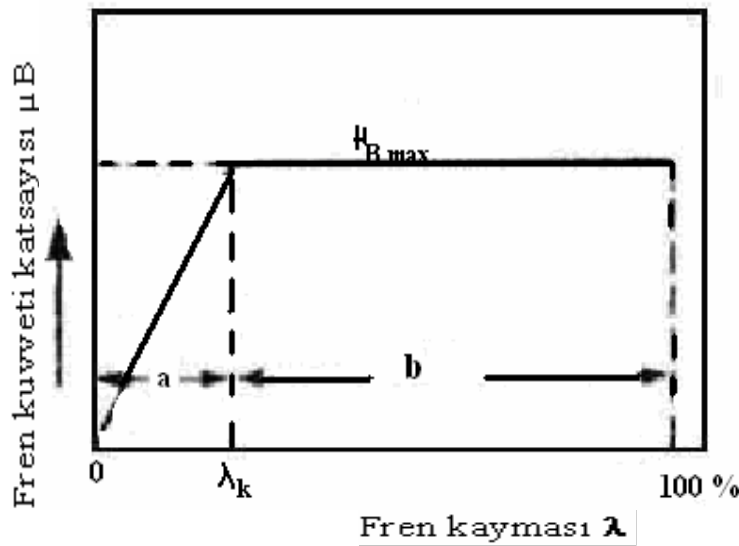


Şekil 9.1. ABS regülasyon devresi [14]

1. Solenoid valfli hidro toplayıcı 2. Ana fren silindiri 3. Fren silindiri
4. Elektronik kontrol ünitesi 5. Tekerlek hız sensörü

9.1.1. Regülasyon mesafesi

ABS elektronik kontrol ünitesi içindeki veri işlemi, basit olarak şu regülasyon mesafesinden yola çıkmaktadır; tahrik olunmayan bir tekerlek, bu tekerleğe düşen araç kütlesinin dörtte biri, tekerlek freni ve lastik ile yol arasındaki sürtünmeye ilişkin idealize edilen bir fren kuvveti katsayısı-kayma eğrisi (Şekil 9.2). Bu eğri, doğrusal yükseliş gösteren stabil bir alan ile sabit gidişatlı (μ_{Bmax}) stabil olmayan bir alan olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Bir diğer basitleştirme, düz yolda seyrederken yapılan frenlemeye dayanır, bu da panik frenlemesine eşittir [14].



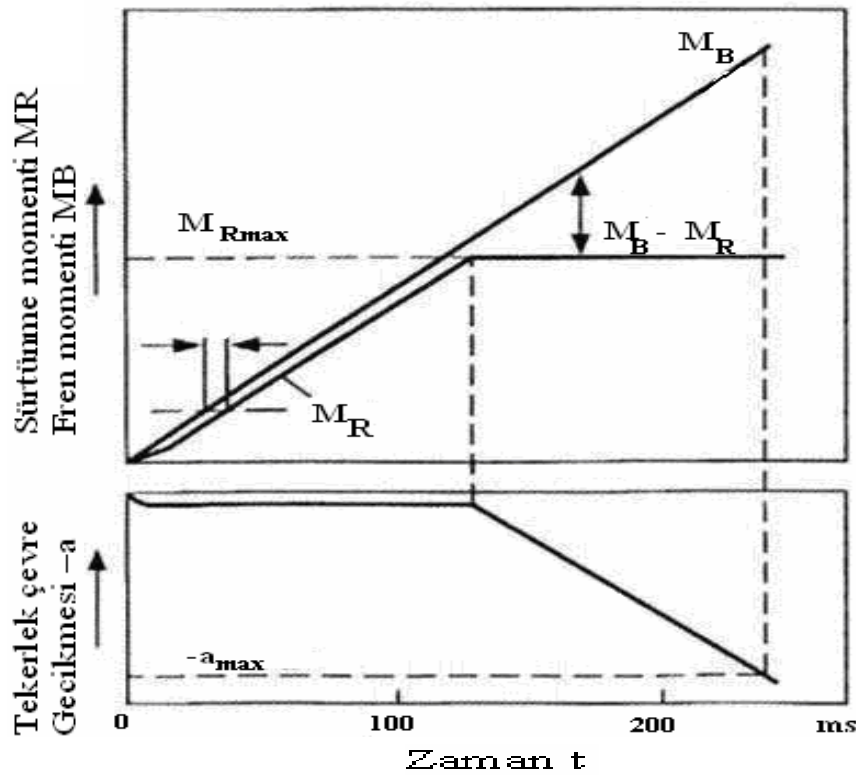
Şekil 9.2. İdealize edilmiş fren kuvveti katsayısı-kayma eğrisi [14]

1.Stabil alan 2.Stabil olmayan alan λ_k : Optimal fren kayması

μ_{Bmax} : Maksimum fren kuvveti katsayısı

Şekil 9.3'de, fren momenti (M_B) (frenin lastik üzerinde oluşturabildiği moment) ya da yol-sürtünme momenti (M_R) (yol/lastik sürtünme çifti üzerinden tekerleğe geri etki eden moment) ile zaman (t) ve ayrıca tekerlek çevresi gecikmesi ($-a$) ile zaman (t) arasındaki ilişki görülmektedir. Fren momenti, zaman ile birlikte lineer (doğrusal) olarak artmaktadır. Fren olayı, fren kuvvet katsayısı-kayma eğrisinin stabil alanında gerçekleştiği sürece yol-sürtünme momenti, fren momentini düşük bir zaman gecikmesi ile takip etmektedir. Yaklaşık 130 ms sonra maksimuma (μ_{Bmax}) ve bununla birlikte fren kuvvet katsayısı-kayma eğrisinin stabil olmayan alanına

ulaşılmaktadır. Fren momenti, engelsiz olarak artmaya devam ederken yol-sürtünme momenti, fren kuvvet katsayısı-kayma eğrisine göre artmaya devam edememekte ve sabit kalmaktadır. 130 ile 240 ms'lik zaman dilimi arasında (burada tekerlek kilitlenir) stabil alanda küçük olan moment farkı ($M_B - M_R$) hızla yüksek değerlere çıkmaktadır. Bu moment farkı, frenlenen tekerleğin tekerlek çevre gecikmesi için kesin bir ölçü teşkil etmektedir (Şekil 9.3'ün alt kısmı). Stabil alanda tekerlek çevre gecikmesi düşük bir değer ile sınırlanmışken, bu değer stabil olmayan alanda hızla büyümektedir. Böylece fren kuvvet katsayısı-kayma eğrisinin stabil ve stabil olmayan alanlarında zıt davranışlar oluşmaktadır. ABS, bu zıt karakteristikten faydalanmaktadır [14].



Şekil 9.3. Basitleştirilmiş frenleme olayı [14]

(-a): Tekerlek çevre gecikmesi (-a_{max}): Maksimum tekerlek çevre gecikmesi M_B : Fren momenti M_R : Yol sürtünme momenti M_{Rmax} : Maksimum yol sürtünme momenti t: Zaman gecikmesi

9.1.2. Regölasyon büyüklükleri

ABS regölasyonunun kalitesi açısından, uygun regölasyon büyüklüklerinin seçimi önemlidir. Bunlara ilişkin dayanakları; tekerlek çevre gecikmesinin ve kapışının, fren kaymasının, referans hızının ve araç gecikmesinin, beyinde hesapladığı tekerlek hız sensörlerinin sinyalleri oluşturmaktadır. Frenleme sırasında tahrik olan tekerlek, tahrik olmayan tekerleğe göre çok farklı davranış gösterdiğinden, ne tekerlek çevre gecikmesi, ne kapış, ne de fren kayması regölasyon büyüklüğü olarak tek başına uygun olmamaktadır. Bu büyüklükler arasında uygun ve mantıklı (lojik) bir şekilde bağlantı kurulmasıyla daha iyi sonuçlar elde edilmektedir [14].

Fren kayması direkt olarak ölçülemediğinden, elektronik kontrol ünitesinde buna benzer bir büyüklük hesaplanmaktadır. Buna dayanak olarak ise, optimal frenleme şartlarındaki (optimal fren kayması) hıza eşit olan referans hızı kullanılmaktadır. Bunu tespit etmek için, tekerlek hız sensörleri, elektronik kontrol ünitesine sürekli olarak her dört tekerleğin hızını iletmektedir. Elektronik kontrol ünitesi ise birbirine çapraz olan iki tekerleği kapatır (örneğin, sağ ön tekerlek ve sol arka tekerlek) ve bununla referans hızını oluşturmaktadır. Kısmi frenlemede genel olarak çaprazda bulunan tekerleklerin daha hızlı olanı referans hızını belirlemektedir. Tam frenleme sırasında, ABS regölasyonu devreye girer ise, tekerlek hızları araç hızından sapmakta ve bu durumda tekerlek hızları düzeltilmeden referans hızın hesaplaması açısından görev yapamamaktadır [14].

Elektronik kontrol ünitesi, regölasyon fazı sırasında, regölasyon başlangıcındaki hızdan başlayarak ve bunu rampa şeklinde indirerek, referans hızı oluşturmaktadır. Rampanın eğimi, lojik sinyallerin ve kurulan bağlantıların değerlendirilmesi ile elde edilmektedir. Tekerlek çevre kapışının ya da gecikmesinin ve fren kaymasının yanı sıra ilave olarak araç gecikmesi de yardımcı büyüklük olarak ele alınmaktadır. Elektronik kontrol ünitesindeki lojik devreye hesaplama sonuçları ile etki edilir ise, optimal fren regölasyonu hedeflenmiş olmaktadır. Bu konsepti, ABS'de Bosch gerçekleştirmiştir [14].

Tahrik Olmayan Tekerleklerle İlişkin Regülasyon Büyüklükleri

Tekerlek çevre kapışları ve gecikmeleri, genel olarak tahrik olmayan tekerleklerin ve sürücü vitesi boşa alarak frenleme yapar ise tahrik tekerleklerin regülasyon büyüklüğü olarak uygun olmaktadır. Bu durum, fren kuvveti-kayma eğrisinin stabil ve stabil olmayan regülasyon mesafelerinin zıt davranışlarıyla açıklanmaktadır [14].

Stabil alanda, tekerlek çevre gecikmesi sadece sınırlı değerler alabilir, yani sürücü fren pedalına daha güçlü bastığında araç, tekerlekler kilitlenmeden daha güçlü frenlenmektedir [14].

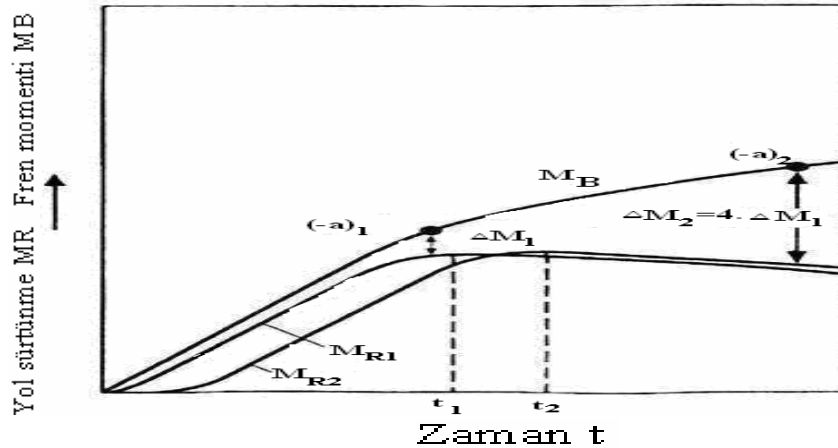
Stabil olmayan alanda ise, sürücünün biraz daha hafif güçte fren pedalına basması tekerleklerin anlık olarak kilitlenmesine yeterlidir. Bu davranış çoğu zaman, tekerlek çevre gecikmesi ve kapışı yardımıyla optimal frenlemeye ilişkin kaymayı elde etmeyi sağlamaktadır. ABS regülasyonunu başlatmaya yönelik sabit bir tekerlek gecikmesi tabanı, maksimum mümkün olan araç gecikmesinin sadece biraz üzerinde bulunabilmektedir. Sürücü başlangıçta hafifçe frenleyerek ardından artan kuvvetle fren pedalı üzerine bastığında, bu gereklilik özellikle ortaya çıkmaktadır. Fazla yüksekte bulunan taban durumundaki tekerlekler, ABS tehlikeli stabile olmayan durumu algılamadan, fren kuvveti katsayısı-kayma eğrisinin stabil olmayan alanın derinliklerine ulaşabilmektedir. Tam frenleme sırasında sabit tekerlek gecikme tabana ilk kez ulaştığında, ilgili tekerlekteki fren basıncı otomatik olarak düşürülmemelidir. Zira bu durumda modern yapıdaki lastiklerde tutucu taban üzerinde özellikle yüksek çıkış hızlarında değerli fren yolu kaybedilmektedir [14].

Tahrik Olan Tekerleklerle İlişkin Regülasyon Büyüklükleri

Frenleme sırasında 1. ve 2. vites takılı durumda ise; motor, tahrik olan tekerlekler üzerine etki ederek bunların etkili kütle atalet momentlerini (Θ_R) oldukça yükseltmekte, yani tekerlekler daha ağırlaşmış gibi tepki göstermektedir. Aynı ölçüde, fren kuvvet katsayısı-kayma eğrisinin stabil olmayan fren momenti

değişimleri karşısında, tekerlek çevre gecikmesinin hassasiyeti azalmaktadır. Böylece, tahrik olmayan tekerleklerde, fren kuvvet katsayısı-kayma eğrisinin stabil ile stabil olmayan alanları arasında görülen zıt davranış oldukça düzeltilir ve sonuç olarak, regülasyon büyüklüğü olarak kullanılan tekerlek çevre gecikmesi, fren kaymasını optimal sürtünme ile algılamak için burada çoğunlukla yetersiz kalmaktadır. Bundan ziyade, fren kaymasına benzer bir büyüklüğün regülasyon büyüklüğü olarak kullanılması ve tekerlek çevre gecikmesi ile uygun şekilde kombine edilmesi gerekli olmaktadır [14].

Şekil 9.4'te, karşılaştırma için tahrik olmayan ve motor ile bağlantılı tahrik tekerleğe ilişkin fren olayını göstermektedir. Motor ataleti bu örnekte, etkili tekerlek atalet momentini 4 çarpanı ile yükseltmektedir. Tahrik olmayan tekerleklerde, tekerlek çevre gecikmesinin $(-a)_1$ belirli bir eşiği fren kuvvet katsayısının-kayma eğrisinin stabil olmayan alanından çıkarken erken olarak atlanmaktadır. Tahrikli tekerleğin 4 kez daha büyük olan tekerlek atalet momenti nedeniyle taban, $(-a)_2$ atlanmadan önce 4 kat daha büyük olan $\Delta M_2 = 4 \cdot \Delta M_{R2}$ moment farkı ayarlanmalıdır. Tahrikli tekerlek bu durumda fren kuvvet katsayısı-kayma eğrisinin stabil olmayan alanın derinliklerinde bulunabilir ki, bu da araç stabilitesini olumsuz etkilemektedir [14].



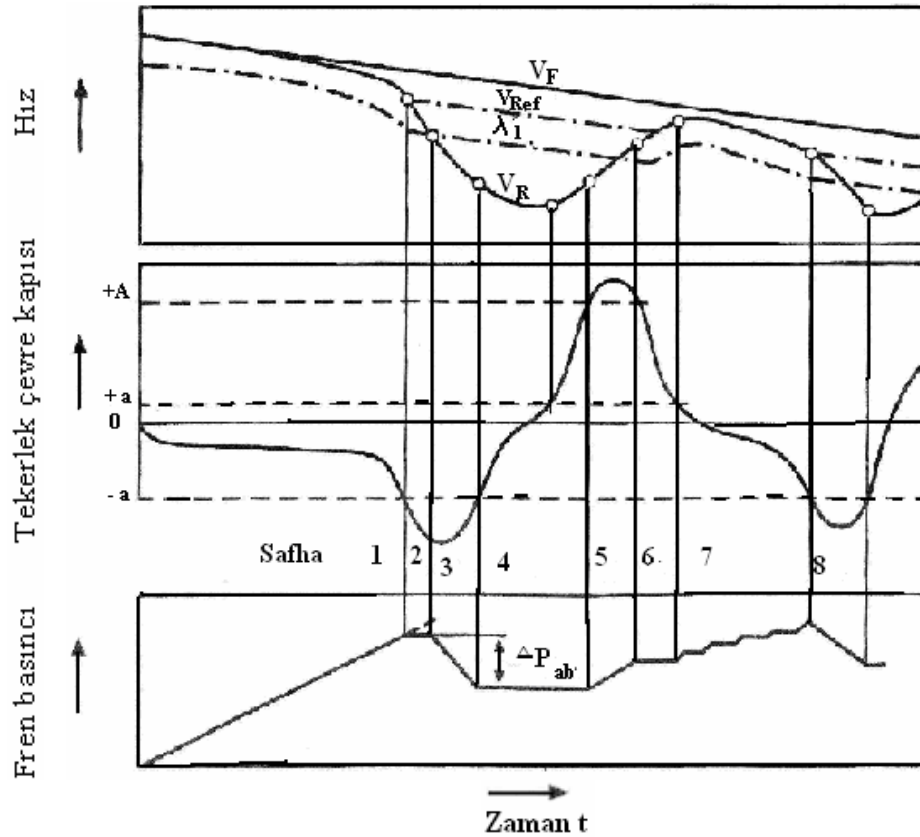
Şekil 9.4. Tahrik olmayan tekerleğe ve motor ile bağlantı yapılan tahrikli tekerleğe ilişkin frenleme olayı [14]

“1” rakamı ile gösterilen kısaltmalar tahrik olmayan tekerleğe ilişkindir “2” rakamı ile gösterilen kısaltmalar tahrikli tekerleğe ilişkindir $(-a)$: Gecikme tabanı ΔM : Moment farkı $M_B - M_R$

9.2. Tipik Regülasyon Döngüleri

9.2.1. Kaygan olmayan yolda fren regülasyonu (Büyük fren kuvveti katsayısı)

Kaygan olmayan yolda (fren kuvvet katsayısı büyük olan yol yüzü) fren regülasyonu başlatıldığında, olumsuz aks rezonanslarının engellenmesi için basınç oluşumu hafif frenleme fazına göre 5 ile 10 kez daha yavaş oluşmalıdır. İşte bu şartların sonucunda, büyük fren kuvvet katsayılarında Şekil 9.5’de gösterilen fren regülasyonu süreci meydana gelmektedir. Frenleme sırasında, tekerlek fren silindirindeki fren basıncı ve tekerlek çevre gecikmesi yükselmektedir [14].



Şekil 9.5. Büyük fren kuvveti katsayısı değerlerinde fren regülasyonu [14]

V_F : Araç hızı V_{Ref} : Referans hız V_R : Tekerlek çevre hızı λ_1 : Kayma şalt eşiği +A ve +a: Tekerlek çevre kapış eşikleri -a: Tekerlek çevre gecikme tabanı ΔP_{ab} : Fren basıncı düşüşü

1 no'lu fazın sonunda, tekerlek çevre gecikmesi önceden verilen sabit $(-a)$ tabanın üzerinden atlamakta ve bunun sonucunda, ilgili solenoid valf “basınç tutma” pozisyonuna geçmektedir. Bu durumda, fren basıncı henüz azaltılamamaktadır. Aksi taktirde $(-a)$ tabanı fren kuvveti katsayısı-kayma eğrisinin stabil alanında atlanabilmekte ve böylece fren mesafesi boşa gitmektedir. Aynı zamanda, referans hız da önceden verilen bir rampaya göre düşmektedir. Referans hızdan yola çıkılarak λ_1 kayma şalt tabanına ilişkin değer hesaplanmaktadır [14].

2 no'lu fazın sonunda, tekerlek hızı λ_1 tabanının altına düşmektedir. Bunun üzerine, solenoid valf “basınç azaltma” pozisyonuna geçer ve tekerlek çevre gecikmesi $(-a)$ tabanı üzerinden atlayana kadar fren basıncının düşmesini sağlamaktadır [14].

3 no'lu fazın sonunda, tekrar $(-a)$ tabanının altına düşülmekte ve bunu belirli bir süre bir basınç tutma fazı izlemektedir. Bu süre zarfında, tekerlek çevre kapışı, $(+a)$ tabanı üzerinden atlanılacak şekilde artmıştır. Basınç yine sabittir [14].

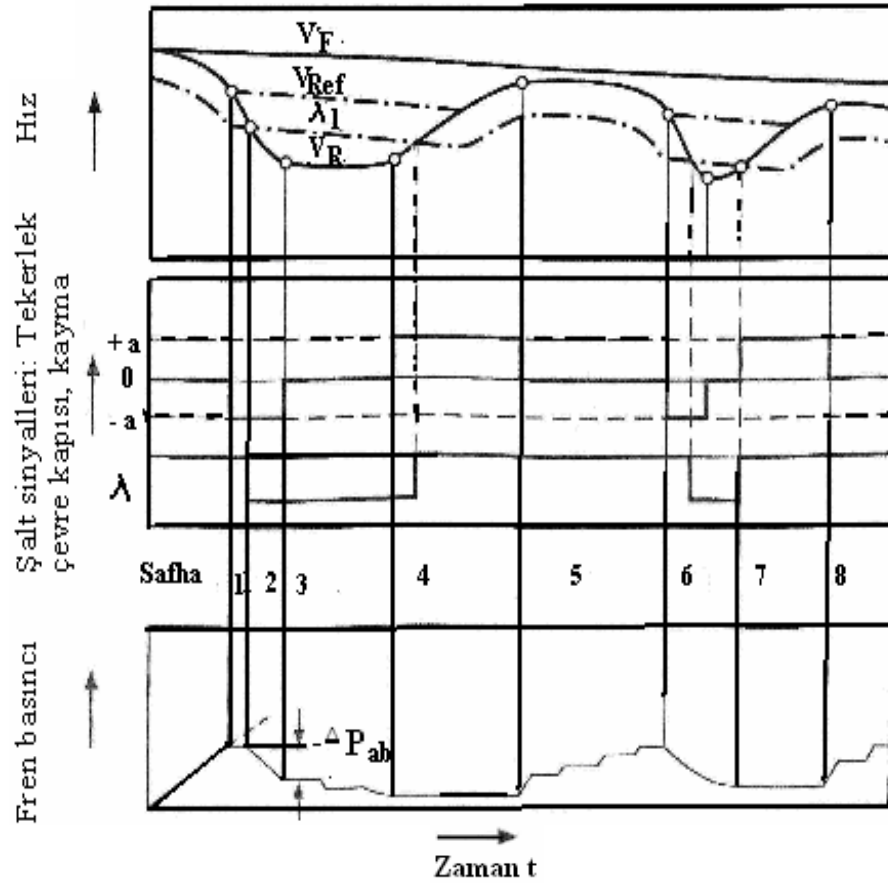
4 no'lu fazın sonunda, çevre kapışı oransal olarak büyük olan $(+A)$ tabanı üzerinden atlamakta ve bunun devamında fren basıncı, $(+A)$ tabanı üzerinde bulunana kadar artmaktadır. Bu fazın sonunda, tekerlek çevre kapışı $(+a)$ tabanının altına düşmektedir [14].

6 no'lu fazda fren basıncı yine sabit tutulmaktadır. Zira $(+a)$ tabanın üzerinde bulunmakta ve bu fazın sonunda, tekerlek çevre kapışı $(+a)$ tabanının altına düşmektedir. Bunun anlamı, tekerleğin fren kuvvet katsayısı-kayma eğrisinin stabil alanına geçmiş ve az frenlenmiş olmasıdır [14].

Şimdi fren basıncı, kademe şeklinde oluşturulmakta (7 no'lu faz), ta ki tekerlek çevre gecikmesi $(-a)$ tabanının üzerinden atlayana kadar (7 no'lu fazın sonu) devam etmektedir. Bu kez fren basıncı, herhangi bir λ_1 sinyali oluşmadan derhal azaltılmaktadır [14].

9.2.2. Kaygan yolda fren regülasyonu (Küçük fren kuvveti katsayısı)

Kaygan olmayan yol sathına nazaran, kaygan yolda çoğunlukla fren pedalına hafifçe basılması tekerleklerin kilitlenmesi için yeterli olmaktadır. Bu durumda, tekerleklerin yüksek kaymalı fazdan tekrar kapışa geçmeleri, çok daha fazla zaman almaktadır. Elektronik kontrol ünitesindeki lojik devre, mevcut yol satıh durumu algılamakta ve ABS'nin karakteristiğini buna uygunlaştırmaktadır (Şekil 9.6). Küçük fren kuvvet katsayılarına ilişkin tipik fren regülasyonunu göstermektedir [14].



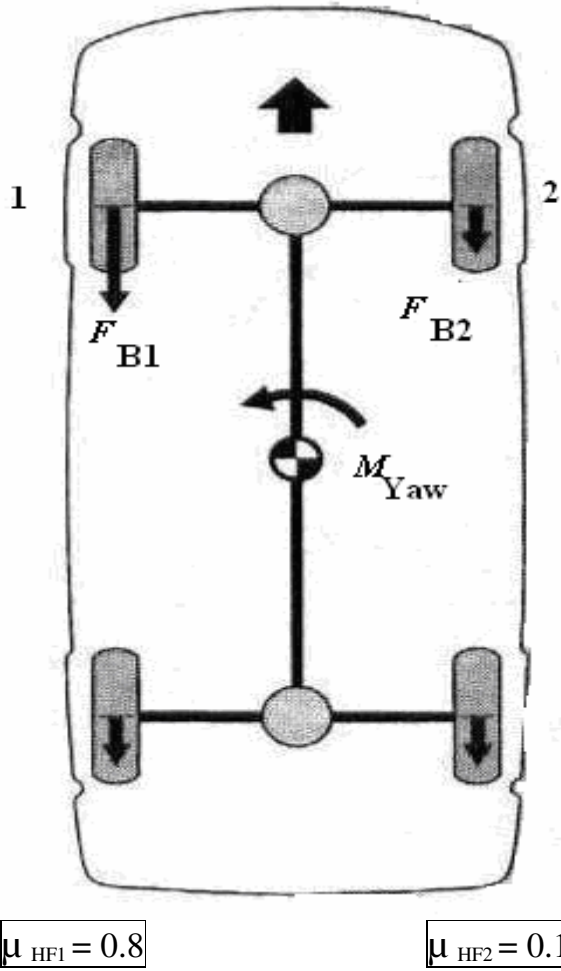
Şekil 9.6. Küçük fren kuvveti katsayılarında fren regülasyonu [14]

V_F : Araç hızı V_{Ref} : Referans hız V_R : Tekerlek çevre hızı λ_1 : Kayma şalt tabanı
 Şalt sinyalleri: $+a$: Tekerlek çevre kapışı $-a$: Tekerlek çevre gecikme
 ΔP_{ab} : Fren basıncı düşmesi

1 ve 2 no'lu fazlardaki fren regülasyonu, tıpkı büyük fren kuvvet katsayılarındaki gibidir. 3 no'lu faz, kısa süreli bir basınç tutma fazıyla başlamaktadır. Bundan sonra çok kısa bir sürede, tekerlek hızı λ_1 kayma şalt tabanı ile karşılaştırılmaktadır. Tekerlek hızı, kayma şalt tabanı değerinden daha küçük olduğundan, fren basıncı kısa ve sabit bir sürede indirgenmektedir. Bunun akabinde, kısa bir basınç tutma fazı oluşmaktadır. Sonra tekrar kısa ve sabit bir sürede basınç indirgenmesi ile sonuçlanacak olan tekerlek hızı ve λ_1 kayma şalt tabanı karşılaştırılması yapılmaktadır. 4 no'lu fazda, tekerlek tekrar kapışa geçmekte ve tekerlek çevre kapışı (+a) tabanı üzerinden atlamaktadır. Bunun sonucunda tekrar (+a) tabanının altına düşülene kadar basınç tutulmaktadır. 5 no'lu fazda ise bir önceki bölümde anlatılan basıncın kademeli olarak oluşturulmasına sıra gelir ta ki 6 no'lu fazda yeni bir regülasyon döngüsü başlatılana kadar devam etmektedir. Daha önce tarif edilen döngüde, regülatör lojiği, (-a) sinyali ile başlatılan basınç indirgenmesinden sonra tekerleği kapışa geçirmek için iki basınç indirgeme kademesinin daha gerekli olduğunu algılamıştır. Tekerlek, büyük kayma alanında oransal olarak uzun sürede seyrederek, bu da seyir stabilitesi ve direksiyon hakimiyeti açısından optimal değildir. Her ikisini düzeltmek için ise, hem bu, hem de bir sonraki regülasyon döngüsünde, tekerlek hızı ile λ_1 kayma şalt tabanı sürekli karşılaştırılmaktadır. Bunun sonucunda, 6 no'lu fazda fren basıncı sürekli indirgenmekte, ta ki 7 no'lu fazda tekerlek kapışı, (+a) tabanı üzerinden atlayana kadar devam etmektedir. Sürekli basınç indirgemesi sonucunda tekerlek, seyir stabilitesi ve direksiyon hakimiyeti; ilk regülasyon döngüsüne göre artırılacak şekilde, sadece kısa süreli olarak daha büyük bir kayma ile hareket etmektedir [14].

9.2.3. Savrulma momenti oluşum gecikmeli fren regülasyonu

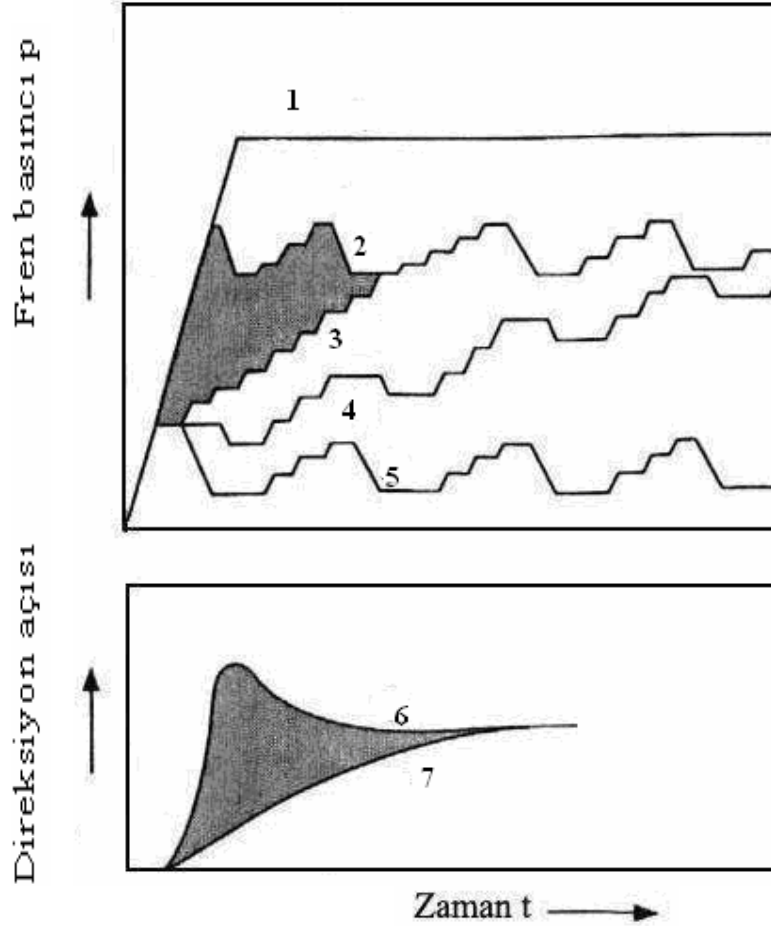
Asimetrik yolda yapılan frenlemede, (sol tekerlek kuru asfalt, sağ tekerlek buz üzerinde) ön tekerlekler üzerinde, araç yük eksenini etrafında bir dönme momenti (savrulma momenti) oluşumuna neden olan çok farklı fren kuvvetleri meydana gelmektedir (Şekil 9.7) [14].



Şekil 9.7. Çok farklı fren kuvveti katsayılarında savrulma momenti oluşumu [14]
 M_{Yaw} :Savrulma momenti F_B : Fren kuvveti M_B . Fren kuvveti katsayısı
 1. “High” (yüksek)-tekerlek 2. “Low” (düşük)-tekerlek

Ağır binek otomobilleri, oransal olarak büyük aks mesafesine ve yüksek eksen etrafında büyük bir araç atalet momentine sahiptir. Bu araçlarda savrulma; sürücü, ABS ile frenleme yaparken zıt direksiyon hareketi ile savrulma hareketini hızla dengeleyebilecek şekilde yavaş oluşmaktadır. Daha kısa aks mesafesine ve daha düşük araç atalet momentine sahip küçük binek otomobillerin ise, bu araçlarında panik frenlemesi sırasında asimetrik yol satırlarında direksiyon hâkimiyetinin azalmaması için ABS’nin yanı sıra ilave bir “savrulma momenti oluşum gecikmesine (GMA)” ihtiyaçları vardır. GMA, daha büyük fren kuvvet katsayılı yol tarafında hareket eden ön tekerleğin “high” (yüksek) tekerlek fren silindirinde, zaman olarak

gecikmeli bir basınç oluşumu sağlamaktadır. Şekil 9.8, GMA prensibini net olarak göstermektedir [14].



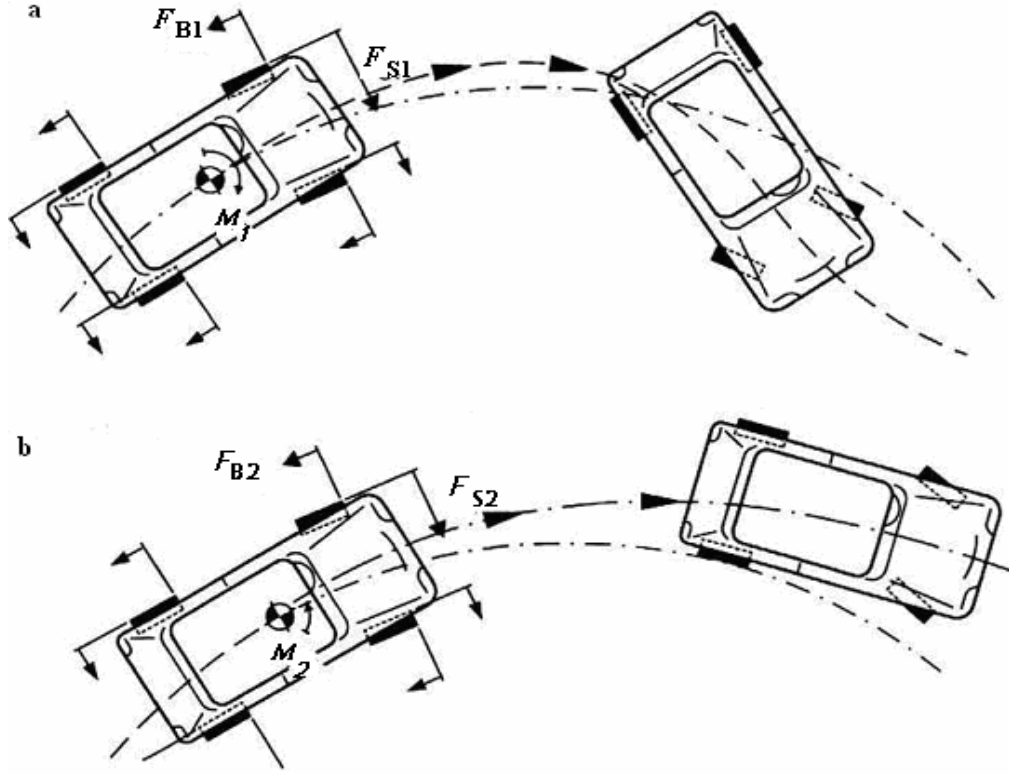
Şekil 9.8. Savrulma momenti oluşum gecikmesinde fren basıncı/direksiyon açısı oluşumu [14]

1. p_{HZ} ana fren silindir basıncı 2. p_{high} fren basıncı GMA'sız
3. p_{high} GMA 1'li 4. p_{high} GMA 2'li 5. p_{low}
6. Direksiyon açısı GMA'sız
7. Direksiyon açısı GMA'lı

1 No'lu eğri p_{HZ} ana silindir basıncını göstermektedir. GMA'nın mevcut olmadığı durumda, kısa bir süre sonra asfalt üzerindeki tekerlek; p_{high} basıncını (2 no'lu eğri), buz üzerindeki tekerlek; p_{low} basıncını (5 no'lu eğri) göstermektedir. Her tekerlek ilgili mümkün maksimum gecikme ile frenleme (tek olarak/subjektif regülasyon) yapmaktadır [14].

Daha az kritik hareket davranışı gösteren araçlarda, GMA 1 sistemi kullanılmaktadır. GMA 1’de frene başlama fazında, “Low”-tekerlek kilitleme eğilimi sonucunda ilk basınç indirgemesine maruz kaldığı anda, “High”-tekerlek üzerindeki fren basıncı kademeli olarak oluşturulmaya başlanmaktadır (3 no’lu eğri). “High”-tekerleğin fren basıncı kilitleme seviyesine ulaştığında artık “Low”-tekerleğin sinyallerinden etkilenmez, ancak bu kendisi üzerinde maksimum mümkün fren kuvveti kullanılacak şekilde tek olarak/subjektif olarak ayarlanmaktadır. Bu önlem, adı geçen araç türü açısından asimetrik yolda yapılan panik frenlemelerinde tatmin edici bir direksiyon davranışı sağlamaktadır. “High”-tekerlek üzerindeki maksimum fren basıncı, oldukça kısa sürede (750 ms) ayarlandığından, fren mesafesinin uzaması GMA’sız araçlarla karşılaştırıldığında düşüktür. GMA 2 sistemi, özellikle kritik hareket davranışı olan araçlarda kullanılmaktadır. Bu sistemde, “Low”-tekerlek üzerindeki fren basıncı indirgenir indirgenmez, “High”-tekerlek üzerindeki ABS solenoid valfine belirli bir basınç tutma ve indirgeme süresi ile kumanda edilmektedir (4 no’lu eğri). Bundan sonra “Low”-tekerlek üzerinde yeniden oluşan basınç “High”-tekerlek üzerinde kademeli bir basınç oluşumunu başlatır; burada basınç oluşum süreleri “Low”-tekerleğe göre belirli bir oranda daha uzun olmaktadır. Bu basınç oluşumu, sadece ilk regülasyon döngüsünde değil, tüm frenleme boyunca gerçekleşmektedir. Frenleme sırasındaki araç hızı ne kadar yüksekse, savrulma momentinin direksiyon davranışı üzerindeki etkisi de o denli kritiktir. GMA 2’de, araç hızı dört alana bölünmektedir. Bu alanlarda, farklı güçte savrulma moment oluşum gecikmeleri etkilidir. Özellikle yüksek araç hızlarında savrulma momentinin yavaş oluşmasının sağlanması için, yüksek hızları içeren alanlarda “High”-tekerlek üzerindeki basınç oluşum süreleri artarak kısaltılmakta, “Low”-tekerlekte ise basınç oluşum süreleri artarak uzatılmaktadır. Şekil 9.8’in alt kısmında frenleme sırasındaki direksiyon açısı oluşumu gösterilmektedir; GMA’sız (6 no’lu eğri), GMA’lı (7 no’lu eğri) [14].

Optimal savrulma momenti oluşum gecikmesi, iyi bir direksiyon davranışı ile buna uygun kısa fren mesafesinin bir sonucu olup Bosch ile ilgili araç tipini üreten araç üreticisi arasındaki işbirliği ile belirlenmektedir [14].



Şekil 9.9. Kritik hızlarda virajlardaki fren tutumu GMA'lı/GMA'sız [14]

- a. GMA açık/devrede (Tek olarak/subjektif regülasyon mevcut değil), araç fazla direksiyon edilmiş b. GMA kapalı/devrede değil (Tek olarak/subjektif regülasyon mevcut), araç biraz eksik direksiyon edilmiş
 F_B : Fren kuvveti F_S : Yan kuvvet M : Dönme momenti

GMA'nın kullanımına yönelik bir diğer önemli husus, virajdaki fren davranışıdır. Sürücü, yüksek hızda virajda frenleme yapar ise, GMA ön aks üzerinde dinamik olarak yükleme yapılmasını ve arka aksın yükünün dinamik olarak azalmasını sağlamaktadır. Bu esnada, ön tekerlekler üzerindeki yan kuvvetler artarken, arka tekerleklerde bu yan kuvvetler azalmaktadır. Bunun sonucunda, virajın iç kısmına yönelmiş olan bir dönme momenti oluşur, araç savrularak seyrettiği rotayı iç kısma kayarak terk eder ve direksiyon hareketi zıt yönde dahi zor sağlanmaktadır (Şekil 9.9 a). Bu kritik fren durumunu engellemek için, GMA'da ilave olarak GMA'yı $0,4g$ üzerindeki kapışlarda kapayan bir dik kapış şalteri bulunmaktadır. Böylece, virajda yapılan frenleme sırasında, virajın dış kısmında bulunan ön tekerlek

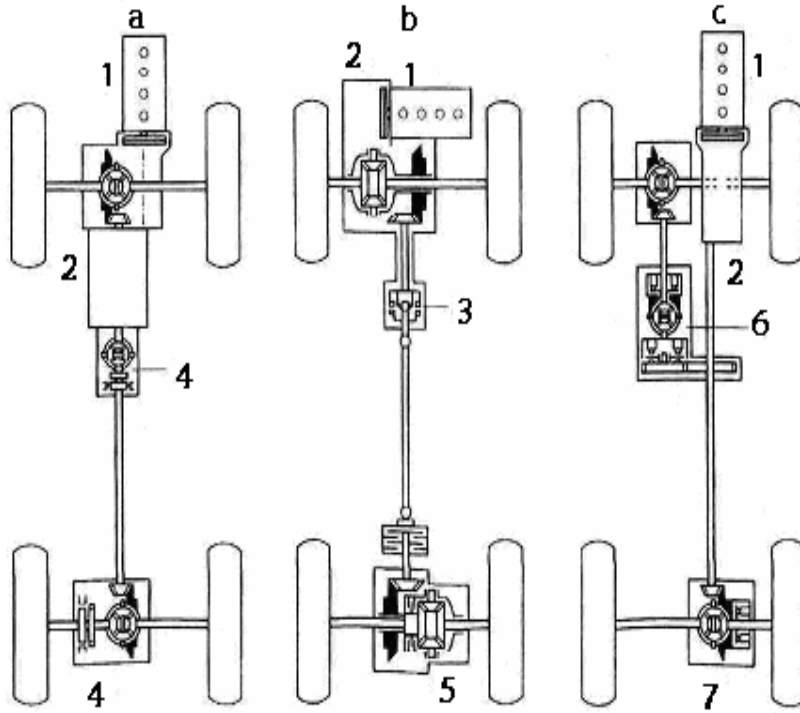
üzerinde virajın dışına yönelen bir dönme momenti oluşturan büyük bir fren kuvveti meydana gelmektedir. Bu dönme momenti, viraj içerisine doğru yönelen yan kuvvet dönme momentini dengeler ve böylece araç hafif bir şekilde rotanın dışında kalarak direksiyon hakimiyeti rahatlıkla sağlanmaktadır (Şekil 9.9 b). GMA, elektronik kontrol ünitesinin entegre büyük şalt devrelerinde gerçekleştirilmiştir. GMA 2 ise, emniyet açısından karşılıklı paralel kontrolle çalışan iki ilave mikro işlemci içerisinde bulunmaktadır [14].

9.2.4. Dört tekerlek çekişli (4x4) araçlarda fren regülasyonu

Çeşitli dört tekerlek çekişli tahriklerin değerlendirilmesi açısından en önemli kriterler; traksiyon, hareket dinamiği ve fren davranışdır [14].

Diferansiyel kilitleri kapanır kapanmaz, ABS fren regülasyonu açısından ABS’de belirli ilave önlemleri gerektiren şartlar meydana gelmektedir. Arka aks diferansiyelin kilitli olması durumunda arka tekerlekler sürekli bağlantı halindedir, yani aynı devir sayısı ile hareket ederler ve (her iki tekerlekteki) fren momentleri ile (her iki tekerlek ve ilgili yol sathı arasındaki) yol sathı sürtünme momentleri açısından tek bir gövde gibi davranış göstermektedir. Normalde arka aks üzerinde geçerli “Select-low” (düşük duyarlı) işletme türü böylece devreden çıkar ve her iki arka tekerlek optimal fren kuvvetlerini tam olarak kullanmaktadır. Uzunlamasına kilit devreye girdiği andan itibaren, sistem, ön ve arka tekerleklerin ortalama devir sayısının eşit olmasını zorunlu kılmaktadır. Bu durumda, tüm tekerlekler dinamik olarak birbiriyle bağlantı durumuna gelir ve motor sürüklenme momenti (gaz kesilmesi sonucu oluşan motor freni etkisi) ile motor ataleti tüm tekerlekler üzerine etki etmektedir. Bu şartlarda dahi optimal ABS fonksiyonunun sağlanması için, dört tekerlek çekişli sisteme göre (Şekil 9.10) ilave önlemler gerekmektedir. Uzunlamasına çubukta ve arka aksta manuel açılıp kapanabilen kilitleri veya daimi etkili kilitleri (viskose kilitleri) olan 1 no’lu dört tekerlek çekişli sisteminde, arka tekerlekler sabit olarak bağlantı halindedir ve ön tekerleklerin ortalama devir sayısı arka tekerleklerinki ile aynıdır. Daha önce bahsi geçtiği üzere arka aks kilidi, “Select-low” (düşük duyarlı) işletme türünün arka aks üzerinde artık etkili

olmamasına neden olur ve böylece her bir arka tekerlek üzerinde maksimum fren kuvvetinden faydalanmasını sağlamaktadır. Asimetrik yol sathı üzerinde yapılan frenlemede; bu fren kuvvet farkı, arka tekerlekler üzerinde bir savrulma momentinin oluşmasına neden olur ve bu da hareket stabilitesini kritik bir şekilde olumsuz olarak etkilemektedir. Maksimum fren kuvveti farkı, ön tekerlekler üzerinde de hızla oluşsaydı, aracı sağlam bir rota üzerinde tutma mümkün değildir. Bu türdeki dört tekerlek çekişli tahrik, çok farklı yol sathı durumlarında sağ ve sol tekerlekler üzerindeki seyir stabilitesinin ve direksiyon hâkimiyetinin sağlanması için ön tekerlekler üzerinde bir GMA'nın mevcudiyetini gerekli kılmaktadır [14].



Şekil 9.10. Dört tekerlek çekişli tahrik (4x4) sistemleri [14]

a, b, c. Dört tekerlek çekişli sistemler

1. Motor 2. Şanzıman 3. Serbest hareket ve viscose kuplajı

4...7. Diferansiyel türleri: 4. Manuel açılan ve kapanan kilitli veya viscose- kilitli diferansiyel 5. Yüzde kilitli diferansiyel 6. Otomatik vitesli ve otomatik kilitli diferansiyel 7. Otomatik kilitli diferansiyel

Kaygan yolda ABS fonksiyonun sağlanması için, dört tekerlek çekişli tahrikte bütün tekerlekler üzerinde etkili olan motor sürüklemesi momentinin azaltılması

gerekmektedir. Bunun sağlanması ise, rölanti devir sayısının yükseltilmesi veya fazla güçlü gelen motor fren etkisini ortadan kaldıracak bir motor sürüklenme moment regülasyonu ile gerçekleşmektedir. Tekerleklerin kilitlenmesinin engellenmesi için, ayrıca etkili motor ataleti sonucu azaltılan kaygan yol sathı üzerindeki yol sathı-sürtünme momentlerinin değişimiyle ilgili tekerlek hassasiyetinin de, fren regülasyonunun hassaslaştırılması ile dengelenmesi gerekmektedir [14].

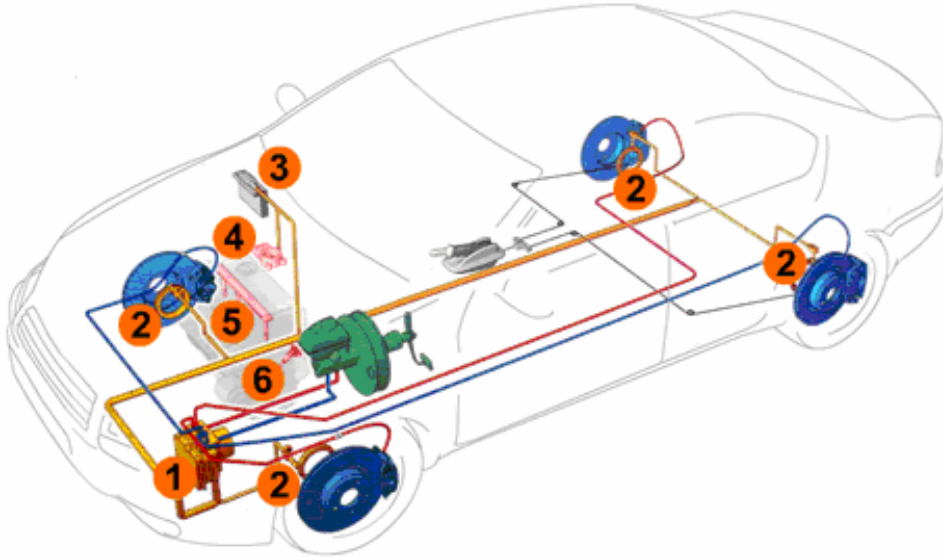
Tüm tekerleklerin ataletli motor kütlesi ile dinamik bir şekilde bağlanması, bu nedenle elektronik kontrol ünitesinin, sinyal hazırlanmasında ve lojiğinde ilave önlemleri gerektirmektedir. Mevcut bir aracın uzunlamasına gecikme şalteri, μ_B değeri 0,3'ten küçük olan kaygan yol sathının tanınmasına imkân vermektedir. Bu tür bir yolda yapılan bir frenlemenin değerlendirilmesinde, tekerlek çapı gecikmesinin (-a) tepki eşiği ikiye bölünmekte ve referans hızın, azalan yükselişi belirli ve oransal olarak küçük değerlerle sınırlandırılmaktadır. Böylece, tekerleklerin kilitlenme eğilimi, erken ve daha hassas bir şekilde algılanabilmektedir. Dört tekerlek çekişli araçlarda, kaygan yolda kuvvetli gaz verilmesi tüm tekerleklerin patinaj yapmasına neden olabilmektedir. Böyle bir durumda, sinyal hazırlamadaki bazı özel önlemlerle, referans hızın sadece maksimum mümkün araç kapışına göre patinaj yapan tekerlekleri takip etmesi sağlanmaktadır. Müteakip oluşan bir frenlemede, ilk ABS basınç oluşumu bir sinyal (-a) ve belirli küçük bir tekerlek hız farkı ile 2 no'lu dört tekerlek çekişli sistemdeki tüm tekerleklerin patinaj yapabilmesi nedeniyle, (uzunlamasına çubukta serbest hareketli visko-debriyajı, yüzdeli arka aks kilidi) sinyal hazırlamada aynı özel önlemlerin alınması gereklidir. ABS fonksiyonun sağlanması için başka önlemler gerekmemektedir. Zira frenleme sırasındaki serbest hareket tekerlekler arasındaki bağlantıyı çözmektedir. Ancak ABS fonksiyonu, motor sürüklenme momenti ile ilaveten düzeltilebilmektedir. 3 no'lu dört tekerlek çekişli sistemde de (otomatik açılıp kapanabilen kilitler), tüm tekerleklerin patinaj yapması durumu için sinyal hazırlamada yukarıda söz edilen önlemler gerekmektedir. Buna ilaveten, her frenleme başlangıcında diferansiyel kilitleri otomatik olarak açılmaktadır. ABS fonksiyonun sağlanması için başka önlemler gerekmemektedir [14].

10. ABS FREN SİSTEMİ İLE ENTEGRE SİSTEMLER

10.1. Çekiş Kontrol Sistemi (Traction Control System (TCS) – Acceleration Slip Regulation (ASR))

Sürüş esnasında kritik durumlar, sadece frenlere basıldığı zaman değil, kaygan ve yumuşak zeminlerde aracın hızının artırılması ve taşıtın dönmesi esnasında da ortaya çıkmaktadır [18].

Çekiş (Patinaj) Kontrol Sistemi'nin teorisi, temelde ABS ile uyuşmaktadır. Her iki sistemin de ana parametresi, yol-lastik sürtünme katsayısıdır ve her ikisi de, yol ile lastik arasındaki doğrusal kuvveti, sürtünmenin izin verdiği seviyede tutarak lastiğin yol üzerinde kaymasını önlemektedir [19].



Şekil 10.1. Çekiş kontrol sisteminin şematik görünümü [20]

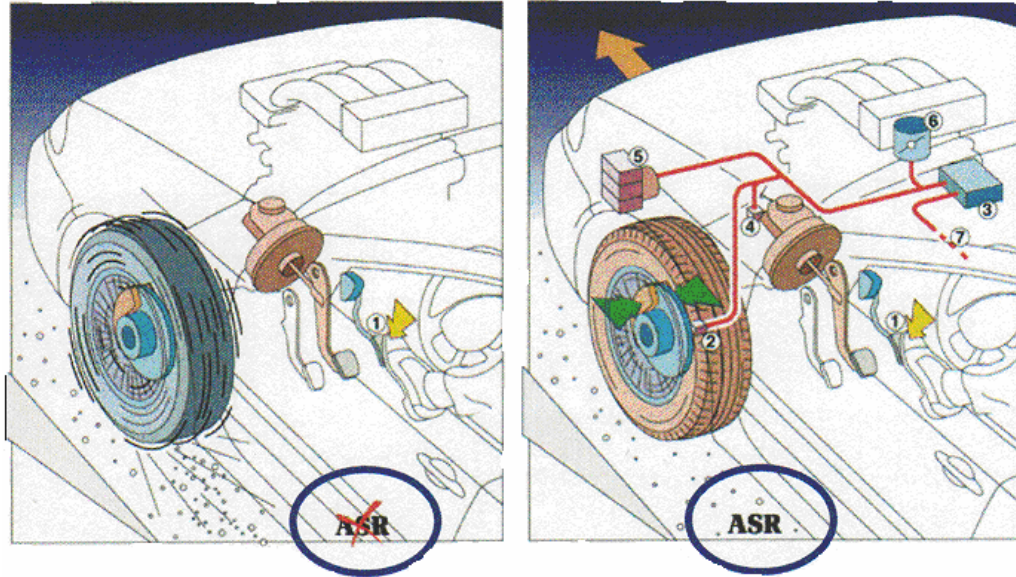
1. ABS hidroliği ve fren basınç sensörü
2. Tekerlek hız sensörleri
3. Elektronik kontrol ünitesi
4. Yakıt kısma valfi (TCS kontrolündedir)
5. Ateşleme tertibatı (TCS kontrolündedir)
6. Yakıt enjektörü (TCS kontrolündedir)

Frenleme esnasında bu kuvvet, ileri yönde oluşmakta ve bu esnadaki bir kayma olayı bloke olma olarak adlandırılmaktaydı. Patinaj ise tam tersine, gaza basıldığında

tekerlek yüzeyinde oluşan geri yöndeki kuvvetin, yol ile lastik arasındaki sürtünme eşiğini aşmasıyla oluşan kayma durumudur [19].

Frenleme ile arasındaki tek fark, yola etki eden kuvvetin yönüdür. İlk olarak 1981 yılında piyasaya çıkan Çekiş Kontrol Sistemi, aynen Elektronik Fren Gücü Dağıtım Sistemi veya Acil Fren Destek Sistemi gibi, mevcut ABS altyapısından yararlanmaktadır [19].

Tekerlekler üzerindeki hız algılayıcılarından elde edilen bilgi, mikroişlemciye aktarılmaktadır. Ancak kaymanın tespiti burada daha kolaydır; çünkü kayma (patinaj) ancak güç aktarımının uygulandığı (diferansiyelin bağlı olduğu) dingile bağlı tekerleklerde olmaktadır. Dolayısıyla, bu tekerleklerle diğerleri arasındaki fark, normal olarak patinaj oranını verecektir. Sürekli olarak denetlenen bu hız farkı, belirli bir oranı aştığında mikroişlemci ilgili tekerleğe ait ABS donanımını harekete geçirerek momenti düşürmektedir. Patinaj sona erdiğinde, ABS devre dışı kalır ve bu işlem de saniyede on-onbeş kez tekrarlanmaktadır [19].



Şekil 10.2. Çekiş kontrol sisteminin çalışması [20]

Frenin devreye sokulması hızlı ve pratik bir çözüm olsa bile, patinajın süreklilik gösterdiği durumlarda motor gücünün de azaltılması gerekmektedir. Bunun için ABS / TCS denetleyicisi, Motor Kumanda Birimine patinaj bilgisi göndermektedir. Bu bilgiyi alan Motor Kumanda Birimi, motor gücünü azaltmak için farklı tedbirler alabilmektedir; Yakıt karışımını daha geç ateşlemek, yakıt püskürtme sistemli araçlarda enjektöre giden sinyalleri değişimli olarak keserek, ateşleme sinyallerini değişimli olarak keserek, gaz kelebeğine kumanda ederek motor gücü azaltılmaktadır [19].



Resim 10.1. ABS hidroliği

Bu sistem, fonksiyonel olarak aşağıda sıralanan üç temel olumsuz etkiyi ortadan kaldırmaya yardımcı olmaktadır [21]:

1. Çekiş esnasında, ileri doğrultudaki sürtünme % 20 azalmaktadır. Yola aktarabileceğimiz kuvvet, tutunma katsayısı ile doğru orantılı olduğundan, aracın ivmelenmesi bu oranda azalacaktır.
2. Yanal sürtünmenin % 90 oranında azalmasıyla direksiyon hâkimiyeti kaybolacaktır. Bu nedenle, tedbirli sürücüler viraj içindeyken gaza basmaktan çekinmektedirler. Çünkü lastiklerin patinaja başlaması aracın savrulmasıyla sonuçlanabilmektedir.
3. Kuru zeminlerde, ancak kalkış anında problem olan çekiş, özellikle ıslak, buzlu veya gevşek malzemeli kaygan zeminlerde gaza çok daha dikkatli basılmasını

gerektirmektedir. Çünkü tekerleğin boşa dönmesi, lastiğin yola gömülmesine neden olacaktır. Taşıtın tek tekerleği, kaygan zeminde çekişe başlarsa, diferansiyelin yapısı gereği diğer tekerlek hiç dönmemektedir. Bu durumda, kilitli diferansiyeli olan taşıtlar hariç çekişten kurtulmak da mümkün olmamaktadır.

Bu sistem, aracın lastiklerinin kalkış ve hızlanma sırasında gereğinden fazla hızlanmasını engellemektedir [1].

10.2. Elektronik Fren Kuvveti Dağıtım Sistemi (Electronic Brake Force Distribution) (EBD)

10.2.1. EBD'nin kontrolü

EBD kontrol sistemi, ABS'yi kullanarak sürüş koşullarına ve araba yüküne karşılık ön ve arka tekerlekler arasındaki fren gücünün dağıtımını optimize etmektedir [1].

Ayrıca, frenleme durumunda, EBD'li ABS, sağ ve sol tekerlekler arasındaki fren gücü dağılımını optimize ederek, aracın kararlılığının sürdürülmesine yardımcı olmaktadır. Bu fonksiyonlar, mükemmel fren performansına katkıda bulunmaktadır [1].

EBD, klasik ABS programına ek bir program olarak geliştirilmiştir ve arka tekerleklerin daha “hassas” bir şekilde kumanda edilmesini sağlamaktadır. Aracın yük ve yol tutuşuna bağlı normal olarak frenleme işlemlerinde de devreye girebilmektedir. EBD denetiminde fren kuvveti, fren basıncı ya da aracın ağırlığına göre değil, tekerleğin kaydırma oranına göre belirlenmektedir.

Avrupa modellerinde standart olarak, Avrupa haricinde ise opsiyonel olarak ABS sistemine EBD (Elektronik Fren Kuvveti Dağıtım) sistemi eklenmiştir.

EBD Fren Fonksiyonu (Aynı pedal gücü uygulandı)

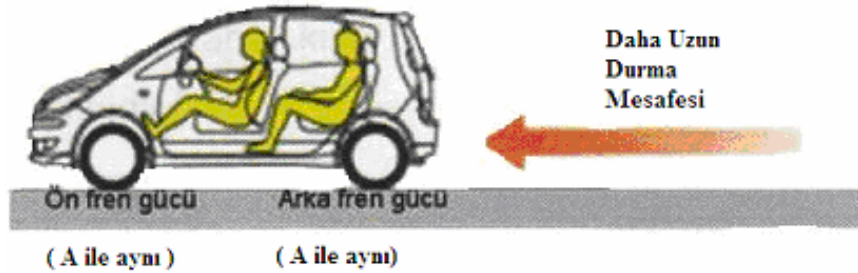
[A] bir yolcu



[B] birden fazla yolcu (EBD Sistemli)



[C] birden fazla yolcu (EBD sistemi olmadan)



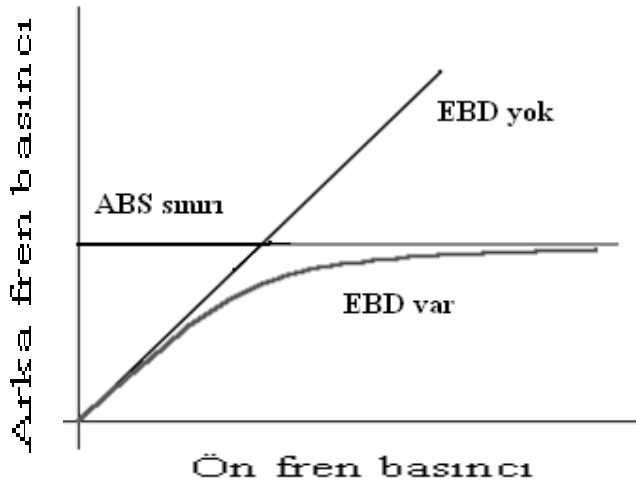
Şekil 10.3. Elektronik fren kuvveti dağıtım sistemi [20]

Volvo'nun EBD'si, ABS'nin günümüzde kullanılan versiyonuna yapılan bir yazılım değişikliğidir. Parçaları aynı olmakla birlikte, sistem sadece panik frenleme durumlarında değil, normal frenleme esnasında kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Her fren uygulamasında, aracın ağırlığı ön tarafa taşınmaktadır. Durma kuvvetinin büyük bir kısmı, ön tekerleklerde olduğu için, birçok araçta arka caliperslere (kumpaslara) gelen hidrolik baskıyı sınırlandırmak için bazı valf tipleri kullanılmaktadır. Volvo'nun EBD'si elektronik olarak, durma kuvvetini mümkün

olduğu kadar arkaya kaydırmak için elektronik olarak bütün tekerleklerdeki fren baskısını kontrol etmektedir [1].

10.2.2. Çalışması

Elektronik kontrol ünitesi, dört tekerlekteki hız müşirlerinin gönderdiği sinyalleri dikkate alarak tekerleklerin hızını, yavaşlamasını ve kayma oranını hesaplamaktadır. Kayma oranına göre elektronik kontrol ünitesi, basınç düşürme valfini kullanarak her bir tekerleğe giden hidrolik yağ basıncını 3 modda (basınç düşürme, basınç tutma ve basınç yükseltme modu) kontrol etmektedir.



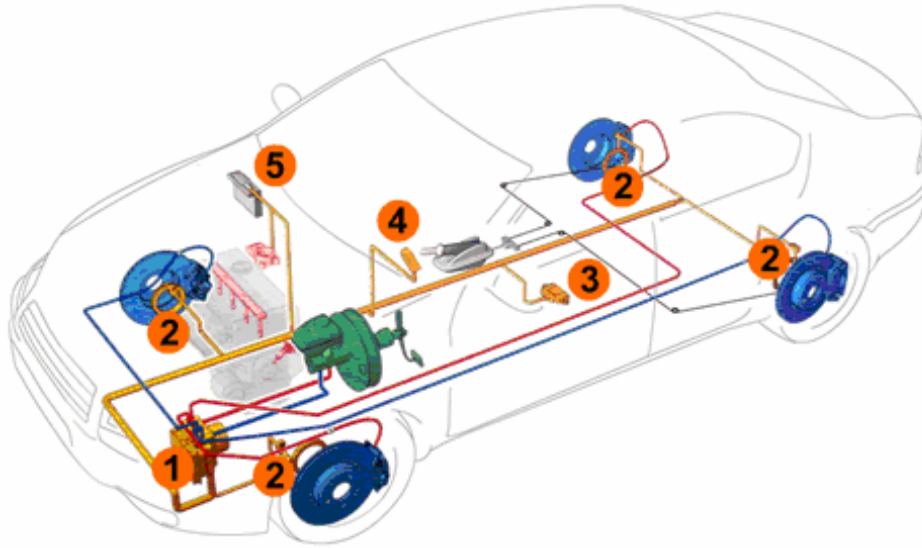
Şekil 10.4. Elektrik fren kuvveti dağıtım sistemi basınç dağıtımı [21]

Tekerlekte meydana gelen kaydırmaya bağlı olarak elektronik fren kuvveti dağıtım sistemi (EBD), arka tekerleklerdeki fren basıncının düşmesini sağlamaktadır. Bu ise, klasik sistemlere oranla daha iyi bir yön dengesi kurulmasını sağlamaktadır. Arka tekerleklerdeki fren basıncı, belirli basınç tutma aşamalarıyla azaltılmaktadır. Arka tekerleklerin kilitlenmesi (aşırı frenleme), özel olarak uyarlanmış yazılımlara engeldir. EBD denetimi sırasında pompa motoru çalışmamaktadır. Söz konusu tekerlekte hâlâ kilitlenme meydana geliyorsa ABS denetimi başlamakta ve EBD denetimi sırasında, her iki arka fren devresi birden devreye girmektedir.

10.3. Elektronik Stabilite Programı (Electronic Stability Program) (ESP)

Elektronik Stabilite Programı [Elektronic Stability Program (ESP)], kritik durumlarda, aracın kontrol altında tutulmasına yardımcı olmaktadır. ESP, aracın fren ve çekiş kontrol sistemlerini kullanarak aracı yönlendirmekte ve dengeli bir sürüş sağlamaktadır [22].

Yolda karşılaşılabilecek kritik durumların önceden alınabilecek önlemler ile aşılması açısından, ESP’de kritik durumları sezmek için çok sayıda sensör kullanılmaktadır. Bu sensörler, uygun durumda fren uygulamak veya motor ayarlarını değiştirmek suretiyle sürücüye yardımcı olmaktadır [1].



Şekil 10.5. ESP sisteminin araç üzerinde şematik görünümü [20]

1. ABS hidroliği ve fren basıncı sensörü
2. Tekerlek hız sensörleri
3. Sapma ve yanal hız sensörü
4. Direksiyon açısı sensörü
5. Elektronik kontrol ünitesi

ESP, araç dinamik kontrolü olarak da adlandırılmakta ve kayma tehlikesini etkili bir şekilde azaltmak amacıyla, çapraz yönde kararlılığını artırmaktadır [18].

Yapılan bir araştırma, 1999 yılında Almanya’da ölümle sonuçlanan trafik kazalarının % 40’ının araç savrulmaları sonucu meydana geldiğini ortaya koymuştur [20].

Mercedes firmasının trafik kaza istatistiklerine ilişkin olarak 2002 yılında hazırlanmış olduğu raporda, ESP sisteminin 1999 yılından beri tüm Mercedes modellerinde standart donanım olarak kullanılmaya başlandığı belirtilmektedir. Raporda devamla, incelenen bir buçuk milyondan fazla kaza istatistiği sonuçlarına göre bu sistem sayesinde Mercedes marka araçlarda trafik kazalarının % 15 oranında, diğer marka araçlarda ise % 11 oranında azaldığı vurgulanmaktadır [23].

Bununla birlikte, Avrupa Trafik Kaza Nedenleri Anketi kapsamında, Avrupa’da meydana gelmiş 1674 kaza olayı incelenmiş ve burada ESP kullanımına da bakılmıştır. Kazalara ilişkin detaylar ve kaza sonuçlarının yapılan değerlendirmesinde ise, ESP sistemi sayesinde, 1674 kazanın % 18’inin, sadece ölümle sonuçlanmış olanlarının ise % 34’ünün önlenmiş olabileceği belirlenmiştir [24].

2004 ve 2006 yıllarında İngiltere, Hollanda, Belçika, Almanya, Fransa, İtalya ve İspanya gibi Avrupa ülkelerinde, 3000 kişinin katıldığı ESP ile ilgili anket yapılmıştır. Anket sonuçlarına göre, 2004 yılında aktif güvenlik sistemi olarak ESP’nin isminin duyulma oranı % 39 iken, 2006 yılında bu oran % 54’e yükselmektedir [25].

ESP kapalı devre stabilite kontrol sistemi, ABS ve TCS sistemlerinin elemanlarını da içermektedir. Bunun yanı sıra, sistemde kullanılan elektronik kontrol ünitesi, muhtelif sensörlerden gelen sinyalleri değerlendirmekte ve aynı zamanda bir kontrol ve tahrik ünitesi aracılığıyla aracın fren ve çekiş sistemlerini koşullara göre idare etmektedir [22].

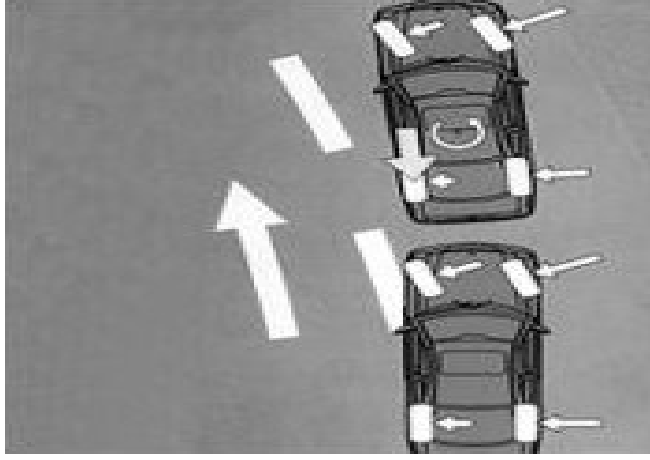


Resim 10.2. ESP sistemi virajlarda savrulma ve devrilmeyi önler [20]

Bunların da ötesinde ESP, araç üzerindeki diğer elektronik kontrol sistemleri ile veri iletimini koordine etmekte ve tüm araçtaki sistem entegrasyonunu sağlamaktadır. Öncelikle aracın, sürücünün direksiyon hareketlerine normal koşullarda nasıl cevap vereceği tespit edilmektedir (ideal durum). Daha sonra, anlık koşullarda gerçekte, nasıl cevap vereceği belirlenmektedir. Bundan sonra “ideal” ve “gerçek” koşullardaki araç tepkileri arasındaki farkı minimize etmek için ilgili aktüatörler (ABS, TCS) harekete geçirilerek tekerlekler çevresindeki kuvvet kontrol edilmektedir. Böylelikle aracın dengede ve rotasında kalması sağlanmaktadır [22].



Resim 10.3. Aracın virajın içine doğru savrulması [21]



Resim 10.4. Aracın virajın dışına savrulması [21]

ESP'nin birçok avantajı bulunmaktadır. Bunlar şunlardır [26]:

- Ani direksiyon ve kontro direksiyon: Günlük kullanımda sık karşılaşılan bir durumdur. Hızlı ilerleyen aracın S virajlara girmesi, aracın önüne aniden bir engel çıkması ya da şerit değiştirmesinden son anda vazgeçilmesi durumlarında işe yaramaktadır.
- Panik fren halinde şerit değiştirme: Hızla ilerleyen aracın şoförü, ilerde yolda olan engelleri son anda fark edebilir. Bu durumda sistem, şoförün engele çarpmamak için ani fren yapmasına ve güvenli bir şekilde şerit değiştirmesine olanak tanımaktadır.
- Artan oranlarda direksiyon ve kontra direksiyon: Bir dizi S viraja girmiş bir sürücü ters yönlerde direksiyon hareketi yapmak zorunda kalır. Aracın belirli bir doğrultudaki her hareketine karşı yanal kuvvetleri dengelemek için sürücünün ters yöne doğru daha sert direksiyon hareketi yapmasına olanak tanımaktadır.
- Viraj içinde hızlanma/fren: Otoyol çıkışlarında olduğu gibi daralan yarıçaplı uzun ve sert virajlarda araç, giriş hızında devam ederse virajın dışına doğru savrulur. Bu tarzdaki bir virajda ani bir fren yapmak aracın dengesini bozar. Viraj çıkışına doğru

hızlanıldığında ise araç viraj dışına doğru savrulur. ESP sistemi, bu gibi durumlarda kontrol sağlanmasına yardımcı olmaktadır.

İstatistikî verilere göre, araç sürücüsünün kontrolü kaybetmesinden kaynaklanan kazalar, ESP kullanımının yaygınlaştırılmasıyla birlikte dikkate değer şekilde azalmıştır. Avrupa’da üretim bandından çıkan araçların % 36’sı, artık ESP ile donanmış durumdadır. Almanya’da bu sayı % 64’e kadar yükselmektedir [22].

10.4. Elektro Hidrolik Fren Sistemi (Electro Hydraulic Brake System) (EHB)

EHB, fren pedalı bir tel sistemi ile aracın elektronik kontrol ünitesine bağlanmaktadır. Pedalın görevi şüphesiz yine aynı: Aracı durdurmak... Ama bu kez, fren pedalına basış hızı ve çokluğuna göre, sistem ne kadar acil bir fren gereksinimine ihtiyaç olduğunu anlamaktadır. Elektronik fren beyni, bu ve diğer araç bilgilerini birleştirerek her tekerleğe gerekli fren kuvvetini hesaplamaktadır. Gerekli fren basıncı, merkezi hidrolik ünitesinde oluşturulmaktadır. Eğer elektrik sisteminde herhangi bir hata ortaya çıkarsa, direkt olarak yedek hidrolik fren ünitesi devreye girmektedir [27].

Günümüzde araç fren pedalına uygulanan mekanik kuvvet, servo fren ve ana merkez üzerinden fren hidroliği sayesinde hidrolik kuvvet olarak tekerlere iletilir ve frenleme gerçekleşmektedir. Geleceğin fren sistemlerinden Elektro-Hidrolik Frenler’de, fren pedalına uygulanan kuvvet, pedal hareketini algılayan bir sensör sayesinde sürekli gözlemlenecek ve buradaki değişiklik elektronik kontrol ünitesine iletilecektir [27].

Burada hemen şu konuyu daha geniş olarak açıklamakta yarar vardır: Yeni sistemde fren ayak pedalına uygulanan kuvvet, sadece fren yapılması gerektiğini sisteme haber veren bir ön uyarı şeklinde olacaktır. Başka bir deyişle, günümüz frenlerinde pedal kuvveti direkt olarak fren gücünü oluşturmakta idi, fakat yeni sistemde pedal kuvveti sadece sürücünün aracın frenleme tertibatını harekete geçireceği bir ön işaret olacaktır [27].

Elektronik kontrol ünitesine ulaşan bu frenleme bilgisi, araç içerisindeki bir elektromotorun, beyinden gelen mesajla devreye girmesini, aracın durdurulabilmesi için fren gücünü üretmesini ve yine fren hidroliği vasıtası ile aktarılan güç sayesinde aracın durdurulmasını sağlayacaktır [27].



Resim 10.5. EHB beyni [27]

Geleceğin frenlerinde de fren hidroliği kullanılacak, fakat buradaki en büyük fark, fren hidroliğinin çalıştığı alanın çok fazla daralacak olmasıdır. Günümüzde fren pedalından hemen sonra tekerleklere kadar büyük bir alan içerisinde fren gücü iletimini sağlayan fren hidroliği, gelecekte yeni Bosch dizaynı ile sadece elektromotor ve tekerler arasında güç iletimini gerçekleştirecektir. Bu da gelecekte daha güçlü, daha emniyetli ve kontrollü frenlemeyi mümkün kılacaktır [27].

10.4.1. Konvansiyonel sistemlerle karşılaştırıldığında EHB'nin avantajları

Konvansiyonel sistemlerle karşılaştırıldığında EHB'nin avantajları şunlardır [27]:

- EHB sistemi ağırlığı önemli ölçüde azaltılmış, daha küçük bir montaj alanı gerektiren ve servo fren içermeyen bir sistemdir. Ek olarak, araca montajı da modüler fren sistem dizaynı sayesinde çok daha kolaydır.
- Her tekerlekte bulunan fren kuvvet modülasyonu ile kombine olarak çok hızlı çalışması nedeniyle optimum fren mesafesinde ve güvenilir frenleme sağlar. Böylece

EHB, frenleme esnasında otomatik olarak fren gücünü artırırken, buna paralel olarak frenlemenin doğurduğu fiziksel etkileri de azaltır.

- EHB, sürücüye yardımcı olan diğer birçok tamamlayıcı sistemle de birlikte çalışabilir. Örneğin, acil frenleme esnasında fren kuvvetini çok seri artıran "ileri fren destek sistemleri" veya yokuş aşağı sabit hızda inmeyi sağlayan sistemlerle birlikte çalışabilir. ACC (Adaptive Cruise Control) sisteminden başlayarak, trafik navigasyon sistemlerine kadar araç üzerindeki diğer tüm sistemler ile bir şebeke sistemi kurarak haberleşebilir.

- Sürücü için minimum frenleme kuvveti, titreşimsiz ve ayarlanabilir hafif bir fren pedalı duygusu sağlaması ve frenlemenin son derece sessiz gerçekleşmesi sürüş rahatlığını artıran çok önemli bir faktördür.

- EHB, çok daha yüksek emniyet koşulları sağlar. Aracın tüm sistemlerinden gelen bilgiyi, anlık olarak değerlendiren ve frenleme parametrelerini aracın o anki pozisyonuna, yol şartlarına göre belirleyen bu sistem, gerçekten geleceğin araçlarına büyük bir güven sunar.

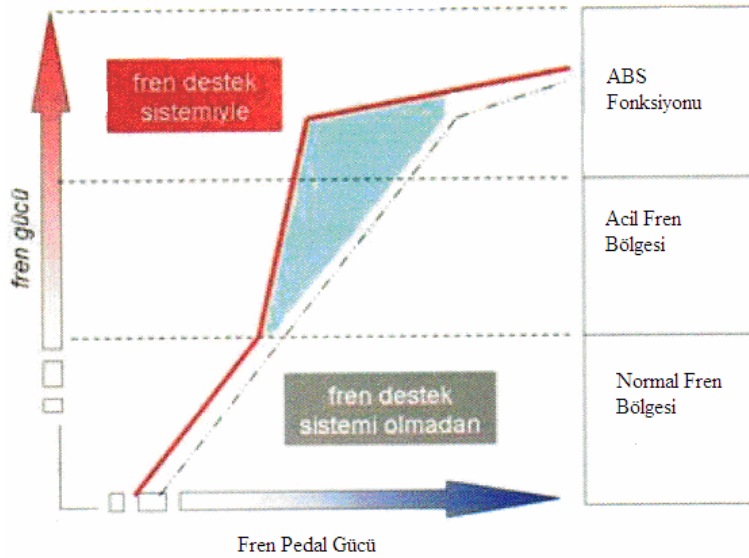
EHB sistemi, elektronik güç iletiminin yanı sıra, hidrolik güç iletimi için de bir düzeneğe sahiptir. Bunun nedeni; şu anda uygulama çalışmaları halen devam eden bu sistemde, herhangi bir elektronik arızanın meydana gelmesi durumunda, günümüz hidrolik fren tertibatının otomatik olarak devreye girmesi ve emniyetin bir kat daha artırılmış olmasıdır.

10.5. Acil (Panik) Fren Destek Sistemi (Brake Assist System) (BAS)

Yapılan kaza analizlerinde, çoğu sürücünün bir panik anında hızla tepki vererek frene bastığı, ancak çoğunun özellikle deneyimsiz olanların tereddüt geçirerek pedala yeterli kuvveti uygulayamadığı ortaya çıkmıştır. Sürüş simülatörleriyle yapılan deneylerde de, benzer sonuçlar elde edilmiştir [21].

Steyer, bu oranın hem erkek hem de bayanlar için % 90 gibi yüksek düzeyde olduğundan bahsetmekte ve çözüm olarak; sürücünün bir acil durum halinde fren yaptığını tespit ederek, o yeterince fren pedalına basamamış olsa bile onun yerine pedala yeterli güç uygulayıp ani frenlemenin yapılması ve olası kazaların önüne geçilmesini temin eden fren destek sistemini önermektedir [28].

Acil Fren Destek Sistemi, sürücünün fren pedalına ani olarak bastığını algıladığı andan itibaren tekerleklere azami fren basıncını uygulamaktadır. Bu durumda, mevcut ABS donanımı devreye girerek, lastiklerin bloke olmasını önlemekte, böylece hem direksiyon hâkimiyetinin devamını sağlamakta, hem de aracın en az süre ve mesafede durmasını temin etmektedir [21].



Şekil 10.6. Fren destek sisteminin katkısı [20]

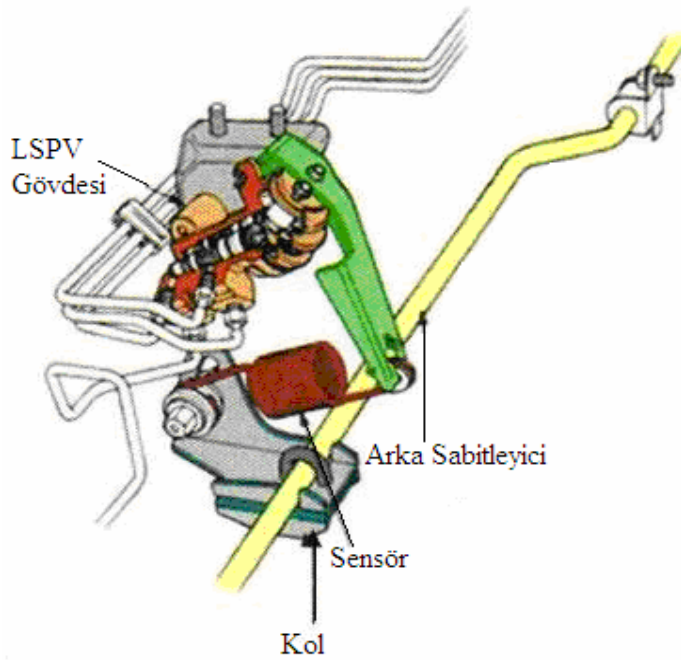
Fren ana silindiri üzerine monte edilen fren pedalı algılayıcısı, pedalın konum bilgisini Acil Fren Destek Sistemi mikroişlemcisine göndermektedir. Mikroişlemci, pedal konumunu sürekli izlemekte ve sürücünün normaldeki fren pedalına basma hızını kaydetmektedir. Eğer sürücü pedala çok kısa süreli olsa bile normalden daha hızlı basarsa, mikroişlemci sürücünün panik durumu ile karşılaştığına karar vermektedir. Bu kararı vermede, araç hızı bilgisinden de faydalanılmaktadır. Araç

hızı bilgisi, tekerlekler üzerine monte edilmiş ABS sensörleri tarafından iletilmektedir [19].

Acil frene karar verilmesi durumunda, hidrolik pompası çıkışındaki solenoid valf harekete geçirilerek pompanın tüm basıncı sisteme uygulanmaktadır. Sürücünün pedalı bırakması durumunda ise bu valf derhal kapatılarak fren desteği devreden çıkarılmaktadır [19].

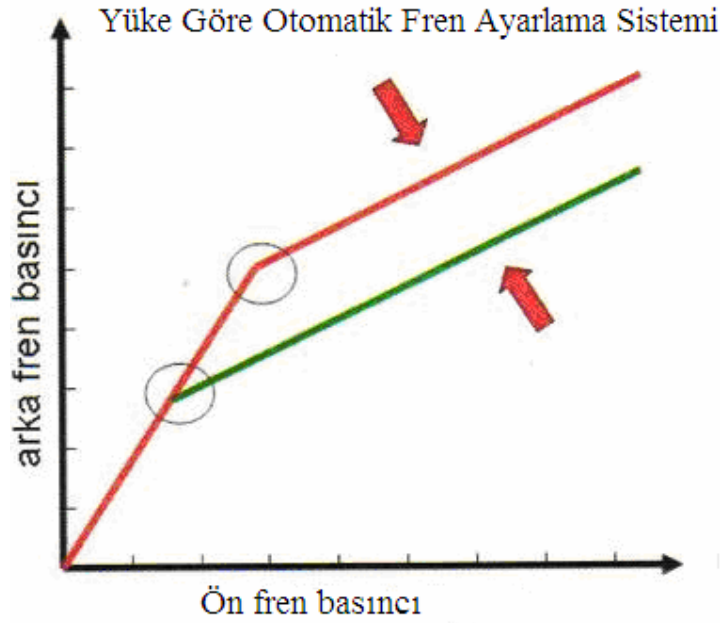
10.6. Yüke Göre Otomatik Fren Ayarlama Sistemi (Load Sensing Proportioning Valve) (LSPV)

Bu sistemde de temel prensip, EBD’de olduğu gibi, taşıt ağırlığı esas alınmak suretiyle fren gücünün tüm tekerleklerle dengeli olarak dağıtılmasıdır [20]. Ancak buradaki fark, taşıtın sadece dinamik yünü değil, aynı zamanda statik ağırlığını da (boş ve dolu ağırlığı) hesaba katarak yapılan hesaplama ile fren gücünün dağıtılıyor olmasıdır ki, bu sayede taşıt boş iken arka tekerleklerin frenleme riski en aza indirgenmiş olmaktadır [29].



Şekil 10.7. Yüke göre otomatik fren ayarlama sistemi düzeneği [30]

Yüke göre Otomatik Fren Ayarlama Sistemi, arka şasi üzerine monte edilen bir valftır. Valfe kumanda eden kol, arka dingile veya arka stabilizatör çubuğuna bağlanmaktadır (Şekil 10.7).



Şekil 10.8. Taşıt fren sistemine katkısının grafiksel gösterimi [20]

Arka dingildeki yük arttıkça, şase ile dingil arasındaki mesafe azalacak, yük azaldıkça da mesafe artacaktır. Bu mesafeye bağlı olarak kol hareket etmekte ve kolun açısına göre de valf, hidrolik basıncını ayarlamaktadır. Sistem sadece arka aks fren gücünü kontrol etmekte, ön aks fren basıncı doğrudan tekerleklere uygulanmaktadır [19].

11. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden 2006 yılında havanın açık, bulutlu, yağmurlu ve karlı olduğu 23-29 Ocak 2006, 10-13 Şubat 2006, 28-30 Eylül 2006 ve 4-10 Ağustos 2006 günleri tespit edilerek bu günlerdeki Ankara ili Keçiören ilçesinde meydana gelen trafik kazalarına ait "Trafik Kazası Tespit Tutanakları" incelenmiştir. Trafik kazası tespit tutanaklarından; kaza yapan aracın markası, sürücünün cinsiyeti, sürücü ehliyetinin sınıfı, sürücünün eğitimi, havanın durumu, gece-gündüz durumu, yolun cinsi, yolun yüzeyi, kazanın tipi, kusur derecesi, aracın tipi, aracın yaşı, sürücünün yaşı ve ehliyet süresi gibi değişkenlere ait bilgiler derlenmiştir. Derlenen bu bilgiler, bilgisayar ortamında SPSS 10.0 İstatistik Paket Programında girilerek sonuçları; frekans dağılımları, yüzdeleri ve ayrıca çapraz tablolar olarak alınmıştır. Elde edilen sonuçlar; ilk aşamada frekans dağılımları ve yüzdeleri olarak verildikten sonra ikinci aşamada değişkenlerin birbirleriyle çapraz tabloları incelenecektir. Çapraz tablolarda χ^2 testleri de yapılarak bu değişkenlerin birbirlerini etkileyip etkilemediklerine de bakılacaktır.

11.1.Frekans Dağılım Tabloları

Çizelge 11.1. Kazaların meydana geldiği tarihler ve kaza sayısına ait bilgilerin frekans dağılımları ve yüzdeleri

Günler	Kaza Sayısı (n)	Yüzde (%)
23-29 Ocak 2006 (Karlı)	157	30.8
10-13 Şubat ve 28- 30 Eylül (Yağışlı)	181	35.6
04-10 Ağustos 2006 (Açık)	171	33.6
Toplam	509	100.0

Çizelge 11.1'de görüldüğü gibi kazaların, % 35.6'sı yağışlı havada, % 33.6'sı açık havada ve % 30.8'i ise karlı havalarda meydana gelmektedir.

Çizelge 11.2. Kazaların meydana geldiği tarihler ve kaza yapan araç sayılarına ait bilgilerin frekans dağılımları ve yüzdeleri

Günler	Araç Sayısı (n)	Yüzde (%)
23-29 Ocak 2006 (Karlı)	243	28.7
10-13 Şubat ve 28- 30 Eylül (Yağışlı)	309	36.5
04-10 Ağustos 2006 (Açık)	294	34.8
Toplam	846	100.0

Çizelge 11.2'de, araçların, % 65.2'sinin yağışlı ve karlı havalarda, % 34.8'inin ise açık havada kazaya karıştıkları görülmektedir.

Çizelge 11.3. Araç markalarına ait bilgilerin frekans dağılımları ve yüzdeleri

Araç Markaları	Araç Sayısı (n)	Yüzde (%)
Tofaş-Fiat	224	26.5
Renault	119	14.1
Ford	100	11.8
Peugeot	49	5.8
Opel	48	5.7
Hyundai	35	4.1
Volkswagen	29	3.4
Otokar/Magirus	29	3.4
Mercedes	26	3.1
İsuzu	18	2.1
Toyota	16	1.9
Honda	15	1.8
İveco/Otoyol	14	1.7
Mazda	12	1.4
Kia	12	1.4
İkarus	11	1.3
BMW	10	1.2
Diğer	79	9.3
Toplam	846	100.0

Çizelge 11.3’de, kaza yapan araçların markaları bulunmaktadır. En çok kaza yapan araçlar arasında birinci sırada Tofaş-Fiat, ikinci sırada Renault, üçüncü sırada Ford ve dördüncü sırada ise Peugeot bulunmaktadır. Bu araçların kazalarda ilk sıralarda olmalarının sebebi, trafikte en sık kullanılan araç markaları olmalarından kaynaklanmaktadır.

Çizelge 11.4 Sürücülerin cinsiyetine ait bilgilerin frekans dağılımları ve yüzdeleri

Cinsiyet	Sürücü Sayısı (n)	Yüzde (%)
Bayan	30	3.5
Erkek	816	96.5
Toplam	846	100.0

Çizelge 11.4, sürücünün cinsiyeti ile ilgilidir. Burada, kaza yapanların % 3.5'i bayan, % 96.5'i erkektir. Görüldüğü gibi; kazaya karışanların tamamına yakını erkektir. Her ne kadar trafikte bayan sürücülerin sayısının az olduğu, bunun da kaza oranlarına yansımış olabileceği söylene de, gerçekte kaza yapanların içerisinde bayan sürücülerin yok denebilecek kadar az olduğu görülmektedir. Buradan, bayanların daha sakın ve daha dikkatli sürücü oldukları söylenebilmektedir.

Çizelge 11.5. Sürücülerin ehliyet sınıfına ait bilgilerin frekans dağılımları ve yüzdeleri

Ehliyet Sınıfı	Sürücü Sayısı (n)	Yüzde (%)
Ehliyeti olmayan	11	1.3
B sınıfı	557	65.8
E sınıfı	230	27.2
C sınıfı	44	5.2
D sınıfı	2	0.2
A ₂ Sınıfı	1	0.1
H sınıfı	1	0.1
Toplam	846	100.0

Sürücü ehliyeti sınıfına göre, sürücülerin sahip oldukları ehliyetler arasında birinci sırada % 65.8 ile B sınıfı, ikinci sırada % 27.2 ile E sınıfının olduğu Çizelge 11.5’de görülmektedir. Bunun sebebi; trafikte en yoğun olan ehliyet sınıflarının B ve E sınıfı ehliyet olmasından kaynaklanmaktadır.

Çizelge 11.6. Sürücülerinin eğitim durumlarına ait bilgilerin frekans dağılımları ve yüzdeleri

Eğitim Durumu	Sürücü Sayısı (n)	Yüzde (%)
İlkokul	208	24.6
Ortaokul	151	17.8
Lise	354	39.5
Üniversite	153	18.1
Toplam	846	100.0

Çizelge 11.6, sürücünün eğitim seviyesi ile ilgilidir. Bu değişkende, % 39.5'lik bir oranla lise mezunları birinci sırada, ikinci sırada % 24.6 ile ilkokul mezunları, üçüncü sırada % 18.1 ile üniversite mezunları bulunmaktadır. Liseden sonra en kolay meslek edinmenin şoförlük olmasından dolayı trafikte en sık rastlanan eğitim grubunun lise olduğu görülmektedir. Bu sebeple; kaza raporlarında lise mezunları birinci sırada yer almaktadır. Ortaokul mezunları ile üniversite mezunları arasındaki farkın binde üç gibi yok denebilecek oranda olmasına bakılırsa kaza yapmanın eğitimle doğrudan ilgili olmadığı görülmektedir. Kaza yapmak ya da kazaya sebebiyet vermek dikkat, kurallara uymak ve sabırla ilgilidir. Dikkat edilmesi gereken bir husus da, acaba kaza yapanların eğitim seviyelerine göre tali kusurlu mu yoksa asli kusurlu mu olduklarını incelemek gerekmektedir. Bunun için, yine ileriki aşamada kusur derecesi ile eğitim seviyeleri çapraz tablo yapılarak incelenecektir.

Çizelge 11.7. Sürücülerin yaş gruplarına ait bilgilerin frekans dağılımları ve yüzdeleri

Yaş Grupları	Sürücü Sayısı (n)	Yüzde (%)
15–20 Yaş	31	3.7
21–28 Yaş	216	25.5
29–36 Yaş	244	28.8
37–44 Yaş	200	23.6
45–70 Yaş	155	18.3
Toplam	846	100.0

Çizelge 11.7’de, sürücülerin yaşları ile ilgili değişken incelendiğinde; 21 – 28 yaş, 29 – 36 yaş ve 37 – 44 yaş gibi orta yaş grupları eşit yoğunlukta kaza yapma oranlarına sahiptirler. 15 – 20 yaş grubu zaten ehliyet yaşı ve araç sahipliği yaş sınırının altında olduğu için kazalarda en az rastlanandır.

Çizelge 11.8. Sürücülerin ehliyetlerine sahip olma sürelerine ait bilgilerin frekans dağılımları ve yüzdeleri

Ehliyet Süresi	Sürücü Sayısı (n)	Yüzde (%)
Ehliyeti Olmayan	11	1.3
0–4 Yıl	143	16.9
5–9 Yıl	236	27.9
10–14 Yıl	200	23.6
15–19 Yıl	137	16.2
20–46 Yıl	119	14.1
Toplam	846	100.0

Çizelge 11.8’de, sürücülerin ehliyet süreleri incelendiğinde; % 1.3’nün ehliyetsiz, 5–9 yıllık ehliyete sahip olanların % 27.9 ile ilk sırada olduğu, 10–14 yıllık ehliyete sahip olanların % 23.6 ile ikinci sırada olduğu, 0–4 yıllık ehliyete sahip sürücülerin % 16.9 ile üçüncü sırada olduğu görülmektedir. 0–4 yıllık sürücülerin üçüncü sırada olmasının sebebi ehliyeti yeni alan ve trafiğe yeni çıkan sürücülerin kurallara daha

çok uyması ve daha dikkatli araba kullanması olabilmektedir. En son sırada ise 20–46 yıllık sürücüler bulunmaktadır.

Çizelge 11.9. Kazaların meydana geldiği hava durumuna ait bilgilerin frekans dağılımları ve yüzdeleri

Hava Durumu	Araç Sayısı (n)	Yüzde (%)
Açık	300	35.5
Bulutlu	46	5.4
Yağmurlu	270	31.9
Karlı	230	27.2
Toplam	846	100.0

Çizelge 11.9’de görüldüğü gibi kazalar, % 59.1 ile yağmurlu ve karlı havada yoğunlaşmaktadır. Kazaların % 35.5 açık havada meydana gelmiştir. Bulutlu havada kazalar en düşük seviyededir.

Çizelge 11.10. Kazaların meydana geldiği zamana ait bilgilerin frekans dağılımları ve yüzdeleri

Gece-gündüz	Araç Sayısı (n)	Yüzde (%)
Gece	223	26.4
Gündüz	623	73.6
Toplam	846	100.0

Çizelge 11.10’de görüldüğü gibi kazaların % 73.6’sı gündüz, % 26.4’ü gece meydana gelmektedir. Bu durum gece-gündüz trafik yoğunluğunu yansıtmaktadır

Çizelge 11.11. Kazaların meydana geldiği yolun yüzeyine ait bilgilerin frekans dağılımları ve yüzdeleri

Yol Yüzeyi	Araç Sayısı (n)	Yüzde (%)
Kuru	294	34.8
Islak	310	36.6
Karlı	53	6.3
Buzlu	189	22.3
Toplam	846	100.0

Yol yüzeyinin kazalardaki dağılımına bakıldığında en fazla kazanın % 36.6 ile ıslak zeminde olduğu Çizelge 11.11’da görülmektedir. İkinci sırada % 34.8 ile kuru zemin, üçüncü sırada ise % 22.3 ile buzlu yol ve en son sırada % 6.3 ile karlı yolda olduğu görülmektedir. Islak ve buzlu yolda fren sisteminin tutma ve arabayı durdurmada zayıfladığı anlaşılmaktadır. Yol yüzeyinin ABS’li araçlarda etkili olup olmadığını ya da ABS’nin yol yüzeyinin olumsuz şartlarında faydalı olup olmadığını incelemek için ABS durumu ayrımında kazalarda kusurlu olma derecesi ile yol yüzeyi arasında çapraz tablo yapılarak ilişki olup olmadığı incelenecektir.

Çizelge 11.12. Kazaların tipine ait bilgilerin frekans dağılımları ve yüzdeleri

Kaza Tipi	Araç Sayısı (n)	Yüzde (%)
Yaralamalı	51	6.0
Maddi Hasarlı	795	94.0
Toplam	846	100.0

Kazaların % 6.0’sının yaralamalı, % 94.0’ının ise maddi hasarlı olduğu Çizelge 11.12’de görülmektedir.

Çizelge 11.13. Sürücülerin kusur derecesine ait bilgilerin frekans dağılımları ve yüzdeleri

Kusur Derecesi	Sürücü Sayısı (n)	Yüzde (%)
Tali	327	38.7
Asli	519	61.3
Toplam	846	100.0

Çizelge 11.13’de kazalarda sürücülerin, % 38.7’sinin tali kusurlu, % 61.3’ünün ise asli kusurlu oldukları görülmektedir.

Çizelge 11.14. Kazaya karışan araçların yaşlarına ait bilgilerin frekans dağılımları ve yüzdeleri

Yaş Grupları	Araç Sayısı (n)	Yüzde (%)
0–3 Yaş	313	37.0
4–7 Yaş	187	22.1
8–12 Yaş	158	18.7
13–17 Yaş	126	14.9
18–36 Yaş	62	7.3
Toplam	846	100.0

Kaza yapan araçların yaşlarının yoğunluğunu Çizelge 11.14’de görülmektedir. Buna göre, en fazla olarak % 37.0 ile 0–3 yaş grubu, ikinci sırada % 22.1 ile 4–7 yaş grubu araçlar bulunmaktadır. En son sırada ise 18–36 yaş grubu araçlar yer almaktadır.

Çizelge 11.15. Kazaya karışan araçların tiplerine ait bilgilerin frekans dağılımları ve yüzdeleri

Araç Tipi	Araç Sayısı (n)	Yüzde (%)
Özel Amaçlı Taşıt	3	0.4
Otomobil	549	64.9
Kamyonet	173	20.4
Kamyon	18	2.1
Minibüs	57	6.7
Otobüs	37	4.4
Arazi Taşıtı	7	0.8
Motorsuz Taşıt	2	0.2
Toplam	846	100.0

Çizelge 11.15’de, kaza yapan araç tiplerinden en fazla olanının % 64.9 ile otomobiller, ikinci sırada % 20.4 ile kamyonetler, trafikteki yoğunluklarına göre en son olarak da otobüs, arazi taşıtı ve motorsuz araçlar yer aldığı görülmektedir. Burada dikkat edilecek olursa ehliyet tipleri ile araç tipleri birbirleriyle paralellik göstermektedir.

Çizelge 11.16. Kazaya karışan araçların ABS durumuna ait bilgilerin frekans dağılımları ve yüzdeleri

ABS Durumu	Araç Sayısı (n)	Yüzde (%)
ABS’siz	618	73.0
ABS’li	228	27.0
Toplam	846	100.0

Tezin konusu itibariyle ele alındığında, kazalardaki araçların oranlarına bakıldığında ABS’siz araçların oranı % 73.0 ve ABS’li araçların oranı ise % 27.0’ dır. Bu çarpıcı ve oldukça etkili bir sonuçtur. Bunun daha da derinliğine inerek asli kusurlu ve tali kusurlu olma ile ABS’li olup olmama durumları çapraz tablo yapılarak incelenecektir.

Çizelge 11.17. Kazaların meydana geldiği yolun cinsine ait bilgilerin frekans dağılımları ve yüzdeleri

Yol Cinsi	Araç Sayısı (n)	Yüzde (%)
Asfalt	846	100.0

Çizelge 11.17’da görüldüğü gibi, Keçiören şehir içi trafiğinde meydana gelen kazalar incelendiği için kazaların hepsi asfaltta meydana gelmiştir. Bu sebeple bu değişkende yolun cinsi tamamen asfalttır.

11.2. Çapraz Tablolar

Bu alt bölümde, tezin konusu gereği araçlarda ABS’li olup olmama ile kaza yapan sürücüler ve araçların özellikleri arasındaki çapraz ilişki dağılımları incelenecektir.

Çizelge 11.18. Kazaya karışan araçların markalara göre ABS dağılımı

Araç Markası	Sayı/Yüzde	ABS’siz	ABS’li	Toplam
Tofaş-Fiat	Sayı	211	13	224
	Satır içindeki yüzdesi	94.2	5.8	100.0
	Sütün içindeki yüzdesi	34.1	5.7	26.5
	Toplam içindeki Yüzde	24.9	1.5	26.5
Renault	Sayı	91	28	119
	Satır içindeki yüzdesi	76.5	23.5	100.0
	Sütün içindeki yüzdesi	14.7	12.3	14.1
	Toplam içindeki Yüzde	10.8	3.3	14.1
Ford	Sayı	62	38	100
	Satır içindeki yüzdesi	62.0	38.0	100.0
	Sütün içindeki yüzdesi	10.0	16.7	11.8
	Toplam içindeki Yüzde	7.3	4.5	11.8
Peugeot	Sayı	26	23	49
	Satır içindeki yüzdesi	53.1	46.9	100.0
	Sütün içindeki yüzdesi	4.2	10.1	5.8
	Toplam içindeki Yüzde	3.1	2.7	5.8

Çizelge 11.18 (Devam) Kazaya karışan araçların markalara göre ABS dağılımı

Opel	Sayı	23	25	48
	Satır içindeki yüzdesi	47.9	52.1	100.0
	Sütün içindeki yüzdesi	3.7	11.0	5.7
	Toplam içindeki Yüzde	2.7	3.0	5.7
Hyundai	Sayı	20	15	35
	Satır içindeki yüzdesi	57.1	42.9	100.0
	Sütün içindeki yüzdesi	3.2	6.6	4.1
	Toplam içindeki Yüzde	2.4	1.8	4.1
Volkswagen	Sayı	10	19	29
	Satır içindeki yüzdesi	34.5	65.5	100.0
	Sütün içindeki yüzdesi	1.6	8.3	3.4
	Toplam içindeki Yüzde	1.2	2.2	3.4
Otokar/Magirus	Sayı	29	0	29
	Satır içindeki yüzdesi	100.0	0	100.0
	Sütün içindeki yüzdesi	4.7	0	3.4
	Toplam içindeki Yüzde	3.4	0	3.4
Mercedes	Sayı	18	8	26
	Satır içindeki yüzdesi	69.2	30.8	100.0
	Sütün içindeki yüzdesi	2.9	3.5	3.1
	Toplam içindeki Yüzde	2.1	0.9	3.1
İsuzu	Sayı	18	0	18
	Satır içindeki yüzdesi	100.0	0	100.0
	Sütün içindeki yüzdesi	2.9	0	2.1
	Toplam içindeki Yüzde	2.1	0	2.1
Toyota	Sayı	10	6	16
	Satır içindeki yüzdesi	62.5	37.5	100.0
	Sütün içindeki yüzdesi	1.6	2.6	1.9
	Toplam içindeki Yüzde	1.2	0.7	1.9
Honda	Sayı	2	13	15
	Satır içindeki yüzdesi	13.3	86.7	100.0
	Sütün içindeki yüzdesi	0.3	5.7	1.8
	Toplam içindeki Yüzde	0.2	1.5	1.8

Çizelge 11.18 (Devam) Kazaya karışan araçların markalara göre ABS dağılımı

İveco/Otoyol	Sayı	13	1	14
	Satır içindeki yüzdesi	92.9	7.1	100.0
	Sütün içindeki yüzdesi	2.1	0.4	1.7
	Toplam içindeki Yüzde	1.5	0.1	1.7
Mazda	Sayı	12	0	12
	Satır içindeki yüzdesi	100.0	0	100.0
	Sütün içindeki yüzdesi	1.9	0	1.4
	Toplam içindeki Yüzde	1.4	0	1.4
Kia	Sayı	8	4	12
	Satır içindeki yüzdesi	66.7	33.3	100.0
	Sütün içindeki yüzdesi	1.3	1.8	1.4
	Toplam içindeki Yüzde	0.9	0.5	1.4
İkarus	Sayı	11	0	11
	Satır içindeki yüzdesi	100.0	0	100.8
	Sütün içindeki yüzdesi	1.8	0	1.3
	Toplam içindeki Yüzde	1.3	0	1.3
BMW	Sayı	5	5	10
	Satır içindeki yüzdesi	50.0	50.0	100.0
	Sütün içindeki yüzdesi	0.8	2.2	1.2
	Toplam içindeki Yüzde	0.6	0.6	1.2
Diğer	Sayı	49	30	79
	Satır içindeki yüzdesi	62.0	38.0	100.0
	Sütün içindeki yüzdesi	7.9	13.2	9.3
	Toplam içindeki Yüzde	5.8	3.5	9.3
Toplam	Sayı	618	228	846
	Satır içindeki yüzdesi	73.0	27.0	100.0
	Sütün içindeki yüzdesi	100.0	100.0	100.0
	Toplam içindeki Yüzde	73.0	27.0	100.0

Çizelge 11.18’de, kaza yapan araçların markalarına göre ABS’li ve ABS’siz araçların sayısı ve yüzdeleri verilmiştir. Satır içindeki yüzde; aracın markasının kendi içinde ABS’siz/ABS’li olanların yüzdesini, sütün içindeki yüzde; toplam

ABS'siz/ABS'li olanların içindeki yüzdelerini, toplam içindeki yüzde; incelenen aracın özelliğinin genel toplam içindeki yüzdesini göstermektedir.

En çarpıcı örnek Tofaş-Fiat ve Renault marka araçlarda görülmektedir. Tofaş-Fiat grubundaki araçların % 94.2' sinde, Renault marka araçların ise % 76.5' inde ve diğer araç markalarının büyük çoğunluğunda ABS bulunmamaktadır.

Çizelge 11.19. Kazaya karışan araçların ABS durumuna göre kaza tipi dağılımı

			ABS Durumu		Toplam
			ABS'siz	ABS'li	
Kaza Tipi	Yaralamalı	Sayı	41	10	51
		Satır içindeki yüzde	80.4	19.6	100.0
		Sütun içindeki yüzde	6.6	4.4	6.0
		Toplam içindeki yüzde	4.8	1.2	6.0
	Maddi Hasarlı	Sayı	577	218	795
		Satır içindeki yüzde	72.6	27.4	100.0
		Sütun içindeki yüzde	93.4	95.6	94.0
		Toplam içindeki yüzde	68.2	25.8	94.0
Toplam		Sayı	618	228	846
		Satır içindeki yüzde	73.0	27.0	100.0
		Sütun içindeki yüzde	100.0	100.0	100.0
		Toplam içindeki yüzde	73.0	27.0	100.0

Çizelge 11.19'de kaza yapan araçların ABS'li olup olmama durumuna göre kazalardaki yaralamalı ve maddi hasarlı dağılımları verilmektedir. İlgili çizelge incelendiğinde, yaralamalı kazalarda ABS'li araçların oranının % 19.6, ABS'siz araçların oranının ise % 80.4 olduğu görülmektedir.

Çizelge 11.20. Kazaya yapan sürücülerin araçlarındaki ABS durumuna göre kusur derecesi dağılımı

			ABS Durumu		Toplam
			ABS'siz	ABS'li	
Kusur Derecesi	Tali Kusur	Sayı	232	95	327
		Satır içindeki yüzde	70.9	29.1	100.0
		Sütun içindeki yüzde	37.5	41.7	38.7
		Toplam içindeki yüzde	27.4	11.2	38.7
	Asli Kusur	Sayı	386	133	519
		Satır içindeki yüzde	74.4	25.6	100.0
		Sütun içindeki yüzde	62.5	58.3	61.3
		Toplam içindeki yüzde	45.6	15.7	61.3
Toplam		Sayı	618	228	846
		Satır içindeki yüzde	73.0	27.0	100.0
		Sütun içindeki yüzde	100.0	100.0	100.0
		Toplam içindeki yüzde	73.0	27.0	100.0

Çizelge 11.20 incelendiğinde, kazalarda asli kusurlu olan sürücülerin araçlarının, % 74.4'ünün ABS'siz, % 25.6'sının ise ABS'li olduğu tespit edilmektedir. Bu durumda ABS'li araçların kazaya sebebiyet verme oranının, ABS'siz araçlara göre daha az olduğu anlaşılmaktadır.

Çizelge 11.21. Kazaya karışan araçların tiplerine göre ABS dağılımı

Araç tipi	Sayı/Yüzde	ABS'siz	ABS'li	Toplam
Özel amaçlı taşıt	Sayı	2	1	3
	Satır içindeki yüzdesi	66.7	33.3	100.0
	Sütün içindeki yüzdesi	0.3	0.4	0.4
	Toplam içindeki Yüzde	0.2	0.1	0.4
Otomobil	Sayı	383	166	549
	Satır içindeki yüzdesi	69.8	30.2	100.0
	Sütün içindeki yüzdesi	62.0	72.8	64.9
	Toplam içindeki Yüzde	45.3	19.6	64.9
Kamyonet	Sayı	137	36	173
	Satır içindeki yüzdesi	79.2	20.8	100.0
	Sütün içindeki yüzdesi	22.2	15.8	20.4
	Toplam içindeki Yüzde	16.2	4.3	20.4
Minibüs	Sayı	51	6	57
	Satır içindeki yüzdesi	89.5	10.5	100.0
	Sütün içindeki yüzdesi	8.3	2.6	6.7
	Toplam içindeki Yüzde	6.0	0.7	6.7
Otobüs	Sayı	28	9	37
	Satır içindeki yüzdesi	75.7	24.3	100.0
	Sütün içindeki yüzdesi	4.5	3.9	4.4
	Toplam içindeki Yüzde	3.3	1.1	4.4
Kamyon	Sayı	15	3	18
	Satır içindeki yüzdesi	83.3	16.7	100.0
	Sütün içindeki yüzdesi	2.4	1.3	2.1
	Toplam içindeki Yüzde	1.8	0.4	2.1
Arazi Taşıtı	Sayı	0	7	7
	Satır içindeki yüzdesi	0	100.0	100.0
	Sütün içindeki yüzdesi	0	3.1	0.8
	Toplam içindeki Yüzde	0	0.8	0.8

Çizelge 11.21 (Devam) Kazaya karışan araçların tiplerine göre ABS dağılımı

Motorsuz taşıt	Sayı	2	0	2
	Satır içindeki yüzdesi	100.0	0	100.0
	Sütun içindeki yüzdesi	0.3	0	0.2
	Toplam içindeki Yüzde	0.2	0	0.2
Toplam	Sayı	618	228	846
	Satır içindeki yüzdesi	73.0	27.0	100.0
	Sütun içindeki yüzdesi	100.0	100.0	100.0
	Toplam içindeki Yüzde	73.0	27.0	100.0

Çizelge 11.21 incelendiğinde, arazi taşıtlarının tamamının ABS'li olduğu, özel amaçlı taşıtların sayı olarak azlığı göz ardı edilecek olursa ikinci sırada % 30.2 ile otomobillerin olduğu görülmektedir.

Çizelge 11.22. Kaza yapan sürücülerin cinsiyetine göre kusur derecesi dağılımı

			Kusur Derecesi		Toplam
			Tali	Asli	
Cinsiyet	Bayan	Sayı	10	20	30
		Satır içindeki yüzde	33.3	66.7	100.0
		Sütun içindeki yüzde	3.1	3.9	3.5
		Toplam içindeki yüzde	1.2	2.4	3.5
	Erkek	Sayı	317	499	816
		Satır içindeki yüzde	38.8	61.2	100.0
		Sütun içindeki yüzde	96.9	96.1	96.5
		Toplam içindeki yüzde	37.5	59.0	96.5
Toplam		Sayı	327	519	846
		Satır içindeki yüzde	38.7	61.3	100.0
		Sütun içindeki yüzde	100.0	100.0	100.0
		Toplam içindeki yüzde	38.7	61.3	100.0

Çizelge 11.22’de cinsiyetlere göre kazalarda sürücülerin kusur dereceleri yer almaktadır. Bu tabloya göre bayanların % 66.7’sinin asli kusurlu, erkeklerin ise % 61.2’sinin asli kusurlu olduğu ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 11.23. ABS ayırımında kusur derecesine göre sürücülerinin cinsiyet dağılımı

ABS Durumu				Kusur Derecesi		Toplam
				Tali	Asli	
ABS'siz	Cinsiyet	Bayan	Sayı	7	10	17
			Yüzde (%)	1.1	1.6	2.8
		Erkek	Sayı	225	376	601
			Yüzde (%)	36.4	60.8	97.2
	Toplam		Sayı	232	386	618
			Yüzde (%)	37.5	62.5	100.0
ABS'li	Cinsiyet	Bayan	Sayı	3	10	13
			Yüzde (%)	1.3	4.4	5.7
		Erkek	Sayı	92	123	601
			Yüzde (%)	40.4	53.9	94.3
	Toplam		Sayı	95	133	228
			Yüzde (%)	41.7	58.3	100.0

Çizelge 11.23 incelendiğinde ABS’li araçlarda, erkek sürücülerin asli kusurlu olma oranı, ABS’siz araçlardan daha düşüktür. Bayan sürücülerde ise asli kusurlu olma oranı, ABS’li araçlarda daha yüksektir.

ABS’li araç ayırımında kusurlu olma derecesi ile sürücülerin cinsiyetleri arasında bir ilişki olup olmadığını belirlemek için ABS’siz araçlar için χ^2 testi yapıldığında χ^2 değeri $\chi^2 = 0.099$ olarak bulunmuş olup bu değere karşılık gelen ilişki olmadığını kabul etme olasılığı 0.80’dir. Bu olasılık, istatistik değerlendirmelerde yokluk hipotezini kabul etme olasılığı olan $\alpha = 0.05$ ’den daha büyük olduğu için H_0 yokluk

hipotezi kabul edilir. Yani ABS'siz araçlarda, sürücülerin cinsiyeti ile kusur derecesi arasında herhangi bir ilişki yoktur.

Benzer şekilde ABS'li araçlar için bu test yapıldığında χ^2 değeri $\chi^2 = 1.96$ olarak bulunmuş olup bu değere karşılık gelen ilişki olmadığını kabul etme olasılığı 0.25'dir. Bu olasılık, istatistik değerlendirmelerde yokluk hipotezini kabul etme olasılığı olan $\alpha = 0.05$ 'den daha büyük olduğu için H_0 yokluk hipotezi kabul edilir. Yani ABS'li araçlarda, sürücülerin cinsiyeti ile kusur derecesi arasında herhangi bir ilişki yoktur.

Çizelge 11.24. ABS ayrımında kusur derecesine göre sürücülerinin eğitim durumu dağılımı

ABS Durumu				Kusur Derecesi		Toplam
				Tali	Asli	
ABS'siz	Eğitim Durumu	İlkokul	Sayı	59	110	169
			Yüzde (%)	9.5	17.8	27.3
		Ortaokul	Sayı	47	79	126
			Yüzde (%)	7.6	12.8	20.4
		Lise	Sayı	99	143	242
			Yüzde (%)	16.0	23.1	39.2
		Lisans	Sayı	27	54	81
			Yüzde (%)	4.4	8.7	13.1
		Toplam		Sayı	232	386
				Yüzde (%)	37.5	62.5
ABS'li	Eğitim Durumu	İlkokul	Sayı	21	18	39
			Yüzde (%)	9.2	7.9	17.1
		Ortaokul	Sayı	14	11	25
			Yüzde (%)	6.1	4.8	11.0
		Lise	Sayı	30	62	92
			Yüzde (%)	13.2	27.2	40.4
		Lisans	Sayı	30	42	72
			Yüzde (%)	13.2	18.4	31.6
		Toplam		Sayı	95	133
				Yüzde (%)	41.7	58.3

Çizelge 11.24 incelendiğinde, en yüksek kaza oranına sahip lise mezunlarının ABS'siz araçlarda asli kusurlu olma oranının % 23.1 olduğu, ABS'li araçlarda ise asli kusurlu olma oranının % 27.2'ye çıktığı görülmektedir. ABS'siz araçlarda, ilkokul ve ortaokul mezunlarının asli kusurlu olma oranı, ABS'li araçlara göre daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır.

Oranlardaki bu değişimin önemli olup olmadığını belirlemek amacıyla ABS'li ve ABS'siz araç ayırımında istatistikî analiz olarak ABS'siz araçlar için χ^2 testi yapıldığında χ^2 değeri $\chi^2 = 3.256$ olarak bulunmuş olup bu değere karşılık gelen ilişki olmadığını kabul etme olasılığı 0.52'dir. Bu olasılık, istatistik değerlendirmelerde yokluk hipotezini kabul etme olasılığı olan $\alpha = 0.05$ 'den daha büyük olduğu için H_0 yokluk hipotezi kabul edilir. Yani ABS'siz araçlarda, sürücülerin eğitimi ile kusur derecesi arasında herhangi bir ilişki yoktur.

Benzer şekilde ABS'li araçlar için yine bu test yapıldığında χ^2 değeri $\chi^2 = 7.6$ olarak bulunmuş olup bu değere karşılık gelen ilişki olmadığını kabul etme olasılığı 0.049'dur. Bu olasılık, istatistik değerlendirmelerde yokluk hipotezini kabul etme olasılığı olan $\alpha = 0.05$ 'den daha düşük olduğu için H_0 yokluk hipotezi RED edilir. Yani ABS'li araçlarda sürücülerin eğitimi ile kusur derecesi arasında istatistik olarak bir ilişki vardır ve ilişki önemlidir. ABS'li araçlarda, kusur derecesi ile sürücünün eğitimi birbirini etkilemektedir.

Çizelge 11.25. ABS ayırımında kusur derecesine göre hava durumu dağılımı

ABS Durumu				Kusur Derecesi		Toplam
				Tali	Asli	
ABS'siz	Hava Durumu	Açık	Sayı	76	132	208
			Yüzde (%)	12.3	21.4	33.7
		Bulutlu	Sayı	10	24	34
			Yüzde (%)	1.6	3.9	5.5
		Yağmurlu	Sayı	83	113	196
			Yüzde (%)	13.4	18.3	31.7
		Karlı	Sayı	63	117	180
			Yüzde (%)	10.2	18.9	29.1
	Toplam		Sayı	232	386	618
			Yüzde (%)	37.5	62.5	100.0
ABS'li	Hava Durumu	Açık	Sayı	45	47	92
			Yüzde (%)	19.7	20.6	40.4
		Bulutlu	Sayı	7	5	12
			Yüzde (%)	3.1	2.2	5.3
		Yağmurlu	Sayı	26	48	74
			Yüzde (%)	11.4	21.1	32.5
		Karlı	Sayı	17	33	50
			Yüzde (%)	7.5	14.5	21.9
	Toplam		Sayı	95	133	228
			Yüzde (%)	41.7	58.3	100.0

Çizelge 11.25 incelendiğinde, sürücülerin yağmurlu havada, ABS'siz araçlarda asli kusurlu olma oranı % 18.3 iken, ABS'li araçlarda asli kusurlu olma oranı % 21.1'e yükselmektedir. Açık havada, sürücülerin ABS'siz araçlarla ABS'li araçlardaki asli kusur oranlarında hiçbir fark yoktur. Her ikisinde de oranlar aynı kalmıştır. Bu durumda, yağmurlu havada ABS'li araçlar etkili olmamaktadır. Karlı havada ise ABS'li araçlarda asli kusurlu olma oranı ABS'siz araçlara göre azalmıştır.

Yukarıdaki bu düşüncüyü teyit etmek açısından ABS'li olup olmama ayrımında, yolun yüzeyi ile kusur derecesi arasındaki çapraz tabloya bakmakta fayda bulunmaktadır.

Çizelge 11.26. ABS ayrımında kusur derecesine göre yol yüzeyi dağılımı

ABS Durumu				Kusur Derecesi		Toplam
				Tali	Asli	
ABS'siz	Yol Yüzeyi	Kuru	Sayı	75	129	204
			Yüzde (%)	12.1	20.9	33.0
		Islak	Sayı	91	135	226
			Yüzde (%)	14.7	21.8	36.6
		Karlı	Sayı	18	26	44
			Yüzde (%)	2.9	4.2	7.1
		Buzlu	Sayı	48	96	144
			Yüzde (%)	7.8	15.5	23.3
		Toplam		Sayı	232	618
				Yüzde (%)	37.5	100.0
ABS'li	Yol Yüzeyi	Kuru	Sayı	44	46	90
			Yüzde (%)	19.3	20.2	39.5
		Islak	Sayı	32	52	84
			Yüzde (%)	14.0	22.8	36.8
		Karlı	Sayı	5	4	9
			Yüzde (%)	2.2	1.8	3.9
		Buzlu	Sayı	14	31	45
			Yüzde (%)	6.1	13.6	19.7
		Toplam		Sayı	95	228
				Yüzde (%)	41.7	100.0

Çizelge 11.25 ile Çizelge 11.26 birbiriyle paralellik göstermektedir. Çizelge 11.26, ABS'li ve ABS'siz araçlar ayrımında, yolun yüzeyi ile kusurlu olma derecesi arasındaki dağılımı göstermektedir. Burada; kuru yol yüzeyinde sürücülerin, ABS'siz

ve ABS'li araçlarda asli kusurlu olma oranları aynı kalmıştır. Karlı ve buzlu yollarda ABS'li araçlarda asli kusurlu olma oranı, ABS'siz araçlarda asli kusurlu olma oranlarından daha azdır. O halde ABS'nin karlı ve buzlu yolda etkin olduğu söylenebilmektedir. Islak yolda ise ABS'siz araçlarda asli kusurlu olma oranı biraz daha düşüktür.

Çizelge 11.27. ABS ayırımında kusur derecesine göre kaza tipi dağılımı

ABS Durumu				Kusur Derecesi		Toplam
				Tali	Asli	
ABS'siz	Kaza Tipi	Yaralamalı	Sayı	7	34	41
			Yüzde (%)	1.1	5.5	6.6
		Maddi Hasarlı	Sayı	225	352	577
			Yüzde (%)	36.4	57.0	93.4
	Toplam		Sayı	232	386	618
			Yüzde (%)	37.5	62.5	100.0
ABS'li	Kaza Tipi	Yaralamalı	Sayı	2	8	10
			Yüzde (%)	0.9	3.5	4.4
		Maddi Hasarlı	Sayı	93	125	218
			Yüzde (%)	40.8	54.8	95.6
	Toplam		Sayı	95	133	228
			Yüzde (%)	41.7	58.3	100.0

Çizelge 11.27'e bakıldığında yaralamalı kazalarda, ABS'li araçlarda asli kusurlu olma oranının, ABS'siz araçlardaki orandan daha düşük olduğu görülmektedir.

Çizelge 11.28. ABS ayırımında kusur derecesine göre araç yaşı dağılımı

ABS Durumu				Kusur Derecesi		Toplam
				Tali	Asli	
ABS'siz	Yaş Grupları	0–3 Yaş	Sayı	41	85	126
			Yüzde (%)	6.6	13.8	20.4
		4–7 Yaş	Sayı	54	103	157
			Yüzde (%)	8.7	16.7	25.4
		8–12 Yaş	Sayı	65	84	149
			Yüzde (%)	10.5	13.6	24.1
		13–17 Yaş	Sayı	54	70	124
			Yüzde (%)	8.7	11.3	20.1
		18–36 Yaş	Sayı	18	44	62
			Yüzde (%)	2.9	7.1	10.0
ABS'li	Yaş Grupları	0–3 Yaş	Sayı	74	113	187
			Yüzde (%)	32.5	49.6	82.0
		4–7 Yaş	Sayı	15	15	30
			Yüzde (%)	6.6	6.6	13.2
		8–12 Yaş	Sayı	5	4	9
			Yüzde (%)	2.2	1.8	3.9
		13–17 Yaş	Sayı	1	1	2
			Yüzde (%)	0.4	0.4	0.9
		18–36 Yaş	Sayı	0	0	0
			Yüzde (%)	0	0	0
	Toplam		Sayı	232	386	618
			Yüzde (%)	37.5	62.5	100.0
			Sayı	95	133	228
			Yüzde (%)	41.7	58.3	100.0

ABS'li araç ayırımında kusurlu olma derecesi ile araçların yaşları arasında bir ilişki olup olmadığını belirlemek için ABS'siz araçlar için χ^2 testi yapıldığında χ^2 değeri

$\chi^2 = 8.181$ olarak bulunmuş olup bu değere karşılık gelen ilişki olmadığını kabul etme olasılığı 0.085'dir. Bu olasılık, istatistik değerlendirmelerde yokluk hipotezini kabul etme olasılığı olan $\alpha = 0.05$ 'den daha büyük olduğu için H_0 yokluk hipotezi kabul edilir. Yani ABS'siz araçlarda, araçların yaşları ile kusur derecesi arasında herhangi bir ilişki yoktur.

Benzer şekilde ABS'li araçlar için bu test yapıldığında χ^2 değeri $\chi^2 = 1.96$ olarak bulunmuş olup bu değere karşılık gelen ilişki olmadığını kabul etme olasılığı 0.579'dur. Bu olasılık, istatistik değerlendirmelerde yokluk hipotezini kabul etme olasılığı olan $\alpha = 0.05$ 'den daha büyük olduğu için H_0 yokluk hipotezi kabul edilir. Yani ABS'li araçlarda, aracın yaşı ile kusur derecesi arasında istatistikî olarak bir ilişki yoktur.

Çizelge 11.29. ABS ayrımında kusur derecesine göre sürücü yaşı dağılımı

ABS Durumu				Kusur Derecesi		Toplam
				Tali	Asli	
ABS'siz	Yaş Grupları	15–20 Yaş	Sayı	4	20	24
			Yüzde (%)	0.6	3.2	3.9
		21–28 Yaş	Sayı	60	93	153
			Yüzde (%)	9.7	15.0	24.8
		29–36 Yaş	Sayı	71	99	170
			Yüzde (%)	11.5	16.0	27.5
		37–44 Yaş	Sayı	62	97	159
			Yüzde (%)	10.0	15.7	25.7
		45–70 Yaş	Sayı	35	77	112
			Yüzde (%)	5.7	12.5	18.1
ABS'li	Yaş Grupları	15–20 Yaş	Sayı	1	6	7
			Yüzde (%)	0.4	2.6	3.1
		21–28 Yaş	Sayı	19	44	63
			Yüzde (%)	8.3	19.3	27.6
		29–36 Yaş	Sayı	40	34	74
			Yüzde (%)	17.5	14.9	32.5
		37–44 Yaş	Sayı	20	21	41
			Yüzde (%)	8.8	9.2	18.0
		45–70 Yaş	Sayı	15	28	43
			Yüzde (%)	6.6	12.3	18.9
	Toplam		Sayı	232	386	618
			Yüzde (%)	37.5	62.5	100.0
			Sayı	95	133	228
			Yüzde (%)	41.7	58.3	100.0

Çizelge 11.29'deki verilerle ABS'li araç ayırımında kusurlu olma derecesi ile sürücülerin yaşları arasında bir ilişki olup olmadığına karar verebilmek için ABS'siz araçlar için χ^2 değeri $\chi^2 = 7.97$ olarak bulunmuş olup bu değere karşılık gelen ilişki olmadığını kabul etme olasılığı 0.093' tür. Bu olasılıkla H_0 yokluk hipotezi kabul edilir. Yani ABS'siz araçlarda, sürücülerin yaşları ile kusur derecesi arasında istatistikî olarak bir ilişki yoktur.

Benzer şekilde ABS'li araçlar için bu test yapıldığında χ^2 değeri $\chi^2 = 11.93$ olarak bulunmuş olup bu değere karşılık gelen ilişki olmadığını kabul etme olasılığı 0.018'dir. Bu olasılık, istatistik değerlendirmelerde yokluk hipotezini kabul etme olasılığı olan $\alpha = 0.05$ 'den daha düşük olduğu için H_0 yokluk hipotezi RED edilir. Yani ABS'li araçlarda, araç sürücüsünün yaşı ile kusur derecesi arasında istatistikî olarak ilişki vardır ve önemlidir. Bu şu demek oluyor; belirli yaşlarda frene basma refleksi ile kazada asli kusurlu olma, kazaya sebebiyet verme arasında ilişki vardır ve birbirini etkilemektedir.

12. SONUÇ

Bir araç, sabit bir hızda ilerlerken, aracın hızı ve tekerleklerin hızı aynıdır. Sürücü frene bastığı zaman, tekerleklerin hızı aşamalı olarak azalır ve kütlesinin etkisiyle hareketine devam etmekte olan aracın hızından farklı bir hıza ulaşır yani bir miktar kayma gerçekleşir. Tekerlek hızı ve aracın hızı arasındaki fark çok büyüdüğü zaman lastikler ve yol yüzeyi arasında kayma meydana gelir. İşte bu gibi istenmeyen kayma yada tekerleklerin blokaj durumlarında ABS ECU'su devreye girerek, tekerleklerin dönme hızlarını ve hızlarındaki değişimleri hesaplar. Buradan araç hızını tespit eder ve buna göre tekerleklerle gerekli miktarda ayrı ayrı fren basıncı sağlayarak daha emniyetli bir sürüş sağlar.

Araçların teknik, mekanik ve donanım bilgileri çeşitli kaynaklardan, dokümanlardan yararlanılarak bu tezde sunulmuştur. Derlenen bilgilerden başka Ankara - Keçiören trafiğinde çeşitli yol yüzeylerinde ve değişik hava şartlarında meydana gelen kazalarda, kaza yapan araçlara ve sürücülere ait değişkenlerin bilgileri de derlenerek teorik teknik bilgiler de trafiğe yansımaları amacıyla incelenmiştir. Bunun için belirlenen tarihlerde Keçiören trafiğinde meydana gelen kazalarda kaza yapan araçlara ve sürücülere ait değişkenlerin bilgileri, bu bilgilerin karşılıklı çapraz dağılımları ve bu değişkenler arasındaki ilişkinin istatistikî olarak önemli olup olmadığı tablolar halinde verilmiştir.

Bu bilgiler ışığında şu sonuçlara varılmıştır;

- Kazalarda, birinci sırada Tofaş-Fiat, ikinci sırada Renault ve üçüncü sırada ise Ford marka araçlar bulunmaktadır (Çizelge 11.3).
- Kaza yapan sürücülerin, % 3.5'nin bayan, % 96.5'nin erkek olduğu (Çizelge 11.4) fakat asli kusur bakımından bayanların oranlarının, erkeklerden daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır (Çizelge 11.22).

- Kazalar, % 59.1 ile yağmurlu ve karlı havada yoğunlaşmaktadır. Kazaların, % 35.5'i açık havada yapılmıştır. Bulutlu havada kazalar, en düşük seviyededir (Çizelge 11.9)
- En fazla kazanın ıslak zeminde olduğu görülmektedir. İkinci sırada kuru zemin, üçüncü sırada buzlu yol ve son sırada karlı yolda olduğu görülmektedir. Islak ve buzlu yolda, fren sisteminin tutma ve arabayı durdurmada zayıfladığı anlaşılmaktadır (Çizelge 11.11).
- Kazaların, % 6.0'sı yaralamalı, % 94.0' ı ise maddi hasarlı olmuştur (Çizelge 11.11). Yine kazalarda sürücülerin % 38.7'sinin tali kusurlu, % 61.3'ünün ise asli kusurlu olduğu görülmektedir (Çizelge 11.13).
- Kaza yapan araç tipleri olarak % 64.9 ile en fazla olanı otomobiller, ikinci sırada ise % 20.4 ile kamyonetler, trafikteki yoğunluklarına göre en son olarak da otobüs, arazi taşıtı ve motorsuz araçlar yer almaktadır (Çizelge 11.15).
- Tezin amacına yönelik olarak kazalardaki araçların oranlarına bakıldığında, ABS'siz araçların oranı % 73.0 ve ABS'li araçların kazalardaki oranı ise % 27.0'dır. Bu çarpıcı ve oldukça etkili bir sonuçtur (Çizelge 11.16).
- ABS ile ilgili en çarpıcı örnek olarak Tofaş-Fiat ve Renault marka araçlarda görülmektedir. Tofaş-Fiat grubundaki araçların % 94.2'sinde, Renault marka araçların ise % 76.5'sinde ve diğer araç markalarında da kaza yapan araçların büyük çoğunluğunda ABS bulunmamaktadır (Çizelge 11.18).
- Yaralamalı kazalarda, ABS'li araçların oranının % 19.6, ABS'siz araçların oranının ise % 80.4 olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 11.19).
- ABS'li ve ABS'siz araçlar, asli kusur bakımından incelendiğinde asli kusurlu olan araçların % 74.4'ü ABS'siz araçlar, % 25.6'sı ise ABS'li araçlar olduğu tespit

edilmiştir. Bu durumda ABS'li araçların kazaya sebebiyet verme oranının, ABS'siz araçlara göre daha az olduğu anlaşılmaktadır (Çizelge 11.20).

- ABS'li araçlarda erkek sürücülerin asli kusurlu olma oranı, ABS'siz araçlardan daha düşüktür. Bayan sürücülerde ise asli kusurlu olma oranı ABS'li araçlarda daha yüksektir (Çizelge 11.23).

- Yağmurlu havada sürücülerin, ABS'siz araçlarda asli kusurlu olma oranı % 18.3 iken, ABS'li araçlarda, asli kusurlu olma oranı %21.1'e yükselmektedir. Açık havada sürücülerin, ABS'siz araçlarla ABS'li araçlardaki asli kusur oranlarında hiçbir fark yoktur. Her ikisinde de oranlar aynı kalmıştır. Bu durumda, yağmurlu havada ABS'li araçlar etkili olmamaktadır. Karlı havada ise ABS'li araçlarda, asli kusurlu olma oranı, ABS'siz araçlara göre azalmıştır. *ABS'nin karlı havada dolayısıyla karlı yolda etkisi daha fazladır* (Çizelge 11.25).

- ABS'li ve ABS'siz araçlar ayırımında yolun yüzeyi ile kusurlu olma derecesi incelendiğinde, kuru yol yüzeyinde ABS'siz ve ABS'li araçlarda asli kusurlu olma oranları aynı kalmıştır. Karlı ve buzlu yollarda, ABS'li araçlarda asli kusurlu olma oranı, ABS'siz araçlarda asli kusurlu olma oranından daha azdır. O halde ABS'nin karlı ve buzlu yolda etkin olduğu söylenebilir. Islak yolda ise ABS'siz araçlarda asli kusurlu olma oranının biraz daha düşük olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 11.26). *Tabii ki elde edilen bu sonuçlar ve yorumlar, aracı kullanan sürücünün zor ve problemlili yol şartlarındaki deneyimi, tecrübesi ve refleksleri göz ardı edilerek düşünülmektedir. Yani sürücü faktörü dikkate alınmamaktadır.*

- Yaralamalı kazalarda, ABS'li araçlarda asli kusurlu olma oranının, ABS'siz araçlardaki orandan daha düşük olduğu sonucuna varılmıştır (Çizelge 11.27).

- ABS'siz araçlarda, sürücülerin yaşları ile kusur derecesi arasında istatistikî olarak bir ilişki olmadığı, fakat ABS'li araçlarda araç sürücüsünün yaşı ile kusur derecesi arasında istatistikî olarak ilişki olduğu tespit edilmiştir. Bu şu demek oluyor; ABS'li

araçlarda belirli yaşlarda frene basma refleksi ile kazada asli kusurlu olma, kazaya sebebiyet verme arasında ilişki vardır ve birbirini etkilemektedir (Çizelge 11.29).

ABS, tüm bu karmaşık işlemleri sürücüden hiçbir şey beklemeden kendiliğinden yerine getirerek hem emniyet hem de konfor sağlayan sistemdir. Ayrıca ESP, TCS, EHB, EBD ve BAS gibi bir çok sistemle entegre konuma gelerek mevcut emniyet seviyelerinin çok daha güvenilir düzeylere taşınmasında öncü olmaktadır.

İşte, birbirinden ayrılması imkansız hale gelmiş bu entegre sistemler, sürüş konforunu ve emniyetini amaç edinmiş durumdadırlar. Şüphesiz ki bu gelişmeye öncülük eden sistemlerin daha da geliştirilmesiyle çok daha mükemmel çalışmalar ortaya çıkabilecektir.

KAYNAKLAR

1. Yüzügüllü, İ. “Taşıtlarda güvenlik sistemlerinin taşıt alımında müşteri kararına etkileri”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 17–19, 24–26 (2006).
2. Çetinkaya, S., “Trafik güvenliği açısından taşıt güvenlik sistemleri”, *GÜ Teknik Eğitim Fakültesi Dergisi*, 3(1):7-16 (2000).
3. İnternet: Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi “Fren sistemi” http://www.obitet.gazi.edu.tr/obitet/fren_sistemi/frenler.htm (2006).
4. Sebetci, Ö., “Araç lastikleri ve trafik kazalarında lastiğin yeri ve önemi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 60-75 (2001).
5. Ronald, K. J., “Automotive electronics handbook”, *McGraw-Hill*, Germany, 11-19 (1999).
6. Heisler, H., “Advanced vehicle technology”, *Hodder & Stoughton*, London, 420 (1989).
7. İnternet: Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi “ABS fren sistemi” <http://www.obitet.gazi.edu.tr/Tdokuman/abs1.htm> (2005).
8. Erkaya, K., “Taşıt tekniğindeki son gelişmeler çerçevesinde fren ve diferansiyel düzenlerinin otomatik kontrol kriterlerinin belirlenmesi ve incelenmesi (ABS+ASR)”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 21-23 (2001).
9. Eren, H., “ABS kontrol algoritmasında tahrik kuvveti uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 8-9 (1999).
10. Kahane, C.J., “Preliminary evaluation of the effectiveness of antilock brake system for passenger cars”, Technical Report N. 808 206, National Highway Traffic Safety Administration, Washington, 21-47 (1994).
11. İnternet: İstanbul Emniyet Müdürlüğü Trafik Tescil Şube Müdürlüğü “ABS” <http://www.trftescil.iem.gov.tr/default.asp> (2006).
12. Önhon, Ö., “ABS fren sistemleri”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 88 (1996).
13. İnternet: Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi “ABS fren sistemi” <http://www.obitet.gazi.edu.tr/Tdokuman/abs3.htm> (2005).

14. Bauer, H. "Bosch driving-safety system 2nd edition", *Society of Automotive Engineers*, Stuttgart/Germany, 1–27 (1999).
15. Altıparmak, D., "Fren sistemleri", *Dizayn Matbaacılık*, Ankara, 114, 122-127 (2001).
16. Yardım, M.H., "ABS (Anti-lock Brake System) etkilerinin deneysel olarak incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 55-59 (1997).
17. İnternet: 18 Mart Üniversitesi Biga Meslek Yüksek Okulu "ABS (Antilock Brake System)" <http://www.comu.edu.tr/Turkce/Akademik-Birimler/Meslek-Yuksekokullari/biga-myoo/programlar/oto/makaleler/ABS%20nedir.htm> (2006).
18. Bauer, H. "Safety, comfort and convenience systems", *Robert Bosch GmbH*, Stuttgart/Germany, 13–15 (1999).
19. İnternet: Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi "Otomobillerde kullanılan frenleme yardımcı sistemlerinin incelenmesi" http://www.obitet.gazi.edu.tr/obitet/fren_sistemi/frenleme%20yardimci%20sistemleri.pdf (2006).
20. Erdem, M., "Karayollarında trafik kazalarının önlenmesi için geliştirilen araç teknolojilerinin incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 31-39 (2006).
21. Çavdar, A., "Otomobillerdeki aktif ve pasif güvenlik sistemlerinin taşıt güvenliği ve taşıt tasarımı bakımından incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kocaeli, 17-19, 26 (2002).
22. Altınsoy, T., "ESP ile yollar artık daha güvenli", *Bosch Life*, 2006/5: 21 (2006).
23. Daimler Chrysler, "Mercedes passenger cars are involved in fewer accidents", Technical Report, *Mercedes-Benz*, Germany, 1-25 (2002).
24. Sferco R., Page, Y., Le Coz, J.Y., Fay, P.A., "Potential effectiveness of electronic stability programs (ESP) – What european field studies tell us", *ESV Conference*, 1-10 (2001).
25. Kraus, S., "Europe-wide vehicle safety survey – Drivers' awareness of ESP on the increase" Technical Report, *Robert Bosch GmbH*, Germany, 1-6 (2006).
26. Altınsoy, T., "ESP 10 Yaşında", *Bosch Life*, 2005/3: 18 (2005).
27. İnternet: Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi "ABS Fren Sistemi" <http://www.obitet.gazi.edu.tr/Tdokuman/abs2.htm> (2005).

28. Steyer, C., Dubos, A., "Renault's proposal to improve compatibility", Working Group 15 Document, Dot No:31, *European Enhanced Vehicle-Safety Committee*, 43 (1997).
29. Bauer H., Bosch, R., "Automotive handbook 5th edition", *Society Automotive Engineers Publications*, Germany, 231-255 (2000).
30. Pauwelussen, J.P., Pacejka H.B., "Smart vehicles", *TNO Road-Vehicles Research Institute*, Netherlands, 144-152 (1995).

ÖZGEÇMİŞ**Kişisel Bilgiler**

Soyadı, adı : ŞAY, Serkan
Uyruğu : T.C
Doğum tarihi ve yeri : 25.02.1979 Bolu
Medeni hali : Evli
Telefon : 0 (312) 303 55 55

Eğitim Derece**Eğitim Birimi****Mezuniyet Tarihi**

Lisans	Polis Akademisi	2001
Lise	Polis Koleji	1997

İş Deneyimi**Yıl****Yer****Görev**

2001-	Ankara Emniyet Müdürlüğü	Polis
-------	--------------------------	-------

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Kitap okumak, Araba kullanmak, Futbol